

VERİMLİLİK DERGİSİ



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



Cilt: 59 | Sayı: 1

Sürdürülebilir Kalkınma ile Yeşil Büyüme İlişkisi: Seçilmiş AB Ülkeleri Üzerinde Ampirik Bir Analiz

Sevginaz Işık

MIKTA Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisi

Yaşar Alptürk

Effects of Individual and Institutional Factors for Sustainable Chains and Production

Saniye Yıldırım Özmutlu, Korhan Arun

Effects of Productivity, R&D and Income Inequality on Economic Growth: An Empirical Estimation Using Panel Data

Hakan Aydoğan, Hakan Yıldırım

Liman Performans Analizi İçin Yeni Entegre D-CRITIC-SWARA-COPRAS Yaklaşımı

Elif Satan, Umut Aydın, Üstün Atak

Kasko Üretimi Yapan Sigorta Şirketlerin Performansının Hibrit ÇKKV Modeli ile Değerlendirilmesi

Esra Aydın Ünal

Evaluation of the Supply Process in Public Hospitals: A Qualitative Study

Uğur Uğrak, Şafak Çınar, Fırat Seyhan, Demet Kavak

Efficient Solution Algorithms for Resource Planning and Scheduling in Seasonal Reservation Systems

Uğur Eliyi

Evaluation of Public Hospitals' Performance with Decision Tree Algorithms

Keziban Avcı

Evaluation of Turkish Health System Capacity at Provincial Level by WISP Method Based on Weighting Methods

Tevfik Bulut

Evaluation of Production Line Modelling in Qualified Cardboard Production with Reliability Analysis

Aykut Gülerüz, Hüseyin Ünözkan, Mehmet Yılmaz

E-Çalışma Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması: İş-Yaşam Dengesi, Verimlilik, Örgütsel Güven ve Esneklik Bağlamında Bir İnceleme

Sertaç Ercan

Yeni Ekonomik Coğrafya Perspektifinden İhracat Yoğunlaşması: Avrupa Birliği Örneği

Nihal Altun, Aykut Şarkgüneşi

Türkiye'de Materyal Verimliliğinin Belirleyicileri

Uğur Coşkun, Semiha Aytemiz

Çalışanların Örgütsel Çatışmaları Çözme Yöntemlerinin Sinik Davranışlara Etkisi: Otel İşletmelerinde Bir Araştırma

Ayşenur Kayacı, Aziz Gökhan Özkoç

Efficiency of Air Transport Industry in European Union Nations with Regard to Environmental Factors

Tuğba Akbıyık, Tunahan Avcı

JOURNAL OF PRODUCTIVITY



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



VERİMLİLİK DERGİSİ

Journal of Productivity

T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik
Genel Müdürlüğü'nün Yayınıdır

ISSN: 1013-1388 e-ISSN: 2757-6973

YIL: 2025 Sayı: 1

Yayın Türü
Yerel-Sürel / Türkçe-İngilizce

Sahibi
T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI
STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

adına
Genel Müdür
Abdullah BAŞAR

Editör
Doç. Dr. Önder BELGİN

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Doç. Dr. Önder BELGİN

Grafik Tasarım ve Uygulama
Fulya KOÇ

Dil Editörleri
Aytunç AYHAN
Şirin Müge KAVUNCU

Yönetim Yeri
T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI
STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Adres: Mustafa Kemal Mahallesi Dumlupınar Bulvarı
(Eskişehir Yolu 7. Km) 2151. Cadde No: 154/A
Çankaya 06510 ANKARA
Tel: 0 312 201 65 02
verimlilikdergisi@sanayi.gov.tr
<https://dergipark.org.tr/pub/verimlilik>

Baskı Yeri
Elma Teknik Basım Matbaacılık
Adres: İvedik OSB Matbaacılar Sitesi 1516/1 Sk. No: 35
Yenimahalle 06378 ANKARA
Tel: 0 312 229 92 65 - Fax: 0 312 231 67 06 elma@elmateknikbasim.com.tr

Baskı Tarihi
22.01.2025

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Doç. Dr. Önder BELGİN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Doç. Dr. M. Hürol METE - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Alp Eren YURTSEVEN - Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu
Dr. Cangül TOSUN - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Kağan KARADEMİR - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Murat MAHMUTOĞLU - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Onur AYTAR - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Sinan BORLUK - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Dr. Yücel ÖZKARA - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU - Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Ali SINAĞ - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Birdoğan BAKI - Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN - İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan Murat ERTUĞRUL - Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Halit KESKİN - Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İskender PEKER - Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail EROL - Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Prof. Dr. Metin DAĞDEVİREN - Yükseköğretim Denetleme Kurulu
Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN - Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Muammer ZERENLER - Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa Zihni TUNCA - Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof. Dr. Necati ARAS - Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ATAY - Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan AKTAŞ - TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Prof. Dr. Selçuk PERÇİN - Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Serpil EROL - Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Süphan NASIR - İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Türkay DERELİ - Hasan Kalyoncu Üniversitesi
Prof. Dr. Yusuf Tansel İÇ - Başkent Üniversitesi
Doç. Dr. Dursun BALKAN - Türk Hava Kurumu Üniversitesi
Dr. Cihan YALÇIN - SRG Mühendislik Danışmanlık Ltd. Şti.

Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan yazılarda belirtilen görüşler yazarlarına aittir. Dergide yayımlanan yazılardan,
Verimlilik Dergisi'nin adı ve sayısı anılarak alıntı yapılabilir.

Verimlilikle ilgili tüm disiplinlerden gelecek makalelere açık olan Verimlilik Dergisi, 2004 yılından itibaren "Hakemli Dergi" statüsü ile yayımlanmaya başlamıştır. Verimlilik Dergisi, 2008 yılından bu yana TÜBİTAK TR Dizin Sosyal ve Beşeri Bilimler Veri Tabanı'nda taranmaktadır. Verimlilik Dergisi'nde yayınlanması istenen çalışmalara ilişkin süreç yönetimi, TÜBİTAK ULAKBİM DergiPark aracılığıyla yürütülmektedir.

Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.




İÇİNDEKİLER

CONTENTS

- 1**
12 Sürdürülebilir Kalkınma ile Yeşil Büyüme İlişkisi: Seçilmiş AB Ülkeleri Özelinde Ampirik Bir Analiz
The Relationship Between Sustainable Development and Green Growth: An Empirical Analysis on Selected EU Countries
Sevginaz Işık
- 13**
26 MİKTA Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisi
The Relationship Between Renewable Energy and Economic Growth in MIKTA Countries
Yaşar Alptürk
- 27**
46 Effects of Individual and Institutional Factors for Sustainable Chains and Production
Tedarik Zincirleri ve Üretim için Bireysel ve Kurumsal Faktörlerin Etkileri
Saniye Yıldırım Özmutlu, Korhan Arun
- 47**
60 Effects of Productivity, R&D and Income Inequality on Economic Growth: An Empirical Estimation Using Panel Data
Verimlilik, Ar-Ge ve Gelir Dağılımı Eşitsizliğinin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri: Panel Veri Analiziyle Ampirik Bir Kestirim
Hakan Aydoğan, Hakan Yıldırım
- 61**
76 Liman Performans Analizi İçin Yeni Entegre D-CRITIC-SWARA-COPRAS Yaklaşımı
New Integrated D-CRITIC-SWARA-COPRAS Approach for Port Performance Analysis
Elif Satan, Umut Aydın, Üstün Atak
- 77**
100 Kasko Üretimi Yapan Sigorta Şirketlerin Performansının Hibrit ÇKKV Modeli ile Değerlendirilmesi
Performance Evaluation of Companies Producing Car Insurance with Hybrid Multi-Criteria Decision Making Methods
Esra Aydın Ünal
- 101**
114 Evaluation of the Supply Process in Public Hospitals: A Qualitative Study
Kamu Hastanelerinde Tedarik Sürecinin İncelenmesi: Nitel Bir Çalışma
Uğur Uğrak, Şafak Çınar, Fırat Seyhan, Demet Kavak
- 115**
132 Efficient Solution Algorithms for Resource Planning and Scheduling in Seasonal Reservation Systems
Mevsimsel Rezervasyon Sistemlerinde Kaynak Planlama ve Çizelgeleme İçin Etkin Çözüm Algoritmaları
Uğur Eliyi
- 133**
142 Evaluation of Public Hospitals' Performance with Decision Tree Algorithms
Kamu Hastanelerinin Performansının Karar Ağacı Algoritmaları İle Değerlendirilmesi
Keziban Avcı
- 143**
166 Evaluation of Turkish Health System Capacity at Provincial Level by WISP Method Based on Weighting Methods
Türk Sağlık Sistemi Kapasitesinin Ağırlıklandırma Yöntemlerine Dayalı WISP Yöntemi ile İl Düzeyinde Değerlendirilmesi
Tevfik Bulut
- 167**
184 Evaluation of Production Line Modelling in Qualified Cardboard Production with Reliability Analysis
Nitelikli Karton Üretiminde Üretim Hattı Modellemesinin Güvenilirlik Analizi ile Değerlendirilmesi
Aykut Güleriyüz, Hüseyin Ünözkan, Mehmet Yılmaz
- 185**
198 E-Çalışma Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması: İş-Yaşam Dengesi, Verimlilik, Örgütsel Güven ve Esneklik Bağlamında Bir İnceleme
Adaptation of E-Work Scale into Turkish: A Study on Software Sector in the Context of Work-Life Balance, Productivity, Organizational Trust and Flexibility
Sertaç Ercan
- 199**
222 Yeni Ekonomik Coğrafya Perspektifinden İhracat Yoğunlaşması: Avrupa Birliği Örneği
Export Concentration from the New Economic Geography Perspective: The Case of the European Union
Nihal Altun, Aykut Şarkgüneşi
- 223**
234 Türkiye'de Materyal Verimliliğinin Belirleyicileri
Determinants of Material Productivity in Türkiye
Uğur Coşkun, Semiha Aytemiz
- 235**
252 Çalışanların Örgütsel Çatışmaları Çözme Yöntemlerinin Sinik Davranışlara Etkisi: Otel İşletmelerinde Bir Araştırma
The Impact of Employees Organizational Conflict Resolution Methods on Their Cynical Behaviors: A Study in Hotel Businesses
Ayşenur Kayacı, Aziz Gökhan Özkoç
- 253**
268 Efficiency of Air Transport Industry in European Union Nations with Regard to Environmental Factors
Avrupa Birliği Ülkelerinde Hava Taşımacılığı Sektörünün Çevresel Faktörler Açısından Etkinliği
Tuğba Akbıyık, Tunahan Avcı

Sürdürülebilir Kalkınma ile Yeşil Büyüme İlişkisi: Seçilmiş AB Ülkeleri Üzerinde Ampirik Bir Analiz*

Sevginaz Işık¹ 

ÖZET

Amaç: Sürdürülebilir kalkınma, küresel çapta önem verilen bir kavram olmasının yanında küresel olarak ulaşılmaya çalışılan bir kalkınma modelidir. Yeşil büyüme ise, özellikle uluslararası kuruluşlar tarafından sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmanın en etkin yolu olarak görülmektedir. Bu kapsamda, çalışmanın temel amacı, 2015-2021 dönemi için seçilmiş 16 AB ülkesinde yeşil büyümenin sürdürülebilir kalkınmaya olan katkısını incelemektir.

Yöntem: Yeşil büyüme değişkenlerinin sürdürülebilir kalkınma endeksi üzerindeki etkisi mikro panel veri analiz yöntemlerinden sabit etkiler, rassal etkiler ve Driscoll-Kraay standart hata modelleri ile incelenmiştir.

Bulgular: Yeşil büyüme değişkenlerinden çevresel mal ve hizmetlerdeki istihdam payı ile çevre koruma yatırımlarının sürdürülebilir kalkınma üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğu tespit edilirken, çevreyle ilgili kamu Ar-Ge bütçe payının istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.

Özgünlük: Sürdürülebilir kalkınma ile yeşil büyüme arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalar genellikle teoriktir ve bu iki değişkenin ampirik analizi literatürde oldukça kısıtlıdır. Bu çalışma, sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmanın en etkin yolu olarak gösterilen yeşil büyümenin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki olumlu katkısını ampirik olarak ortaya koyarak hem sınırlı literatürü zenginleştirmekte hem de bu iki kavram arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, Yeşil Büyüme, AB Ekonomileri, Driscoll-Kraay.

JEL Kodları: O13, O44, Q01, Q56.

The Relationship Between Sustainable Development and Green Growth: An Empirical Analysis on Selected EU Countries

ABSTRACT

Purpose: Sustainable development is not only a globally significant concept but also a development model that nations strive to achieve. Green growth, in particular, is promoted by international organizations as one of the most effective pathways to sustainable development. In this context, the primary objective of this study is to examine the contribution of green growth to sustainable development in 16 selected EU countries over the period 2015–2021.

Method: The effect of green growth variables on the sustainable development index is examined using fixed effects, random effects, and the Driscoll-Kraay standard error models within micro panel data analysis method.

Findings: Among the green growth variables, the employment share in environmental goods and services, as well as investments in environmental protection, are found to have a statistically significant and positive effect on sustainable development. However, the share of environmentally related public R&D budget does not show a statistically significant effect.

Originality: Studies examining the relationship between sustainable development and green growth are generally theoretical, and empirical analyses of these two variables remain limited in the literature. This study enriches the limited body of research and contributes to a better understanding of the relationship between these concepts by empirically revealing the impact of green growth—widely regarded as a key pathway to sustainable development—on sustainable development itself.

Keywords: Sustainable Development, Green Growth, EU Economies, Driscoll-Kraay.

JEL Codes: O13, O44, Q01, Q56.

* Bu çalışma, Sevginaz Işık tarafından Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Prof. Dr. Ferudun Yılmaz danışmanlığında yürütülen "Ekonomi-Doğa Çatışmasına Bir Çözüm Olarak Yeşil Yeni Düzen" başlıklı Doktora Tezi'nden türetilmiştir.

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Bursa, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Sevginaz Işık, sevginaz@uludag.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1555668

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 25.09.2024 | Kabul / Accepted: 11.11.2024

Atıf/Cite: Işık, S. (2025). "Sürdürülebilir Kalkınma ile Yeşil Büyüme İlişkisi: Seçilmiş AB Ülkeleri Üzerinde Ampirik Bir Analiz", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 1-12.

EXTENDED ABSTRACT

Sustainable development can be defined as creating a model that meets present needs without compromising the ability of future generations to meet their own. Especially after the 2008 global financial crisis, the necessity of a worldwide transition to sustainable development has become even more apparent. In this context, a new approach has emerged, aiming to address issues such as climate change, poverty, and inequality while achieving balanced economic growth alongside these challenges.

In this context, green growth is regarded as one of the strongest drivers of sustainable development. Defined as a model that supports economic and social development while preserving environmental quality—unlike traditional growth models that harm the environment (OECD, 2009)—green growth contributes to countries' long-term sustainable development strategies and aims to resolve the conflict between environmental sustainability and economic growth.

This study examines the relationship between sustainable development performance and green growth in 16 EU member states from 2015 to 2021. Employment in the environmental goods and services sector, the share of environmental public R&D budget, and environmental protection investments within GDP are considered as green growth variables. Using fixed effects, random effects, and Driscoll-Kraay standard error models in micro-panel data analysis, the study finds that employment in the environmental goods and services sector and environmental protection investments positively affect sustainable development. However, the environmental public R&D budget's impact on sustainable development is not statistically significant, possibly due to the long-term nature of R&D investments and the relatively short period covered by this study.

The study results show that green growth policies positively contribute to sustainable development. In this context, expanding employment in the environmental goods and services sector enhances the economic, social, and environmental dimensions of sustainable development. Additionally, increasing investments in environmental protection supports environmental sustainability through strategies such as reducing fossil fuel use, promoting renewable energy sources, and improving water and energy efficiency. These efforts contribute to building a society that lives in a clean and healthy environment and facilitate the transition to a green economy model.

In conclusion, green growth is emerging as an essential strategy for sustainable development. Given its critical role in promoting both environmental and economic sustainability, green growth should be central to the policies of both individual countries and international organizations. In short, green growth is one of the most effective pathways to achieving sustainable development.

1. GİRİŞ

İlk kez Birleşmiş Milletler'in (BM) 1987 yılında yayımladığı "Ortak Geleceğimiz" isimli raporda gündeme gelen sürdürülebilir kalkınma, önce "günümüz neslinin ihtiyaçlarını güvence altına alırken aynı zamanda gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden oluşturulan kalkınma modeli" olarak tanımlanmıştır (Brundtland, 1987). Sonrasında literatürde kavram üzerine çokça tartışmalar yapılmış ve farklı yorumlar dile getirilmiştir. Yıllar itibarıyla küresel iklim krizinin olası etkilerinin gündeme gelmesiyle kavramın kapsamı değişmiş ve sürdürülebilir kalkınmanın sadece ekonomi, toplumsal yapı ve çevrenin birlikte sürdürülebilirliğiyle sağlanacağı düşünülmüştür. Özellikle 2008 küresel finans krizi sonrasında dünyanın sürdürülebilir kalkınma yoluna girmesi gerektiğine dair bir fikir birliği oluşmuştur (OECD, 2009: 5; OECD 2011; BM, 2012). Bu çerçevede BM, 2015 yılında ekonomik, toplumsal ve çevresel boyutları kapsayan 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacını (SKA) belirlemiş ve bu amaçlarla dünya genelinde bir çağrı yapmıştır (BM, 2022). BM'nin bu amaçları, 2030 yılına kadar ulaşılması hedeflenmiş ve bütün ülkelerin izlemesi gereken yol olması gerektiği vurgulanmıştır (BM, 2015: 3; Sachs, 2015: 3). Çünkü belirlenen bu amaçlar, yalnızca küresel ekonomi ve eşitsizlik sorunlarını ele almakla kalmaz, aynı zamanda küresel ısınma, iklim krizi ve ekosistem bozulması gibi karmaşık çevre sorunlarına da çözüm üretmeyi amaçlamaktadır. Başka bir ifadeyle, sürdürülebilir kalkınma, küresel zorluklarla mücadele etmek için kapsamlı bir çerçeve sunarken, dünyanın karşı karşıya olduğu çok boyutlu problemleri anlama ve çözme konusunda da etkili bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

Öte yandan, ekonomik büyüme ile toplumsal başarıların genellikle birbirini desteklediği düşünülürken ekonomik büyüme ile çevresel sürdürülebilirlik arasında sık sık bir çatışma yaşandığına dair yaygın bir kanı bulunmaktadır. Bu noktada, yeşil büyüme, çevresel sürdürülebilirliği ekonomik büyüme ve toplumsal gelişme hedefleriyle uyumlu hale getirebilir. Dolayısıyla, yeşil büyüme, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada kritik bir öneme sahiptir. Öyle ki, BMÇP (2011: 37), yeşil bir ekonomiye geçişin sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya ulaşma potansiyeline sahip olduğunu belirtirken Dünya Bankası (2012: 30), yeşil büyümenin, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel hedeflerine ulaşmak için olmazsa olmaz olduğunu dile getirmiştir. Literatürde *çevresel açıdan sürdürülebilir ekonomik büyüme* (Ekins, 2000: ix) olarak ifade edilen *yeşil büyüme*, gezegenin uzun vadeli sorunlarına odaklanan bir ekonomik kalkınma yöntemi olarak açıklanabilir. Bu açıdan bakıldığında, doğal kaynakları sınırsızmışçasına kullanan ve çevre üzerinde önemli ölçüde baskı yaratan ana akım büyüme modellerinin aksine çevre kalitesini korumak yeşil büyümenin temel amaçlarından biridir. 2008 küresel finans krizinden sonra, OECD, ekonomiyi toparlamak amacıyla ülkelerin yeşil yatırımlar ve yeşil büyüme politikaları vasıtasıyla doğal kaynakların sürdürülebilirliğini sağlamayı teşvik etmiştir (OECD, 2009: 4). Sonrasında BM, 2012 yılında Rio'da düzenlediği Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı'nın temel gündemini yeşil büyüme olarak belirlemiştir (BM, 2012).

Diğer taraftan, ulusların yeşil büyüme modeline geçmesi gerektiği fikri, aslında, küresel ekonomik sistemin sürdürülebilirliğinin sorgulanmasından ortaya çıkmıştır. Çünkü küresel ekonomik büyüme modelinden devam edilmesi gezegenin kapasitesinin aşılmasıyla katastrofik sonuçlara yol açabileceği şeklinde düşünülmeye başlanmıştır. Yeşil büyüme ise, ulusların hem ekonomik sistemlerine hem de doğal kaynaklarına sürdürülebilir bir şekilde bel bağlayarak uzun yıllar güvenebilecekleri bir modeldir (OECD, 2011: 9). Sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı destekleyip, çevrenin korunmasını teşvik ederek ekonomi ile doğa arasında uyumlu bir denge kurmayı hedeflemektedir. Kısaca, yeşil büyüme, sürdürülebilir kalkınmaya giden çevre dostu ve etkin bir model olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu kapsamda, yeşil büyüme ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişkiyi ampirik yoldan inceleme ihtiyacı doğmuştur. Bu amaçla, çalışmada, Avrupa Birliği'ne (AB) üye seçilmiş 16 ülkenin 2015-2021 yılları arasındaki dönemde ilgili yeşil büyüme değişkenlerinin bu ülkelerin sürdürülebilir kalkınma performansları üzerindeki etkisi, mikro panel veri yöntemlerinden sabit etkiler, rassal etkiler ve Driscoll-Kraay standart hata modelleri ile araştırılmıştır. Bu sayede, çalışmada ele alınan ülkelerin yeşil büyümesinin sürdürülebilir kalkınma performansı üzerindeki katkısını ampirik bulgular ile araştırmak; böylece, uluslararası kuruluşlar tarafından teşvik edilen yeşil büyüme ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamak; özellikle hem bu dönem ve bu ülke grubu için hem de bu konu hakkında yapılmış literatürdeki sınırlı çalışmalara bir katkı sağlamak; elde edilen bulgulardan hareketle politika yapıcılara somut politika önerileri geliştirmek; ve ekonomi ile doğa arasındaki çatışmaya bir çözüm önerisi sunabilmek bu çalışmanın hem motivasyonunu hem de temel katkılarını oluşturmaktadır. Kısaca, literatüre teorik, ampirik ve aynı zamanda politika odaklı bir katkı sunmak amaçlanmıştır.

Bu çerçevede, bu araştırma makalesi dört ana bölüme ayrılarak organize edilmiştir: İlk bölümde, sürdürülebilir kalkınma ile yeşil büyüme arasındaki ilişkiye dair bir giriş yapılmış; ikinci bölümde, literatürde yer alan teorik ve ampirik çalışmalar ile bu çalışmada elde edilen bulgular özet biçimde sunulmuş; üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan veri seti, ampirik model ile çalışmanın yöntemi detaylı bir şekilde açıklanmış

ve dördüncü bölümde ise, bulgular raporlandıktan sonra, sonuç bölümünde, çalışma bir bütün olarak kısaca değerlendirilmiş ve bulgulardan hareketle gerekli politika önerileri getirilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatür incelendiğinde, doğrudan sürdürülebilir kalkınma ile yeşil büyüme arasındaki ilişkinin teorik açıdan tartışıldığı görülmüş (BMÇP, 2011; OECD, 2012; Fay ve Hallegatte, 2012; Kazzi, 2014; Nhamo, 2014; Yalçın, 2016; Kasztelan, 2017) fakat bu ilişkinin ampirik olarak araştırıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Öte yandan, sürdürülebilir kalkınma ile yeşil büyümenin ayrı ayrı ele alınıp farklı değişkenler ile aralarındaki ilişkinin ampirik olarak incelenmesine daha sıklıkla karşılaşılmıştır (Taş ve diğerleri, 2020; Acosta, 2020; Padro Martinez ve Cotte Poveda, 2021; Baniya ve diğerleri, 2021; Xu ve diğerleri, 2022; Açcı ve diğerleri, 2023; Meral, 2024; Naimoğlu ve diğerleri, 2024). Bu doğrultuda, literatür araştırmasında önce sürdürülebilir kalkınma ile yeşil büyüme arasındaki teorik tartışmalara yer verilmiş, sonra da bu iki kavramın farklı değişkenler kullanılarak ayrı ayrı ele alındıkları ampirik çalışmalara değinilmiştir.

Uluslararası kuruluşlardan BM, OECD ve Dünya Bankası, teorik açıdan sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada yeşil büyümenin önemini sıkça vurgulamıştır. Örneğin, BM'ye göre, "*sürdürülebilirlik uzun vadeli bir hedeftir ve bunu sağlayabilmek için ekonomiyi yeşillendirmek gereklidir*" (BMÇP, 2011: 2). OECD (2012) ise, bütünsel ve kapsamlı bir ekonomik yapı olarak tanıttığı yeşil büyümenin ana akımlaştırılmasını ve hükümetlerin yeşil ekonomiye geçişini teşvik etmiştir. Benzer şekilde, Fay ve Hallegatte (2012) yayımladıkları Dünya Bankası raporunda, sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada yeşil büyümenin gerekli, verimli ve maliyet açısından karşılanabilir olduğunu savunmuştur. Bir diğer teorik tartışma ise, Kazzi'ye (2014) aittir. Araştırmacı, Arap ülkelerinin çevre ve ekonomi politikalarını tartıştığı çalışmasında, ilgili ülkelerin yeşil büyüme sürecine girerek ulusal ve bölgesel düzeyde büyüme, istihdam, toplumsal eşitlik ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetiminde başarılı olabileceğini öne sürmüştür. Ayrıca, yeşil büyümeye geçişi hızlandırmak için Arap ülkelerinin karşılıklı olarak birbirini güçlendirici ulusal ve uluslararası politikaların bir kombinasyonunu uygulamaları gerektiğinin altını çizmiştir. Benzer biçimde, Nhamo (2014), sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada yeşil büyümenin "artı" bir katkı sağladığını savunduğu çalışmasında, yeşil büyümenin özellikle Afrika gibi gelişmekte olan ülkeler için büyük bir fark yaratacağını iddia etmiştir. Öte yandan, Kuzey'in küresel olarak ayrıcalıklı, güçlü ve sözde yardımsever ülkelerini eleştirmekte; yeşil büyümenin iklim değişikliğinin etkileri, kaynak yoğun bir kalkınma yolunun nasıl değiştirilebileceği, yoksulluk ve işsizliğin küresel etkileri gibi sorunlara "artı" bir katkı sağlayabileceğini ileri sürmüştür. Yalçın (2016), sürdürülebilir kalkınmanın daha verimli kaynak kullanımı ve daha güvenli bir gelecek için kritik öneme sahip olduğunu ve yeşil ekonominin bu geçiş için bir yol haritası olarak kabul edilebileceğini savunmuştur. Üstelik, maliyeti ne olursa olsun mevcut ekonomik büyüme yaklaşımının sürdürülebilir olmadığını, çevreye geri dönülemez zararlar verdiğini ve insan hayatını tehdit ettiğini dile getirmiştir. Ona göre, yeşil ekonomi, tüm sosyo-ekonomik sorunları çözmese de ekolojik, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğe giden bir yol sunmaktadır. Kasztelan (2017) ise, yeşil büyüme, yeşil ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma arasında ne tür bir ilişki olduğunu değerlendirdiği çalışmasında, bu üç "yeşil" fikrin bütünlüğünü vurgulamıştır. Ona göre, bu üç kavram arasında tamamlayıcı ve sinerjik bir korelasyon bulunmaktadır. Ayrıca, yeşil büyüme ile yeşil ekonomi kavramlarının ortaya çıkması, mevcut sürdürülemez küresel ekonomi modelini dönüştürmeye yönelik küresel çabaları yeniden canlandırması açısından büyük fayda sağlamaktadır.

Literatürde yer alan ampirik çalışmalardan Taş ve diğerleri (2020), 2018 yılı verilerini kullanarak AB üyesi ülkelerde dijital ekonomi göstergelerinin SKA üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu kapsamda, BM'nin 17 amacını da kapsayan sürdürülebilir kalkınma endeksi faktör analizi yardımıyla dört faktöre indirgenmiş ve analiz, yatay kesit regresyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, özellikle işletmelerin dijital teknolojiyle bütünleşmesi sürdürülebilir kalkınmayı pozitif yönde etkilemektedir. Acosta ve diğerleri (2020), 2017 ile 2019 yılları arasında Afrika, Amerika, Asya, Avrupa ve Okyanusya'daki ülkelerde doğal sermayenin korunmasına yönelik SKA'ya ulaşma performansını araştırmıştır. Burada, doğal sermaye koruması, yeşil büyüme endeksinin dört boyutundan biri olarak ele alınmıştır. Yapılan anket çalışmalarından elde edilen verilerle korelasyon analizi, dağılım analizi ve kıyaslama yöntemleri kullanılarak ulaşılan bulgulara göre, bölgelerin çevresel kalite ve sera gazı emisyonlarının azaltılması açısından iyi performans gösterdiği, ancak biyolojik çeşitlilik ve ekosistem koruması ile kültürel ve sosyal değerlerdeki düşük performansı iyileştirmede çok başarılı olmadıkları görülmüştür. Padro Martinez ve Cotte Poveda (2021), 2005'ten 2017'ye kadar olan dönemde Kolombiya'da yeşil büyüme, SKA ile bilim, teknoloji ve inovasyon (BTI) arasındaki ilişkiyi iki dinamik model inşa ederek Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) ile incelemiştir. Bu kapsamda, ormansızlaşma oranı, Ar-Ge'ye yapılan yatırımlar, SKA eğitimine ve yönetimine yapılan yatırımlar, patent başvuruları, doktora programı sayısı, çevre konularında yayımlanan makale sayısı değişkenlerini kullanarak şu sonuçlara ulaşmıştır: Yeşil büyümeyi teşvik etmede ve başarmada BTI oldukça önemlidir. Ayrıca, SKA'lara daha fazla yatırım yapmak kirliliğin azalması; üretkenlik, rekabet gücü ve kalkınmanın ise artması yönünde katkı yapmaktadır. Bu nedenle, yeni bilgi ve teknolojiler üretim süreçlerinde doğal kaynakların sürdürülebilirliğini sağlamak için gereklidir.

Baniya ve diğerleri (2021), 1985 ile 2016 yılları arasındaki dönemde Nepal ve Bangladeş'te ekonomik büyümenin yeşillendirilmesine ilişkin ampirik bulguları araştırmıştır. Çalışmada, öngörü yöntemleri kullanarak bu iki ülkenin 2030 yılındaki toplam birincil enerji tüketimi ile yerel malzeme tüketimi tahmin edilmiştir. Bu kapsamda, enerji verimliliği, karbon verimliliği, malzeme verimliliği, hizmetlerden gelen GSYH yüzdesi, enerji kullanımındaki yenilenebilir enerjinin payı ve ormanlarla kaplı arazi alanı olmak üzere altı yeşil büyüme göstergesi seçilmiştir. Standardize edilen değişken ve modeller Python yazılımları, Pandas ve StatsModels kullanılarak istatistiksel olarak test edilmiştir. Buna göre, enerji ve malzeme verimliliği iyileştirmelerine ilişkin mevcut ilerleme, Nepal ve Bangladeş'te ekonomik büyümeyi mutlak anlamda yeşil hale getirmek için yeterli değildir. Bu iki ülkenin yapısal teknolojik değişiklikler olmadan iklim azaltma hedeflerine 2030 yılına kadar ulaşma olasılıkları düşüktür. Xu ve diğerleri (2022), 1991-2014 yılları arasında BRICS ekonomilerinde yeşil büyüme, yeşil inovasyon, doğal kaynaklar, yenilenebilir enerji ve ekonomik performans arasındaki ilişkiyi incelemiştir. İkinci nesil panel veri yaklaşımının kullanıldığı çalışmada, tüm değişkenlerin uzun vadeli bir denge ilişkisine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında, ilgili değişkenlerin BRICS ülkelerinin ekonomik performansını üzerindeki net etkisini analiz etmek için veri setinin dağılımı asimetrik olduğunda uygun bulgular sunan momentler kantil regresyon yöntemi izlenmiştir. Buna göre, yeşil büyüme, alt-orta kantillerde ekonomik performansı önemli ölçüde artırırken orta-üst kantillerde ekonomik performansı azaltmaktadır. Bu nedenle, yeşil büyümenin etkisi kantiller arasında heterojendir. Öte yandan, yeşil inovasyon tüm kantillerde ekonomik performansı önemli ve tutarlı bir şekilde azaltmakta; doğal kaynaklar ve yenilenebilir enerji ise, enerji arzını artırarak ve istihdamı geliştirerek ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır. Kısaca, çalışmanın ampirik bulgularına göre, ülkelerin ekonomik performansı yeşil performansa duyarlıdır.

Açıcı ve diğerleri (2023), sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik araçları olarak ele alınan döngüsel ekonomi ile yeşil ekonominin büyüme üzerindeki etkisini ampirik açıdan analiz etmiştir. Çalışmada 24 AB ülkesi için 2004 ile 2018 yılları arasındaki verilerden hareketle panel veri analizi teknikleri kullanılmıştır. Elde edilen ampirik bulgular, hammadde ticareti, geri dönüşüm oranı, işgücü verimliliği, nüfus, CO₂ emisyonları ve sermayenin GSYH üzerinde istatistiksel olarak pozitif; çevre vergilerinin ise istatistiksel olarak negatif etkisi olduğunu işaret etmektedir. Meral (2024), Türkiye ve Türki Cumhuriyetlerin 2022 yılı için kendi oluşturduğu bir endeks ile sürdürülebilir kalkınma performansını ölçmüştür. Çalışmasında büyüme, işsizlik ve enflasyon, cari denge, temel insan ihtiyaçları, refahın temelleri, fırsatlar, CO₂ salınımı, ekilebilir arazi, deniz alanları, orman ürünleri, otlama alanları olmak üzere toplam 12 kriter kullanmış ve bu kriterlerin ağırlıklarını CRITIC-LOPCOW yöntemlerinin Bayes yaklaşımına başvurarak elde etmiştir. CoCoSo yöntemi yardımıyla ilgili ülkelerin sürdürülebilir kalkınma performanslarını hesaplamıştır. Buna göre, Özbekistan, Kırgızistan ve Kazakistan sürdürülebilir kalkınma performansı en yüksek ülkeler olarak tespit edilirken, Türkiye, Özbekistan ve Tacikistan ise, sürdürülebilir kalkınma performansı en düşük ülkeler olarak saptanmıştır. Naimoğlu ve diğerleri (2024), 1995 ile 2022 yılları arasında Türkiye'de iş, finans, para ve ticaret özgürlüğünün yeşil büyümeyi nasıl etkilediğini incelemiştir. ARDL sınır testi, FMOLS ve DOLS testlerinin kullanıldığı çalışmada, değişkenler arasında uzun vadeli bir eşbütünlük ilişkisi saptanmıştır. Bulgulara göre, artan iş ve ticaret özgürlüğü, Türkiye'nin yeşil büyümesini engellerken artan finansal ve parasal özgürlük ise Türkiye'de yeşil ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir.

Bu çalışma ise, sürdürülebilir kalkınma endeksi ile yeşil büyüme değişkenleri arasındaki ilişkiyi ampirik bir yaklaşımla ele alarak literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma ile yeşil büyüme teorik açıdan tartışılmış olmasına rağmen, 2015-2021 yılları arasında seçilmiş 16 AB ülkesi için bu iki kavram arasındaki ilişkinin ampirik olarak incelenmesi literatürde bu alandaki araştırma eksikliğini gidermeye yönelik katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

3. YÖNTEM

3.1. Model ve Veri Seti

Yeşil büyüme ile ilgili değişkenlere ait mevcut veri setini olabildiğince geniş tutmak amacıyla, ampirik analiz aşağıda yer alan model inşa edilerek gerçekleştirilmiştir (Eşitlik 1):

$$lske_{it} = \delta_0 + \delta_1 lisd_{it} + \delta_2 large_{it} + \delta_3 lcrky_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Öncelikle modellerde gösterilen i indisi, erişilebilen 16 AB ülkesini²; t indisi ise yılları temsil etmektedir. Değişkenlere ait ulaşılabilir en geniş veri seti 2015 ile 2021³ yılları arasındadır, bu araştırma makalesinde sadece bu dönem ele alınmıştır. Modelin açıklanan değişkeni, $lske_{it}$, ilgili ülkelerin t yılındaki sürdürülebilir kalkınma performansının bir yüzdesi olarak değerlendirilen sürdürülebilir kalkınma endeksini; $lisd_{it}$, ekonomideki toplam istihdam içindeki çevresel mal ve hizmet sektöründe çalışanların payını (bu

² Almanya, Avusturya, Belçika, Çekya, Danimarka, Estonya, Fransa, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Litvanya, Polonya, Portekiz.

³ Makalenin türetildiği doktora tezinde analiz 2015 ile 2019 yılları arasında kapsamaktadır. Bu nedenle, bu araştırma makalesinde değişkenlere ait veriler güncellenerek 2021 yılına kadar uzatılmış ve analiz tekrar yapılmıştır.

değişken, Eurostat'tan sektörde çalışan sayısı ve OECD'den ekonomideki toplam istihdam sayıları elde edilerek hesaplanmıştır); $large_{it}$, kamunun tüm Ar-Ge bütçesi içinde yenilenebilir enerji teknolojileri de dahil her türlü çevreyle ilgili ayrılan Ar-Ge bütçe payını; $lcky_{it}$, hükümetlerin toplam GSYH içindeki genel çevre koruma yatırımları payını; δ , ilgili değişkenlerin katsayılarını ve u_{it} ise, ortalaması sıfır ve sabit varyans ile normal olarak dağıldığı varsayılan hata terimini temsil etmektedir.

Verilerin asimetrisini ve basıklığını belirli bir ölçüde azaltmak ve ayrıca ekonomik zaman serilerinde ortaya çıkabilecek üstel eğilimleri doğrusallaştırmak için açıklanan ve açıklayıcı değişkenlerin değerleri doğal logaritmaya dönüştürülmüştür. Bu nedenle, tahmin edilen parametreler elastikiyet terimleriyle yorumlanabilir. Araştırmanın temel hipotezi: H_0 : Yeşil büyüme sürdürülebilir kalkınmaya olumlu katkıda bulunur. Başka bir ifadeyle, açıklayıcı değişkenlerin sürdürülebilir kalkınma endeksi üzerinde istatistiksel olarak pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olması beklenmektedir. Açıklayıcı değişkenlerin sürdürülebilir kalkınma endeksi üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu beklenmektedir. Değişkenlere ait açıklayıcı bilgiler ile tanımlayıcı istatistikler sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur:

Tablo 1. Kullanılan değişkenler

Kısaltma	Açıklama	Kaynak
$lske_{it}$	Sürdürülebilir kalkınma endeksi	Sachs ve diğerleri (2024)
$lisd_{it}$	Çevresel mal ve hizmetler sektörü istihdamı	Eurostat (2024)
$large_{it}$	Çevreyle ilgili kamu Ar-Ge bütçesi	OECD (2024)
$lcky_{it}$	Çevre koruma yatırımları	Eurostat (2024)

Tablo 2. Tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
$lske_{it}$	4,384	0,030	4,333	4,452
$lisd_{it}$	11,942	1,000	10,098	13,885
$large_{it}$	0,356	1,010	-2,995	2,188
$lcky_{it}$	-0,974	0,373	-1,609	0,095

Tanımlayıcı istatistiklerin raporlandığı Tablo 2 incelendiğinde, analize konu olan ülkelerin sürdürülebilir kalkınma endeksinin ortalamasının 4,384 (minimum: 4,333- maksimum: 4,452) olduğu; bağımsız değişkenlerden çevresel mal ve hizmetler sektörü istihdam payının, çevreyle ilgili kamu Ar-Ge bütçe payının ve çevre koruma yatırımlarının ortalamaları ise, sırasıyla, 11,942 (minimum: 10,098- maksimum: 13,885), 0,356 (minimum: -2,995- maksimum: 2,188) ve -0,974 (minimum: -1,609- maksimum: 0,095) değerlerini almaktadır. Değişkenler arasındaki en yüksek standart sapmanın çevreyle ilgili kamu Ar-Ge bütçe payına; en düşük standart sapmanın ise, sürdürülebilir kalkınma endeksine ait olduğu görülmektedir.

3.2. Yöntem

Mikro panel veri yöntemi, genellikle zaman boyutunun kısa olduğu panel veri analizlerinde tercih edilmektedir. Bu kapsamda en sık başvurulan modellerden biri sabit ve rassal etkiler modelidir. Belirli bir ülke grubunun ele alındığı bir durumda sabit etkiler modeli daha uygundur. Genel bir sabit etkiler modeli Eşitlik 2'deki gibidir (Yerdelen Tatoğlu, 2013: 80):

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_{1it}X_{1it} + \beta_{2it}X_{2it} + \dots + \beta_{kit}X_{kit} + u_{it} \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de, β_{0it} , birim etkisini yansıtan sabit terimi; u_{it} modelin hata terimini temsil etmektedir. Ayrıca, β_k 'nin temsil ettiği eğim parametrelerinin birim ve zamana göre değişmediği kabul edilmektedir. Bu yüzden, sabit terim zamana göre sabit kalırken birimlere göre değişmektedir. Diğer taraftan, bir popülasyondan rastgele seçilen N tane birim söz konusuysa, rassal etkiler modeli daha uygun bir yöntemdir (Baltagi, 2005: 12). Örneklemin popülasyondan rastgele alındığı böyle bir durumda, birim etkisinin rassal olduğu kabul edilir. Yerdelen Tatoğlu (2013: 103-104), rassal etkiler modelini ise, Eşitlik 3'te görüldüğü şekilde formüle etmiştir:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1X_{1it} + \beta_2X_{2it} + \dots + \beta_kX_{kit} + v_{it} \quad (3)$$

Bu modeller incelenirken bulguların sağlıklı sonuç vermesi hata terimlerinde otokorelasyon (AC), homoskedastisite (HC) ve yatay kesit bağımlılığının (CD) yokluğuna bağlıdır. Bu doğrultuda, Wooldridge AC, Poi ve Wiggins HC ile Pesaran CD testleri yapılmıştır. Öte yandan, modelde birim ve/veya zaman etkileri olduğu tespit edildiğinde, bu etkilerin sabit mi yoksa rassal mı olduğuna karar verilebilmesi için Hausman (1978) testine başvurulur. Hata terimlerinde AC, HC ve CD'nin varlığı söz konusuysa, bu kararı verebilmek için *dirençli* Hausman testi önerilmektedir. Bunlara ek olarak, CD'yi göz önüne almayan teknikler tutarlı olmayan standart hatalarla sonuçlanır (Driscoll-Kraay, 1998). Sabit etkiler ve rassal etkiler modellerinde özellikle CD sorunlarının olduğu böyle bir durumda, *Driscoll-Kraay standart hata* yöntemi önerilmektedir (Hoechle, 2007).

4. BULGULAR

Çalışmada inşa edilen modelin Tablo 3'te özetlenen ampirik analiz bulguları, modelde AC, HC ve CD olduğunu işaret etmektedir. Bu nedenle, analize Driscoll-Kraay standart hata yönteminden ilenlenmiştir. Ayrıca, modelin 16 seçilmiş AB üyesi içermesi göz önüne alındığında hem popülasyon içinden N tane birim alındığı kabulü hem de veri setinde gelişmekte ve gelişmiş ülkelerin bir arada yer alması tek bir ortak etkinin beklenmesini olanaksız kılmaktadır. Bu durumu dirençli Hausman test sonucu da doğrulamakta ve dolayısıyla bulgular, rassal etkiler modelinin daha uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, model sonuçları Driscoll-Kraay standart sapmalı rassal etkiler tahmincisi üzerinden değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Test sonuçları

Değişken	Sabit Etkiler	Rassal Etkiler	Sabit Etkiler Driscoll-Kraay	Rassal Etkiler Driscoll-Kraay
$lisd_{it}$	0,041 (0,000)***	0,037 (0,000)***	0,041 (0,001)***	0,037 (0,001)***
$large_{it}$	-0,001 (0,321)	-0,001 (0,351)	-0,001 (0,343)	-0,001 (0,545)
$lcky_{it}$	0,006 (0,125)	0,007 (0,092)*	0,006 (0,010)***	0,007 (0,054)*
Sabit terim	4,342 (0,000)***	4,351 (0,000)***	4,342 (0,000)***	4,351 (0,000)***
F İstatistiği/ Wald χ^2	77,40 (0,000)	28,94 (0,000)	60,83 (0,001)	359,10 (0,000)
Wooldridge AC Testi		24,663 (0,0002)***		
Poi ve Wiggins HC Testi	88,51 (0,000)***			
Pesaran CD Testi	14,385 (0,000)***	15,125 (0,000)***		
Dirençli Hausman Testi	2,28 (0,516)			
Grup Sayısı	16		Gözlem Sayısı	95

Not: Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini ve *, **, ***, sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

Analiz sonuçları, $large_{it}$ dışındaki tüm açıklayıcı değişkenler ile sabit terimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu işaret etmektedir. Model, Eşitlik 4'te belirtildiği gibi ifade edilebilir:

$$lske_{it} = 4.351 + 0.037lisd_{it} - 0.001large_{it} + 0.007lcky_{it} \quad (4)$$

Eşitlik 4'te verilen model incelendiğinde, tüm sektörler içindeki çevresel mal ve hizmetler sektöründeki istihdam payında %1'lik bir artışın, sürdürülebilir kalkınma endeksi üzerinde %0.037 oranında ve GSYH içindeki çevre koruma yatırımları payındaki %1'lik bir artışın sürdürülebilir kalkınma endeksini %0.007 oranında arttırdığı görülmektedir. Bu sebeple, bu iki yeşil büyüme değişkeni için teorik beklentiler doğrulanmıştır. Başka bir ifadeyle, çevresel mal ve hizmetlerdeki istihdam ile çevre koruma yatırımlarının sürdürülebilir kalkınma üzerinde istatistiksel olarak pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, çevreyle ilgili Ar-Ge bütçe payının sürdürülebilir kalkınma endeksi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum şöyle açıklanabilir: Öncelikle, Ar-Ge yatırımları uzun vadede sonuç veren ve çıktılarının ortaya çıkması zaman alan süreçleri kapsar. Bu tür yatırımlar çoğunlukla araştırma projelerine bütçe ayırır. Bu projelerden elde edilen yenilik ve teknolojiler sahada uygulanmadan somut çevresel veya ekonomik sonuçlar doğurmayabilir. Özellikle yenilenebilir enerji ve/veya çevre koruma teknolojilerinde, araştırma aşamasından geniş çaplı kullanıma geçiş zaman alabilir. Bu bağlamda, 2015-2021 arasını kapsayan analiz dönemi, çevreyle ilgili kamu Ar-Ge bütçe payının sürdürülebilir kalkınma üzerindeki beklenen etkisinin henüz tam anlamıyla gözlemlenemediği kısa bir süre olabilir. İlerleyen yıllarda, yeşil büyüme değişkenlerine ait veri seti genişlediğinde daha somut ampirik sonuçlara ulaşmak mümkün olacaktır.

Bu kapsamda, çalışmanın sonuçları sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada yeşil büyümenin kritik bir rolü olduğunu öneren teorik yaklaşımları (BMÇP, 2011; OECD, 2012; Fay ve Hallegatte, 2012; Kazzi, 2014; Nhamo, 2014; Yalçın, 2016; Kasztelan, 2017) ampirik olarak desteklemektedir. Öte yandan, çalışmanın ikinci bölümünde de belirtildiği gibi, literatürde sürdürülebilir kalkınma ile yeşil büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen ampirik bir çalışmaya rastlanmaması nedeniyle bu çalışma bu alanda yapılan diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

2008 küresel finans krizinden sonra küresel ekonomik sistemin sürdürülebilirliği sorgulanmaya başlanmıştır. Sistemin hem ekonomik hem toplumsal hem de çevresel sürdürülebilirliğine dair oluşan güven kaybı, sistemde bir değişim ihtiyacını beraberinde getirmiş ve dünyanın ilerlemesi gereken yolun sürdürülebilir kalkınma olduğuna yönelik küresel bir anlayış gelişmiştir. Başta uluslararası kuruluşlar olmak üzere, sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmanın en etkin ve en kısa yolun yeşil büyüme olduğu iddia edilmiştir.

Bu iddia kapsamında, bu araştırma makalesinde, yeşil büyüme politikalarıyla paralel olarak kabul edilen çevresel mal ve hizmetler sektöründeki istihdam payı, çevreyle ilgili kamu Ar-Ge bütçe payı ve GSYH içindeki çevre koruma yatırım payı yeşil büyüme değişkenleri olarak ele alınmıştır. Erişilebilen veriler doğrultusunda, 16 AB üyesi ülkede 2015 ile 2021 yılları arasında yeşil büyüme değişkenleri ile sürdürülebilir kalkınma endeksi arasındaki ilişki, mikro panel veri analizi yardımıyla ampirik olarak incelenmiştir. Sabit etkiler, rassal etkiler modelleri ile Driscoll-Kraay standart hata yönteminin kullanıldığı analiz bulguları, bu ülkelerde, 2015 yılı ile 2021 yılları arasında çevresel mal ve hizmetler sektöründe istihdam ile çevre koruma yatırımlarındaki artışın sürdürülebilir kalkınmayı olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, yeşil büyüme politikalarından olan bu değişkenlerin 16 AB ülkesinde 2015 ile 2021 yılları arasında, sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağladıkları gözlemlenmiştir. Öte yandan, çevreyle ilgili kamu Ar-Ge bütçe payının sürdürülebilir kalkınma endeksi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunamamıştır. Bu durum, Ar-Ge yatırımlarının uzun vadede sonuç vermesi, Ar-Ge projelerinden elde edilen yenilik, teknoloji veya çözümlerin hayatın akışına yansımalarının zaman alması ve analizin kapsadığı dönemin nispeten kısa olmasından kaynaklanabilir. Yine de diğer iki yeşil büyüme değişkenlerinin istatistiksel olarak pozitif ve anlamlı olması bazı çıkarımlar yapmaya yeterlidir: Yeşil büyüme, sürdürülebilir kalkınmaya olumlu bir katkı sağlamaktadır. Daha açık bir ifadeyle, bulgular, sürdürülebilir kalkınmaya ulaşma yolunda yeşil büyümenin önemli bir rolü olduğunu işaret etmektedir. Bu doğrultuda, çalışma, başta BM, OECD ve Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşlar olmak üzere, literatürde yer alan sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada yeşil büyümenin kritik bir rolü olduğunu öneren teorik çalışmaları (BMÇP, 2011; OECD, 2012; Fay ve Hallegatte, 2012; Kazzi, 2014; Nhamo, 2014; Yalçın, 2016; Kasztelan, 2017) ampirik bulgularla desteklemektedir. Doğrudan bu iki değişkenin birbiriyle ampirik ilişkisinin incelendiği bir çalışmaya rastlanılmadığı için, çalışmanın bulguları literatürdeki mevcut boşluğu doldurarak hem araştırmacılar hem de politika yapıcılar için değerli bir referans noktası sunmaktadır.

Bulgulardan elde edilen çıkarımdan hareketle, bir tümevarım yaklaşımı ile sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmayı hedefleyen politika yapıcılar için şu öneriler getirilmiştir: Sürdürülebilir kalkınmaya ulaşma çabası, yeşil büyüme ile başarılı olacaktır. Bu kapsamda, çevresel mal ve hizmetler sektörü, biyoçeşitliliğin korunması, ormanların, ekosistemlerin ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, kaynak verimliliğini artırma gibi işlevler sağlayarak sürdürülebilir kalkınmanın birçok boyutunda ilerlemeyi desteklemektedir. Sektörde yaratılan her yeni istihdam, çevrenin sürdürülebilirliği yanında insana yakışır iş olanaklarını artırmasıyla ekonomik sürdürülebilirliğe de hizmet etmektedir. Dolayısıyla, politika yapıcılar çevresel mal ve hizmetler sektöründeki iş olanaklarını artırmalıdır. Diğer yandan, çevre koruma yatırımları, su kaynaklarının korunması, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, fosil yakıt kullanımının azaltılması vb. için yapılmaktadır. Bu tür yatırımların payının artırılması da hem sera gazı emisyonlarını azaltarak iklim değişikliğiyle mücadeleye doğrudan katkıda bulunmakta hem de yeşil ekonomiye geçişi hızlandırarak yeni yeşil iş olanakları yaratmaktadır. Ayrıca, kirliliğin azalmasını sağlayarak temiz bir çevrenin oluşturulmasına ve toplum sağlığına hizmet ederken toplumda çevre bilincinin artmasına katkıda bulunarak halkın sürdürülebilir yaşam tarzını benimsemesinde de rol oynamaktadır. Başka bir ifadeyle, bu tür yatırımlar çevresel sürdürülebilirliği, ekonomik kalkınmayı ve toplumsal refahı desteklemektedir. Bu nedenle, politika yapıcılar, çevre koruma yatırımlarını artırmalı ve bunun için daha fazla finansal teşvik sağlamalıdır. Benzer şekilde, kamunun tüm Ar-Ge bütçesi içinde yenilenebilir enerji teknolojileri de dahil her türlü çevreyle ilgili ayrılan Ar-Ge bütçe payının da sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada stratejik bir rolü bulunmaktadır. Bu bütçe, uzun vadede sera gazı emisyonlarını azaltmada kritik bir role sahip yeşil teknolojilerin ve çevre dostu ürünlerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için ayrılmaktadır. Politika yapıcılar, çoğunluğunu yenilenebilir enerjiye yönlendirmek üzere kamu Ar-Ge bütçe payını artırmalıdır. Kısaca, sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmayı hedefleyen politika yapıcılar, yeşil büyüme politikalarının stratejik önemini dikkatle ele almalı ve politikalarını buna göre şekillendirmelidir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir. *It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.*

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Açcı, Y., Akarsu, G. ve Cafri, R. (2023). "Döngüsel Ekonomi ve Yeşil Büyüme Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma Göstergelerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Seçilmiş AB Ülkelerinden Ampirik Kanıtlar", *Verimlilik Dergisi*, Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilirlik Özel Sayısı, 53–66. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1110535>
- Acosta, L.A., Maharjan, P., Peyriere, H.M. ve Mamiit, R.J. (2020). "Natural Capital Protection Indicators: Measuring Performance in Achieving the Sustainable Development Goals for Green Growth Transition", *Environmental and Sustainability Indicators*, 8, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100069>
- Baltagi, B.H. (2005). "Econometric Analysis of Panel Data", Third Edition, England: John Wiley& Sons, Ltd.
- Baniya, B., Giurco, D. ve Kelly, S. (2021). "Green Growth in Nepal and Bangladesh: Empirical Analysis and Future Prospects", *Energy Policy*, 149, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112049>
- BM (2012). "The Future We Want: Outcome Document of the United Nations Conference on Sustainable Development", *Rio+20 United Nations Conference on Sustainable Development*.
- BM (2015). "Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development", <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf> (Erişim Tarihi: 16.07.2024).
- BM (2022). "SDG Indicators", United Nations Department of Economic and Social Affairs. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf> (Erişim Tarihi: 22.08.2024).
- BMÇP (2011). "Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication- A Synthesis for Policy Makers: Towards a Green Economy", 52. *United Nations Environment Programme*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12099/GLOCIGESummaryPolicyMakers.pdf?sequence=1&isAllowed> (Erişim Tarihi: 22.08.2024).
- Brundtland, G.H. (1987). "Our Common Future—Call for Action", *Environmental Conservation*, 14(4), 291-294.
- Driscoll, J.C., ve Kraay, A.C. (1998). "Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data", *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549-559.
- Dünya Bankası. (2012). "Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development", World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/6058>
- Ekins, P. (2000). "Economic Growth and Environmental Sustainability: The Prospects for Green Growth", Routledge.
- Eurostat (2024). "Employment in Goods & Services and Environment Protection Investments Data" https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_egss1/default/table?lang=en%20 (Erişim Tarihi: 02.04.2024).
- Fay, M. ve Hallegatte, S. (2012). "Inclusive Green Growth the Pathway to Sustainable Development", The World Bank.
- Hausman, J.A. (1978). "Specification Tests in Econometrics", *Econometrica*, 46(6), 1251-1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- Hoechle, D. (2007). "Robust Standard Errors for Panel Regressions with Cross-Sectional Dependence", *Stata Journal*, 7(3), 281-312.
- Kasztelan, A. (2017). "Green Growth, Green Economy and Sustainable Development: Terminological and Relational Discourse", *Prague Economic Papers*, 26(4), 487-499. <https://doi.org/10.18267/j.pep.626>
- Kazzi, H. (2014). "Green Growth and Sustainable Development in the Arab Countries", *European Scientific Journal*, 10(14), 567-678.
- Meral, İ.G. (2024). "Türkiye ve Türki Cumhuriyetlerde Sürdürülebilir Kalkınma Performansının CRITIC-LOPCOW ve CoCoSo Yöntemleriyle İncelenmesi", *Fiscaoeconomia*, 8(2), 619-645. <https://doi.org/10.25295/fsecon.1431939>
- Naimoglu, M., Shahbaz, M. ve Lorente, D.B. (2024). "Road Map from Dirty Growth to Sustainable Green Growth in Türkiye: Management of Trade and Financial Processes", *Journal of Environmental Management*, 367, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121984>
- Nhamo, G. (2014). "From Sustainable Development Through Green Growth to Sustainable Development Plus", *International Journal of African Renaissance Studies- Multi-, Inter- and Transdisciplinarity*, 9(2), 20-38. <https://doi.org/10.1080/18186874.2014.987953>
- OECD (2009). "Declaration on Green Growth Adopted at the Meeting of the Council at Ministerial Level on 25 June 2009", *OECD Publishing*, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0374>
- OECD (2011). "Towards Green Growth: Monitoring Progress", OECD Publishing, 144. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/towards-green-growth-monitoring-progress_9789264111356-en
- OECD (2012). "Green Growth and Developing Countries Consultation Draft", OECD Publishing.

- OECD (2024) "Environmentally Related Public R&D Budget and Employment Data", <https://data-explorer.oecd.org/> (Erişim Tarihi: 03.04.2024).
- Padro Martinez, C. I., ve Cotte Poveda, A. (2021). "The Importance of Science, Technology and Innovation in the Green Growth and Sustainable Development Goals of Colombia", *Environmental and Climate Technologies*, 25(1), 29-41. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2021-0003>
- Sachs, J.D. (2015). "The Age of Sustainable Development", Columbia University Press, New York.
- Sachs, J.D., Lafortune, G. ve Fuller, G. (2024). "The SDGs and the UN Summit of the Future", Sustainable Development Report 2024, Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. <https://dashboards.sdgindex.org/explorer?metric=overall> (Erişim Tarihi: 23.04.2024).
- Taş, Ç.K., Örk Özel, S. ve Veysikarani, D. (2021). "Dijital Ekonominin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Üzerine Etkisi: Avrupa Birliği Ülkeleri için Bir İnceleme", *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 51-78. <https://doi.org/10.11616/basbed.vi.896953>
- Xu, J., Zhao, J., She, S. ve Liu, W. (2022). "Green Growth, Natural Resources and Sustainable Development: Evidence from BRICS Economies". *Resources Policy*, 79, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103032>
- Yalçın, Z.A. (2016). "Sürdürülebilir Kalkınma için Yeşil Ekonomi Düşüncesi ve Mali Politikalar", *Cankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 749-775. <https://doi.org/10.18074/cnuiibf.282>
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2013). "Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı", İkinci Baskı, Beta Yayınları, İstanbul.

MIKTA Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisi

Yaşar Alptürk¹ 

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı MIKTA ülkeleri genelinde yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri 1990-2020 dönemi için araştırmaktır.

Yöntem: Bu çalışmada Emirmahmutoğlu-Köse Panel Nedensellik analizlerinden yararlanılmıştır. Bu bağlamda ilk olarak yatay kesit bağımlılıkları araştırılmış, sonrasında homojenite testleri uygulanmış, elde edilen bulgulara göre birim kök testleri gerçekleştirilmiştir. Son olarakta değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri tespit edilmiştir.

Bulgular: Çalışmadan elde edilen bulgulara, ekonomik büyümeden, yenilenebilir enerjiye doğru ülke veya panel bazında bir nedensellik ilişkisi tespit edilemezken, yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyüme doğru ise panel ve ülke bazında bir nedensellik ilişkisi bulunduğu tespit edilmiştir. Ülke düzeyinde sonuçlara bakıldığında ise Meksika, Türkiye ve Endonezya için yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümenin nedeni olduğu bulunmuştur. Elde edilen bulgular literatürdeki yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasındaki büyüme hipotezini desteklemektedir.

Özgünlük: Çalışma literatürde yeni bir oluşum olan MIKTA ülkeleri üzerine modern testler ile yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: MIKTA, Ekonomik Büyüme, Yenilenebilir Enerji, Emirmahmutoğlu-Köse Nedensellik.

JEL Kodları: C33, P28, Q47.

The Relationship Between Renewable Energy and Economic Growth in MIKTA Countries

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to investigate the relationship between renewable energy and economic growth across MIKTA countries for the period of 1990-2020.

Methodology: In this study, Emirmahmutoğlu-Köse Panel Causality analysis is utilized. In this context, horizontal cross-sectional dependencies were first investigated, then homogeneity tests were applied, and unit root tests were performed according to the findings obtained. Finally, causality relationships between variables were identified.

Findings: The findings obtained from the study suggest that while no causality relationship can be identified from economic growth to renewable energy on either a country or panel basis, a causality relationship exists from renewable energy consumption to economic growth on both panel and country levels. When examining the results at the country level, it is found that renewable energy is the cause of economic growth for Mexico, Turkey, and Indonesia. These findings support the growth hypothesis in the literature regarding the relationship between renewable energy and economic growth.

Originality: The study was conducted using modern tests focusing on the relatively new formation in the literature, namely the MIKTA countries.

Keywords: MIKTA, Economic Growth, Renewable Energy, Emirmahmutoğlu-Köse Causality.

JEL Codes: C33, P28, Q47.

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler MYO, Muhasebe ve Vergi Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Yaşar Alptürk, yasaralpturk@ksu.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1464072

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 03.04.2024 | Kabul / Accepted: 11.11.2024

Atıf/Cite: Alptürk, Y. (2025). "MIKTA Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisi", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 13-26.

EXTENDED ABSTRACT

Today, the idea of a world without energy has become almost unthinkable. For this reason, the importance of energy is highly related to its proper use. While some of the energy resources are exhaustible, some of them are renewable. For this reason, it is important for countries to act together for the correct use of energy for their economic development and development. When the potential of self-renewing energy resources is examined, it is seen that they have a very high potential and can meet much more of the energy needed by the world.

MIKTA emerged from member countries during the G-20 meetings, and the foreign ministers of five countries (Mexico, Indonesia, South Korea, Turkey and Australia) met in September 2013 to establish the informal organization (Schiavon and Domínguez, 2016). MIKTA is described as a diplomatic initiative designed to respond quickly. Led by foreign ministers, the organization meets on average twice a year on the sidelines of the G-20 or UN General Assembly summits and discusses many important issues at the global and regional level (Çolakoğlu, 2018; Kim et al., 2018).

When the literature is examined, it is seen that the growth, conservation, feedback and neutrality hypotheses between renewable energy and economic growth are valid and no consensus can be reached both on a country basis and on the basis of economic cooperation organizations. The aim of this study is to investigate the relationship between renewable energy consumption and economic growth of MIKTA countries, which are new in the literature within the scope of economic cooperation organizations, which have geographically, culturally, linguistically and religiously different characteristics and come together to promote international cooperation, offer different perspectives and find common solutions. Since the studies on MIKTA countries are limited in the literature, it is thought that this study will make a unique contribution to the field in this respect.

The study uses annual renewable energy consumption and economic growth data for the MIKTA countries, while Gross Domestic Product is used as a proxy for economic growth. The data obtained from the World Bank's website covers the period 1990-2020. The variables used in the study are logarithmized. The data set has a total of 155 observations with a time dimension of 31 years and a cross-sectional interval of 5 units. In this study, Emirmahmutoğlu-Köse Panel Causality analysis is utilized.

According to the panel causality test results of Emirmahmutoğlu and Köse (2011), no causality relationship from economic growth to renewable energy consumption was detected neither on a panel basis nor on a country basis. On the other hand, there is a causality relationship from renewable energy consumption to economic growth for the entire panel. When the country-by-country results are analyzed, it is determined that there is no causality relationship between renewable energy consumption and economic growth in South Korea and Indonesia. For Mexico, Turkey and Australia, it is found that there is a causality relationship from renewable energy consumption to economic growth.

The findings of the research generally show that the "Growth" hypothesis, which is one of the four main hypotheses in the literature between renewable energy and economic growth, is valid for this research. The growth hypothesis is a hypothesis that argues that there is a unidirectional causality relationship from renewable energy to economic growth.

The findings also point to important implications for policy makers. MIKTA countries, which are considered as a new formation, can focus more on renewable energy for economic growth and development in their meetings, carry out joint projects by focusing more on renewable energy investments, or transfer existing practices on renewable energy to each other. In addition, it is thought that this study on the MIKTA countries, which constitute the subject of the research, will contribute to the literature by contributing to the recognition of the MIKTA countries, which are new in the literature.

On the other hand, in future studies, if the necessary econometric conditions are met, the long-run relationships between variables can also be examined. In addition, in order to make comparisons, cooperation organizations consisting of different countries can also be included in the analysis and the study can be expanded in this direction.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze enerji, ülkeler için büyüme ve rekabet açısından temel değişken olarak güncelliğini korurken, modern ekonomik konjonktürde büyüme giderek enerjiye bağımlı hale gelmiş ve enerjiye olan talep de giderek artmaktadır. Bu yönüyle bakıldığında enerji ve ekonomi iç içe geçmiş ve biri diğerinden ayrı düşünülemez hale gelmiştir. Dolayısıyla yeterli düzeyde enerji arzının sağlanması ülkeler için ulusal bir önceliktir.

Neoklasik dönem iktisatçıları ise enerjiyi hammadde veya bir ara mal olarak değerlendirmektedir. Bu nedenle ekonomide enerji ve hammaddenin yerine getirdiği işlevdeki temel ayrımı göz ardı ederek, petrol ya da elektriğin işlevini kereste ya da çelikten ayırt etmemektedirler. Oysa ki enerji, ham maddeleri nihai ürünlere dönüştüren işi yönlendirmektedir. Dolayısıyla enerji harcanmadan hiçbir değişim mümkün olmayacağı gibi, aslında enerji bütün ekonomik faaliyetlere yön veren vazgeçilmez bir güçtür (Alam, 2006: 3-6).

Enerji farklı formlarda meydana gelen ve çeşitli şekillere bölünmüş doğal bir kaynaktır. İnsanlar enerjiyi elde ederek, ihtiyaçları doğrultusunda ısı, ışık ve güce dönüştürür. Yapılarına göre enerji, kimyasal enerji, güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidro enerji, gelgit enerjisi, biyokütle enerjisi şeklinde ayrılmaktadır. Dönüşüm ve kullanım düzeyine göre ise birincil ve ikincil enerji, yeni enerji ve konvansiyonel enerji, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji olarak sınıflandırılmaktadır (Koç ve Şenel, 2013; Elinder ve diğerleri, 2017; Caviglione ve diğerleri, 2017; Wang, 2022).

Petrol başta olmak üzere doğal gaz ve kömür gibi geleneksel enerji kaynaklarının ekonomi açısından itici bir güç olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Ancak bu fosil yakıtların çevreye ve insan sağlığına olan zararlı etkileri de bilinmekte ve yakından takip edilmektedir. Özellikle iklim değişikliği konusundaki endişelerin arttığı bir dönemde geleneksel enerji kaynakları, çevresel örgütler tarafından artan bir baskıyla karşı karşıyadır (Herzog ve diğerleri, 2001: 9). Fosil yakıtların sebep olduğu iklim değişikliği, enerji kaynaklarının kısıtlı olması, ülkelerin enerji sahalarındaki çatışmalar ve artan nüfusla birlikte enerjiye olan talep ile atık seviyelerinde yaşanan artışlar dünya istikrarını gün geçtikçe daha fazla tehdit etmektedir. Ayrıca bu olumsuz etkiler yerel, bölgesel ve küresel olmak üzere toplumun her kesiminde görülmektedir (Kothari ve diğerleri, 2010).

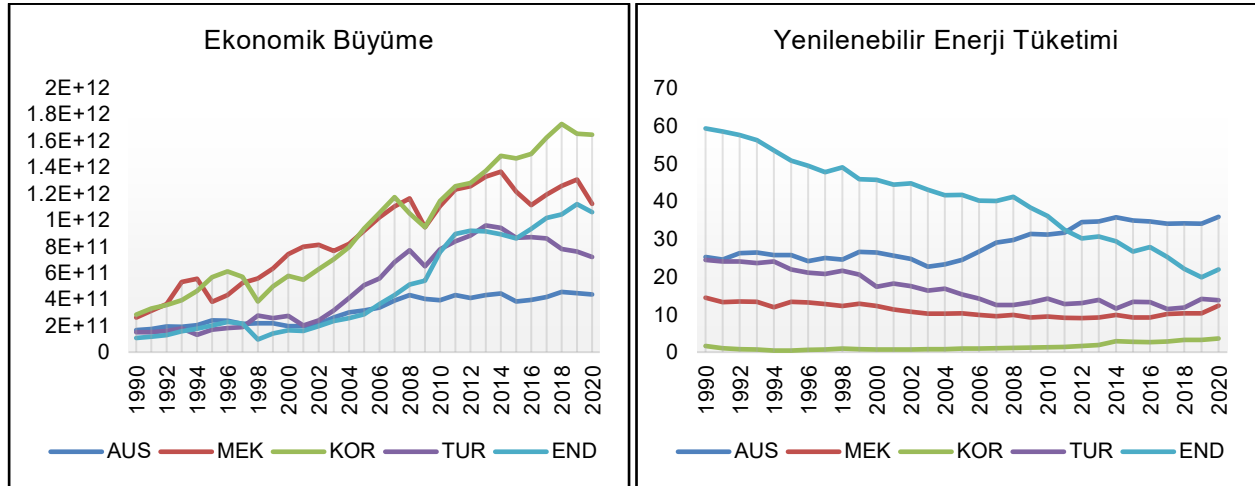
Dünyayı tehdit eden enerjinin sebep olduğu sorunlar insanlığı sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönlendirirken, 21. Yüzyılda yaşanan önemli teknolojik gelişmelerle birlikte, taşıt yakıtı ve elektrik üretiminde alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ortaya çıktığı görülmektedir (Alajingi ve Marimuthu, 2023: 1). Dolayısıyla ekonomik büyüme için enerji ihtiyacı karşılanırken, bir yandan da fosil yakıtların çevresel etkilerini azaltmanın yolu olarak alternatif enerji kaynakları kullanılmaktadır. Ayrıca bu durum konvansiyonel kaynaklardan sürdürülebilir kaynaklara geçilmesinin ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesinin önünü de açmaktadır (Apergis ve Payne, 2010; Alajingi ve Marimuthu, 2023).

Yenilenebilir enerji genel manada güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik, odun, atık ve biokütle vb. kaynaklardan üretilen, geleneksel enerjinin aksine temiz, güvenli, geri dönüştürülebilir ve tükenmez enerji olarak ifade edilmektedir. Tanımdan da anlaşılacağı üzere geleneksel enerji türlerine kıyasla yenilenebilir enerjinin birçok faydalı özelliğinin olması, dünya çapında hızla büyümesine ve enerji tüketiminin toplamı içerisindeki payını oldukça yükseltmektedir (Apergis ve Danuletiu, 2014). Son yıllarda yenilenebilir enerjide yaşanan hızlı büyüme, devletler tarafından vergi indirimleri, teşvikler ve hibeler gibi uygulamalarla yoğun şekilde desteklenmektedir (Shahbaz ve diğerleri, 2020). Ayrıca ülkeler tarafından yapılan Paris Anlaşması, Kyoto Protokolü gibi çeşitli anlaşmalar, karbon salınımına sınırlama zorunluluğu getirmektedir. Dolayısıyla yenilenebilir enerji, başta çevresel faktörler, enerji güvenliğinin sağlanması ve ekonomik büyüme açısından önemli bir değişken olarak karşımıza çıkmaktadır (Dogan ve diğerleri, 2020).

Günümüzde enerjisiz bir dünya fikri nerdeyse düşünülemez hale gelmiştir. Bu sebeple enerjinin önemi, doğru kullanımı ile oldukça ilişkilidir. Enerji kaynaklarının bir bölümü tükenebilirken, bir kısmı da yenilenebilir özelliktedir. Ülkelerin bu sebeple ekonomik açıdan gelişmeleri ve kalkınmaları için enerjinin doğru kullanımı için birlikte hareket etmeleri önem arz etmektedir. Kendini yenileyen enerji kaynaklarının potansiyeli incelendiğinde oldukça yüksek bir potansiyele sahip oldukları görülmekte ve dünyanın ihtiyaç duyduğu enerjinin çok daha fazlasını karşılayabilecek durumdadır.

Ekonomik büyüme ve kalkınma, insanların ve ülkelerin refahı için önemli bir faktördür. Bu manada birçok ülke kendi aralarında çeşitli anlaşmalar imzalamakta ve iş birliği örgütleri kurmaktadır. 2008 yılında liderler düzeyinde ilk defa bir araya gelen G-20 grubu günümüze kadar önde gelen uluslararası ekonomik iş birliklerinden birisi olmuştur. Her ne kadar oluşum son yıllarda ilk baştaki ivmesini kaybetmiş gibi görünse de G-20'nin ekonomik odaklanmanın bir adım ötesine geçerek diğer küresel sorunlarla başa çıkmak içinde çalışmalar yürütmektedir (Jongryn, 2015: 2).

G-20 toplantıları sırasında üye ülkelerden ortaya çıkan MIKTA oluşumu ise Eylül 2013 yılında beş ülkenin (Meksika, Endonezya, Güney Kore, Türkiye ve Avustralya) dışişleri bakanlarının bir araya gelmesiyle gayri resmi olan bu oluşumu kurmuşlardır (Schiavon ve Domínguez, 2016). MIKTA hızlı tepki verecek şekilde tasarlanmış, diplomatik bir girişim olarak tanımlanmaktadır. Liderliğini dışişleri bakanlarının yaptığı oluşum, G-20 veya BM Genel Kurulu zirvelerinin oturum aralarında yılda ortalama iki kez bir araya gelmekte, küresel ve bölgesel seviyede önemli pek çok konuyu tartışmaktadır (Çolakoğlu, 2018; Kim ve diğerleri, 2018). Şekil 1'de MIKTA oluşumunun ülkelerin ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketim grafikleri gösterilmektedir.



Şekil 1. MIKTA ülkeleri ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi

Şekil 1 incelendiğinde ülkelerin son yıllarda büyüme trendi içerisinde olduğu ancak Covid-19 nedeniyle büyümenin yavaşladığı görülmektedir. Benzer etkiyi 2008 krizi içinde söylemek mümkündür. İncelenen Ülkeler arasında en yüksek ekonomik büyümeye sahip ülke ise Güney Kore konumundadır. Yenilenebilir enerji tüketimine bakıldığında ise Avustralya'da ciddi bir artış görülürken, Endonezya'da ise 90'lı yıllara göre belirgin bir düşüş söz konusudur. Öte yandan son yıllarda MIKTA ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin artış eğiliminde olduğu grafiklerden anlaşılmaktadır.

Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik araştırma ve geliştirme çalışmalarına verdiği önem Covid-19 krizine rağmen, 2020 yılı boyunca güçlü kaldı ve küresel bazda yenilenebilir enerji kapasitesine yapılan yatırım, Covid-19'a direnerek %2 artış sağlamıştır (Renewables 2021 Global Status Report, 2021: 24). Ekonomik büyümenin sürdürülebilirliği için enerji önemli bir kaynaktır ve fosil yakıtlar tükenmektedir. Bu sebeple ekonomik büyümede yenilenebilir enerji kaynaklarının rolü gelecekte daha da önem kazanacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde öncelikle literatürde yer alan yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme çalışmaları incelenmiştir. Akabinde üçüncü bölümde çalışmada kullanılan veri seti, yöntem ve ekonometrik model tanıtılacaktır. Daha sonra modern panel veri analizleriyle MIKTA ülkelerinin yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkileri araştırılacaktır. Son olarak da tespit edilen bulgular literatür ekseninde yorumlanacak ve buradan hareketle çalışmanın literatüre katkısı değerlendirilecektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür incelendiğinde yenilenebilir enerji tüketimi (YE) ve ekonomik büyüme (EB) konusunun popüler olduğu ve pek çok çalışma olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçları şu dört başlık altında Tablo 1'deki gibi özetlemek mümkündür (Demirgil ve Birol, 2020; Zeren ve Hızarcı, 2021; Wang ve diğerleri, 2022).

Tablo 1. YET ve EB arasındaki temel hipotezler

Hipotez	İlişki Yönü	Bulgular
Büyüme	YET → EB	Yenilenebilir enerjiden, ekonomik büyümeye doğru bir nedensellik
Koruma	EB → YET	Ekonomik büyümeden, yenilenebilir enerjiye doğru bir nedensellik
Geri Besleme	YET ↔ EB	Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik
Tarafsızlık	EB x YET	Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında ilişki yoktur

Aşağıda sunulan literatürde yenilenebilir enerji ve büyüme arasında ilişkiyi nedensellik yönünden araştıran güncel çalışmalar YET ve EB arasındaki temel hipotezler dikkate alınarak özetlenmiştir. Ayrıca nedensellik analizi yapılmayan çalışmalar da sunulmuştur.

Tablo 2. Literatür araştırması

<i>Yazar/Yıl</i>	<i>Dönem</i>	<i>Ülke</i>	<i>Yöntem</i>	<i>Bulunan Hipotez</i>
Apergis ve Payne (2010)	1992-2007	13 Avrasya Ülkesi	Panel ECM	Geri Besleme
Menegaki (2011)	1997-2007	27 Avrupa Ülkesi	Rastgele Etkiler Modeli	Tarafsızlık
Apergis ve Payne (2011)	1980-2006	6 Orta Amerika Ülkesi	Granger Nedensellik	Geri Besleme
Tugcu ve diğerleri (2012)	1980-2009	G7 Ülkeleri	Hatemi-J Nedensellik	Geri Besleme
Apergis ve Payne (2012)	1990-2007	80 Ülke	Panel ECM	Geri Besleme
Lin ve Moubarak (2014)	1977-2011	Çin	Granger Nedensellik	Geri Besleme
Ben Jebli ve Ben Youssef (2015)	1980-2010	69 Ülke	Granger Nedensellik	Tarafsızlık
Bhattacharya ve diğerleri (2016)	1991-2012	38 Ülke	Heterojen Panel Nedensellik	Büyüme
İnglesi-Lotz (2016)	1990-2010	38 OECD Ülkesi	Panel Eş Bütünleşme	Büyüme
Destek ve Aslan (2017)	1980-2012	Gelişmekte Olan 17 Ülke	Bootstrap Panel Nedensellik	Büyüme, Koruma, Geri Besleme ve Tarafsızlık
Rafindadi ve Ozturk (2017)	1971Q1-2013Q4	Almanya	VECM	Geri Besleme
Fotourehchi (2017)	1990-2012	Gelişmekte Olan 42 Ülke	Canning ve Pedroni Long-run Nedensellik	Büyüme
Çağlar ve Kubar (2017)	1969-2014	Türkiye	Fourier Toda Yamamoto Nedensellik	Tarafsızlık
Gozgor (2018)	1965-2016	ABD	ARDL	Büyüme
Bao ve Xu (2019)	1997-2015	Çin	Panel Nedensellik	Tarafsızlık
Bouyghrissi ve diğerleri (2020)	1990-2014	Fas	Panel Nedensellik	Büyüme
Ghosh ve Kanjilal (2020)	1971-2014	Hindistan	Threshold VEC, Regime Shift eş bütünleşme	Geri Besleme
Asif ve diğerleri (2021)	1995-2017	99 Ülke	EKK ve Sabit Etkiler Modeli	Büyüme
Yılmaz (2021)	1980-2018	G7 Ülkeleri	Hatemi-J Panel Nedensellik	Geri Besleme
Zeren ve Hizarcı (2021)	1990-2018	Gelişmekte Olan Ülkeler	Panel Konya Nedensellik	Büyüme, Geri Besleme
Ivanovski (2021)	1990-2015	OECD'ye Üye ve Üye Olmayan Ülkeler	Doğrusal Kukla Değişken Tahmini	Tarafsızlık
Wang ve diğerleri (2022)	1997-2015	OECD Ülkeleri	Eşik Etkisi Regresyon	Büyüme
Gyimah ve diğerleri (2022)	1990-2015	Gana	Granger Nedensellik	Geri Besleme
Mukhtarov (2022)	1992-2015	Azerbaycan	Toda-Yamamoto Nedensellik	Koruma
Ali ve diğerleri (2023)	1975-2020	Gelişmekte Olan Asya Ülkeleri	AMG	Geri Besleme
Kuşkaya (2023)	1990-2020Q2	ABD	Kantil Regresyon	Büyüme
Demir (2023)	1990-2019	Türkiye	Toda-Yamamoto Nedensellik	Büyüme
Simionescu (2023)	2010-2021	Avrupa Birliği	Panel Nedensellik	Büyüme
Kavaz ve Kaya (2023)	1982-2021	Türkiye	ARDL	Geri Besleme
Magazzino ve diğerleri (2023)	1990-2020	Rusya	Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Granger Nedensellik	Tarafsızlık
Han (2024)	1990-2020	BRICS-T Ülkeleri	Emirmahmutoğlu ve Köse Nedensellik	Koruma
Atalay Şimşek (2024)	1990-2020	Türkiye	VAR Granger ve Toda-Yamamoto Nedensellik	Tarafsızlık
Alev ve Ersezzer (2024)	2002-2020	MINT Ülkeleri	Panel Granger Nedensellik ve Panel VAR	Büyüme

Tablo 2 incelendiğinde Bhattacharya ve diğerleri (2016), Inglesi-Lotz (2016), Fotourehchi (2017), Gozgor (2018), Bouyghrissi ve diğerleri (2020), Asif ve diğerleri (2021) Wang ve diğerleri (2022), Kuşkaya (2023), Demir (2023), Simionescu (2023), Alev ve Ersezer (2024), çalışmalarında büyüme hipotezinin geçerli olduğunu diğer bir deyişe yenilenebilir enerjinin, ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediğini tespit etmiştir. Mukhtarov (2022), Han (2024) ise ekonomik büyümenin, yenilenebilir enerji tüketimini etkilediğini yani koruma hipotezinin geçerli olduğunu belirlemiştir.

Apergis ve Payne (2010), Apergis ve Payne (2011), Tuğcu ve diğerleri (2012), Apergis ve Payne (2012), Lin ve Moubarak (2014), Rafindadi ve Ozturk (2017), Ghosh ve Kanjilal, (2020), Yılmaz (2021), Gyimah ve diğerleri (2022), Ali ve diğerleri (2023), Kavaz ve Kaya (2023) çalışmalarında geri besleme hipotezini destekleyerek, EB ve YE arasında karşılıklı bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tarafsızlık hipotezini destekleyen, EB ve YET arasında ilişki bulunmadığını belirten çalışmalar ise Menegaki (2011), Ben Jebli ve Ben Youssef (2015), Çağlar ve Kubar (2017), Bao ve Xu (2019), Ivanovski (2021), Magazzino ve diğerleri (2023), Atalay Şimşek (2024) tarafından yapılmıştır. Ayrıca Destek ve Aslan (2017), Zeren ve Hizarci (2021), ülkelere göre değişken hipotezler tespit etmiştir.

Literatür incelendiğinde gerek ülke bazında gerekse ekonomik iş birlikleri bazında yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında büyüme, koruma, geri besleme ve tarafsızlık hipotezlerinin geçerli olduğu ve fikir birliğine varılmadığı görülmektedir. Bu çalışmanın amacı ekonomik iş birliği örgütleri kapsamında literatürde yeni olan coğrafi, kültürel, dilsel ve dinsel açıdan farklı özellikleri bulunan, uluslararası alanda iş birliğini teşvik etmek, farklı bakış açıları sunmak ve ortak çözümler bulmak için bir araya gelen MIKTA ülkelerinin yenilenebilir enerji tüketimleri ile ekonomik büyümeleri arasındaki ilişkileri araştırmaktır. MIKTA ülkeleri üzerine yapılan çalışmaların literatürde sınırlı olması, çalışmanın bu yönüyle alana özgün bir katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

3. Araştırmanın Dizaynı

3.1. Veri Seti

Araştırmada MIKTA ülkeleri için yıllık yenilenebilir enerji tükemi (YET) ve ekonomik büyüme (EB) verileri kullanılırken, ekonomik büyümenin temsilcisi olarak Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYH) kullanılmıştır. Dünya Bankası'nın internet sitesinden elde edilen veriler 1990-2020 dönemini kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlerin logaritması alınmıştır. Veri seti 31 yıllık zaman boyutu ve 5 birimlik kesit aralığı olmak üzere toplam 155 gözlem değerine sahiptir. Veri setine ilişkin açıklamalar Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Modelde kullanılan değişkenler

Değişkenler	Açıklaması	Türü	Kaynağı
YET	Yenilenebilir Enerji Tüketimi	Logaritmik	atabank.worldbank.org
EB	Ekonomik Büyüme		

3.2. Ekonometrik Metodoloji ve Ekonomik Bulgular

İncelenen değişkenler arasındaki ilişkileri araştırmak için dört adım takip edilmiştir. İlk olarak serilerin Yatay kesit bağımlılıkları, Breusch ve Pagan (1980) ile Pesaran ve diğerleri (2008) tarafından geliştirilen LM_{adj} ve LM testleri kullanılarak değerlendirilmiştir. İkinci adım, Pesaran ve Yamagata (2008) Delta (Δ) ve Düzeltilmiş Delta (Δ_{adj}) testlerini kullanarak homojenlik durumunu kontrol edilmiştir. Üçüncü aşamada değişkenlerin birim kök içerip içermediğinin belirlenmesi için Cross-sectionally ADF (CADF) testi kullanılmıştır. Son olarak ülkelerin YET ile EB değişkenleri arasındaki nedensellik ilişkisini belirlemek için panel Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) nedensellik testleri kullanılmıştır.

3.2.1. Yatay Kesit Bağımlılığı

Değişkenler arasındaki sonuçların güvenilirliğini belirlemede kritik olan ilk testlerden biri, yatay kesit bağımlılık testleridir. Değişkenlerin yatay kesit bağımlılığını incelemek için birçok test olmasına rağmen veri setinin yapısı test seçimini belirlemektedir. Çalışmada kullanılan veri seti ($T = 31, N = 5$) olduğu için Breusch ve Pagan (1980) LM testiyle, Pesaran ve diğerleri (2008) LM_{adj} testi kullanılarak, yatay kesit bağımlılığı test edildi. LM test istatistiği Eşitlik 1 yardımıyla, LM_{adj} test istatistiğini ise Eşitlik 2'deki formül yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (1)$$

$$LM_{adj} = \sqrt{\left(\frac{2}{N(N-1)}\right) \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \frac{(T-k)\rho_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\sqrt{v_{Tij}^2}}} \quad (2)$$

Yukarıda verilen denklemde T zaman boyutunu N ise kesit boyutunu temsil etmektedir. YET ile EB arasındaki yatay kesit bağımlılık test sonuçlarına ilişkin bulgular Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Test sonuçları

	LM	$Prob$	LM_{adj}	$Prob$
YET	36,740	0,000	14,342	0,000
EB	22,305	0,000	20,120	0,000

Tablo 4'de MIKTA ülkelerinin YET ve EB yatay kesit bağımlılığı sonuçları her iki değişkeninde yatay kesit bağımlılığı içerdiği göstermektedir. Elde edilen " LM " ve " LM_{adj} " test istatistikleri %99 güvenlilik düzeyinde anlamlıdır.

3.2.2. Homojenlik/Heterojenlik Testi

MIKTA ülkelerinin YET ve EB değişkenleri için oluşturulan modelin homojenliği " $\tilde{\Delta}$ " ve " $\tilde{\Delta}_{adj}$ " testleri ile analiz edilmiştir. Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen testler şu şekilde hesaplanmaktadır (Pesaran ve Yamagata, 2008).

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{\delta} - k}{\sqrt{2K}} \right) \quad (3)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{\delta} - E(\tilde{z}_{it})}{\sqrt{var(\tilde{z}_{it})}} \right) \quad (4)$$

YET ve EB değişkenlerinin homojenlik sonuçları aşağıda Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. Test sonuçları

Değişkenler	$(\hat{\Delta})$		$(\hat{\Delta}_{adj})$	
	$\hat{I}st.$	p	$\hat{I}st.$	p
Model-1	13.226	0.000***	13.916	0.000***

Not: *** %1 istatistiksel olarak anlamlıdır.

YET ve EB'den oluşan MODEL-1 için yapılan test sonuçlarına göre modelin heterojen yapıda olduğu belirlenmiştir.

3.2.3. Panel Birim Kök Testi

Beş ülkedeki YET ve EB çalışma serileri arasında yatay kesit bağımlılığı olduğu tespit edilmiştir ve sonraki adımda yapılan homojenlik testi, serilerden oluşturulan MODEL-1'in heterojen yapıda olduğunu göstermiştir. Serilerin hem yatay kesit bağımlılığı içermesi hem de heterojen yapıda olması nedeniyle CADF birim kök testi seçilmiştir. Eşitlik 5 ve Eşitlik 6'da CADF testinin aşamaları yer almaktadır (Gujarati, 2004: 798; Pesaran, 2007).

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + d_i t + \sum_{j=1}^{P_j} \Phi_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \quad ; \quad t = 1, 2, \dots, T; i = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{P_j} c_{ij} \Delta_{i,t-j} + d_i t + h \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=0}^{P_j} \eta_{ij} \Delta \bar{y}_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

CADF birim kök testine ilişkin sonuçlar Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Test sonuçları

Değişkenler	$I(0)$	$I(1)$
YET	-10.72***	-
EB	-6.19***	-

Not: *** 1%: -4.67; ** 5%: -3.87 *10%: -3.49

Kritik değerler Pesaran ve diğerleri (2007)'den alınmıştır.

Tablo 6'dan elde edilen CADF test bulgularına göre MIKTA ülkelerinin hem YET hem de EB değişkenlerinin düzeyde durağan oldukları belirlenmiştir.

3.2.4. Panel Emirmahmutoğlu-Köse (EK) Nedensellik Testi

Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) panel nedensellik yaklaşımında, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin tespit edilmesinde Toda-Yamamoto (1995) yaklaşımı heterojen panel veriye genişletilmektedir. Aynı ayarlamalar, yine Toda-Yamamoto (1995) testinden elde edilen olasılık değerleri için de yapılmaktadır. Test uygulanırken ilk olarak aşağıdaki modellerin tahmini gerçekleştirilir (Eşitlik 7 ve Eşitlik 8):

$$x_{i,t} = \mu_i + A_{i1} x_{i,t-1} + \dots + A_{ik} x_{i-k_1} + \sum_{j=k_i+1}^{k_i+dmax_i} A_{ij} x_{i,t-j} + e_{i,t} \quad (7)$$

$$y_{i,t} = \mu_i + A_{i1}y_{i,t-1} + \dots + A_{ik}y_{i,t-k_1} + \sum_{j=k_i+1}^{k_i+dmax_i} A_{ij}y_{i,t-j} + e_{i,t} \quad (8)$$

Burada "t" zaman aralığını, "i" yatay kesit bağımlılığını ifade etmektedir. Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesinde ise bilgi kriterleri kullanılmaktadır. Testin temel hipotezi panelde Granger nedensellik ilişkisinin olmadığını belirtirken, alternatif hipotez ise değişkenler arasında nedensellik ilişkilerinin olduğunu göstermektedir. Test istatistik değerleri Eşitlik 9 yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$\lambda = -2 \sum_{i=1}^N \ln(p_i) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (9)$$

Ayrıca kritik değerlerin tespitinde bootstrap yönteminden faydalanılmakta ve bu test ki-kare dağılımıyla tutarlıdır. Değişkenlerin durağanlığı ve eşbütünlük durumlarının tespitinde kullanılan ön testlere gerek duymayan bu test, değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi bulunmuyorsa veya seriler aynı düzeyde durağan değilse de kullanılabilir. Dolayısıyla eşbütünlük ve birim kök testleri sonucunda ön testlerde meydana gelebilecek sapma problemlerini bu şekilde minimuma indirilmektedir (Emirmahmutoğlu ve Köse, 2011; Emirmahmutoğlu, 2011: 103). Değişkenler arasındaki panel nedensellik ilişkileri Tablo 7 ve 8'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Test sonuçları

EB → YET			
Ülkeler	Gecikme	Wald İst.	Bootstrap Anlamlılık
Meksika	2	0,789	0,674
Endonezya	2	0,995	0,608
Güney Kore	2	1,331	0,514
Türkiye	1	0,189	0,664
Avustralya	2	2,286	0,319
Panel Fisher İstatistiği: 16,645		Asymptotic p-value: 0,163	
H ₀ : EB değişkeni, YET değişkeninin artması veya azalmasının nedeni değildir.			
H ₁ : EB değişkeni, YET değişkeninin artması veya azalmasının nedenidir.			
Not: ***, ** ve * sırasıyla 99%, 95%, 90% güven düzeyinde anlamlılığı belirtmektedir.			

Tablo 7'de sunulan Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) test sonuçlarına göre ne panel bazında ne ülke bazından EB'den, YET doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Diğer bir ifade ile EB değişkeni, YET değişkeninin nedeni değildir.

Tablo 8. Test sonuçları

YET → EB			
Ülkeler	Gecikme	Wald İst.	Bootstrap Anlamlılık
Meksika	2	6.301	0.043**
Endonezya	2	1.880	0.391
Güney Kore	2	0.674	0.714
Türkiye	1	9.159	0.002***
Avustralya	2	5.013	0.082*
Panel Fisher İstatistiği: 25.871		Asymptotic p-value: 0.004***	
H ₀ : YET değişkeni, EB değişkeninin artması veya azalmasının nedeni değildir.			
H ₁ : YET değişkeni, EB değişkeninin artması veya azalmasının nedenidir.			
Not: ***, ** ve * sırasıyla 99%, 95%, 90% güven düzeyinde anlamlılığı belirtmektedir.			

Tablo 8'de sunulan Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) test bulgularına göre, panelin tamamı için YET değişkeninden, EB değişkenine doğru bir nedensellik ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Panel Fisher istatistiklerine ve asymptotic değerlere dayanmaktadır. Ülke bazında sonuçlar incelendiğinde ise Güney Kore ve Endonezya'nın istatistik değerleri kritik değerin altında olup, anlamlılık düzeyindeki sonuçlar ise bu ülkelerin YET ile EB'leri arasında ülke bazında nedensellik yönünden bir ilişkinin olmadığını göstermektedir. Öte yandan Meksika, Türkiye ve Avustralya istatistik değerlerinin tamamı kritik değerin üzerinde olup, anlamlılık düzeyi ülkeler düzeyinde YET'den EB'ye doğru bir nedensellik ilişkisinin olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇ

Tarihin hiçbir döneminde önemini bir an bile kaybetmeyen enerji, günümüz ülke ekonomileri için daha önemli hale gelmiştir ve ülkeler enerji konusunda küresel ve bölgesel kıyasıya rekabet halindedir. Enerjinin ekonomik aktiviteyi etkileyen ve kontrol eden bir faktör olmasının yanı sıra sanayileşme, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışının enerjiye olan bağımlılığı artırmıştır. Dünyadaki enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan sağlansa da bu yakıtların hem tükenebilir olması hem de aşırı tüketiminin yarattığı küresel ısınma, kirlilik ve yüksek karbon ayak izi gibi birçok çevresel sorun ve tehdit dünyanın geleceğini

etkilemektedir. Sonuç olarak ülke ekonomilerinin ana girdisi olan enerji son yıllarda ülkeleri farklı arayışlara itmiştir ve teknolojik gelişmelerinde etkisiyle fosil enerji anlayışı değişim göstererek temiz ve yenilenebilir enerji kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Fosil yakıtlara alternatif olarak ortaya çıkan yenilenebilir enerjinin büyüme ile arasında karmaşık ve ince bir bağlantı vardır. Yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımlar ve yenilikler, yeni iş fırsatları yaratarak istihdam ve büyümeyi teşvik edebilir. Ayrıca, uzun vadede yenilenebilir enerji kaynaklarının genellikle daha düşük işletme maliyetleri vardır. Enerji geçişine ve enerji teknolojilerinin değiştirilmesine ilişkin maliyetler azaldığında, ekonomik büyüme daha avantajlı olabilir. Çünkü enerji maliyetleri düştüğünde ekonomik faaliyetlere daha fazla kaynak ayrılabilmesinin önü açılmış olacaktır. Yenilenebilir enerjinin ülke ekonomilerine katkısının yanı sıra başta karbon salınımının azalması, iklim değişikliği gibi konularda çevreye ve insan hayatına önemli katkıları bulunmaktadır. Bu sebeple enerjinin önemi, doğru kullanımı ile doğrudan ilgilidir.

Bu çalışmada dünya bankasından elde ettiğimiz MIKTA ülkelerinin yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme verileri ile değişkenler arasında nedensel ilişkilerin olup olmadığı, hem ülke hemde panel bazında araştırılmıştır. Çalışmada 1990-2020 dönemine ait toplam 31 yıllık gözlem değerleri kullanılarak Panel Emirmahmutoğlu ve Köse Nedensellik testleri uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre hem panel genelinde hem de ülke bazında ekonomik büyümeden, yenilenebilir enerjiye doğru bir nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır. Ancak yenilenebilir enerji tüketiminden, büyümeye doğru hem panelin tamamında hem de Meksika, Türkiye ve Avustralya ülkeleri özelinde nedensellik ilişkileri olduğu belirlenmiştir.

Özellikle Avustralya'nın son yıllarda yenilenebilir enerji konusunda yaptığı yatırımlar bu ilişkiyi açıklar niteliktedir. Temmuz 2024 yılında yayınlanan Yenilenebilir Enerji Ülke Çekicilik (RECAI) Endeksinde 5. sırada bulunan Avusturalya' da hükümet, 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kapasitesine 65 milyar dolardan fazla yatırım yapmayı planlamaktadır (Commonwealth of Australia, 2024; EY, 2024). 01.07.2012 tarihinde Avustralya Hükümeti tarafından kurululan Avustralya Yenilenebilir Enerji Ajansı ise 2012'den bu yana 663 projeye 2,25 milyar dolarlık hibe desteği sağlamış ve Avustralya'nın yenilenebilir enerji sektöründe toplamda yaklaşık 9,75 milyar dolarlık yatırımın önünü açmıştır (ARENA, 2024).

Yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında ilişki bulunan diğer bir ülke Türkiye ise Avusturalya gibi yenilenebilir enerji konusuna önem vermektedir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) tarafından yayınlanan kurulu güç istatistiklerinde göre ise Türkiye 58 bin 462 MW ile 11. sırada yer almaktadır (T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024). Ayrıca Türkiye 2035 yılına kadar, Ulusal Enerji Planı kapsamında 73 milyar dolar yenilenebilir enerji yatırımı yapmayı planlamaktadır (Anadolu Ajansı, 2024). Yenilenebilir enerji ile üretilen elektrik sayesinde fosil yakıtlara ve dışa olan bağımlılığın azaltılması planlanırken, dış ticaret yükünde bu yolla azaltılması hedeflenmektedir. İlişki tespit edilen Meksika'da ise yenilenebilir enerji Avusturalya ve Türkiye'nin gerisinde ancak gelişim sürecindedir. Meksika Temiz Enerji Raporuna göre Meksika'nın enerji geçiş yasası ile birlikte 2024 yılına kadar elektrik üretiminin en az %35'ini temiz enerji kaynaklarından karşılama hedefi koymuştur ve Meksika, 2021 yılında elektriğinin %26,7'sini temiz enerji kaynaklarından üretmiştir (Bracho, 2022).

Öte yandan ilişki tespit edilmeyen ülkelerden Endonezya'da fosil yakıtların devam eden dominasyonu, özel sektörü çekmek için yeterli düzenlemelerin bulunmaması ve devlet desteklerinin yetersizliği gibi nedenler, yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeye katkısını azaltmaktadır (Walton, 2019). Güney Kore'de Endonezya gibi fosil yakıtların dominasyonu ile karşı karşıyadır ve kömürle birlikte nükleer kaynaklardan temel enerji ihtiyacını sağlamaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümedeki rolünün sınırlı olduğu düşünülmektedir.

Araştırmadan elde edilen bulgular genel olarak şunu göstermektedir; YE ile EB arasında literatürde yer alan dört temel hipotezden biri olan "Büyüme" hipotezinin bu araştırma için geçerli olduğu tespit edilmiştir. Büyüme hipotezi, yenilenebilir enerjiden, ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu savunan bir hipotezdir.

Elde edilen bulgular politika yapıcılar açısından da önemli sonuçlara işaret etmektedir. Yeni bir oluşum sayılan MIKTA ülkeleri bir araya geldikleri toplantılarda ekonomik büyüme ve kalkınma için yenilenebilir enerji konusuna daha fazla odaklanabilir, yenilenebilir enerji yatırımlarına daha fazla yönelerek ortak proje yürütebilir ya da yenilenebilir enerji konusundaki mevcut uygulamaları birbirlerine transfer edebilirler. Ayrıca araştırmanın konusunu oluşturan MIKTA ülkeleri üzerine yapılan bu çalışmanın literatürde yeni olan MIKTA ülkelerinin tanınmasına katkıda bulunarak, bu yönüyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuçlar literatürde yer alan; Bhattacharya ve diğerleri (2016), Inglesi-Lotz (2016), Fotourehchi (2017), Gozgor (2018), Durğun ve Durğun (2018), Bouyghrissi ve diğerleri (2020), Demirgil ve Birol (2020), Asif ve diğerleri (2021), Wang ve diğerleri (2022), Kuşkaya (2023), Demir (2023), Simionescu (2023), Alev ve Ersezer (2024), çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Öte yandan gelecek çalışmalarda gerekli

ekonometrik koşulların sağlanması halinde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiler de incelenebilir. Ayrıca karşılaştırma yapılabilmesi için farklı ülkelerden oluşan iş birliği örgütleri de analize dahil edilebilir ve çalışma bu doğrultuda genişletilebilir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.



KAYNAKÇA

- Alajingi, R. ve Marimuthu, R. (2023). "Novel Classification of Energy Sources, with Implications for Carbon Emissions", *Energy Strategy Reviews*, 49, 101146.
- Alam, M.S. (2006). "Economic Growth with Energy", *MPRA Paper 1260*, University Library of Munich, Germany.
- Alev, N. ve Ersezer, Ö. (2024). "Gelir Eşitsizliği, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Var Yaklaşımından Kanıtlar", *Mecmua* (17), 92-107. <https://doi.org/10.32579/mecmua.1421971>
- Ali, A., Radulescu, M. ve Balsalobre-Lorente, D. (2023). "A Dynamic Relationship Between Renewable Energy Consumption, Nonrenewable Energy Consumption, Economic Growth, And Carbon Dioxide Emissions: Evidence from Asian Emerging Economies", *Energy & Environment*, 34(8), 3529-3552. <https://doi.org/10.1177/0958305X231151684>
- Anadolu Ajansı. (2024) "Türkiye, yenilenebilir enerjiye 2035'e kadar 73 milyar dolar yatırım yapmayı planlıyor, 01.10.2024 tarihinde, <https://www.aa.com.tr/tr/enerjiterminali/yenilenebilir/turkiye-yenilenebilir-enerjiye-2035e-kadar-73-milyar-dolar-yatirim-yapmayi-planliyor/41752>, adresinden elde edilmiştir.
- Apergis, N. ve Danuletiu, D.C. (2014). "Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-Run Causality", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 578-587.
- Apergis, N. ve Payne, J.E. (2010). "Renewable Energy Consumption and Growth in Eurasia", *Energy Economics*, 32(6), 1392-1397.
- Apergis, N. ve Payne, J.E. (2012). "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence from A Panel Error Correction Model", *Energy Economics*, 34(3), 733-738. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.04.007>
- Apergis, N. ve Payne, J.E., (2011). "The Renewable Energy Consumption-Growth Nexus in Central America", *Applied Energy*, 88(1), 343-347.
- ARENA (2024), "About ARENA" <https://arena.gov.au/about>, (Erişim Tarihi: 01.10.2024).
- Asif, M., Bashir, S. ve Khan, S. (2021). "Impact of non-Renewable and Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence From Income and Regional Groups of Countries", *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 38764-38773. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13448-x>
- Atalay Şimşek, S. (2024). Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(2), 425-433. <https://doi.org/10.30586/pek.1418987>
- Bao, C. ve Xu, M. (2019). "Cause and Effect of Renewable Energy Consumption on Urbanization and Economic Growth in China's Provinces and Regions1", *Journal of Cleaner Production*, 231, 483-493. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.191>
- Ben Jebli, M. ve Ben Youssef, S. (2015). "Output, Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and International Trade: Evidence From a Panel of 69 Countries", *Renewable Energy*, 83, 799-808. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.04.061>
- Bhattacharya, M., Paramati, S.R., Ozturk, I. ve Bhattacharya, S. (2016). "The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Top 38 Countries", *Applied Energy*, 162, 733-741. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.10>
- Bouyghrissi, S., Berjaoui, A. ve Khanniba M. (2020). "The Nexus Between Renewable Energy Consumption and Economic Growth in Morocco", *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 5693-5703.
- Bracho, R., Alvarez, J., Aznar, A., Brancucci, C., Brinkman, G., Cooperman, A., Flores-Espino, F., Frazier, W., Gearhart, C., Guerra Fernandez, O.J., Hurlbut, D., Kolker, A., Kroposki, B., Lantz, E., Maclaurin, G., Roberts, B., Romero Lankao, P., Saur, G., Stark, G. ve Sky, H. (2022). Mexico Clean Energy Report, United States. <https://doi.org/10.2172/1862951>
- Breusch, T.S. ve Pagan, A.R. (1980). "The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Spesification in Econometrics", *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Caviglione, L., Gaggero, M., Lalande, J-F., Mazurczyk, W. ve Urbanski, M. (2016). "Seeing the Unseen: Revealing Mobile Malware Hidden Communications via Energy Consumption and Artificial Intelligence", *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 11(4), 799-810. <https://doi.org/10.1109/tifs.2015.2510825>
- Commonwealth of Australia (2024). "Making Australia a Renewable Energy Superpower" 01.10.2024 tarihinde <https://budget.gov.au/content/03-future-made.htm> adresinden elde edilmiştir.
- Çağlar, A. E. ve Kubar, Y. (2017). "Finansal Gelişme Enerji Tüketimini Destekler Mi?" *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27, 96-121.
- Çolakoğlu, S. (2018). "MIKTA Orta Güçlerin Küresel Yönetişim Rolünü Artırdı mı?", <https://theglobal.blog/2018/05/29/has-mikta-augmented-the-global-governance-role-of-middle-powers/>, (Erişim Tarihi: 10.01.2024).

- Demir, Y. (2023). "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme Katkı Sağlar Mı?", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 24(2), 271-281. <https://doi.org/10.31671/doujournal.1209964>
- Demirgil, B. ve Birol, Y.E. (2020). "Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye İçin Bir Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi", *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21 (1), 68-83. <https://doi.org/10.37880/cumuiibf.671591>
- Destek, M.A. ve Aslan, A. (2017). "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth in Emerging Economies: Evidence from Bootstrap Panel Causality", *Renewable Energy*, 111, 757-763. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.05.008>
- Dogan, E., Altinoz, B., Madaleno, M. ve Taskin, D. (2020). "The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Replication and Extension of", *Energy Economics*, 104866. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104866>
- Elinder, M., Escobar, S. ve Petré, I. (2017). "Consequences of a Price Incentive on Free Riding and Electric Energy Consumption", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(12), 3091-3096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1615290114>
- Emirmahmutoglu, F. (2011). "Gelişmekte Olan Ülkelerde Para Krizlerinin Ekonometrik Analizi", Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.
- Emirmahmutoglu, F. ve Köse, N. (2011). "Testing for Granger Causality in Heterogeneous Mixed Panels", *Economic Modelling*, 28, 870-876.
- EY (2024). "Renewable Energy Country Attractiveness Index", <https://www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/en-gl/insights/energy-resources/documents/ey-gl-recal-63-top-40-ranking-06-2024.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.10.2024).
- Fotourehchi, Z. (2017). "Clean Energy Consumption and Economic Growth: A Case Study for Developing Countries" *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(2), 61-64.
- Ghosh, S. ve Kanjilal, K. (2020). "Non-Fossil Fuel Energy Usage and Economic Growth in India: A Study on Non-Linear Cointegration, Asymmetry and Causality", *Journal of Cleaner Production*, 273, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123032>
- Gozgor, G. (2018). "A New Approach to the Renewable Energy-Growth Nexus: Evidence from the USA", *Environmental Science and Pollution Research*, 25(17), 16590-16600 <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1858-9>
- Gujarati, D. (2004) "Basic Econometrics". 4th Edition, McGraw-Hill Companies, New York.
- Gyimah, J., Yao, X., Tachega, M.A., Hayford, I.S. ve Opoku-Mensah, E. (2022). "Renewable Energy Consumption and Economic Growth: New Evidence from Ghana", *Energy*, 248, 123559.
- Han, A. (2024). "BRICS-T Ülkelerinde Çevresel Sürdürülebilirlik: Karbon Emisyonları, Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkileri", *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 136-151. <https://doi.org/10.11616/asbi.1391917>
- Herzog, A.V., Lipman, T.E. ve Kammen, D.M. (2001). "Renewable Energy Sources", *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Forerunner Volume- 'Perspectives and Overview of Life Support Systems and Sustainable Development, 76.
- Inglesi-Lotz, R. (2016). "The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application". *Energy Economics*, 53, 58-63. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.003>
- Ivanovski, K., Hailemariam, A. ve Smyth, R. (2021). "The Effect of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Non-parametric Evidence", *Journal of Cleaner Production*, 286, 124956. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124956>
- Jongryn, M. (2015). "Introduction: G20 Middle Powers (MIKTA) and Global Governance". Palgrave Pivot, New York. <https://doi.org/10.1057/9781137506467>
- Kavaz, İ. ve Kaya, B. (2023). "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve CO2 Emisyonu Arasındaki İlişkinin Analizi: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı", *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 219-243. <https://doi.org/10.33416/baybem.1313504>
- Kim, S., Haug, S. ve Harris Rimmer, S. (2018). Minilateralism Revisited: MIKTA as Slender Diplomacy in a Multiplex World. *Global Governance: A Review of Multilateralism and International Organizations*, 24(4), 475-489. <https://doi.org/10.1163/19426720-02404001>
- Koç, E. ve Şenel, M.C. (2013). "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu- Genel Değerlendirme", *Mühendis ve Makina*, 54(639), 532-544.
- Kothari, R., Tyagi, V.V. ve Pathak, A. (2010). "Atıktan Enerjiye: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Sürdürülebilir Kalkınmaya Giden Bir Yol", *Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri*, 14(9), 3164-3170. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.05.005>

- Kuşkaya, S. (2023). "Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Kantil Regresyon ile Modellenmesi: ABD Örneği", *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 234-245. <https://doi.org/10.17336/igusbd.953467>
- Lin, B. ve Moubarak, M. (2014). "Renewable Energy Consumption – Economic Growth Nexus for China", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.128>
- Magazzino, C., Mele, M., Drago, C., Kuşkaya, S., Pozzi, C. ve Monarca, U. (2023). "The Trilemma Among CO₂ Emissions, Energy Use, And Economic Growth In Russia", *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37251-5>
- Menegaki, A.N. (2011). "Growth and Renewable Energy in Europe: A Random Effect Model with Evidence for Neutrality Hypothesis", *Energy Economics*, 33(2), 257–263. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.004>
- Mukhtarov, S. (2022). "The Relationship Between Renewable Energy Consumption and Economic Growth in Azerbaijan", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(1), 416.
- 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. ve Yamagata, T., (2008). "Testing Slope Homogeneity in Large Panels", *Journal of Econometrics*, 142(1): 50-93
- Pesaran, M.H., Ullah, A. ve Yamagata, T. (2008), "A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence", *Econometrics Journal*, 11, 105-127.
- Rafindadi, A.A., ve Ozturk, I. (2017). "Impacts of Renewable Energy Consumption on the German Economic Growth: Evidence from Combined Cointegration Test", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1130–1141. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.093>
- Renewables 2021 Global Status Report (2021). "Renewable Energy Policy Network For The 21st Century", https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf, (Erişim Tarihi: 01.10.2024).
- Schiavon, J.A. ve Domínguez, D. (2016). "Mexico, Indonesia, South Korea, Turkey, and Australia (MIKTA): Middle, Regional, and Constructive Powers Providing Global Governance", *Asia & the Pacific Policy Studies*, 3(3), 495-504. <https://doi.org/10.1002/app5.148>
- Shahbaz, M., Raghutla, C., Chittedi, K.R., Jiao, Z. ve Vo, X.V. (2020). "The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from the Renewable Energy Country Attractive Index", *Energy*, 118162. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118162>
- Simionescu, M. (2023). "The Renewable and Nuclear Energy-Economic Growth Nexus in The Context of Quality of Governance", *Progress in Nuclear Energy*, 157, <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2023.104590>
- T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2024). "Türkiye, Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücünde 11'nci Sıraya Yükseldi", <https://enerji.gov.tr/haber-detay?id=21306> (Erişim Tarihi: 01.10.2024).
- Toda, H.Y. ve Yamamoto, T. (1995). "Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes", *Journal of Econometrics*, 66, 225-250.
- Tugcu, C.T., Ozturk, I. ve Aslan, A. (2012). "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 countries", *Energy Economics*, 34(6), 1942–1950. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.021>
- Walton, K. (2019). "Indonesia Should Put More Energy into Renewable Power", www.lowyinstitute.org/the-interpreter/indonesia-should-put-more-energy-renewable-power (Erişim Tarihi: 01.10.2024).
- Wang, Q., Dong, Z., Li, R. ve Wang, L. (2022). "Renewable Energy and Economic Growth: New Insight from Country Risks", *Energy*, 238, 122018. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122018>
- Wang, S. (2022). "Differences Between Energy Consumption and Regional Economic Growth Under the Energy Environment", *Energy Reports*, 8, 10017-10024.
- Yılmaz, T. (2021). "Yenilenebilir Enerji Tüketimi Finansal Gelişme İlişkisi: Gelişmiş Ülkeler Üzerine Bir Araştırma", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 1064-1081. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.909970>
- Zeren, F. ve Hizarci, A. E. (2021). "Biomass Energy Consumption and Financial Development: Evidence from Some Developing Countries", *International Journal of Sustainable Energy*, 40(9), 858-868.

Effects of Individual and Institutional Factors for Sustainable Chains and Production

Saniye Yıldırım Özmutlu¹ , Korhan Arun² 

ABSTRACT

Purpose: This study aims to examine the impacts of institutional pressures and individual adaptation performance on the adoption of green supply chain practices and reverse logistics, and their effects on production-based CO₂ emissions, focusing on emerging markets with a detailed case study of Türkiye.

Methodology: The research methodology employed structural equation modeling (SEM) and SmartPLS for the analysis of the data. This approach allowed for an in-depth examination of the relationships between institutional pressures, individual adaptive performance, green supply chain practices, reverse logistics, and CO₂ emissions.

Findings: The findings reveal a nuanced relationship where institutional pressures directly impact reverse logistics but show minimal direct influence on green supply chain practices or CO₂ emissions reduction. In contrast, individual adaptive performance is crucial in enhancing both green supply chain practices and reverse logistics. Notably, reverse logistics is significantly effective in reducing CO₂ emissions.

Originality: This study enriches the literature by revealing how institutional pressures and individual adaptive performance influence green supply chain management in emerging markets, particularly demonstrating through the case of Türkiye that the impact of within-field variability on the adoption of superior practices depends on individual adaptive performance.

Keywords: Green Supply, Green Supply Chain Management, Institutional Pressures, Individual Adaptive Performance, CO₂ Emissions.

JEL Codes: M1, M11, Q01.

Tedarik Zincirleri ve Üretim için Bireysel ve Kurumsal Faktörlerin Etkileri

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, gelişmekte olan pazarlar üzerinde odaklanarak, kurumsal baskılar ve bireysel uyum performansının yeşil tedarik zinciri uygulamaları ve tersine lojistiğin benimsenmesi üzerindeki etkilerini ve bunların üretime dayalı CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini Türkiye örneği üzerinden ayrıntılı olarak incelemeyi amaçlamaktadır.

Yöntem: Araştırma yönteminde verilerin analizi için yapısal eşitlik modellemesi (SEM) ve SmartPLS kullanılmıştır. Bu yaklaşım, kurumsal baskılar, bireysel uyum performansı, yeşil tedarik zinciri uygulamaları, tersine lojistik ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkilerin derinlemesine incelenmesine olanak sağlamıştır.

Bulgular: Kurumsal baskıların tersine lojistiği doğrudan etkilediği, ancak yeşil tedarik zinciri uygulamaları veya CO₂ emisyonlarının azaltılması üzerinde minimum doğrudan etki gösterdiği nüanslı bir ilişki, bulgularla ortaya koyulmaktadır. Buna karşılık, bireysel adaptif performansın hem yeşil tedarik zinciri uygulamalarını hem de tersine lojistiği geliştirmede çok önemli olduğu bulunmuştur. Özellikle, tersine lojistiğin CO₂ emisyonlarının azaltılmasında önemli ölçüde etkili olduğu vurgulanmaktadır.

Özgünlük: Bu çalışma, kurumsal baskıların ve bireysel uyum performansının gelişmekte olan pazarlarda yeşil tedarik zinciri yönetimini nasıl etkilediğini ortaya koyarak ve özellikle Türkiye örneği üzerinden alan içi değişkenliğin üstün uygulamaların benimsenmesi üzerindeki etkisinin bireysel uyum performansına bağlı olduğunu göstererek literatürü zenginleştirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Tedarik, Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi, Kurumsal Baskılar, Bireysel Uyum Performansı, CO₂ Emisyonları.

JEL Kodları: M1, M11, Q01.

¹ Tekirdağ Namık Kemal University, Social Sciences Vocational School, Department of Business Management, Tekirdağ, Türkiye

² Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Tekirdağ, Türkiye

Corresponding Author: Saniye Yıldırım Özmutlu, saniyeyildirim@nku.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1519669

Research Article | Submitted: 20.07.2024 | Accepted: 07.11.2024

Cite: Yıldırım Özmutlu, S. and Arun, K. (2025). "Effects of Individual and Institutional Factors for Sustainable Chains and Production", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 27-46.

1. INTRODUCTION

Integrating technical and behavioral dimensions of green supply chain management (GSCM) is crucial for enhancing organizational performance and achieving environmental sustainability. The technical practices of GSCM, such as eco-design, reverse logistics, and green manufacturing, significantly reduce environmental impact and improve sustainability. Additionally, the behavioral practices of GSCM, supported by top management and involving stakeholders, are essential for effectively implementing GSCM and gaining a competitive advantage. The theoretical framework of socio-technical systems provides a basis for understanding the integration of tangible (technical) and intangible (social) subsystems in GSCM, which is relevant for comprehending the impact of GSCM on reverse logistics' effectiveness. In summary, integrating technical and behavioral dimensions of GSCM, supported by socio-technical systems and institutional pressures, is essential for enhancing organizational performance and achieving environmental sustainability, thereby influencing the effectiveness of reverse logistics.

Integrating technical and behavioral dimensions of green supply chain management (GSCM) is crucial for enhancing organizational performance and achieving environmental sustainability (Nureen et al., 2022; Zampese et al., 2016). The technical practices of GSCM, such as reverse logistics, and green production, play a significant role in reducing environmental impact and improving sustainability (Ortiz-de-Mandojana et al., 2016). Additionally, the behavioral practices of GSCM involving employees are essential for the effective implementation of GSCM and for gaining a competitive advantage (Riaz et al., 2020; Novitasari and Agustia, 2021; Tjahjadi et al., 2023). In summary, integrating technical and behavioral dimensions of GSCM, supported by socio-technical systems and institutional pressures (Rakhmawati et al., 2020), is essential for enhancing organizational performance and achieving environmental sustainability, thereby influencing the effectiveness of reverse logistics. Consequently, this article discusses the effects of individual adaptive performance and institutional pressures on green supply chains and reverse logistics.

Institutional pressures, which can be coercive, normative, or mimetic, influence organizations differently based on their specific institutional context (Chu et al., 2017). Moreover, the degree of exposure to institutional pressures can shape how supply chains respond to contexts, and effectively understanding and managing these pressures are important (Ahworegba et al., 2022). Additionally, research has demonstrated that these pressures positively impact the adoption of green supply chain management practices in logistics operations (Jazairy and Von Haartman, 2020). However, Kauppi and Hannibal (2017) emphasized the need for empirical research on the impact of external factors on sustainability choices. The authors also discussed the shortage of empirical research on the importance of understanding the origins of institutional pressures for supply chains.

While the direct relationship between individual adaptive performance and green supply chain performance is not explicitly addressed in the literature, the positive impact of green supply chain practices on various performance dimensions suggests that individual adaptability, which is crucial for implementing and sustaining green practices (Amui et al., 2017), may directly contribute to higher green supply chain performance. So, there has been a still important gap whether individual adaptive performance is related to green supply chains.

Moreover, job-specific frameworks often used multiple, more specific dimensions to describe contextual performance. Thus, it has been not clearly defined whether green supply chain context is significantly related to individual behaviors that support the organizational, social, and psychological environment in which the technical core must function (Borman and Motowidlo, 1993; Koopmans et al., 2011).

Additionally, there is a more research needed for the analyzing the importance of the role of human resources in reverse logistics and their impact on the performance of the system (Giri and Glock, 2017). Moreover, the active participation of individuals in the various stages of reverse logistics, such as the assembly process, meticulous inspection, and the management of transportation, plays an essential role. The influence of human intervention in these processes is profound and its importance should never be underestimated, as it significantly impacts the efficiency and effectiveness of the entire reverse logistics framework (Aryee and Adaku, 2023).

There is a positive relationship between supply chain management practices and manufacturing organisations' performance; these practices directly impact production processes and outcomes (Samuel et al., 2022). The impact of production on supply chains is vital for organizational performance and efficiency. Supply chain integration (SCI) is important in improving information-sharing, decision-making, and collaboration among manufacturers and supply chain partners, particularly during the production phase (Shou et al., 2018). This integration enhances information-processing capabilities and fosters collaborative relationships, ultimately influencing organizational production processes. The effectiveness of supply chain management practices, such as strategic collaboration and joint decision-making, depends on the specific characteristics of internal production systems.

Strategies to improve transportation infrastructure quality and institutional standards to boost economic growth must also significantly impact real sector productivity (Arshed et al., 2022a). This indicates that enhancing green supply chain practices can help mitigate CO₂ emissions throughout production. For example, recent research highlights the correlation between supply chain competitiveness and cleaner production in decreasing CO₂ emissions at each production level (Arshed et al., 2022b). Moreover, the importance of green supply chain management was significant for manufacturing to reap the performance benefits (Zhu et al., 2012).

The existing research highlights important gaps in understanding the green supply chain. One gap is the unclear direct relationship between individual adaptive performance and the effectiveness of green supply chain practices, highlighting a need for more exploration into how individual behaviors contribute to sustainable supply chain outcomes. Another gap exists in the lack of comprehensive frameworks to connect green supply chain contexts with individual behaviors that support broader organizational and environmental goals. Additionally, there is limited insight into the specific mechanisms through which supply chain management practices directly influence production processes and outcomes, particularly in the context of environmental sustainability- CO₂ emissions in the production.

To explore the research gaps mentioned above, this article explores various factors influencing the implementation of environmentally sustainable practices in supply chains, highlighting the significance of green human capital readiness, government regulations, and institutional pressures. It discusses how individual adaptive performance and job-specific behaviors may impact green supply chain performance, despite a gap in direct literature connections. Additionally, the articles analyze the relationship between supply chain management practices and organizational performance, emphasizing the role of supply chain integration in enhancing production processes and the potential of green supply chain practices to mitigate CO₂ emissions and improve economic productivity.

Main research questions of this research are listed below.

RQ1. How do the institutional and behavioral dimensions of green supply chain management (GSCM) collectively impact organizational performance and environmental sustainability?

RQ2. In what ways do institutional pressures influence the adoption and effectiveness of GSCM practices within organizations?

RQ3. What is the relationship between individual adaptive performance and the performance of green supply chains?

RQ4. How does supply chain integration (SCI) enhance organizational efficiency and performance within the context of GSCM?

The order of the article is as follows: The first chapter begins with an introduction that outlines the significance of the study, particularly in relation to emerging markets, and establishes the research objectives. Following this, the methodology section details the use of structural equation modeling (SEM) to analyze the relationships among variables. The findings section presents the results, highlighting that institutional pressures significantly influence reverse logistics but have minimal direct effects on broader green supply chain practices, emphasizing the critical role of individual adaptive performance in driving sustainability initiatives. The discussion then contextualizes these findings within the existing literature, addressing the gaps related to the role of human resources in reverse logistics and the need for integrating technical and behavioral dimensions of GSCM. Finally, the article concludes with recommendations for future research, advocating for a more holistic approach to understanding the complexities of sustainable supply chain practices and the necessity of further exploration into the interactions between individual and institutional factors.

2. LITERATURE REVIEW

Integrating technical and behavioral dimensions of green supply chain management (GSCM) is crucial for enhancing organizational. This article addresses literature gaps in green supply chain management (GSCM), focusing on the role of human resources in reverse logistics and the relationship between institutional pressures and organizational responses. Fostering a culture of sustainability and equipping employees with the necessary skills and motivation, human resources can significantly enhance the effectiveness of GSCM initiatives, engagement is essential for the effective execution of GSCM strategies (Handoyo, 2024). Moreover, institutional theory emphasizes the role of legitimacy. However, organizations are not entirely passive; they can act as change agents, with some individuals, initiating and implementing changes. So, this text emphasizes the importance of employee participation in GSCM which is highly ignored in the literature. The article also highlights the need for integrating technical and behavioral dimensions of GSCM, a topic that has been underexplored in previous literature. This holistic approach

helps organizations achieve sustainability through effective GSCM practices, enhancing organizational performance and environmental sustainability.

2.1. Institutional Pressures

Sometimes, logistics have to do things a certain way because other big companies or the government tell them to. They do this to make sure they have what they need and don't get left behind. Other times, companies copy what other successful companies do to be safe and not waste time looking for new ways to do things. And sometimes, companies follow certain rules and ways of doing things because they learned it in environment or from other people in their job.

Research indicates that these pressures play a significant role in shaping logistics practices. For instance, coercive pressures are crucial in driving organizations to initiate environmental management practices such as reverse logistics (Hsu et al., 2013). Mimetic pressures, on the other hand, can be exerted by the urban environment on logistics service providers, influencing their decisions and actions (Rose et al., 2016). Normative pressures, which are influenced by stakeholders such as suppliers, customers, and competitors, also impact logistics practices, pushing firms to adopt sustainable practices in their supply chains (Hemed and Ibrahim, 2022).

Coercive pressures in organizational contexts stem from external entities. Organizations face coercive pressures from external sources such as government agencies, powerful corporations, and regulatory bodies, which enforce conformity to certain standards and procedures to maintain competitive advantage and compliance, leading to adaptation by organizations to avoid sanctions or loss of resources (Kauppi and Luzzini, 2022; Latif et al., 2020).

Mimetic pressure is rooted from the encouragement of organizations to emulate the successful strategies of their competitors and peers, especially in uncertain environments, to minimize risks and streamline the decision-making process, and the influence of consultants (George et al., 2020).

Normative pressures, on the other hand, arise from professional standards and shared norms within industries, professional associations, and educational networks, shaping employees' behaviors and practices (Ahmad et al., 2022). These pressures are driven by employees' adherence to explicit professional norms and training, leading to a pool of interchangeable employees with similar worldviews and behaviors across organizations (Ahmad et al., 2022). Professional networks, formal education, and industry events like trade fairs and vendor exhibitions facilitate the exchange of information and best practices, reinforcing normative pressures within industries (Ahmad et al., 2022).

Moreover, these pressures are interconnected and can influence each other. For example, antecedents from institutional pressures, mimetic, and normative pressures can induce companies to adopt varying levels of sustainable practices in logistics (Dallasega et al., 2022).

In summary, coercive pressures compel organizations to comply with external mandates, mimetic pressures drive imitation of successful practices, and normative pressures influence behaviors based on professional standards and shared norms, collectively shaping organizational practices and behaviors in various contexts. Moreover, institutional theory posits that institutionalized activities occur due to influences on three levels: individual, organizational, and interorganizational (Oliver, 1997). As a result, this study research institutional and employees effects depending on the fact that resource-based insights with organizational theory to explain firm heterogeneity and sustainable competitive advantage through a blend of internal culture, external institutional influences, and the crucial roles of both resource and institutional capital (Miles, 2012).

2.2. Effects of Institutional Pressures on Green Supply Chains

Research has shown that government regulations, environmental standards, and subsidies significantly influence the adoption of green supply chain initiatives, as evidenced by the increasing focus on green products and the participation of enterprises and consumers in green supply chain management (Ghomi et al., 2016; Mu et al., 2022; Xu and Zhou, 2014). Thus, coercive pressures shape green supply chains.

Institutional theory suggests that a firm will consider the actions of other organizations when they determine their organizational practices (Zhu et al., 2013). Research has demonstrated a positive correlation between green supply chain management practices and competitiveness (Rao and Holt, 2005). As a natural result, among competing firms, institutional forces affect green supply chain practices like in mimetic pressures.

The interplay between institutional pressures and organizational responses is crucial, as organizations need to navigate and adapt to these pressures to ensure legitimacy and effectiveness (Boon et al., 2009). The quality of disclosure and organizational practices can vary significantly across different institutional contexts due to the influence of institutional forces (Perrault Crawford and Williams, 2010). However,

professional standards and shared norms within industries force green supply chains to pertain or relating to an ideal green supply chain models as in normative pressures.

H1: Institutional pressures increase green supply practices.

2.3. Effects of Institutional Pressures on Reverse Logistics

A change in the “institutional environment” affects the conditions under which reverse logistics activities should be conducted (Halldórsson and Skjøtt-Larsen, 2006).

Institutional pressures significantly impact reverse logistics practices by influencing firms to engage in product return and recovery activities (Kaihan and Chin, 2021; Morgan et. al, 2018; Wu and Barnes, 2016). institutional pressures, including those from competitors, customers, regulators, and environmental interest groups, drive firms to adopt product return and recovery practices in reverse logistics (Huang et al., 2016; Kaihan and Chin, 2021).

The literature suggests that institutional pressures influence top management attitudes and behaviors towards reverse logistics implementation (Kaur, 2021). For example, Huang et al. (2016) show that managerial decisions, driven by coercive, mimetic, and normative isomorphism, are key in aligning organizations' practices with external expectations in reverse logistics. Moreover, laws and regulations imposed by institutions create a framework that guides manufacturers in implementing reverse logistics practices, impacting the overall performance and sustainability of their operations (Khor et al., 2016).

H2: Institutional pressures significantly and positively affect reverse logistics.

2.4. Effects of Individual Adaptive Performance on Green Supply Chain

Individuals' ability to adapt to new challenges, embrace innovative practices, and adjust to changing environmental requirements is crucial for the successful implementation of green initiatives (Griffin et al., 2010). Adaptive mechanisms can be driven either from the bottom up, focusing on human capabilities and performance, or from the top down, aligning with environmental characteristics (Baard et al., 2014).

Individual adaptive performance is closely linked to supply chain management effectiveness. The adaptability of individuals within the supply chain, including managers, influences the overall performance and success of supply chain operations. For example, the adaptability of a supply chain manager has been highlighted as a factor that can enhance their effectiveness in managing supply chain operations (Richey et al., 2006). Additionally, by being adaptable, individuals can contribute to the successful implementation of green initiatives, support environmental responsibility, and enhance overall environmental performance outcomes (Koopmans et al., 2011)”. In that sense, green supply chain management adaptability can lead to a stronger environmental adaptability compared to traditional supply chains managers applications (He, 2021) because an adaptable supply chain manager is likely to function more effectively than a less adaptable candidate (Richey et al., 2006).

Furthermore, the relationship between organizational goal orientation and performance orientation on adaptive performance outcomes has been explored, suggesting the potential value of interventions aimed at shaping individuals' goal orientations (Jundt et al., 2015). However, it is not clear whether individuals' goal orientations for the green supply chains are necessary for their adaptation. Nevertheless, the synergy between green human resource management and green supply chain management has been shown to create value in performance (Acquah et al., 2021). The implementation of green supply chain management practices requires individuals within the organization to be adaptable and responsive to changing environmental requirements and sustainability goals (Green et al., 2012). Individuals who exhibit adaptive performance are more likely to embrace and effectively implement green initiatives, contributing to the overall success of green supply chain practices (Rao and Holt, 2005).

Additionally, individual adaptive performance can enhance collaboration and communication within the supply chain, facilitating the integration of green practices across different stages of the supply chain (Sunarya et al., 2023). By being adaptable and open to change, individuals can effectively engage in green supply chain collaborative efforts, leading to improved environmental performance outcomes (Zeng et al., 2022).

Thus, it can be concluded that adaptation of individual performance will positively affect green supply chain management.

H3: Adaptive individual performance positively and significantly affects green supply chain.

2.5. Adaptive Individual performance and Reverse Logistics Relationships

Human resources, particularly human capital, are identified as critical factors in the implementation of reverse logistics within companies (Ho et al., 2012; Waqas et al., 2018). Research has demonstrated that individual-level human capital positively affects individual performance, with high-quality functional unit-level human capital resources strengthening this connection (Crocker and Eckardt, 2014). Because, Giri and Glock (2017) explored models where worker experience influences the production and inspection processes, affecting the quality and quantity of reverse logistics.

The presence of skilled green manpower benefits organizations in running sustainability programs effectively and contributes to improved performance in reverse logistics and remanufacturing operations (Bag and Gupta, 2019). Skilled employees or intellectual human capital created is the base for individual performance which is a dynamic view (Lentjušenkova and Lapina, 2016). In another words, human capital is one of the components of intellectual capital and performance is the existing element in the scientific literature (Wang et al., 2015).

A number of different components of individual performance have been identified within the literature. These include technical proficiency, job dedication, teamwork, and citizenship (Ones et al., 2001). Employees' ability to adapt to changing job demands, environments, and technologies is essential for achieving high levels of performance and productivity. Consequently, to adapt the components of individuals in organizations will result high levels of performance.

Dowlatshahi (2000) emphasized the importance of adaptability in individuals for the successful implementation of green initiatives. Moreover, Waqas et al. (2018) found that lack of human resources is one of the highest priority barriers in reverse logistics. Thus, it is obvious that not only adaptive performance of individuals is necessary for higher performance in logistics, lack of adaptive individual performance is an important barrier in reverse logistics processes. In conclusion, adaptability is a critical factor in individual performance, influencing employees' ability to navigate complex work environments, learn new skills, and contribute effectively to reverse logistics.

H4: Adaptive individual performance is increasing reverse logistics performance.

2.6. Effects of Green Supply Chain Practices on Production Based CO₂ emissions

Environmental and resource productivity indicates whether economic growth is becoming greener with more efficient use of natural capital and capture aspects of production that are rarely quantified in economic models and accounting frameworks. Production-based CO₂ productivity reflects the economic value generated (in terms of real GDP) per unit of CO₂ emitted. Production-based emissions refer to gross direct CO₂ emissions from fossil fuel combustion emitted within the national territory. They exclude bunkers, sinks, and indirect effects (OECD, 2017).

The production processes in organizations significantly influence supply chain dynamics and organizational performance (Leuschner et al., 2013). However, even if the literature suggests that effective supply chain management practices, encompassing logistics performance, green initiatives, and stakeholder engagement, are pivotal in enhancing organizational production processes, the relationship has not been cleared (Green et al., 2008).

Swafford et al. (2006) emphasized the significance of supply chain agility in enabling organizations to produce products efficiently and cost-effectively. The studies underline the critical role of aligning supply chain practices with production systems, enhancing agility, and incorporating innovation to boost sustainability and operational efficiency while also pointing out the importance of simplification, integration's impact on quality and performance, and how the intensity of integration affects product quality (Kim, 2009).

Building operational capabilities through green supply chains can positively impact various organizational performance metrics (Sarkis et al., 2011). Industrial ecology, of which green supply chain management is an important aspect, can help to achieve sustainable development by transforming production through hard and soft developments. Supporting that view, Vachon and Klassen (2008) found that collaboration in supply chains in upstream practices was more closely linked with process-based performance, while downstream collaboration was associated with product-based performance. These findings offer valuable insights into how supply chain (management) practices directly impact organizational green production outcomes.

H5: Green supply practices decrease CO₂ emissions in production processes.

2.7. Effects of Green Supply Chain Practices on Reverse Logistics

Reverse logistics, as a concept, emerged alongside other green supply chain practices to enhance sustainability in organizational operations (Zhu et al., 2007). It is important to integrate green initiatives into all phases of the supply chain, including reverse logistics, to achieve a truly green supply chain (Aćimović

et al., 2022; Muma et al., 2006). By incorporating green practices into reverse logistics, such as facilitating the return and recycling of used products, companies can improve their environmental performance and reduce waste, thereby contributing to the effectiveness of reverse logistics. Because research has shown that product return options represent the most important phase of the reverse logistics process (Tang and Wang, 2021).

On the other hand, Laosirihongthong et al. (2013) found that Reverse logistics pro-active practices do not have a significant correlation with green supply chain management practices. They resulted this depending on the weak relationship between production (product) and green desing. In our model reverse logistics is related to production-based CO₂ emissions thus the relationship between reverse logistics and green production should be researched more throughly.

H6: Green supply chain practices increase reverse logistics effectiveness.

2.8. Reverse Logistics and production-based CO₂ emissions

Success in reverse logistics for firms is influenced by their use of current manufacturing processes, standardized components, and design for remanufacturability or reassembly (Dowlatshahi, 2000). On the other hand, research showed that reverse logistics on production planning, management, and optimal production and storage capacities, shedding light on how reverse logistics practices can impact production processes and potentially influence CO₂ emissions (Jayant et al., 2014).

Gao (2019) highlighted the efficiency of reverse logistics in reducing environmental pollution and resource waste, which can have implications for reducing CO₂ emissions associated with production activities.

H7: Reverse Logistics reduces production-based CO₂ emissions.

The research model and the hypotheses developed based on the model are shown in Figure 1.

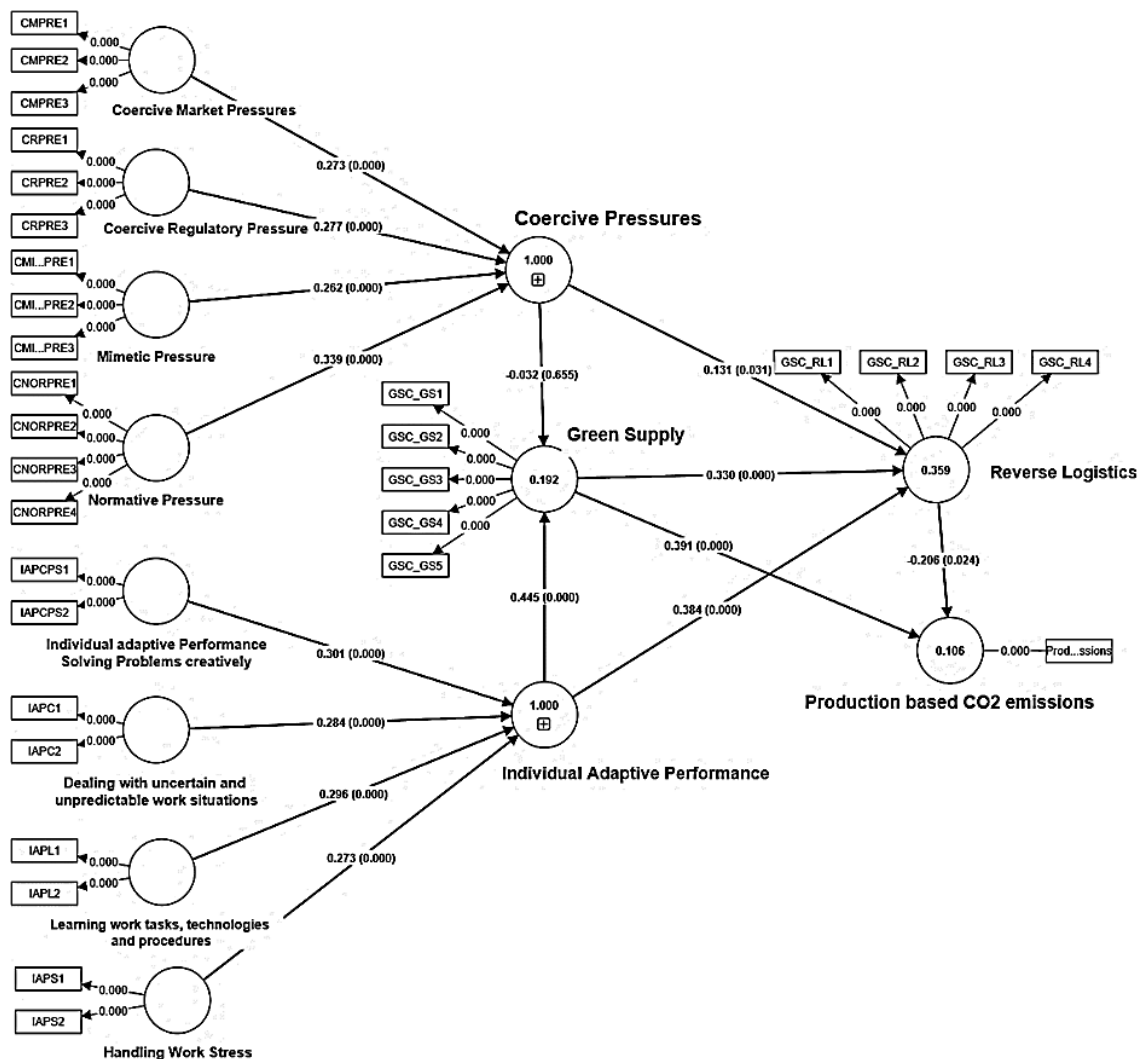


Figure 1: Path analysis of the hypothetical model of the research by structural equation modeling

3. METHODOLOGY

3.1. Research Universe and Sample Selection

The population of the research (research universe) consists of the manufacturing companies (Mining, food, textile, chemistry, agriculture, accommodation and food sectors, etc.) included in the annual industrial and service statistics 2024 report of the Turkish Statistical Institute (TÜİK, 2022). According to the 2022 report of the Turkish Statistical Institute, the number of manufacturers in Türkiye is approximately 140,000 (<https://data.tuik.gov.tr/>). Since it is not possible to reach all of these companies, the sample of the study consists of manufacturing companies operating in the Thrace Region. According to the 2022 report of the Trakya Development Agency, there are approximately 6000 manufacturers in the Thrace Region (Trakya Development Agency, 2022). There are a number of reasons why companies in the Thrace Region were selected as the research sample. Among these reasons, new production infrastructures have been established in this region in response to the increasing production demands and many of the products with high trade volume around the world are produced by companies operating in this region. In addition, it should be known that manufacturing companies have an important place in the economic development process of not only a region but also a country.

Manufacturers in the Thrace Region of Türkiye were selected as the research sample, but among these companies, companies that could manage their logistics processes were also considered. In Thrace region, there are approximately 2000 companies that are manufacturing companies and can manage logistics processes. The survey created for the research was sent electronically to the people working in senior management positions in these companies included in the sample. The survey questions on the individual adaptive performance scale were sent to people working in the logistics departments of these companies. 572 company managers and 493 company employees answered the questionnaire completely and these data were evaluated.

3.2. Measurements

Green supply scale is adapted from Stekelorum et al., (2021). The green supply scale consists of a single dimension and four items. Items of the green supply scale consist of eco-labeling the products in the company, cooperating with suppliers for environmental targets, conducting environmental audits in the internal management of suppliers, and ISO 14000 certification of suppliers. The reverse logistics scale is adapted from the study of (Chaves et al., 2020). The reverse logistics scale is a single dimension with four items. Items of the reverse logistics scale is about waste transportation and disposal, recycling firms' materials as much as possible, trying to reuse materials as much as possible, and reducing consumption as much as possible.

The Coercive pressures scale was adapted from the study of (Kauppi and Luzzini, 2022). The Coercive pressures scale consists of four dimensions (coercive market pressure, coercive regulatory pressure, mimetic pressure, and normative pressure) and thirteen items. There are 3 items in the coercive market pressure dimension, and examples of these items are: "the firm pressures external customers to adopt certain practices or initiatives in their purchasing procedures", "pressures certain customers to adopt certain practices or initiatives in their purchasing procedures and to cease their contracts if they do not meet their demands", and "major suppliers to not comply with requests to adopt certain practices or initiatives in their purchasing procedures." It is about suspending their contracts in case of the coercive regulatory pressure dimension has 3 items, and questions of these items are about; "The existence of numerous regulations and restrictions that apply to the firm's industry and that also affect its purchasing procedures", "government regulations affecting the firm's purchasing decision-making powers", and "frequent government inspections or audits of the firm's purchasing practices to ensure compliance with laws and regulations". The mimetic pressure dimension has 3 items and questions of these items are about "paying attention to purchasing practices and tools that appear to benefit its competitors and peers", "the adoption of these practices by key competitors", and "the firm actively comparing the purchasing practices and performance of its key competitors and peers with its practices". The normative pressure dimension has 4 items, and these items are; "The firm's purchasing staff are influenced by the procedures and tools advocated by the National Purchasing Association", "the firm follows academic research on purchasing to learn about the purchasing procedures it will implement", "purchasing procedures about becoming the norm (an established principle) in the firm's industry", and "about influencing the best practices and opinions of consulting companies and external auditors in purchasing procedures."

Individual adaptive performance scale is adapted from the study of (Marques-Quinteiro et al., 2015). This scale consists of four dimensions (solving problems creatively, dealing with uncertain and unpredictable work situations, learning work tasks, technologies and procedures and handling work stress) and 8 items. Solving problems creatively dimension has 2 items and these items are about "finding innovative ways to deal with unexpected events" and "developing creative ideas to manage events". The dealing with uncertain and unpredictable work situations dimension has 2 items and these items are about "how firm devise alternative plans on very short notice as a way of coping with new task demands" and "adapting to

unforeseen situations by changing focus and taking reasonable steps”. Learning work tasks dimension has 2 items and these items are; “We periodically update technical and interpersonal competencies as a way to better perform tasks” and “seek and develop new competencies to deal with difficult situations.” The handling work stress dimension has 2 items and these items are; “We remain calm and positive under stressful events” and “maintain focus when dealing with multiple situations and responsibilities.”

Production-based CO₂ productivity and GDP per unit of energy-related CO₂ emissions are part of the Green Growth Indicators of Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD) Statistics (OECD, 2017). CO₂ productivity (production-based) is calculated as real GDP generated per unit of CO₂ emitted (USD/kg). Production-based CO₂ Emission data was obtained from OECD data section.

4. FINDINGS

4.1. Descriptive Statistics

In the study, participants were asked to use a 5-point Likert scale (1 = strongly agree, 5 = strongly disagree) to measure the variables of green supply, reverse logistics, coercive pressures and individual adaptive performance scale. There are 25 items in the first part of the survey. The second part of the survey includes 4 questions that include information about the company, its employees and senior managers. Firstly, the descriptive information of the production enterprises was asked, followed by the reliability analysis of the variables and the relationships between the variables. When the total number of employees in the business was examined, it was determined that the number of employees in the business was scaled between 100-199 people (36%) and 50-99 people (25%). When the age scale of the employees was examined, it was seen that the majority were between the ages of 30-39 (38%) and 40-49 years (21%). When the training fields of the employees were examined, it was determined that the training fields of the employees were concentrated in business education (34%) and logistics training (25%). When the gender of managers was examined, it was determined that 39% were female and 61% were male.

4.2. Data Analysis and Fit Index Values

Hetero-single feature ratio, correlation coefficients and reliability values of green supply, reverse logistics, coercive pressures and individual adaptive performance structures are presented in Table 1. Cronbach alpha (CA) internal consistency coefficient and Composite reliability (CR) coefficient were calculated to reveal the reliability of the constructs. CA internal consistency reliability values and CR values are expected to be 0.70 or higher (Ali Qalati et al., 2021; Brown, 2015; Hair et. al., 2021; Nunnally, 1978: 112). In addition, the convergent validity of the constructs was examined, and in order to ensure convergent validity, the Average Variance Extracted (AVE) value is required to be greater than 0.50 (Fornell and Larcker, 1981). If this ratio is 50% or above, it explains the variance of the latent variable reflective indicators (Taherdoost, 2016; Taherdoost, 2022). The hetero-to-single-trait ratio of correlations (HTMT) has recently become the primary criterion of discriminant validity (Cheung et al., 2023; Voorhees et al., 2016). The HTMT ratio examined for discriminant validity is obtained by calculating the geometric mean of the mean correlation between items of the same structure (Cheung et al., 2023; Henseler et al., 2015; Voorhees et al., 2016). It is generally accepted that the HTMT ratio is below 0.9. If the HTMT value is below 0.90, it means that discriminant validity was detected between a certain pair of reflection structures (Henseler et al., 2015). It was determined that the structures included in the model had sufficient discriminant validity when the HTMT ratios were evaluated. Correlation coefficients, reliability values, heterotrait-monotrait ratios are shown in Table 1.

Table 1. Correlation coefficients, reliability values, heterotrait-monotrait ratios

Variables	CA	CR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Coercive Market Pressures	0.91	0.91	(0.92)	0.78	0.08	0.09	0.07	0.09	0.10	0.55	0.65	0.13	0.09
2. Coercive Regulatory Pressure	0.84	0.84	[0.69]	(0.87)	0.15	0.13	0.06	0.15	0.04	0.88	0.84	0.16	0.15
3. Dealing with uncertain and unpredictable work sit.	0.74	0.74	[-0.05]	[-0.12]	(0.89)	0.46	0.88	0.93	0.98	0.10	0.09	0.14	0.50
4. Green Supply	0.85	0.88	[-0.08]	[-0.02]	[0.38]	(0.79)	0.53	0.38	0.47	0.12	0.11	0.30	0.55
5. Handling Work Stress	0.70	0.70	[-0.01]	[-0.02]	[0.60]	[0.43]	(0.88)	0.81	0.95	0.15	0.15	0.14	0.53
6. Individual Adaptive Performance_Sol. Prob. Creatively	0.81	0.81	[-0.06]	[-0.12]	[0.72]	[0.34]	[0.61]	(0.92)	0.84	0.17	0.14	0.10	0.54
7. Learning work tasks, technologies and procedures	0.73	0.73	[-0.03]	[-0.01]	[0.72]	[0.39]	[0.68]	[0.64]	(0.89)	0.06	0.10	0.03	0.64
8. Mimetic Pressure	0.83	0.83	[0.48]	[0.73]	[-0.08]	[-0.08]	[-0.11]	[-0.14]	[-0.03]	(0.86)	0.96	0.07	0.06
9. Normative Pressure	0.85	0.86	[0.57]	[0.71]	[-0.07]	[-0.06]	[-0.11]	[-0.11]	[-0.05]	[0.80]	(0.84)	0.06	0.07
10. Production based CO ₂ emissions	-	-	[-0.12]	[-0.15]	[0.12]	[0.28]	[0.11]	[0.06]	[0.00]	[-0.06]	[-0.04]	-	0.03
11. Reverse Logistics	0.86	0.87	[0.08]	[0.13]	[0.40]	[0.49]	[0.42]	[0.45]	[0.51]	[0.01]	[0.01]	[-0.01]	(0.85)

** P< 0.01, CA: Cronbach's alphas, CR: Composite Ratio. [value] = show Correlation. (value) showS square root of AVE. |value| shows Heterotrait–Monotrait Ratio.

5. RESULTS and DISCUSSION

To test our hypotheses, we use SEM. The estimates are generated with SmartPLS. According to path analysis coefficients hypotheses except H1 and H5 are supported. Hypothesis testing results are presented in Table 2.

Table 2. Hypotheses results

<i>Hypotheses</i>	<i>Independent Variable</i>	<i>Dependent Variable</i>	<i>Model</i>	<i>P</i>	<i>Supported/Unsupported</i>
H1	Institutional pressures	Green supply	-0.032(ad)	0.655	Unsupported
H2	Institutional pressures	Reverse logistics	0.131*	0.031	Supported
H3	Individual Adaptive performance	Green supply	0.445***	0.000	Supported
H4	Individual Adaptive performance	Reverse logistics	0.384***	0.000	Supported
H5	Green supply	Production based CO ₂ emissions	0.391***	0.000	Unsupported
H6	Green supply	Reverse logistics	0.330***	0.000	Supported
H7	Reverse logistics	Production based CO ₂ emissions	-0.206*	0.024	Supported

Path coefficients are standardized. ***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, ad; p>0.05.

H1 indicates the relationship between Institutional pressures and green supply practices. The hypothesis is rejected because of statistical insignificance ($p > 0.655$ which is greater than 0.05). According to the literature, the integration of Green supply chain practices not only stems from external pressures but also from the economic and environmental performance benefits they offer (Ahmed et al., 2020). So, it is important to understand that in emerging countries like Türkiye, the economic benefits seem to have more importance on green supply chain that institutional pressures have no effect on Green supply chain. Research on the relationship between operational practices and performance in the context of GSCM, especially in emerging countries like China, highlights GSCM as a strategic approach to enhancing organizational performance (Zhu and Sarkis, 2004). This research supports our result that green supply chain practices are not seen as strategic to organizational performance or profit that firms resist institutional pressures.

H2 which indicates positive relationship between Institutional Pressures and Reverse Logistics is accepted ($p < 0.05$, Standardized $\beta = .131$). According to standardized coefficient, in every one point increase in institutional pressures, there will be 0.1 increase in reverse logistics. In other words, reverse logistics applications will rise by 10% of the institutional pressures. This result is supported by the literature. The literature emphasizes the relationship between institutional factors especially concerning reverse logistics capabilities (Vlachos, 2016). Regulatory pressures, in particular, can drive manufacturers to adopt reverse logistics processes to comply with environmental regulations and sustainable practices (Kaur, 2021; Khor et al., 2016). This indicates that legal regulations serve as a crucial foundation for the implementation of reverse logistics practices in Türkiye, ensuring compliance and efficient management of product returns. The study by (Altuğ et al., 2012) sheds light on several key reasons for deficiencies in implementing reverse logistics activities in Turkish Companies. According to the author deficiencies are dependent on organizational factors. So, in developing countries it may not be realistic for firms to comply with reverse logistics with the effect of mimetic and normative pressures. In most developing countries firms comply with reverse logistics due to coercive pressures (generally external pressures from law authorities). Consequently, companies in Türkiye engage in reverse supply chain management practices largely due to legal requirements. The study by Erol et al. (2010) highlights that legislative liabilities play a significant role in prompting companies to participate in product returns within the reverse supply chain. Even if Ferdous (2018) emphasizes the significance of compliance in developing countries, suggesting that companies may be incentivized to embrace reverse logistics practices to ensure higher compliance standards this may not be the issue in most emerging countries.

Individual adaptive performance increases green supply chain management (H3) is supported by our analyses. The workforce in the supply chain is crucial for enhancing service quality and ensuring the smooth functioning of supply chain operations (Aguora, 2022). Improving employees' capacities through training and development programs can lead to better performance and outcomes in supply chain management.

Individual Adaptive performance is increasing reverse logistics performance (H4) is supported ($p < 0.000$, Standardized $\beta = .384$, Table 2). Abd Kadir (2019) emphasized the significance of adaptability in logistics, particularly in the context of exploring new ideas and integrating best practices. Moreover, the author mentioned the relationship between task performance and adaptive performance, highlighting the need for

cognitive flexibility and the ability to cope with change effectively. Bravo and Ostos (2021) provided insights into the cognitive and attitudinal factors that shape individual adaptation in the context of technology use and migration within work environments. Cognitive and attitudinal factors are also important in reverse logistics. For example, Panigrahi et al. (2018) related cognitive factors reverse logistics management, particularly in the retail industry where as Ho et al. (2012) attitudinal factors of reverse logistics. Han and Williams (2008) also found the role of cognitive factors in individual adaptive performance, particularly in decision-making contexts influenced by technological advancements at work. The same authors also found that team adaptability reflects the collective abilities of individual team members. In other words, individual adaptive performance is also related to organizational level reverse logistics applications and factors. But according to Pratoom (2022) importance of trait goal orientation in influencing individuals' willingness to engage in learning behaviors. As a result, individual adaptive performance is increasing reverse logistics performance at organizational level. H5, green supply practices decrease CO₂ emissions in production processes, is unsupported. According to path analysis, Table 2, even if $p < 0.000$ so that result is statistically significant, Standardized β equals to .391 in other words, green supply chain practices seem to increase production-based CO₂ emissions.

The role of institutional factors in shaping firms' resource decisions and their ability to earn economic rents is also highlighted. The text suggests that firms must navigate internal and external influences, including industry factors and normative rationalities, to achieve sustainable competitive advantage (Oliver, 1997). However, the importance of adaptability of employees are more important to the impact of a firm's proprietary sustainability practices than Regulatory pressures (Ortiz-de-Mandojana et al., 2016). Firms are facing strong institutional pressures may struggle to evaluate and adjust their current resource allocations, potentially impeding their competitiveness without adapting their employees. Individual adaptive performance is critical in the extent to which template diffusions proceed to sustain institutional changes to the organizational field and environment (Moufity et al., 2024). Because similarity and conformity are that organizations tend to follow only those institutional pressures should not be simply copy what has already been successfully done by someone else.

Organizations are more inclined to adopt green supply chain management practices when they perceive specific financial and operational benefits (Rao and Holt, 2005). However, according to same authors, lean production is identified as a pivotal strategy to minimize environmental impact during the production phase, leading to enhanced productivity, waste reduction, and improved quality. So, it can be said that green supply chain practices are related to specific production systems. Lean production in Türkiye is not only about eliminating waste but also about improving competitiveness through factors like product quality, continuous improvement, and effective facility layout (Han, 2018). Furthermore, the study by Santos et al. (2019) found that the adoption of green supply chain practices, such as green manufacturing processes or product design modifications, may inadvertently lead to increased energy consumption or emissions if not implemented efficiently. For instance, the use of certain eco-friendly materials or production methods that require more energy or resources could potentially result in higher CO₂ emissions. For example, the integration of new green technologies in manufacturing processes may require additional energy consumption or the use of materials with higher carbon footprints, leading to a net increase in CO₂ emissions (Green et al., 2012). So, while adopting green supply chain practices aims to reduce environmental impact, if not executed efficiently, it could paradoxically lead to higher energy consumption and CO₂ emissions specifically for the firms that are new or naïve about new green technologies. This result also supported by other research that If not properly managed, the implementation of green practices, like the adoption of resource-intensive eco-friendly technologies, could lead to unintended consequences, including an increase in CO₂ emissions (Pinto, 2020; Samad et al., 2021).

According to analyses, Green Supply Chain Practices increase Reverse Logistics effectiveness (H6 is supported). According to path analysis, Table 2, results are statistically significant ($p < 0.000$) and Standardized β equals to .330. in other words, every one-point increase in green supply chain activities can increase reverse logistics activities almost 0.33 points. Greening both forward logistics links and reverse logistics systems in the supply chain is essential for sustainable performance (Liang et al., 2019). Reverse logistics is considered the most important and complex activity within a green supply chain, emphasizing its significance in enhancing competitiveness (Aćimović et al., 2020; Weeratunge and Herath, 2017).

H7 is hypothesized Reverse Logistics reduces production-based CO₂ emissions. According to Table 2, $p < 0.024 < 0.05$, Standardized $\beta = -0.206$, every one-point increase in reverse logistics activities decreases CO₂ emissions in production by 0.2 points. This result is very important and interesting that green supply chain management increases CO₂ emissions of the production whereas reverse logistics acts as counter. Green supply chain management (GSCM) and reverse logistics are two essential concepts in modern organizational sustainability practices. However, green supply chain management aims to minimize the environmental impact of the entire supply chain while enhancing economic and environmental performance (Tang and Wang, 2021). On the other hand, reverse logistics focuses on managing product returns,

recycling, and reusing processes to reduce waste, lower disposal costs, and decrease CO₂ emissions. Green supply chain management focuses on implementing environmentally friendly practices across the supply chain, including green procurement, eco-design, and distribution, as well as reverse logistics, which involves managing returns, recycling, and remanufacturing to minimize waste and optimize resource use (Aćimović et al., 2020; Shafique et al., 2017; Weeratunge et al., 2017). Thus, green supply chain management aims to improve overall environmental sustainability by integrating green practices across the supply chain rather than production, reverse logistics focuses on managing the pre-consumer phase of products to minimize waste and emissions. A well-designed reverse logistics network can optimize product reuse and recycling, balancing costs and carbon emissions to enhance environmental performance (Yu and Solvang, 2016).

6. CONCLUSION

This study discusses the relationship between institutional pressures, individual adaptive performance, green and reverse logistics and production-based CO₂ emissions by structural equation modeling (SEM) to test hypotheses related to research model. The results show that institutional pressures do not have a significant effect on green supply chain practices in emerging countries like Türkiye, but there is a positive relationship between institutional pressures and reverse logistics. Additionally, the study supports the idea that adaptive individual performance contributes to both green supply chain management and reverse logistics performance. The literature cited emphasizes the importance of regulatory pressures in driving firms to adopt reverse logistics processes to comply with environmental regulations and sustainable practices. Overall, the results highlight the complex relationship between institutional pressures, adaptive performance, and their impact on green supply chain and reverse logistics practices.

In conclusion, our study delves into the intricate dynamics of green supply chain management (GSCM) and reverse logistics within the context of emerging countries, with a special focus on Türkiye. Through the application of SEM for hypothesis testing, we uncover nuanced insights into the role institutional pressures play in shaping green supply practices and reverse logistics. Our findings illuminate the complex interplay between regulatory frameworks, organizational adaptability, and the strategic imperatives of GSCM. While institutional pressures were found to have a negligible effect on the adoption of green supply practices, they significantly influence the implementation of reverse logistics, underscoring the importance of legal compliance and adaptive performance in enhancing GSCM outcomes. By integrating empirical evidence with theoretical insights from recent literature, this study contributes to a deeper understanding of the factors driving GSCM and reverse logistics in emerging economies, offering valuable implications for practitioners and policymakers aiming to foster sustainable supply chain practices.

There are some limitations for this research. First, the study's focus on a single case study in Türkiye, while providing valuable insights, may limit the broader applicability of its findings. Case studies are inherently context-specific, and the unique socio-economic and institutional characteristics of Türkiye may not reflect the experiences of other countries or regions. The variability in institutional contexts across different emerging markets can lead to divergent outcomes in the adoption of green supply chain practices, thus necessitating caution when generalizing the results of this study to other settings. Second, the methodology employed in the research, specifically the use of structural equation modeling (SEM) and SmartPLS, while robust, may impose certain constraints on the findings. The effectiveness of SEM is contingent upon having a sufficiently large and representative sample, which may not always be feasible in emerging markets where data availability can be limited. This raises concerns about the generalizability of the findings beyond the specific context of Türkiye, as the results may not be applicable to other emerging economies with different institutional frameworks and market conditions. Third, the focus on individual adaptive performance as a critical factor influencing green supply chain practices and reverse logistics introduces another layer of complexity. While individual performance is undoubtedly important, the broader organizational and systemic factors that also play a significant role in the adoption of sustainable practices. Lastly, the lack of clarity regarding the specific types of institutional pressures and their varying effects limits the ability to draw comprehensive conclusions about their overall impact on sustainable practices.

Future research should integrate technical and behavioral aspects of green supply chain management (GSCM) to improve organizational performance and environmental sustainability. This includes examining the interplay of green initiatives, emphasizing reverse logistics for product return and recycling.

Further research is needed to understand the impact of human resources in reverse logistics and their influence on system performance. This will help organizations optimize green supply chain practices and navigate institutional pressures, ensuring legitimacy and effectiveness in implementing sustainable practices.

Author Contributions

Saniye Yıldırım Özmutlu: Literature Review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-review and editing *Korhan Arun*: Literature Review, Writing-original draft, Methodology, Modelling

Conflict of Interest

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Funding

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Compliance with Ethical Standards

For this study, the approval of the Tekirdağ University Social Sciences and Humanities Scientific Research and Publication Ethics Committee was obtained with the decision dated 28.08.2024 and numbered T2024-2108.

Ethical Statement

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Abd Kadir, M.F. (2019). "Task Performance and Adaptive Performance Among Logician: A Conceptual Perspective on the Individual Factors and the Situational Factors", *International Journal of Business and Management*, 3(3), 16–25. <https://doi.org/10.26666/rmp.ijbm.2019.3.3>
- Aćimović, S., Mijušković, V. and Rajić, V. (2020). "The Impact of Reverse Logistics onto Green Supply Chain Competitiveness Evidence from Serbian Consumers", *International Journal of Retail & Distribution Management*, 48(9), 1003-1021. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-04-2019-0142>
- Aćimović, S., Mijušković, V., Marković, D. and Todorović, S. A. (2022). "The Relationship between Logistics and Organizational Performance in A Supply Chain Context", *Serbian Journal of Management*, 17(2), 333-349. <https://doi.org/10.5937/sjm17-37401>
- Acquah, I.S.K., Agyabeng-Mensah, Y. and Afum, E. (2021). "Examining the Link among Green Human Resource Management Practices, Green Supply Chain Management Practices and Performance", *Benchmarking: An International Journal*, 28(1), 267-290. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2020-0205>
- Aguora, S. O. (2022). "Evaluation of Perception towards Capacity Building Programs and Workforce Skills in HIV/AIDS Supply Chain Management in Nigeria", *Texila International Journal of Public Health*, 10(3), 51-60. <https://doi.org/10.21522/TIJPH.2013.10.03.Art005>
- Ahmad, N.A., Mohd Drus, S. and Kasim, H. (2022). "Factors of Organizational Adoption of Enterprise Architecture in Malaysian Public Sector: A Multi Group Analysis", *Journal of Systems and Information Technology*, 24(4), 331-360. <https://doi.org/10.1108/JSIT-11-2020-0254>
- Ahmed, W., Asim, M. and Manzoor, S. (2020). "Importance and Challenges of Green Supply Chain Management in Healthcare", *European Journal of Business and Management Research*, 5(2). <https://doi.org/10.24018/ejbm.2020.5.2.249>
- Ahworegba, A.H., Garri, M. and Estay, C. (2022). "Subsidiaries' Behavioural Responses to Volatile Local Contexts in Emerging African Markets: Evidence from Nigeria", *Multinational Business Review*, 30(3), 364-387. <https://doi.org/10.1108/MBR-06-2020-0138>
- Ali Qalati, S., Li, W., Ahmed, N., Ali Mirani, M. and Khan, A. (2021). "Examining the Factors Affecting SME Performance: The Mediating Role of Social Media Adoption", *Sustainability*, 13(1), 75. <https://doi.org/10.3390/su13010075>
- Altuğ, N., Oğuzhan, A. and Gilanli, E. (2012). "Reverse Logistics Activities in Turkey", *Ege Academic Review*, 12(3), 391-391. <https://doi.org/10.21121/eab.2012319526>
- Amui, L.B.L., Jabbour, C.J.C., De Sousa Jabbour, A.B.L. and Kannan, D. (2017). "Sustainability as A Dynamic Organizational Capability: A Systematic Review and A Future Agenda toward A Sustainable Transition", *Journal of Cleaner Production*, 142, 308-322. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.103>
- Arshed, N., Hameed, K. and Saher, A. (2022b). "An Empirical Analysis of Supply Chain Competitiveness and Cleaner Production", *SAGE Open*, 12(4), 215824402211302. <https://doi.org/10.1177/21582440221130297>
- Arshed, N., Sardar, M.S. and Iqbal, M. (2022a). "Can Efficient Transport Moderate Real Sector Productivity?", *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 32(6), 915-933. <https://doi.org/10.1108/CR-01-2021-0002>
- Aryee, R. and Adaku, E. (2023). "The Reverse Logistics Resource Matrix: A Novel Classification Scheme", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(3), 435-454. <https://doi.org/10.1108/JMTM-06-2022-0226>
- Baard, S. K., Rench, T. A. and Kozlowski, S. W. J. (2014). "Performance Adaptation: A Theoretical Integration and Review", *Journal of Management*, 40(1), 48–99. <https://doi.org/10.1177/0149206313488210>
- Bag, S. and Gupta, S. (2019). "Examining the Effect of Green Human Capital Availability in Adoption of Reverse Logistics and Remanufacturing Operations Performance", *International Journal of Manpower*, 41(7), 1097-1117. <https://doi.org/10.1108/IJM-07-2019-0349>
- Boon, C., Paauwe, J., Boselie, P. and Den Hartog, D. (2009). "Institutional pressures and HRM: Developing institutional fit", *Personnel Review*, 38(5), 492–508. <https://doi.org/10.1108/00483480910978018>
- Borman, W. and Motowidlo, S. (1993). "Expanding the Criterion Domain to Include Elements of Contextual Performance", *Personnel Selection in Organizations*, 71-98. https://digitalcommons.usf.edu/psy_facpub/1111
- Bravo, E.R. and Ostos, J. (2021). "Individual Adaptive Performance in Computer-Mediated Work: A Migration Perspective", *Information Technology & People*, 34(1), 123-146. <https://doi.org/10.1108/ITP-02-2019-0089>
- Brown, T.A. (2015). "Confirmatory Factor Analysis for Applied Research", 2nd Ed., New York, The Guilford Press, NY, US. <https://www.guilford.com/MSS>
- Chaves, G. de L.D., Giuriatto, N.T. and Ferreira, K.A. (2020). "Reverse Logistics Performance Measures: A Survey of Brazilian Companies", *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 17(2), 1-18. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2020.018>

- Cheung, G.W., Cooper-Thomas, H.D., Lau, R.S. and Wang, L.C. (2023). "Reporting Reliability, Convergent and Discriminant Validity with Structural Equation Modeling: A Review and Best-Practice Recommendations", *Asia Pacific Journal of Management*, 41(2), 745-783. <https://doi.org/10.1007/s10490-023-09871-y>
- Chu, S., Yang, H., Lee, M. and Park, S. (2017). "The Impact of Institutional Pressures on Green Supply Chain Management and Firm Performance: Top Management Roles and Social Capital", *Sustainability*, 9(5), 764. <https://doi.org/10.3390/su9050764>
- Crocker, A. and Eckardt, R. (2014). "A Multilevel Investigation of Individual- and Unit-Level Human Capital Complementarities", *Journal of Management*, 40(2), 509-530. <https://doi.org/10.1177/0149206313511862>
- Dallasega, P., Woschank, M., Sarkis, J. and Tippayawong, K.Y. (2022). "Logistics 4.0 Measurement Model: Empirical Validation Based on An International Survey." *Industrial management & data systems*, 122(5), 1384-1409. <https://doi.org/10.1108/IMDS-11-2021-0694>
- Dowlatshahi, S. (2000). "Developing a Theory of Reverse Logistics", *Interfaces*, 30(3), 143-155. <https://doi.org/10.1287/inte.30.3.143.11670>
- Erol, İ., Nurtaniş Velioğlu, M., Sivrikaya Şerifoğlu, F., Büyüközkan, G., Aras, N., Demircan Çakar, N. and Korugan, A. (2010). "Exploring Reverse Supply Chain Management Practices in Turkey", *Supply Chain Management: An International Journal*, 15(1), 43-54. <https://doi.org/10.1108/13598541011018111>
- Ferdous, C.S. (2018). "Corporate Governance in Bangladesh: Evidence of Compliance", *International Business Research*, 11(3), 88. <https://doi.org/10.5539/ibr.v11n3p88>
- Fornell, C. and Larcker, D.F. (1981). "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error", *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>
- Gao, X. (2019). "A Novel Reverse Logistics Network Design Considering Multi-Level Investments for Facility Reconstruction with Environmental Considerations", *Sustainability*, 11(9), 2710. <https://doi.org/10.3390/su11092710>
- George, B., Baekgaard, M., Decramer, A., Audenaert, M. and Goeminne, S. (2020). "Institutional Isomorphism, Negativity Bias and Performance Information Use by Politicians: A Survey Experiment", *Public Administration*, 98(1), 14-28. <https://doi.org/10.1111/padm.12390>
- Ghomi, M.H.A.A., Gilaninia, S. and Taleghani, M. (2016). "Performance of Transport Systems and Distribution Network of Green Supply Chain", *Kuwait Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review*, 6(2), 8-12. <https://doi.org/10.12816/0031553>
- Giri, B.C. and Glock, C.H. (2017). "A Closed-Loop Supply Chain with Stochastic Product Returns and Worker Experience under Learning and Forgetting", *International Journal of Production Research*, 55(22), 6760-6778. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1347301>
- Green, K.W., Whitten, D. and Inman, R.A. (2008). "The Impact of Logistics Performance on Organizational Performance in A Supply Chain Context", *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(4), 317-327. <https://doi.org/10.1108/13598540810882206>
- Green, K.W., Zelbst, P.J., Meacham, J. and Bhadauria, V.S. (2012). "Green Supply Chain Management Practices: Impact on Performance", *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(3), 290-305. <https://doi.org/10.1108/13598541211227126>
- Griffin, M.A., Parker, S.K. and Mason, C.M. (2010). "Leader Vision and the Development Of Adaptive and Proactive Performance: A Longitudinal Study", *Journal of Applied Psychology*, 95(1), 174-182. <https://doi.org/10.1037/a0017263>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., and Ray, S. (2021). "Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) using R: A Workbook", Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7>
- Halldórsson, Á. and Skjøtt-Larsen, T. (2006). "Dynamics of Relationship Governance in TPL Arrangements – A Dyadic Perspective", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(7), 490-506. <https://doi.org/10.1108/09600030610684944>
- Han, T.Y. and Williams, K.J. (2008). "Multilevel Investigation of Adaptive Performance: Individual-and Team-Level Relationships", *Group & Organization Management*, 33(6), 657-684. <https://doi.org/10.1177/1059601108326799>
- Han, X. (2018, December). "Analysis of Factors Influencing Lean Production Based on Interpretative Structural Model", *Atlantis Press*, 226-229. <https://doi.org/10.2991/icedem-18.2018.57>
- Handoyo, S. (2024). "Green Supply Chain Management: A Bibliometric Analysis of Global Research Trends and Future Directions", *Production & Manufacturing Research*, 12(1), 2422614. <https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2422614>
- He, C. (2021). "Performance Evaluation Model and Algorithm of Green Supply Chain Management Based on Sustainable Computing", *Ecological Chemistry and Engineering*, 28(4), 499-512. <https://doi.org/10.2478/eces-2021-0033>

- Hemed, A. and Ibrahim, M.I. (2022). "Determinant Factors for Adoption of logistics Information System in the Public Health Laboratory in Chakechake-Zanzibar", *Business Education Journal*, 10(3), 1-17. <http://www.cbe.ac.tz/bej>
- Henseler, J., Ringle, C.M. and Sarstedt, M. (2015). "A New Criterion for Assessing Discriminant Validity in Variance-Based Structural Equation Modeling", *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 115-135. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>
- Ho, G.T.S., Choy, K.L., Lam, C.H.Y. and Wong, D.W.C. (2012). "Factors Influencing Implementation of Reverse Logistics: A Survey among Hong Kong Businesses", *Measuring Business Excellence*, 16(3), 29-46. <https://doi.org/10.1108/13683041211257394>
- Hsu, C., Choon Tan, K., Hanim Mohamad Zailani, S. and Jayaraman, V. (2013). "Supply Chain Drivers that Foster the Development of Green Initiatives in An Emerging Economy", *International Journal of Operations & Production Management*, 33(6), 656-688. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-10-2011-0401>
- Huang, Y-C., Yang, M-L. and Wong, Y-J. (2016). "Institutional Pressures, Resources Commitment, and Returns Management", *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(3), 398-416. <https://doi.org/10.1108/SCM-04-2015-0144>
- Jayant, A., Gupta, P. and Garg, S.K. (2014). "Simulation Modelling and Analysis of Network Design for Closed-Loop Supply Chain: A Case Study of Battery Industry", *Procedia Engineering*, 97, 2213-2221. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.465>
- Jazairy, A. and Von Haartman, R. (2020). "Analysing the Institutional Pressures on Shippers and Logistics Service Providers to Implement Green Supply Chain Management Practices", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 23(1), 44-84. <https://doi.org/10.1080/13675567.2019.1584163>
- Jundt, D.K., Shoss, M.K. and Huang, J.L. (2015). "Individual Adaptive Performance in Organizations: A Review", *Journal of Organizational Behavior*, 36(S1), S53-S71. <https://doi.org/10.1002/job.1955>
- Kaihan, Y. and Chin, T.A. (2021). "Revisit the Effect of Reverse Logistics Practices on Sustainability Performance", *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 11(11), 2093-2110. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v11-i11/11424>
- Kauppi, K. and Hannibal, C. (2017). "Institutional Pressures and Sustainability Assessment in Supply Chains", *Supply Chain Management: An International Journal*, 22(5), 458-472. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2017-0004>
- Kauppi, K. and Luzzini, D. (2022). "Measuring Institutional Pressures in a Supply Chain Context: Scale Development and Testing", *Supply Chain Management: An International Journal*, 27(7), 79-107. <https://doi.org/10.1108/SCM-04-2021-0169>
- Kaur, K. (2021). "Effect of Green Product Design and Institutional Pressures on Manufacturing Firms Performances in Malaysia: Implementation of Reverse Logistics Products", *International Journal of Supply Chain Management*, 6(2), 12-30. <https://doi.org/10.47604/ijscm.1292>
- Khor, K.S., Udin, Z.M., Ramayah, T. and Hazen, B.T. (2016). "Reverse Logistics in Malaysia: The Contingent Role of Institutional Pressure", *International Journal of Production Economics*, 175, 96-108. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.01.020>
- Kim, S.W. (2009). "An Investigation on the Direct and Indirect Effect of Supply Chain Integration on Firm Performance", *International Journal of Production Economics*, 119(2), 328-346. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.03.007>
- Koopmans, L., Bernaards, C.M., Hildebrandt, V.H., Schaufeli, W.B., De Vet Henrica, C.W. and Van Der Beek, A.J. (2011). "Conceptual Frameworks of Individual Work Performance: A Systematic Review", *Journal of occupational and Environmental Medicine*, 53(8), 856-866. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e318226a763>
- Laosirihongthong, T., Adebajo, D. and Choon Tan, K. (2013). "Green Supply Chain Management Practices and Performance", *Industrial Management & Data Systems*, 113(8), 1088-1109. <https://doi.org/10.1108/IMDS-04-2013-0164>
- Latif, B., Mahmood, Z., Tze San, O., Mohd Said, R. and Bakhsh, A. (2020). "Coercive, Normative and Mimetic Pressures as Drivers of Environmental Management Accounting Adoption", *Sustainability*, 12(11), 4506. <https://doi.org/10.3390/su12114506>
- Lentjušenkova, O. and Lapina, I. (2016). "The Transformation of the Organization's Intellectual Capital: From Resource to Capital", *Journal of Intellectual Capital*, 17(4), 610-631. <https://doi.org/10.1108/JIC-03-2016-0031>
- Leuschner, R., Rogers, D.S. and Charvet, F.F. (2013). "A Meta-Analysis of Supply Chain Integration and Firm Performance", *Journal of Supply Chain Management*, 49(2), 34-57. <https://doi.org/10.1111/jscm.12013>
- Liang, Z., Chiu, Y., Li, X., Guo, Q. and Yun, Y. (2019). "Study on the Effect of Environmental Regulation on the Green Total Factor Productivity of Logistics Industry from the Perspective of Low Carbon", *Sustainability*, 12(1), 175. <https://doi.org/10.3390/su12010175>
- Marques-Quinteiro, P., Ramos-Villagrasa, P.J., Passos, A.M. and Curral, L. (2015). "Measuring Adaptive Performance in Individuals and Teams", *Team Performance Management*, 21(7/8), 339-360. <https://doi.org/10.1108/TPM-03-2015-0014>

- Miles, J.A. (2012). "Management and Organization Theory: A Jossey-Bass Reader", 1. Ed., Jossey-Bass, San Francisco, CA. <https://ccn.loc.gov/2011047502>
- Morgan, T.R., Tokman, M., Richey, R. G. and Defee, C. (2018). "Resource Commitment and Sustainability: A Reverse Logistics Performance Process Model", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(2), 164-182. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2017-0068>
- Moufty, S., Al-Najjar, B. and Ibrahim, A. (2024). "Communications of Sustainability Practices in the Banking Sector: Evidence from Cross-Country Analysis", *International Journal of Finance & Economics*, 29(1), 135-161. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2679>
- Mu, Z., Li, Q., Dai, G., Li, K., Zhang, G. and Zhang, F. (2022). "Government Subsidy Policy and Online Selling Strategy in a Platform Supply Chain with Green R&D and DDM Activities", *Sustainability*, 14(15), 9658. <https://doi.org/10.3390/su14159658>
- Muma, R.D., Smith, B. and Somers, P.A. (2006). "Use of Mintzberg's Model of Managerial Roles to Evaluate Academic Administrators", *Journal of Allied Health*, 35(2), 65-74. <https://www.jstor.org/stable/10.2307/48721517>
- Novitasari, M. and Agustia, D. (2021). "Green Supply Chain Management and Firm Performance: The Mediating Effect of Green Innovation", *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 391. <https://doi.org/10.3926/jiem.3384>
- Nunnally, J.C. (1978). "An Overview of Psychological Measurement", *Clinical Diagnosis of Mental Disorders: A Handbook*, (Ed.: B. B. Wolman), Springer US., Boston, MA, 97-146. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2490-4_4
- Nureen, N., Liu, D., Ahmad, B. and Irfan, M. (2022). "Exploring the Technical and Behavioral Dimensions of Green Supply Chain Management: A Roadmap toward Environmental Sustainability", *Environmental Science and Pollution Research*, 29(42), 63444-63457. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20352-5>
- OECD. (2017). "Green Growth Indicators 2017", OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264268586-en>, (Access Date: 20.06.2024).
- Oliver, C. (1997). "Sustainable Competitive Advantage: Combining Institutional and Resource-Based Views", *Strategic Management Journal*, 18(9), 697-713. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199710\)18:9<697::AID-SMJ909>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199710)18:9<697::AID-SMJ909>3.0.CO;2-C)
- Ones, D., Viswesvaran, C. (Vish), Anderson, N. and Sinangil, H. (2001). *The SAGE Handbook of Industrial, Work & Organizational Psychology*, SAGE Publications Ltd.
- Ortiz-de-Mandojana, N., Aguilera-Caracuel, J. and Morales-Raya, M. (2016). "Corporate Governance and Environmental Sustainability: The Moderating Role of the National Institutional Context", *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 23(3), 150-164. <https://doi.org/10.1002/csr.1367>
- Panigrahi, S.K., Kar, F.W., Fen, T.A., Hoe, L.K. and Wong, M. (2018). "A Strategic Initiative for Successful Reverse Logistics Management in Retail Industry", *Global Business Review*, 19(3), 151-175. <https://doi.org/10.1177/0972150918758096>
- Perrault Crawford, E. and Clark Williams, C. (2010). "Should Corporate Social Reporting Be Voluntary or Mandatory? Evidence from the Banking Sector in France and the United States", *Corporate Governance*, 10(4), 512-526. <https://doi.org/10.1108/14720701011069722>
- Pinto, L. (2020). "Green Supply Chain Practices and Company Performance in Portuguese Manufacturing Sector", *Business Strategy and the Environment*, 29(5), 1832-1849. <https://doi.org/10.1002/bse.2471>
- Pratoom, K. (2022). "Fostering Individual-Level Absorptive Capacity and Adaptive Performance through Leadership Context", *Baltic Journal of Management*, 17(1), 107-123. <https://doi.org/10.1108/BJM-10-2020-0377>
- Rakhmawati, A., Kusumawati, A., Rahardjo, K. and Muhammad, N. (2020). "The Role of Government Regulation on Sustainable Business and Its Influences on Performance of Medium-Sized Enterprises", *Journal of Sustainability Science and Management*, 15(2), 162-178. <https://doi.org/10.24198/adbispreneur.v4i3.19175>
- Rao, P. and Holt, D. (2005). "Do Green Supply Chains Lead to Competitiveness and Economic Performance?", *International Journal of Operations & Production Management*, 25(9), 898-916. <https://doi.org/10.1108/01443570510613956>
- Riaz, K., Asim, M. and Manzoor, S. (2020). "Impact of Green Supply Chain Management on Organizational Performance", *Journal of Social Sciences*, 2(1), 88-102. <https://doi.org/10.46291/cenraps.v2i1.12>
- Richey, R.G., Tokman, M. and Wheeler, A.R. (2006). "A Supply Chain Manager Selection Methodology: Empirical Test and Suggested Application", *Journal of Business Logistics*, 27(2), 163-190. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2006.tb00221.x>
- Rose, W.J., Mollenkopf, D.A., Autry, C.W. and Bell, J.E. (2016). "Exploring Urban Institutional Pressures on Logistics Service Providers", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46(2), 153-176. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-03-2015-0068>

- Samad, S., Nilashi, M., Almulihi, A., Alrizq, M., Alghamdi, A., Mohd, S., Ahmadi, H. and Syed Azhar, S.N.F. (2021). "Green Supply Chain Management Practices and Impact on Firm Performance: The Moderating Effect of Collaborative Capability", *Technology in Society*, 67, 101766. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101766>
- Samuel, G., Lucivero, F., and Somavilla, L. (2022). "The Environmental Sustainability of Digital Technologies: Stakeholder Practices and Perspectives", *Sustainability*, 14(7), 3791. <https://doi.org/10.3390/su14073791>
- Santos, H., Lannelongue, G. and Gonzalez-Benito, J. (2019). "Integrating Green Practices into Operational Performance: Evidence from Brazilian Manufacturers", *Sustainability*, 11(10), 2956. <https://doi.org/10.3390/su11102956>
- Sarkis, J., Zhu, Q. and Lai, K. (2011). "An Organizational Theoretic Review of Green Supply Chain Management Literature", *International Journal of Production Economics*, 130(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.11.010>
- Shafique, M., Asghar, M. and Rahman, H. (2017). "The Impact of Green Supply Chain Management Practices on Performance: Moderating Role of Institutional Pressure with Mediating Effect of Green Innovation", *Business, Management and Education*, 15(1), 91-108. <https://doi.org/10.3846/bme.2017.354>
- Shou, Y., Li, Y., Park, Y. and Kang, M. (2018). "Supply Chain Integration and Operational Performance: The Contingency Effects of Production Systems" *Journal of Purchasing and Supply Management*, 24(4), 352-360. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2017.11.004>
- Stekelorum, R., Laguir, I., Gupta, S. and Kumar, S. (2021). "Green Supply Chain Management Practices and Third-Party Logistics Providers' Performances: A Fuzzy-Set Approach", *International Journal of Production Economics*, 235, 108093. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108093>
- Sunarya, E., Nur, T., Rachmawati, I., Suwiryono, D.H. and Jamaludin, M. (2023). "Antecedents of Green Supply Chain Collaborative Innovation in Tourism SMEs: Moderating the Effects of Socio-Demographic Factors", *Uncertain Supply Chain Management*, 11(1), 161-168. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2022.10.011>
- Swafford, P.M., Ghosh, S. and Murthy, N. (2006). "The antecedents of supply chain agility of a firm: Scale development and model testing", *Journal of Operations Management*, 24(2), 170–188. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.03.008>
- Taherdoost, H. (2016). "Validity and Reliability of the Research Instrument; How to Test the Validation of a Questionnaire/Survey in a Research", SSRN Scholarly Paper, Rochester, NY. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3205040>
- Taherdoost, H. (2022). "What are Different Research Approaches? Comprehensive Review of Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Research, Their Applications, Types, and Limitations", *Journal of Management Science & Engineering Research*, 5(1), 53-63. <https://doi.org/10.30564/jmsr.v5i1.4538>
- Tang, M. and Wang, Z. (2021). "Fuzzy Multicriteria Decision-Making Analysis of Agricultural Product Logistics in Agricultural Economic Management", *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2021/1730594>
- Tjahjadi, B., Agastya, I. B.G.A., Soewarno, N. and Adyantari, A. (2023). "Green Human Capital Readiness and Business Performance: Do Green Market Orientation and Green Supply Chain Management Matter?", *Benchmarking: An International Journal*, 30(10), 3884-3905. <https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2021-0622>
- Trakya Development Agency. (2022). "Kurumsal Faaliyet Raporları (2022)", <https://www.trakyaka.org.tr/tr/33230/Faaliyet-Raporlari>, (Accessed Date: 24. 05. 2024).
- TÜİK. (2022). "Annual Report (2022)", <https://data.tuik.gov.tr/>, (Access Date: 18.06.2024).
- Vachon, S. and Klassen, R.D. (2008). "Environmental Management and Manufacturing Performance: The Role of Collaboration in the Supply Chain", *International Journal of Production Economics*, 111(2), 299-315. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.11.030>
- Vlachos, I.P. (2016). "Reverse Logistics Capabilities and Firm Performance: The Mediating Role of Business Strategy", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19(5), 424-442. <https://doi.org/10.1080/13675567.2015.1115471>
- Voorhees, C. M., Brady, M.K., Calantone, R. and Ramirez, E. (2016). "Discriminant Validity Testing in Marketing: An Analysis, Causes for Concern, and Proposed Remedies", *Journal of the Academy of Marketing Science*, 44(1), 119-134. <https://doi.org/10.1007/s11747-015-0455-4>
- Wang, C-H., Yen, C-D. and Liu, G.H.W. (2015). "How Intellectual Capital Influences Individual Performance: A Multi-Level Perspective", *Computers in Human Behavior*, 51, 930-937. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.044>
- Waqas, M., Dong, Q., Ahmad, N., Zhu, Y. and Nadeem, M. (2018). "Critical Barriers to Implementation of Reverse Logistics in the Manufacturing Industry: A Case Study of a Developing Country", *Sustainability*, 10(11), 4202. <https://doi.org/10.3390/su10114202>
- Weeratunge, R.D. and Herath, R. (2017). "The Dimensions of Green Supply Chain Management Practices", *Proceedings of the 3rd World Conference on Supply Chain Management*, 2(1), 123-132. <https://doi.org/10.17501/wcosm.2017.2111>

- Wu, C. and Barnes, D. (2016). "Partner Selection for Reverse Logistics Centres in Green Supply Chains: A Fuzzy Artificial Immune Optimisation Approach", *Production Planning & Control*, 27(16), 1356-1372. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1221159>
- Xu, A. and Zhou, Z. (2014). "A Pricing Model for Governments' Subsidy in the Green Supply Chain", *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, 14(1/2), 40. <https://doi.org/10.1504/IJNVO.2014.065092>
- Yu, H. and Solvang, W.D. (2016). "A General Reverse Logistics Network Design Model for Product Reuse and Recycling with Environmental Considerations", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 87(9–12), 2693-2711. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8612-6>
- Zampese, E.R.D.S., Moori, R.G. and Caldeira, A. (2016). "Green Marketing as A Mediator Between Supply Chain Management and Organizational Performance", *Revista de Administração Mackenzie*, 17(3), 183–211. <https://doi.org/10.1590/1678-6971206/administracao.v17n3p183-211>
- Zeng, H., Li, R.Y.M. and Zeng, L. (2022). "Evaluating Green Supply Chain Performance Based on ESG and Financial Indicators", *Frontiers in Environmental Science*, 10, 982828. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.982828>
- Zhu, Q. and Sarkis, J. (2004). "Relationships Between Operational Practices and Performance among Early Adopters of Green Supply Chain Management Practices in Chinese manufacturing enterprises" *Journal of Operations Management*, 22(3), 265-289. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2004.01.005>
- Zhu, Q., Sarkis, J. and Lai, K. (2007). "Green Supply Chain Management: Pressures, Practices and Performance within the Chinese Automobile Industry", *Journal of Cleaner Production*, 15(11-12), 1041-1052. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.021>
- Zhu, Q., Sarkis, J. and Lai, K. (2012). "Examining the Effects of Green Supply Chain Management Practices and Their Mediations on Performance Improvements", *International Journal of Production Research*, 50(5), 1377-1394. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.571937>
- Zhu, Q., Sarkis, J. and Lai, K. (2013). "Institutional-Based Antecedents and Performance Outcomes of Internal and External Green Supply Chain Management Practices", *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(2), 106-117. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2012.12.001>

Effects of Productivity, R&D and Income Inequality on Economic Growth: An Empirical Estimation Using Panel Data

Hakan Aydoğan¹ , Hakan Yıldırım² 

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this paper is to empirically consider the effects of Total Factor Productivity (TFP), R&D, and income inequality on economic growth using panel data covering a broad range of developing and developed countries.

Methodology: Panel data on relevant variables observed between 1998 and 2018 for 29 countries were analyzed. Cross-sectional dependence and stationarity tests of the variables were performed, then panel data regression models were tested and parameters were estimated. Then, the most appropriate model was determined and model assumptions such as autocorrelation, heteroskedasticity and cross-sectional dependence of model errors were tested. In all analyses, R statistical program was used.

Findings: According to the analysis results, it has been determined that while productivity and R&D variables affect economic growth positively, increasing of income inequality also affects economic growth negatively.

Originality: This research fills the gap in the literature in some ways: Our analysis covers a wider range of countries in both developing as well as developed countries, and emphasizes on recent period Gini coefficients, R&D expenditures, and productivity, from 1998 to 2018. Furthermore, the results of this research will not only facilitate the economic policymakers of the countries but will also be effective in realizing how important R&D expenditures and productivity are in economic growth.

Keywords: Economic Growth, R&D, TFP, GINI, Panel Data Analysis.

JEL Codes: D24, C33, O40, O47.

Verimlilik, Ar-Ge ve Gelir Dağılımı Eşitsizliğinin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri: Panel Veri Analiziyle Ampirik Bir Kestirim

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere ait panel veriler kullanılarak verimlilik, Ar-Ge ve gelir dağılımı eşitsizliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini ampirik olarak değerlendirmektir.

Yöntem: Bu amaçla, 29 ülke için 1998-2018 yılları arasında gözlemlenen ilgili değişkenlere ilişkin panel veriler analiz edilmiştir. Değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı ve durağanlık testleri yapıp panel veri regresyon modelleri test edildikten sonra parametre kestirimleri yapılmıştır. Daha sonra, en uygun model belirlenerek model hatalarındaki otokorelasyon, değişen varyans ve yatay kesit bağımlılığı gibi varsayımlar test edilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen tüm analizlerde R istatistik programı kullanılmıştır.

Bulgular: Analiz sonuçlarına göre verimlilik ve Ar-Ge değişkenleri ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilerken, gelir dağılımı eşitsizliğinin artmasının da ekonomik büyümeyi negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Özgünlük: Bu çalışma bazı açılardan literatürdeki boşluğu doldurmaktadır: Çalışmada hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelere ait veri setleri kullanılarak daha geniş bir yelpazede analiz yapılmış ve 1998'den 2018'e kadar yakın dönemdeki Gini katsayıları, Ar-Ge harcamaları ve Toplam Faktör Verimliliği (TFV) değişkenleri üzerine odaklanılmıştır. Ayrıca, bu araştırmanın sonuçları yalnızca politika yapıcılarına kolaylık sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda da Ar-Ge harcamaları ve TFV'nin ekonomik büyümede ne derece etkili olduğunun da anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Büyüme, Ar-Ge, Toplam Faktör Verimliliği, GINI, Panel Veri Analizi.

JEL Kodları: D24, C33, O40, O47.

¹ Kastamonu University, Department of Forest Industrial Engineering, Kastamonu, Türkiye

² Marmara University, Faculty of Business Administration, Department of Quantitative Methods, İstanbul, Türkiye

Corresponding Author: Hakan Aydoğan, hakanaydogan@kastamonu.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1510434

Research Article | Submitted: 04.07.2024 | Accepted: 18.11.2024

Cite: Aydoğan, H. and Yıldırım, H. (2025). "Effects of Productivity, R&D and Income Inequality on Economic Growth: An Empirical Estimation Using Panel Data", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 47-60.

1. INTRODUCTION

Nowadays, most of the governments have begun to give importance to the driving forces of economic growth in order not only to increase economic output, but also to increase the welfare level of their countries in social terms, to ensure equality, to adapt to the globalization trend, and to be included in the fierce competition in the world. Moreover, a few percent increases or decreases in a country's growth rate may have major consequences in one or two generations on the well-being and the quality of living of its citizens (Acemoglu, 2012). The main drivers of economic growth are productivity increases (Schreyer and Pilat, 2001) and technology production (Acemoglu and Azar, 2020) of countries. Furthermore, innovation is highlighted as a vital mechanism for reducing income inequality and promoting sustainable economic growth. Studies indicate that higher investments in R&D can open new employment avenues and ultimately reduce income disparity, particularly in developing countries (Khan and Pazir, 2023; Ali et. al., 2022).

In the Neoclassical economic growth model proposed by Solow (1956), Cobb and Douglas (1928) realized that the output of the production function cannot be explained using traditional labor force input and physical capital stock. This unexplained part of economic growth represents the technical and technological change that drives growth as an exogenous force called 'Solow's Residual' or Total Factor Productivity (TFP) (Griliches, 1996). Moreover, Romer (1994) stated that R&D plays an important role in increasing economic growth, productivity, and innovation. Additionally, Kuznets (1955) claimed that income inequality had an impact on the economic growth of countries. As argued by Simon Kuznets (1955), the issue of income inequality has also been the subject of discussion, especially in recent years (Grossman and Helpman, 1994; Brueckner and Lederman, 2018; Aiyar and Ebeke, 2020). Recent empirical research suggests that income inequality can both positively and negatively influence economic growth. For instance, studies show that income inequality could either constrain growth through underinvestment in human capital or incentivize productivity by rewarding skills and innovation, depending on the socioeconomic context of the countries analyzed (Odhiambo, 2022; Espoir and Ngepah, 2021).

Do R&D, productivity and income inequality have an impact on economic growth over time and across countries? So what is the extent of the effects of all these variables on economic growth? To answer these questions, we aim to investigate the effects of productivity, R&D, and income inequality on economic growth in developed and developing countries. For this purpose, panel data obtained from different databases of developed and developing countries between 1998 and 2018 will be used. Furthermore, TFP data will be employed as the productivity indicator of the countries.

This research fills the gap in the literature in some ways. Our analysis covers a wider range of countries in both developing as well as developed countries, and emphasizes on recent period Gini coefficients, R&D expenditures, and productivity, from 1998 to 2018. Furthermore, the results of this research will not only facilitate the economic policymakers of the countries but will also be effective in realizing how important R&D expenditures and productivity are in economic growth. Additionally, similar to the study by Nogueira and Madaleno (2021), this research examines whether advancements in human development and competitiveness, as measured by international indices, are correlated with economic growth, particularly as observed among European Union countries

The rest of our paper is organized as follows. Section 2 presents the empirical model in which we explain the data and methodology. Section 3 summarizes the results of the panel data regression and discusses these results that may give rise to a positive effect of R&D expenditures and TFP on economic growth. Section 4 concludes.

2. DATA, ESTIMATION, METHOD and MODEL

2.1. Data

The analysis is conducted on a sample of 29 developed and developing countries observed between 1998-2018. In this study, emerging and developing countries were randomly selected based on the availability of their data, and the classification of countries was determined according to the World Bank's Atlas methodology. These countries are shown in Table A1 in Appendix. The explanations of the variables used in the model are shown in Table A2 in Appendix.

Real GDP data (annual percent change) is obtained from IMF datasets. TFP data was obtained from the Penn World Table (PWT 9.1) database. In addition, the data is in the form of Total Factor Productivity level (TFP level at current PPPs (USA =1) at current purchasing parity). The R&D variable is the R&D expenditures of developed and developing countries (as billions of dollars), and the data for the variable is obtained from OECD database and GINI coefficient data were obtained from the Standardized World Income Inequality Database (SWIID) published by Harvard University.

Descriptive statistics of Real GDP (%), TFP, R&D (% of GDP) and GINI variables for developed and developing countries between 1998 and 2018 are shown in Table 1.

Table 1. Descriptive statistics of variables (1998-2018)

Variable	N	Mean	Std. Deviation	Min	Max.
Real GDP (%)	609	2.96	3.28	-14.7	14.5
TFP	609	0.78	0.22	0.25	1.40
R&D (% of GDP)	609	1.61	1.01	0.12	4.95
GINI	609	0.47	0.047	0.32	0.56

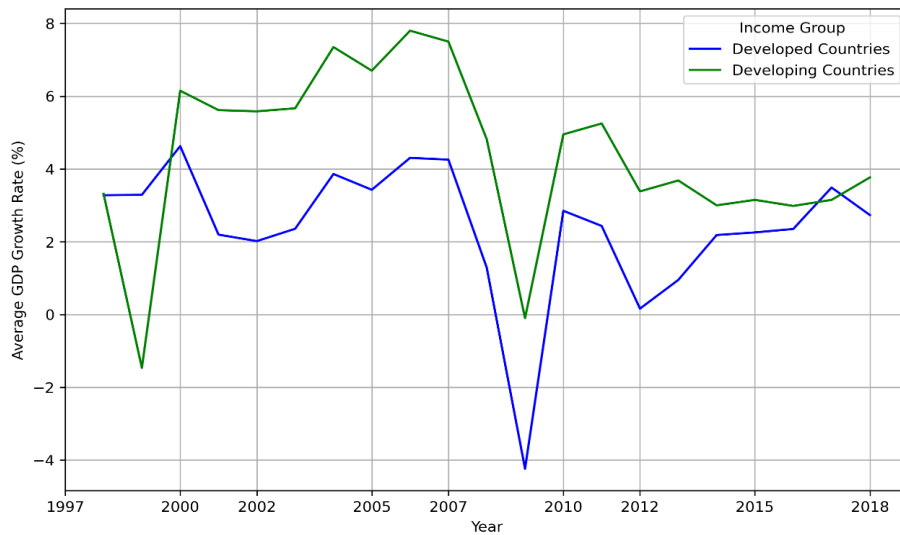


Figure 1. Average GDP growth rate over time by income group

Figure 1 compares the annual average GDP growth rates over time for the samples of developed and developing economies used in this study. In general, developing economies exhibit higher average growth rates, although these rates tend to fluctuate more significantly. Notably, during the 2008–2009 period, both groups experienced negative growth rates, with a particularly pronounced decline in the developing economies group. This downturn is attributed to the global crisis that occurred during this period. After 2009, developing countries demonstrated a faster recovery, whereas developed countries returned to lower, but comparatively more stable, growth rates. After 2010, growth rates in the developing economies group decreased, attaining a more balanced structure. These differences reveal structural distinctions in the approaches of developed and developing economies toward economic growth, as well as the differing responses they exhibit to economic shocks.

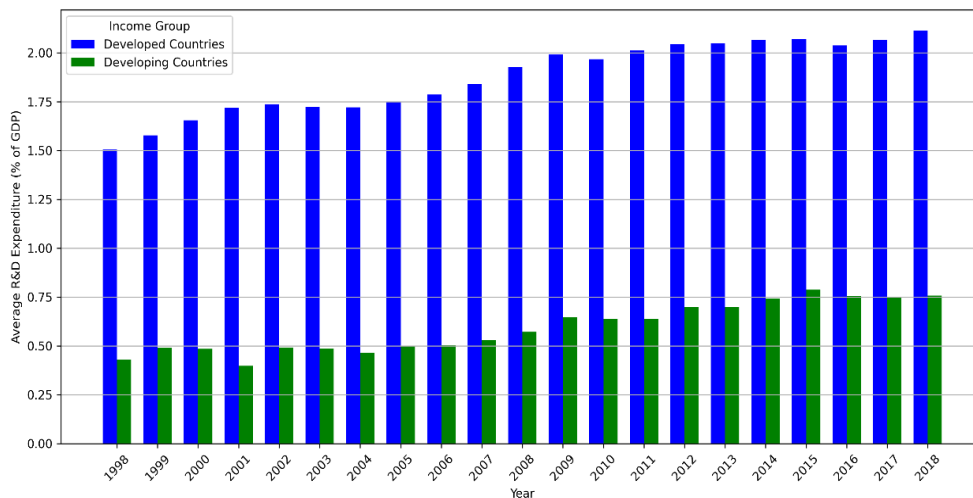


Figure 2. Average R&D expenditure over time by income group

Figure 2 presents a comparison of average R&D expenditures (as a percentage of GDP) over the years for developed and developing countries. Overall, developed countries allocate significantly higher levels of resources to R&D compared to developing countries. This reflects the greater emphasis that advanced economies place on technology- and innovation-driven growth strategies. Over the years, R&D expenditures in the developed countries group have consistently remained above 1.5%, approaching 2% in certain years. In contrast, R&D spending in the developing countries group has averaged around 0.5%, with a noticeable increase in the 2007–2008 period. This rise highlights the potential of developing countries to expand their R&D investments and underscores the importance of these expenditures in fostering technological competitiveness. In conclusion, the high R&D expenditures observed in developed countries can be seen as a strategy aimed at sustainable economic growth.

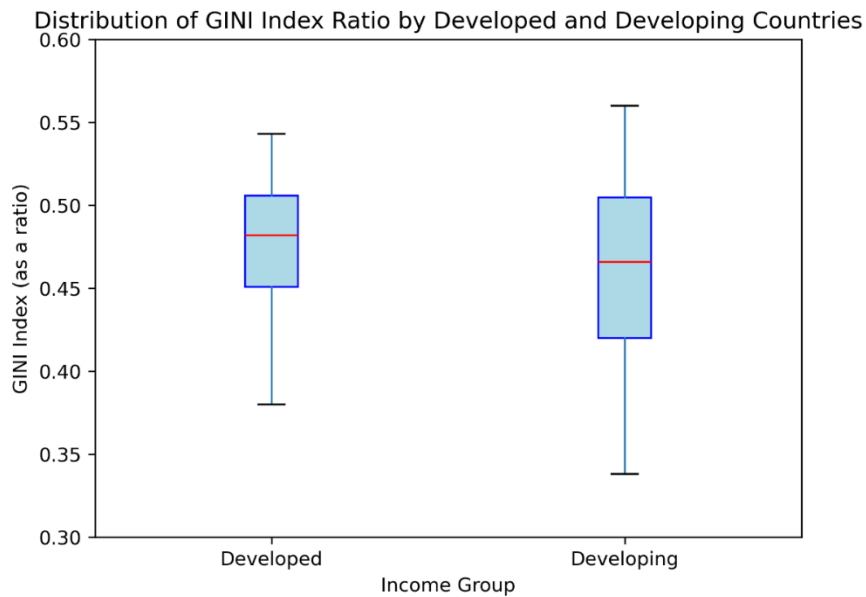


Figure 3. Distribution of GINI index ratio by developed and developing countries

Figure 3 compares income distribution inequality based on the GINI index for the developed countries and developing countries groups. Examination of the GINI index as a ratio reveals a marked difference in income inequality levels between the two groups. The GINI value for the developed countries group has a median of approximately 0.45, with a narrower range between 0.40 and 0.55, indicating a relatively more balanced income distribution in advanced economies. In contrast, the developing countries group has a median GINI index of about 0.48, with a broader distribution range from 0.35 to 0.55. This wider range suggests that income inequality is more pronounced and variable in emerging economies. These differences in the GINI index reflect the divergent socioeconomic structures and income distribution policies of the two country groups.

2.2. Estimation Method and Empirical Model

Following Baltagi (2021), Croissant and Millo (2019), and Wooldridge (2010), we study the effect of TFP, R&D expenditure and GINI on GDP with a panel regression model. Specifically, in this study, static panel data methods were selected over dynamic models due to the specific aim of capturing the contemporaneous effects of R&D, productivity, and income inequality on economic growth. Given our objective, which focuses on immediate rather than lagged impacts, static models provide a more straightforward approach. Additionally, the structural considerations of our dataset limit the feasibility of dynamic panel approaches, as dynamic models often introduce endogeneity concerns and require more complex implementations. "The 'plm' package (Croissant and Millo, 2008) in the R program is used for all panel data tests. In this study, we consider pooled model (Equation 1), fixed effects (Equation 2), and random effects model (Equation 3) as follows:

$$GDP_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it}TFP_{it} + \beta_{2it}GINI_{it} + \beta_{3it}R\&D_{it} + u_{it} \tag{1}$$

$$GDP_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1it}TFP_{it} + \beta_{2it}GINI_{it} + \beta_{3it}R\&D_{it} + \mu_i + u_{it} \tag{2}$$

$$GDP_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it}TFP_{it} + \beta_{2it}GINI_{it} + \beta_{3it}R\&D_{it} + u_{it} \tag{3}$$

where, *i* denotes countries and *i* = 1,2,..., 29. *t* denotes years and *t* = 1998, 1999,..., 2018. β_{0it} refers to the constant term of the model. β_{kit} stands for the parameters of explanatory variables. Panel data applications

often use a one-way error component model for disturbances (Baltagi, 2021: 15). Thus, the error term u_{it} (Equation 4) is as follows:

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \tag{4}$$

where μ_i denotes the unobservable individual specific effect and v_{it} specifies the remainder disturbance. Additionally, it is assumed that the μ_i are the fixed parameters to be estimated and the v_{it} are stochastic error term with identically and independent normally distributed IID $(0, \sigma_v^2)$ for all countries and for all time periods with zero mean and constant variance. Moreover, for all i and t , all regressors are assumed independent of the v_{it} .

3. RESULT and DISCUSSION

Consistency of stationarity tests for panel data is affected by cross-section dependence. Hence, to determine which of the unit root tests would be more appropriate, it was examined whether there was a cross-sectional dependence on the variables.

Table 2. Cross-sectional dependence test results of variables

<i>Test</i>		<i>GDP</i>	<i>TFP</i>	<i>R&D</i>	<i>GINI</i>
Breusch-Pagan LM	Statistic	8.34	17.68	6.96	5.89
	Probability	0.000	0.000	0.000	0.000
Pesaran CD	Statistic	10.81	23.55	23.57	23.65
	Probability	0.000	0.000	0.000	0.000
Scaled LM	Statistic	248.950	116.290	245.640	140.790
	Probability	0.0000	0.000	0.000	0.000

Table 2 demonstrates that the null hypothesis is rejected at the $\alpha=0.05$ significance level, therefore, it can be concluded that all variables contain cross-sectional dependence. Thus, we decided to conduct the second generation panel unit root tests by using CIPS test (Pesaran, 2007).

Table 3. Pesaran CIPS unit root test results

<i>Models</i>	<i>Variables</i>			
	<i>GDP</i>	<i>TFP</i>	<i>R&D</i>	<i>GINI</i>
Intercept	-2.3732	-0.685	-1.9083	-1.6631
Prob.	>0.01	>0.1	>0.1	>0.1
Intercept&Trend	-2.457	-1.557	-2.6283	-1.7438
Prob.	>0.1	>0.1	>0.08	>0.1
No Intercept&Trend	-0.84085	-1.011	-0.23642	-1.6135
Prob.	>0.1	>0.1	>0.1	>0.04

Note: The critical values are 0.05, 0.1, 0.01. When the results of the CIPS unit root tests are analyzed according to all three models (Intercept, intercept&trend, no intercept&trend), the null hypothesis: "There is a unit root across the panel" cannot be rejected.

All variables in Table 3 are nonstationary for the original series because they contain a unit root. In this case, it is essential to investigate whether there exists a long-term equilibrium relationship among the variables. The cointegration test allows us to examine whether the series that move together fluctuate around a certain equilibrium in the long run. This analysis reveals a meaningful long-term relationship between the variables if there is a cointegrated relationship among non-stationary series.

Table 4. Westerlund Cointegration test results

<i>Test Statistic</i>	<i>Value</i>	<i>Z-Value</i>	<i>P-Value</i>
Gt	-1.859	-0.674	0.0681
Ga	-3.212	-0.892	0.3890
Pt	-2.322	-0.567	0.0885
Pa	-4.392	-0.783	0.2970

According to Table 4, the results of the Westerlund cointegration test (Westerlund, 2005; Westerlund, 2007), applied to the data do not provide strong evidence of a long-term relationship among the variables. The Westerlund test, a cointegration test that accounts for cross-sectional dependence in panel data analysis, identified cross-sectional dependence in this study and established that the data are non-stationary. However, the p-values for the Gt, Ga, Pt, and Pa statistics of the Westerlund test all exceed the 5% significance level, specifically 0.0681, 0.3890, 0.885, and 0.2970, respectively. This outcome suggests the absence of a long-term cointegration relationship among the variables. Given the non-stationarity of the data and the presence of cross-sectional dependence, the Westerlund test is expected to provide more reliable results under these conditions.

Under the hypothesis of a unit root in the errors, first differencing the data is a convenient way to revert to a stationary error term. Moreover, Wooldridge (2010: 317) states that if the original errors are thought to exhibit a random walk, then the first differentiation of the data will lead to stationary and uncorrelated errors. Wooldridge's first-difference test for serial correlation shows that there is serial correlation in original errors ($F = 5.4888$, $df_1 = 1$, $df_2 = 549$, $p\text{-value} = 0.0195$) so that we can consider to disappearing it after first differencing (FD) (Equation 6). Then, we can write the model (Equation 1) in general for the previous period as in Equation 5.

$$GDP_{it-1} = \beta_{0it} + \beta_{1it}TFP_{it-1} + \beta_{2it}GINI_{it-1} + \beta_{3it}R\&D_{it-1} + u_{it-1} \tag{5}$$

Now, if model in Equation 5 is subtracted from model in Equation 1, Equation 6 is obtained.

$$GDP_{it} - GDP_{it-1} = \beta_0 - \beta_0 + \beta_1TFP_{it} - \beta_1TFP_{it-1} + \beta_3GINI_{it} - \beta_3GINI_{it-1} + \beta_2R\&D_{it} - \beta_2R\&D_{it-1} + u_{it} - u_{it-1} \tag{6}$$

Thus, FD model is as in Equation 7.

$$\Delta GDP_{it} = \beta_1\Delta TFP_{it} + \beta_2\Delta GINI_{it} + \beta_3\Delta R\&D_{it} + \Delta v_{it} \tag{7}$$

As seen on the FD model above, all time-constant unobserved variables (μ_i) are purged. After applying the first differencing, we investigated whether there was a multicollinearity problem with assuming Equation 8.

$$rank [\sum_{t=2}^T E(\Delta X'_{it} \Delta X_{it})] = K \tag{8}$$

Table 4 clearly shows that there is no multicollinearity problem in the FD model. When looking at the unit root test results of the FD model, we found that the variables became stationary (see Table 5).

Table 5. VIF values for explanatory variables

Variables	VIF	1/VIF
ΔTFP	1.05980	0.94357515
$\Delta GINI$	1.02116	0.97927655
$\Delta R\&D$	1.07408	0.93103368
Mean VIF	1.05168	

According to the Table 6, it is possible to say that all differenced variables are stationary at the $\alpha = 0.05$ significance level. Then, the pooled (OLS), fixed effects (FE) and random effects (RE) model outputs of the differentiated variables are given in Table 7.

Table 6. Pesaran CIPS unit root test results of first differenced (FD) variables

Models	Variables			
	ΔGDP	ΔTFV	$\Delta R\&D$	$\Delta GINI$
Intercept	-2.8207	-3.603	-2.7667	-2.3492
Prob.	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Intercept&Trend	-2.7012	-3.677	-2.4723	-1.7128
Prob.	0.047	<0.01	0.03	<0.01
No Intercept&Trend	-2.725	-3.311	-2.4723	-1.9947
Prob.	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Table 7. Estimations of OLS, FE and RE models

	OLS	FE	RE
(Intercept)	0.00081*	N/A	0.00811 *
	0.00362	N/A	0.00362
ΔTFP	0.22804 ***	0.22804 ***	0.22973 ***
	0.00000	0.00000	0.00000
$\Delta GINI$	0.35620	0.35620	0.40080
	0.44880	1.02212	0.30270
$\Delta R\&D$	0.73336 ***	0.73336 ***	0.60142***
	0.00000	0.00000	0.00000
R ²	0.60845	0.60186	0.60845
Adj. R ²	0.60641	0.57933	0.60641
Num. obs.	580	580	580
σ_v^2	N/A	N/A	0.00596
σ_μ^2	N/A	N/A	0.0000
θ	N/A	N/A	0.0000

***, $p < 0.00$; **, $p < 0.01$ and *, $p < 0.05$;

When Table 7 is examined, it is determined that the TFP and R&D variables are significant in all three models, while the GINI variable does not have a significant effect in all models. The standard errors of the models show that the lowest errors are in the pooled model and random effects model. Here, the parameter θ refers to the part of the unit average extracted from each variable (Croissant and Millo, 2019: 49). Theta value is defined as in Equation 9.

$$\hat{\theta} = 1 - \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{T\sigma_u^2}{\sigma_\beta^2}}} \right) \tag{9}$$

In the random effects model results, the θ value was found to be zero. Croissant and Millo (2019: 49) describe the θ value approaching 1 ($\theta \rightarrow 1$) as the convergence of the random effects model estimator Generalized Least Squares (GLS) to the fixed effects model estimator Within, and the θ value approaching 0. They expressed ($\theta \rightarrow 0$) as the convergence of the GLS estimator to the OLS estimator. In the Table 6, if the θ parameter is 0, it means that the random effects model converges to the OLS estimator. Therefore, OLS estimates and random effects model estimates were obtained to be the same.

3.1. Model Selection

Since the stationarity of differenced variables was ensured, model selection was made using differenced variables. The following tests were applied in order to choose between the pooled model, fixed effects model and random effects model. The comparison between of the pooled model and the random effects model with the Breusch-Pagan test, the OLS and FE with the F test, and the RE and FE model with the Hausman (1978) test was performed. Model results are shown in Table 7 below.

Table 8. Model comparison results

	<i>F Test</i>	<i>Breusch – Pagan Test</i>	<i>Hausman Test</i>
Test value	0.462	4.553	2.266
p-value	0.992	0.033	0.519

Upon examining the results of the model comparison tests, it is observed that according to the F-test, the null hypothesis (H_0) asserting the appropriateness of the pooled model over the fixed effects model cannot be rejected at the $\alpha=0.05$ significance level. Contrary to the implications of the F-test, which supports the suitability of the pooled model, the Breusch-Pagan test results indicate the rejection of the null hypothesis that advocates for the pooled model being more suitable compared to the random effects model. In pursuit of substantiating the model comparisons, the Hausman test was conducted under the H_0 hypothesis indicating the appropriateness of the random effects model, leading to the conclusion that the random effects model is the most fitting. Consequently, when the test results are collectively considered, both the Breusch-Pagan and Hausman tests corroborate the random effects model as the most appropriate.

3.2. Estimation and Test Results of Random Effects Model

Following the model comparison test results, it was indicated that the random effects model is appropriate. At this stage, the random effects model is formulated as follows:

$$\Delta GDP_{it} = \beta_1 \Delta TFP_{it} + \beta_2 \Delta R\&D_{it} + \beta_3 \Delta GINI_{it} + \Delta u_{it} \tag{9}$$

Table 9. Estimation of the RE model

	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z-value</i>	<i>Pr (> z)</i>
Intercept	0.0081147	0.0036277	2.2369	0.02529 *
diff (TFP)	0.229730	0.42652	48.606	1.17e-06 ***
diff (GINI)	0.4008	1.3413	-0.9949	0.3027
diff (R&D)	0.60142	0.03885	28.5846	2.2e-16 ***

Note: Signif. codes: 0 '***', 0.001 '**', 0.01 '*', R²: 0.60845, Chi-sq: 895.069, p-value: < 2.22e-16

Upon examination of the estimation results derived from the random effects model, it is observed that at the significance level of $\alpha=0.05$, the model's intercept, Total Factor Productivity, and R&D variable have a significant impact on GDP. Conversely, the GINI variable is not statistically significant. The R2 value of the model is approximately 0.61. Furthermore, considering the overall significance of the model, it is discernible that the value of the F-statistic is significant.

3.3. Random Effects Model Fundamental Assumption Tests

According to the random effects model, tests for assumptions of autocorrelation, heteroscedasticity, and cross-sectional dependence required for panel regression have been conducted. For the detection of serial correlation in the errors of the random effects model, Breusch-Godfrey/Wooldridge and Durbin-Watson tests have been applied. Herein, the value of the Breusch-Godfrey/Wooldridge test is obtained as 27.326 (p-value: 0.1263), while the Durbin-Watson statistic is determined to be 2.2119 (p-value: 0.9941). According to these results, the null hypothesis (H_0) indicating the absence of autocorrelation in the error terms is not rejected in either test. Consequently, it is found that the error terms do not possess serial correlation.

One of the important assumptions of panel data analysis is the homoscedasticity as well as no serial correlation in residuals. Hence, we conduct the Breusch-Pagan test. The test results show that there is heteroscedasticity in residuals (BP = 1793.1, df= 3, p-value < 2.2e-16). The residuals plot showing the presence of heteroscedasticity is shown in Figure 1.

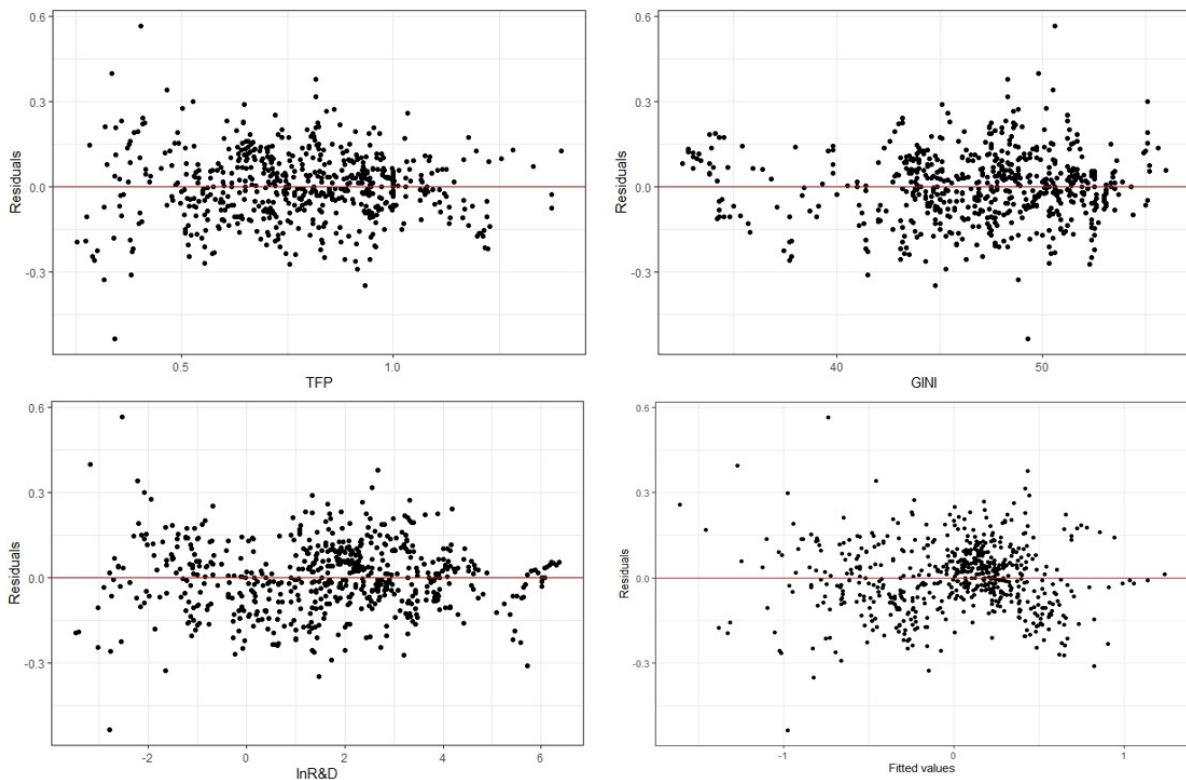


Figure 1. Heteroscedasticity in residuals

Cross-sectional dependence tests for the random effects model errors, including Breusch-Pagan LM, Pesaran CD, and Scaled LM, have been conducted. These tests examined the following hypotheses:

H_0 : There is no cross-sectional dependence in the error terms of the random effects model.

H_1 : There is cross-sectional dependence in the error terms of the random effects model.

The test results are as follows: Breusch-Pagan LM test (Breusch and Pagan, 1980) yielded a result of 1622.60, with a p-value of 0.000; the Pesaran CD test resulted in 31.386, with a p-value of 0.000; and the Scaled LM test resulted in 42.695, with a p-value of 0.000. Based on all these outcomes, the null hypothesis, which states that there is no cross-sectional dependence in the error terms, is rejected. Thus, it has been identified that the error terms of the model exhibit cross-sectional dependence.

On reviewing the assumptions of the random effects panel data model, it has been found that although there is no autocorrelation in the error terms of the model, issues of heteroscedasticity and cross-sectional dependence in the error terms do exist. Observing that these two assumptions are not met, robust estimators, which are typically employed in the presence of such assumption violations, have been applied to the model.

Table 10. Results of Arellano's robust estimator

	<i>Estimate</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z-value</i>	<i>Pr (> z)</i>
Intercept	0.0081147	0.0056427	1.4381	0.02529
diff (TFP)	0.229730	0.54830	4.1161	3.853e-05 ***
diff (GINI)	0.4008	1.5622	-1.0769	0.2815
diff (R&D)	0.60142	0.15622	9.2905	2.2e-16 ***

Note: Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1. R-squared: 0.60845, Chisq: 101.784, p-value: < 2.22e-16

In Table 10, the model estimation results have indicated that the chi-square (χ^2) statistic value of 101.78 is significant. It has been determined that both explanatory variables, Total Factor Productivity (TFP) and R&D, are significant within the model. Additionally, the coefficient of determination (R-squared) of the model is approximately 0.61. Since the dependent variable of the model is the annual percentage of real GDP, a one-unit increase in TFP will result in an approximate increase of 0.2297 units in GDP. On the contrary, a one-unit increase in the R&D ratio increases the GDP growth rate by approximately 0.601 units. This positive coefficient indicates that R&D investments have a serious effect on the growth rate within the model.

When examining the primary drivers of economic growth, the role of productivity in the literature is quite significant (Mankiw, 2021: 508). Lee and Xuan (2019) have found that an increase in TFP in China positively affects growth in the long term by increasing total output. Kamacı et al. (2019) have stated for 15 OECD countries that a one-unit increase in TFP results in an increase of 1.19 units in growth. Bosworth and Collins (2003), in their study investigating the sources of growth in 84 countries including Türkiye, found that TFP's effect on growth is 0.90%. Similarly, Han et al. (2004), in their analysis of 45 countries in 5-year periods, particularly noted that for Türkiye, the effect of TFP on growth is 1%. However, this study finds that a one-unit increase in TFP leads to an increase of 1.62 units in growth. Thus, the findings for the TFP variable in this study are in line with the literature.

When evaluating the relationship between R&D and economic growth, it would not be incorrect to say that we encounter findings similar to those in the literature (Göçer, 2013; Inekwe, 2014; Sokolov-Mladenović et al., 2016; Ali et al., 2021). However, in the study conducted by Samimi and Alerasoul (2009) covering the 2000-2006 period on 30 developing countries, they did not find that R&D expenditures directly affected economic growth. They have suggested that this might be due to the low budgets allocated to R&D expenditures by the countries included in the analysis. Contrary to their findings, our results show that a one-unit increase in R&D expenditures will increase growth by 0.60 units. There is considerable literature that supports our findings. For example, Göçer (2013) investigated the relationship between R&D expenditures and growth in 11 developing Asian countries between 1996-2012 and claimed that R&D expenditures positively affected growth. Moreover, the study indicated that a 1% increase in R&D expenditures accelerates growth by 0.43%. Similarly, Inekwe (2014), in his study covering the 2000-2009 period on developing countries, found the coefficient of the R&D variable statistically significant at 1% level, indicating its robustness at traditional probability levels. According to the model estimations used in the study, a 1% increase in R&D expenditures improved economic growth by 0.06%. Another study supporting our findings was conducted by Sokolov-Mladenović, Cvetanović, Mladenović, (2016). In their study for 28 European countries covering the 2002-2012 periods, multiple regression estimations showed that a 1% increase in R&D expenditures, while holding all other variables constant, would increase growth by 2.2%. Additionally, the study reported that the R-squared value of the model estimated using the within estimator was approximately 0.60.

When examining the relationship between income distribution inequality and economic growth, based on the findings of this research, it has been determined that the GINI coefficient does not have a significant effect in explaining economic growth. This finding is supported by Barro (2000) but contradicts the study conducted by Forbes (2000). Considering the relationship between these two variables in the literature, it's evident that scholars hold different views on this matter. While some studies significantly highlight the negative effect of income inequality on growth (Alesina and Rodrik, 1994; Persson and Tabellini, 1994; Clarke, 1995), more recent studies with improved datasets and the introduction of panel data analysis, such as those by Forbes (2000) and Barro (2000), have argued that an increase in income inequality has a positive effect on growth. However, distinct from Forbes (2000), Barro (2000) has not found a significant effect across the entire sample; he noted that this relationship is positive for developed countries and negative for underdeveloped countries.

Considering all these disparities, it may be thought that they arise from the choice of data sources and the use of different inequality indicators. Moreover, the contradiction might also be attributed to the quality of data used for income distribution inequality, different estimation methods employed, and various models used. These factors collectively suggest that the relationship between income inequality and economic

growth is complex and influenced by multiple variables, requiring careful consideration of methodological approaches and the context of the studied countries.

4. CONCLUSION

In this study, the effects of Total Factor Productivity (TFP), R&D, and income distribution inequality on economic growth in developed and developing countries have been investigated. Generally, the literature suggests that R&D and TFP have positive effects on growth, whereas consensus is lacking regarding the relationship between income distribution inequality and growth.

The results of this study have demonstrated positive effects of TFP and R&D on economic growth. Just as the research of Barro (2000), this study also found the effects of income distribution inequality, as represented by the GINI coefficient, to be non-significant on growth. However, this finding contradicts Forbes (2000), who argued that income distribution inequality positively affects growth. The differences between this study's findings and the literature may stem from the use of different time series, cross-sectional dimensions, data quality, and methodologies.

Unlike some studies that solely rely on time series or cross-sectional analysis, this research employs panel data analysis, which accounts for unobserved effects, contributing to the literature. The analysis encompasses a broad panel of both developed and developing countries and focuses on recent periods from 1998 to 2018, looking at GINI coefficients, R&D expenditures, and productivity.

The findings indicate that a one-unit increase in TFP leads to an increase of 0.229 unit in economic growth. Similarly, a one-unit increase in R&D results in a 0.60 unit increase in growth. This suggests that countries should place considerable emphasis on these two variables to boost GDP, welfare, and competitiveness, especially in developing countries where increasing budgets for R&D and technology transfers are critical. Furthermore, providing various supports and incentives to firms to increase total factor productivity is another way to enhance growth. This study has certain limitations that should be acknowledged. First, data after 2018 were not included in the analysis due to limited availability and consistency of key variables such as R&D expenditures and Total Factor Productivity (TFP) across a broad range of developed and developing countries. Restricting the timeframe to 1998-2018 ensures a more reliable and comparable dataset, but it may not capture recent economic developments. Additionally, while the study incorporates TFP, R&D, and income inequality, other potentially influential factors such as: human capital, institutional quality, and infrastructure were not included. These limitations suggest that future research could extend the analysis with more recent data and additional variables to further enhance our understanding of the factors affecting economic growth. Future studies could build on this research by incorporating more recent data, extending the analysis beyond 2018 to capture recent economic changes that may impact productivity, R&D, and income inequality. Additionally, future research could benefit from examining other variables such as human capital, institutional quality, and infrastructure, which also play significant roles in economic growth. Exploring alternative measures of income inequality, like wealth inequality or regional disparity indicators, could provide a more nuanced understanding of how income distribution affects growth. Comparative studies focusing on specific regions or income groups within countries may also shed light on context-specific factors that influence growth dynamics.

Acknowledgements

This study was produced from a part of the corresponding author's Ph.D. thesis at Marmara University, Department of Quantitative Methods.

Author Contributions

Hakan Aydoğan: Literature Review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Modelling, Writing-original draft *Hakan Yıldırım*: Conceptualization, Methodology, Writing-review and editing

Conflict of Interest

No potential conflict of interest was declared by the author.

Funding

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Compliance with Ethical Standards

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Ethical Statement

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Acemoglu, D. (2012). "Introduction to Economic Growth", *Journal of Economic Theory*, 147(2), 545-550.
- Acemoglu, D. and Azar, P.D. (2020). "Endogenous Production Networks", *Econometrica*, 88(1), 33-82.
- Aiyar, S. and Ebeke, C. (2020). "Inequality of Opportunity, Inequality of Income and Economic Growth". *World Development*, 136, 105-115.
- Alesina, A. and Rodrik, D. (1994). "Distributive Politics and Economic Growth". *The Quarterly Journal of Economics*, 109(2), 465-490.
- Ali, M.S., Ahemed, I.A., Mubeen, H. and Shah, S.S. (2022). "Innovations, Income Inequality, and Economic Growth Linkages: A Cross Country Analysis". *Journal of Business & Economics*, 14(1), 76-87.
- Ali, T.M., Kiani, A.K., Bashir, T. and Khan, T.N. (2021). "R&D Expenditure as An Accelerator of Economic Growth with Special Reference to Developing Countries", *Journal of Business and Social Review in Emerging Economies*, 7(3), 561-589.
- Baltagi, B. H. (2021). "Introduction: Econometric Analysis of Panel Data", *Springer Texts in Business and Economics*, Sixth Edition, Springer, Cham.
- Barro, R.J. (2000), "Inequality and Growth in a Panel of Countries", *Journal of Economic Growth*, 5(1), 5-32.
- Bosworth, B. and Collins, S.M. (2003). "The Empirics of Growth: An Update". *Brookings Papers on Economic Activity*, 2003(2), 113-206.
- Breusch, T.S. and Pagan, A.R. (1980), "The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics", *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Bruelckner, M. and Lederman, D. (2018). Inequality and Economic Growth: The Role of Initial Income", *Journal of Economic Growth*, 23(3), 341-366.
- Clarke, G.R. (1995), "More Evidence on Income Distribution and Growth", *Journal of Development Economics*, 47(2), 403-427.
- Cobb, C.W. and Douglas, P.H. (1928). "A Theory of Production", *American Economic Review, Papers and Proceedings of the Fortieth Annual Meeting of the American Economic Association*, 18(1), 139-165.
- Croissant, Y. and Millo, G. (2008), "Panel Data Econometrics in R: The plm Package". *Journal of Statistical Software*, 27(2), 1-43.
- Croissant, Y. and Millo, G. (2019), "Panel Data Econometrics with R". *John Wiley & Sons*.
- Espoir, D.K. and Ngepah, N. (2021). "Income Distribution and Total Factor Productivity: A Cross-Country Panel Cointegration Analysis", *International Economics and Economic Policy*, 18(4), 661-698.
- Forbes, K. J. (2000). "A Reassessment of the Relationship between Inequality and Growth", *American Economic Review*, 90(4), 869-887.
- Göçer, I. (2013). "Ar-Ge Harcamalarının Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı, Dış Ticaret Dengesi ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri", *Maliye Dergisi*, 165, 215-240.
- Griliches, Z. (1996). The discovery of the residual: a historical note. *Journal of Economic Literature*, 34(3), 1324-1330.
- Grossman, G.M., & Helpman, E. (1994). "Endogenous Innovation in the Theory of Growth", *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 23-44.
- Han, G., Kalirajan, K. and Singh, N. (2004). "Productivity, Efficiency and Economic Growth: East Asia and the Rest of the World", *The Journal of Developing Areas*, 37(2), 99-118.
- Hausman, J.A. (1978). "Specification Tests in Econometrics", *Econometrica*, 46(6), 1251-1271.
- Inekwe, J.N. (2015). "The Contribution of R&D Expenditure to Economic Growth in Developing Economies", *Social Indicators Research*, 124(3), 727-745.
- Kamacı, A., Ceyhan, M.S. and Peçe, M.A. (2019). "Toplam Faktör Verimliliğinin Ekonomik Büyümeye Etkisi: 15 OECD Ülkesi İçin Panel Veri Analizi", *AÇÜ Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(1), 22-36.
- Khan, S. and Pazir, D. (2023). "Innovation, Economic Growth, and Inequalities: A Panel Dynamic Threshold Analysis for Dynamic Economies", *Annals of Financial Economics*, 18(03), 2350004.
- Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality", *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- Lee, W.J. and Xuan, Y. (2019). "Effects of Technology and Innovation Management and Total Factor Productivity on the Economic Growth of China", *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 6(2), 63-73.
- Mankiw, N.G. (2021). "Principles of Economics", Third Edition, Cengage Learning.

- Nogueira, M.C. and Madaleno, M. (2021). "Are International Indices Good Predictors of Economic Growth? Panel Data and Cluster Analysis for European Union Countries", *Sustainability*, 13(11), 6003.
- Odhiambo, N.M. (2022). "Information Technology, Income Inequality and Economic Growth in Sub-Saharan African Countries", *Telecommunications Policy*, 46(6), 102309.
- Persson, T. and Tabellini, G. (1994). "Is Inequality Harmful for Growth?", *The American Economic Review*, 84(3), 600-621.
- 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.
- Romer, P.M. (1994). "The Origins of Endogenous Growth", *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 3-22.
- Samimi, A.J. and Alerasoul, S.M. (2009). "R&D and Economic Growth: New Evidence from Some Developing Countries", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3464-3469.
- Schreyer, P. and Pilat, D. (2001). "Measuring Productivity". *OECD Economic Studies*, 33(2), 127-170.
- Sokolov-Mladenović, S., Cvetanović, S. and Mladenović, I. (2016). "R&D Expenditure and Economic Growth: EU28 Evidence for the Period 2002-2012", *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29(1), 1005-1020.
- Solow, R.M. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth". *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Westerlund, J. (2005). "New Simple Tests for Panel Cointegration", *Econometric Reviews*, 24(3), 297-316.
- Westerlund, J. (2007). "Testing for Error Correction in Panel Data", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709-748.
- Wooldridge, J.M. (2010). "Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data", MIT Press.

APPENDIX

Table A1. Countries and their codes

<i>Country Code</i>	<i>Countries</i>	<i>Country Code</i>	<i>Countries</i>	<i>Country Code</i>	<i>Countries</i>
1	USA	11	South Korea	21	Lithuania
2	Germany	12	Norway	22	Turkiye
3	UK	13	Czech Rep.	23	China
4	France	14	Denmark	24	Russia
5	Italy	15	Finland	25	Kazakhstan
6	Canada	16	Portugal	26	Mexico
7	Spain	17	Austria	27	Serbia
8	Israel	18	Hungary	28	Bulgaria
9	Netherland	19	Poland	29	Colombia
10	Singapore	20	Slovenia		

Table A2. Descriptions of variables

<i>Variables</i>	<i>Description</i>	<i>Source</i>
GDP	Real Gross Domestic Product (annual %)	IMF
TFP	Total Factor Productivity	Penn World Table (PWT 9.1)
R&D	R&D expenditures of countries	OECD
GINI	Income Inequality of countries	The Standardized World Income Inequality Database (SWIID)

Liman Performans Analizi İçin Yeni Entegre D-CRITIC-SWARA-COPRAS Yaklaşımı

Elif Satan¹ , Umut Aydın² , Üstün Atak³ 

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı; gelişmekte olan ekonomiye sahip Türkiye'nin konteyner limanlarının arasından seçilen 9 limanın 2020-2023 yılları arasındaki verilerini kullanarak önerilen bir entegre metodolojiyle performans analizi gerçekleştirmektir.

Yöntem: Çalışmada D-CRITIC (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory based on Complex Proportional Assessment), SWARA (Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis) ve COPRAS (Complex Proportional Assessment) yaklaşımlarıyla 2020-2023 yılları arasındaki veriler ile 4 kriter kullanılarak karşılaştırmalı bir performans analizi yapılmış ve elde edilen sıralamalar raporlanmıştır.

Bulgular: Oluşturulan senaryoların hepsinde Tekirdağ limanı en iyi performansa sahipken; Mersin ikinci, Aliğa üçüncü, İzmir dördüncü, Antalya beşinci ve Samsun altıncı sırada yer almıştır. Diğer limanlar farklı senaryolara göre farklı sıralarda yer almıştır.

Özgünlük: Bilindiği kadarıyla objektif ağırlık hesaplama yöntemi D-CRITIC ve subjektif ağırlık hesaplama yöntemi olan SWARA ile alternatif sıralama yaklaşımı olan COPRAS literatürde ilk defa entegre şekilde kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: D-CRITIC, SWARA, COPRAS, Konteyner Performans Analizi, Çok Kıstaslı Karar Verme.

JEL Kodları: C20, C22, C29.

New Integrated D-CRITIC-SWARA-COPRAS Approach for Port Performance Analysis

ABSTRACT

Purpose: The objective of this study is to analyze the performance of 9 selected container ports in Turkey, a developing economy, using data from 2020-2023 using a proposed integrated methodology.

Methodology: In the study, a comparative performance analysis was performed using D-CRITIC (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory based on Complex Proportional Assessment), SWARA (Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis) and COPRAS (Complex Proportional Assessment) approaches with data from 2020-2023 using 4 criteria and the rankings obtained are reported.

Findings: In all scenarios, Tekirdağ port has the best performance, Mersin ranked second, Aliğa third, Izmir fourth, Antalya fifth and Samsun sixth. Other ports ranked differently according to different scenarios.

Originality: To the best of our knowledge, this is the first time in the literature that the objective weight calculation method D-CRITIC, the subjective weight calculation method SWARA and the alternative ranking approach COPRAS have been used in an integrated manner.

Keywords: D-CRITIC, SWARA, COPRAS, Container Performance Analysis, Multi-Criteria Decision Making.

JEL Codes: C20, C22, C29.

¹ Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Tezli Yüksek Lisans Programı, Balıkesir, Türkiye

² İstanbul Ticaret Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

³ Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Denizcilik Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Umut Aydın, uaydin@ticaret.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1520629

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 22.07.2024 | Kabul / Accepted: 04.11.2024

Atıf/Cite: Satan, E., Aydın, U. ve Atak, Ü. (2025). "Limn Performans Analizi İçin Yeni Entegre D-CRITIC-SWARA-COPRAS Yaklaşımı", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 61-76.

EXTENDED ABSTRACT

Maritime transportation is a critical driver of global trade, with container shipping playing a pivotal role in the logistics chain. Ports serve as essential hubs, connecting various transportation modes and facilitating trade flows. Evaluating port performance is key to understanding their competitiveness and contribution to economic activities. However, traditional evaluation methods often rely on single-parameter analyses, which fail to capture the complexity and dynamic nature of port operations. This study introduces a novel integrated methodology for assessing the performance of container ports in Turkey, addressing limitations in existing approaches by combining objective and subjective criteria in a multi-criteria decision-making framework.

Port performance directly influences operational efficiency and the ability to attract and retain trade flows. The need for comprehensive evaluation frameworks arises from the diverse functions and stakeholders involved in port operations. This study evaluates the performance of nine container ports in Turkey using data from 2020 to 2023. By integrating D-CRITIC, SWARA, and COPRAS methods, the study aims to fill a significant methodological gap in the literature. D-CRITIC captures objective criteria weights through distance correlation, while SWARA incorporates subjective judgments, and COPRAS ranks alternatives based on these combined weights. The primary objective is to rank these ports comprehensively, while the secondary aim is to provide actionable insights into their operational strengths and weaknesses. The study addresses key research questions, such as how the integration of objective and subjective weighting methods affects port performance rankings and what actionable insights can be derived from this approach.

The proposed methodology employs a three-step process: calculating objective weights using D-CRITIC, deriving subjective weights through SWARA, and ranking alternatives with COPRAS. The dataset includes critical performance indicators such as domestic shipping volumes, international cargo, cabotage, and transit containers, sourced from Turkey's Ministry of Transport and Infrastructure. Objective weights were calculated using distance correlation to account for non-linear relationships between criteria, enhancing traditional CRITIC's capabilities. SWARA allowed for subjective input from experts, reflecting practical considerations and preferences. Finally, COPRAS integrated these weights to provide a balanced ranking of ports, addressing both benefit and cost-oriented criteria.

The analysis revealed Tekirdağ as the top-performing port across all scenarios and criteria, reflecting its specialization in transit cargo and ability to handle large-scale operations efficiently. Mersin and Aliğa followed, consistently ranking second and third. In contrast, Bandırma ranked lowest due to its lack of specialized equipment for container handling and reliance on mobile cranes, which reduced efficiency. The integration of subjective and objective weights highlighted variability in rankings, underscoring the importance of a balanced approach. For example, while objective weights emphasized transit and international cargo volumes, subjective inputs provided insights into operational nuances, such as equipment availability and infrastructure quality. The proposed methodology demonstrated its robustness, as results aligned with practical observations and existing literature on port efficiency.

This study contributes significantly to the literature by introducing a novel methodology that integrates objective and subjective criteria for port performance evaluation. Traditional methods often emphasize either objective or subjective approaches, leading to incomplete analyses. By combining D-CRITIC, SWARA, and COPRAS, this study offers a comprehensive framework that balances both perspectives. Tekirdağ's consistent top ranking highlights the importance of specialization and infrastructure investment in achieving operational excellence. Conversely, Bandırma's challenges underscore the need for targeted investments in equipment and operational strategies to improve efficiency.

While existing research has utilized these methods individually or in pairs, this is the first study to integrate D-CRITIC, SWARA, and COPRAS in the context of port performance evaluation. The D-CRITIC method enhances objectivity by incorporating distance correlation, addressing limitations in traditional CRITIC's linear assumptions. Similarly, SWARA provides a flexible and practical framework for incorporating expert opinions, while COPRAS facilitates comprehensive ranking by combining benefit and cost perspectives. This integrated approach addresses a critical gap in the literature, offering a reliable and nuanced evaluation framework for complex decision-making problems.

Despite its contributions, the study has limitations. The dataset focuses solely on Turkish container ports, and all criteria are benefit-oriented. Future studies could expand the scope by including ports from different regions and incorporating cost-based criteria to provide a more holistic analysis. Additionally, applying other multi-criteria decision-making methods to the same dataset could validate the robustness of the proposed methodology.

1. GİRİŞ

Dünya ticaretinin hızlı ve istikrarlı büyümesinin temellerini atan deniz taşımacılığı, özellikle konteyner taşımacılığının artışıyla küresel ticaretin en önemli unsurlarından biri haline gelmiştir (Schulze ve Prinz, 2009). Konteyner hareketleri, yükün çıkış ve varış noktalarında meydana gelen ekonomik faaliyetlere bağlı olarak yük akışının doğrudan bir sonucudur (Amoako, 2002). Liman işletmelerinin etkinliği, hizmet verdikleri coğrafyada rekabet halindeki diğer limanlara göre tercih edilme oranını artırarak, liman işletmelerinin öncelikli hedeflerinden biri olan elleçleme miktarının artmasına önemli katkılar sunmaktadır. Ancak, birçok işletmede olduğu gibi, liman işletmelerinin performans ölçümlerinde tek bir parametreye dayalı yapılan analizler, hatalı sonuçlar verebilmektedir. Liman işletmeleri, gemi, yük ve diğer taşımacılık modlarına hizmet veren karmaşık ve dinamik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, liman performansının ölçümünde çoklu parametrelerin dikkate alınması, daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesi açısından önem taşımaktadır (Ateş ve Esmer, 2015).

Liman performans analizini etkin bir şekilde gerçekleştirme ihtiyacı, araştırmacıları çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımlarına yönlendirmiştir. Liman performansı üzerine yapılan önceki araştırmalar incelendiğinde, çeşitli ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Cullinane ve Song (2006), Avrupa'daki konteyner limanlarının göreceli verimliliğini stokastik sınır modeli kullanarak analiz etmiş ve limanların verimlilik düzeylerini kıyaslamıştır. Awah ve diğerleri (2021) ise limanların iş hacmini tahmin etmek için makine öğrenmesi tekniklerini kullanmış ve bu tekniklerin planlama süreçlerine katkı sağladığını göstermiştir. Benzer şekilde, DEA (Veri Zarflama Analizi) gibi parametrik ve parametrik olmayan teknikler, liman performans analizlerinde sıklıkla kullanılmakta olup, bunlar limanların operasyonel verimliliği ve stratejik etkilerini kıyaslamak için uygun araçlar olarak değerlendirilmiştir (Suárez-Alemán ve diğerleri, 2016).

Bahsedilen çalışmalardan farklı olarak, bu araştırmada D-CRITIC, SWARA ve COPRAS yöntemleri entegre edilerek liman performansı çok boyutlu bir şekilde analiz edilmiştir. Literatürde genellikle her bir ÇKKV yöntemi tek başına ya da ikili kombinasyonlar şeklinde kullanılmış olup, üç yöntemin entegre edildiği çalışmalara rastlanmamıştır. Örneğin, geleneksel CRITIC yaklaşımı, DEA gibi yöntemlerle sıkça bir arada kullanılmıştır, ancak D-CRITIC'in mesafe korelasyonu avantajı ve SWARA'nın sübjektif değerlendirme kapasitesinin COPRAS ile entegre edilmesi bu çalışmaya özgün bir metodolojik katkı sunmaktadır. Dolayısıyla, D-CRITIC, SWARA ve COPRAS yöntemlerinin bu çalışmada entegrasyonu, yalnızca objektif veya yalnızca sübjektif ağırlıklandırmaya dayanan analizlere kıyasla daha dengeli ve kapsamlı bir liman performans değerlendirmesi yapmayı sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki seçili konteyner limanlarının performansını değerlendirmek için SWARA, D-CRITIC ve COPRAS yöntemlerinden oluşan entegre bir metodoloji geliştirmektir. Çalışmanın alt amaçları, her bir limanın verimlilik düzeyini yıllara göre kıyaslamak, objektif ve sübjektif kriter ağırlıklarının entegrasyonu sayesinde performans analizine çok boyutlu bir bakış açısı kazandırmak ve bu alandaki literatüre özgün bir katkı sağlamaktır. Ayrıca, liman performansını etkileyen faktörlerin kapsamlı bir şekilde ele alınması ve yıllık bazda değerlendirilmesi, liman yönetimlerine operasyonel verimliliği artırma konusunda yol gösterici bilgiler sunmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada önerilen metodoloji, literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında önemli bir özgünlüğe sahiptir. D-CRITIC ve SWARA yöntemlerinin entegrasyonu ile elde edilen objektif ve sübjektif kriter ağırlıkları, COPRAS yöntemi aracılığıyla performans sıralamasına dönüştürülmektedir. Literatürde, D-CRITIC'in kriter ağırlıklandırma özelliği ile SWARA'nın karar verici görüşlerine dayalı sübjektif değerlendirme yapma yeteneğinin entegre bir şekilde kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, her iki yöntemin avantajlarını bir araya getirerek liman performans analizinde yenilikçi bir yaklaşım sunulmaktadır. Bu entegre metodolojinin literatürdeki diğer yöntemlerden farkı, yalnızca objektif veya yalnızca sübjektif ağırlıklandırma ile sınırlı kalmayıp, her iki bakış açısını da değerlendirerek daha dengeli ve kapsamlı bir analiz sağlamasıdır.

D-CRITIC, özellikle Pearson korelasyonunun doğrusal olmayan ilişkileri yeterince temsil edemediği durumlarda Székely ve diğerleri (2007) tarafından geliştirilen mesafe korelasyonu avantajıyla öne çıkmaktadır. Bu yöntem, geleneksel CRITIC'ten farklı olarak kriterler arasındaki ilişkiyi daha kapsamlı bir şekilde ele almakta ve ağırlıkların belirlenmesinde daha objektif sonuçlar sunmaktadır. Literatürde yaygın kullanılan klasik CRITIC yöntemi, yalnızca doğrusal ilişkileri değerlendirdiğinden, karmaşık karar problemlerinde sınırlı kalabilmektedir. Bu nedenle, D-CRITIC'in mesafe korelasyonunu içeren versiyonu, performans analizleri için daha güçlü bir temel sağlamaktadır.

SWARA yöntemi ise sübjektif ağırlık hesaplamasında karar verici görüşlerine dayalı esnek bir yapıya sahiptir. Diğer sübjektif ağırlıklandırma yöntemleri ile karşılaştırıldığında, SWARA'nın sıralamalı değerlendirme sistemi, karar vericilere ağırlıklar arasında kademeli değişim belirleme imkanı sunduğu için

daha hassas sonuçlar elde etmeye katkıda bulunmaktadır. AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) gibi yöntemler, karar vericiye daha karmaşık bir kıyaslama süreci sunarken, SWARA'nın daha yalın adımlarla subjektif ağırlıklandırma yapması, karar verme süreçlerinde daha hızlı ve anlaşılır bir uygulama sağlamaktadır. Bu çalışmada SWARA'nın kullanımı, subjektif değerlendirmelerin kolaylaştırılmasını sağlamakta ve analizde daha geniş bir perspektif kazandırmaktadır.

COPRAS yöntemi ise, çok kriterli karar verme sürecinde fayda ve maliyet kriterlerini aynı anda değerlendirebilme kapasitesiyle öne çıkmaktadır. AHP, TOPSIS veya VIKOR gibi diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak COPRAS, her bir alternatifin ideal çözümle olan ilişkisini belirginleştirerek fayda düzeyini açıkça ortaya koymaktadır. Bu özellik, karar vericilerin alternatifler arasında daha net bir sıralama yapmasını mümkün kılmakta ve analizlerin güvenilirliğini artırmaktadır. Literatürde COPRAS, özellikle fayda-maliyet analizi gerektiren karar problemlerinde tercih edilmekte ve bu çalışmada SWARA ve D-CRITIC ile entegre edilmesi, liman performans analizine geniş bir perspektif sunmaktadır.

Özetle, literatürdeki diğer yöntemlerin sınırlamaları göz önünde bulundurulduğunda, SWARA ve D-CRITIC'in kriter ağırlığı belirleme avantajlarının birleştirilerek COPRAS ile entegre edilmesi, liman performans analizinde literatürdeki boşluğu dolduran yenilikçi bir metodoloji sunmaktadır. Bu yöntem entegrasyonu, yalnızca objektif veya yalnızca subjektif bir bakış açısına dayalı yöntemlere kıyasla daha kapsamlı ve dengeli bir analiz sağlayarak liman performans analizlerinde derinlemesine bir değerlendirme sunmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür taramasına yer verilmiş, üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemler hakkında gerekli bilgiler sunulmuş, dördüncü bölümde çalışmanın bulguları sunulmuş ve son bölümde çalışma ile ilgili sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR

Çalışma kapsamında literatürde yer alan çalışmalar liman performansı/verimliliği ve bu çalışmada kullanılan yöntemler açısından incelenmiş ve bulgular raporlanmıştır.

Liman performansı üzerine yapılan araştırmalar, çeşitli metodolojiler kullanılarak limanların verimliliğini, operasyonel etkinliğini ve stratejik etkilerini incelemiştir. Yap ve Ho (2023), Bulanık Küme Niteliksel Karşılaştırmalı Analiz (Fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis) kullanarak liman stratejileri ile konteyner çıktısı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Sonuçlar, büyük konteyner terminallerinin genellikle bir strateji kombinasyonu kullandığını göstermiştir. Bu bulgu, liman stratejilerinin karmaşıklığı ve esnekliğinin, konteyner çıkışları üzerindeki etkisini vurgulamaktadır.

Makine öğrenmesi teknikleri kullanarak konteyner iş hacmi tahmini üzerine çalışan Awah ve diğerleri (2021), liman planlama ve geliştirme projelerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacak pratik bir yöntem sunmuşlardır. Bu çalışmanın sonuçları, liman performansı analizlerinde veri odaklı yaklaşımların önemini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Suárez-Alemán ve diğerleri (2016) hem parametrik hem de parametrik olmayan yaklaşımları kullanarak konteyner limanı performansını analiz etmiş ve liman performansının itici güçlerini detaylı bir şekilde incelemiştir.

Verimlilik analizine odaklanan çalışmalar arasında Cullinane ve Song (2006), geniş bir Avrupa konteyner limanının göreceli teknik verimliliğini stokastik sınır modeli (stochastic frontier model) kullanarak tahmin etmişlerdir. Sonuçlar, liman terminalinin boyutunun verimlilikle ilişkili olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, Bichou (2011) veri zarflama analizini (DEA) kullanarak güvenlik düzenlemelerinin limanların operasyonel performansı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışmalar, liman performansının çeşitli boyutlarını ve bunların operasyonel sonuçlarını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır.

DEA'nın kullanımına yönelik birçok çalışma, konteyner limanlarının verimliliğini araştırmıştır. Cullinane ve diğerleri (2005), Hung ve diğerleri (2010), Schøyen ve Odeck (2013), ve Gil Ropero ve diğerleri (2019) farklı coğrafi bölgelerde ve ölçeklerde konteyner limanlarının verimliliğini analiz etmişlerdir. Bu çalışmalar, DEA'nın liman performansı değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılan etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Lin ve diğerleri (2019) ise ters veri zarfı analizi (IDEA) önererek, liman performansının değerlendirilmesinde yeni bir yaklaşım sunmuşlardır.

Düşük-orta gelirli ülkelerdeki limanların verimliliğini inceleyen Danladi ve diğerleri (2024), veri zarflama analizinden (DEA) yararlanarak, hükümet ve liman yetkililerine değerli bilgiler sağlamayı amaçlamıştır. Pham ve diğerleri (2021), iki aşamalı belirsizlik veri zarflama analizi (UDEA) ile operasyonel verimliliği ölçmek için entegre bir model sunmuşlar ve bu modelin liman verimliliğini değerlendirmede etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Görçün (2020) ise çok kriterli karar verme yöntemlerinin veya DEA'nın konteyner terminali seçiminde kullanılmasının mümkün olup olmadığını belirlemeye çalışmıştır.

Jang ve diğerleri (2016), DEA ve Shannon Entropisi'ni kullanarak konteyner limanlarının performansını değerlendirmişlerdir. Shannon Entropisi, DEA yönteminin sınırlamalarını ortadan kaldırmak için kullanılmış ve sonuçlar, bu birleşimin liman yöneticileri için değerli bilgiler sağlayabileceğini göstermiştir. Bu literatür, liman performansı üzerine yapılan çalışmalarda çeşitli metodolojik yaklaşımların kullanımını ve bu yaklaşımların liman verimliliği üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde ele almaktadır.

SWARA yöntemi Zavadskas ve diğerleri (2010) tarafından literatüre kazandırılmış olup karar verme süreçlerinde kriterlerin sübjektif ağırlıklarının bulmada kullanılmaktadır. Öte yandan, geleneksel CRITIC yönteminin mesafe korelasyonu ile geliştirilmiş versiyonu olan D-CRITIC yaklaşımı ise Krishnan ve diğerleri (2021) tarafından literatüre kazandırılmış olup kriterlerin objektif ağırlık hesaplamasında kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında kriter ağırlıkları hesaplanırken söz konusu iki yöntemin entegrasyonu ile ağırlık hesaplaması yapılmış ve sonrasında da elde edilen ağırlıkların kullanıldığı COPRAS yöntemiyle alternatiflere ait performans skorları elde edilmiştir. Bu sebeple Tablo 1 ile literatürde bu yöntemleri kullanan çalışmalar özetlenmiştir.

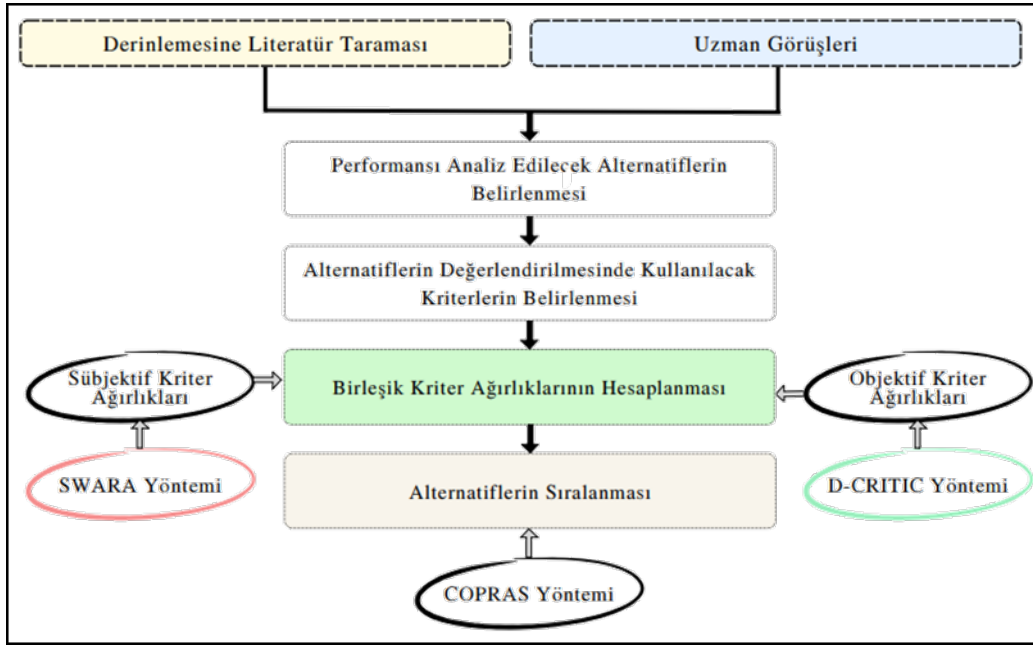
Tablo 1. CRITIC, SWARA ve COPRAS kullanan çalışmalar

<i>Yazar(lar)</i>	<i>Metodoloji</i>	<i>Uygulama Alanı</i>
Türkoğlu ve Duran (2023)	CRITIC, GIA ve WASPAS	Ülkelerin Lojistik Performansı
Ecemiş ve Avşar (2023)	CRITIC, CODAS	Ülkelerin Lojistik Performansı
Eyceyurt Batır (2023)	CRITIC, EDAS	Bankaların Performansı
Keleş (2022)	CRITIC, MABAC	THY Beş Yıllık Performansı
Duran (2022)	CRITIC, GIA	Ülkelerin İnovasyon Performansı
Bektaş (2022)	CRITIC, MULTIMOOSRAL	BIST Sigorta Endeksindeki Şirketlerin Finansal Performansı
Akgül (2021)	CRITIC, COCOSO	Bankaların Performansı
Öndeş ve Özkan (2021)	CRITIC, EDAS	BIST Bilişim Sektöründeki Şirketlerin Finansal Performansı
Arslan (2023)	SWARA, AHP	En Uygun Kablo Türünün Belirlenmesi
Türkmen ve Demirel (2022)	SWARA, COPRAS	Tedarikçi Seçimi
Maruf (2021)	SWARA, WASPAS	E-Ticaret Sitelerinin Performansa göre Sıralanması
Katrancı ve Kundakçı (2020)	SWARA, COPRAS	Soğuk Hava Deposu Seçimi
Yazgan ve Agamyradova (2021)	SWARA, MAIRCA	Personel Seçimi

Tablo 1 göstermektedir ki ağırlık bulmada kullanılan geleneksel CRITIC yaklaşımı ve SWARA farklı alternatif sıralama yöntemleriyle entegre şekilde farklı alanlardaki uygulamalarda kullanılmıştır. COPRAS yaklaşımı da benzer şekilde literatürdeki çalışmalarda araştırmacıların faydalandığı alternatif sıralama yöntemlerinden biridir. D-CRITIC yöntemi de literatüre kazandırıldığı 2021 yılından beri Maneengam (2023) çalışmasındaki gibi geliştirilmiş TOPSIS (Modified TOPSIS) yöntemiyle; Ghaemi-Zadeh ve Eghbali-Zarch (2024) ve Zhang ve Wei (2023) çalışmalarında olduğu gibi bulanık MULTI-MOORA ve bulanık CPT-CoCoSo gibi bulanık ÇKKV yaklaşımlarıyla da entegre şekilde kullanıldığı da gözlemlenmiştir. Fakat literatür taraması göstermektedir ki SWARA, D-CRITIC ve COPRAS yaklaşımları bilindiği kadarıyla literatürde daha önce entegre bir şekilde bu çalışmada kullanıldığı gibi kullanılmamıştır.

3.METODOLOJİ

Önerilen entegre metodoloji temelde kriter ağırlıklarının bulunması ve elde edilen kriter ağırlıklarını kullanarak alternatiflerin sıralanması şeklinde iki temel adıma sahiptir. Fakat literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak bu çalışma kapsamında önerilen metodoloji, kriter ağırlıklarının hesaplandığı iki adım ve daha sonra elde edilen ağırlıklar kullanılarak alternatiflerin performanslarına göre sıralandığı üçüncü adım olmak üzere üç adıma sahiptir. İlk adımda, herhangi bir uzman görüşüne ihtiyaç duymadan satır-sütun işlemleri gerçekleştirilen objektif kriter ağırlıkları hesaplanmaktadır. İkinci aşamada ise, ilk aşamada kullanılan kriterlerin sübjektif ağırlıklarının hesaplanması için uzmanlar tarafından kriterlerin önem düzeyine göre sıralandığı ve ikili şekilde karşılaştırıldığı aşama yer almaktadır. Daha sonra her bir kriter için objektif ve sübjektif ağırlıkların, ağırlıklı ortalamasının hesaplandığı ve nihai ağırlıkların hesaplandığı bir adım bulunmaktadır. Elde edilen birleşik ağırlıklar kullanılarak son aşamada alternatif sıralaması gerçekleştirilmektedir. Önerilen entegre metodolojiye ait işlemler için akış diyagramı Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. Önerilen entegre metodoloji

3.1. D-CRITIC

CRITIC yöntemi Diakoulaki ve arkadaşları tarafından 1995'te literatüre kazandırılmıştır. Bu yöntem, kriterlerin standart sapmalarının ve kriterler arası korelasyonun birlikte kullanılarak gerçekleştirilen öznel bir ağırlıklandırma yöntemidir. D-CRITIC'de, kriter ağırlıklarını hesaplarken geleneksel CRITIC metodundan farklı olarak kriterler arasındaki ilişkileri değerlendirmek için Székely ve diğerlerinin (2007) mesafe korelasyonunu kullanır. Mesafe korelasyonu, Pearson korelasyonunun kriter setindeki doğrusal olmayan ilişkileri yetersiz yakaladığı bulgusuna dayanır. Bu nedenle, D-CRITIC yönteminin, kriter ağırlıklarını daha objektif bir şekilde hesaplayabileceği öne sürülmüştür. Yöntemin ilk adımında karar problemine özgü olan kriterlerin ve alternatiflerin bulunduğu karar matrisi elde edilir. Matrisin matematiksel gösterimi Eşitlik 1'deki gibidir.

$$E = [z_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Kullanılan kriterlerin fayda veya maliyet özellikli olduğu belirlenir, aşağıdaki eşitlikler kullanılarak standardizasyon işlemi yapılır. Eğer kullanılan kriter fayda temelli ise Eşitlik 2; maliyet temelli bir kriter ise de Eşitlik 3 kullanılarak standardize karar matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{z_{ij} - \min_j(z_{ij})}{\max_j(z_{ij}) - \min_j(z_{ij})} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{\max_j(z_{ij}) - z_{ij}}{\max_j(z_{ij}) - \min_j(z_{ij})} \quad (3)$$

Bu bağlamda $\max_j(z_{ij})$, kriterdeki en yüksek performansını ve $\min_j(z_{ij})$, kriterdeki en düşük performansını temsil eder. Kriter ağırlıklarının hesaplanması aşamasında sonraki adımda CRITIC yönteminde, kriter setindeki ilişkinin varlığı ve bu ilişkinin derecesinin ölçülmesi için Pearson korelasyon katsayısı (p_{jk}) hesaplanır. D-CRITIC yönteminin farklılaştığı nokta burasıdır. Bu adımda kriterler için mesafe korelasyonu hesaplaması gerçekleştirilir. Mesafe korelasyonu için katsayılar, aşağıdaki Eşitlik 4 ile hesaplanır.

$$dCorr(c_j, c_{j'}) = \frac{dCov(c_j, c_{j'})}{\sqrt{\text{karekök}(dVar(c_j)dVar(c_{j'}))}} \quad (4)$$

Burada $dCov(c_j, c_{j'})$, c_j ve $c_{j'}$ kriterleri arasındaki mesafe kovaryans değerini göstermektedir. $dVar(c_j) = dCov(c_j, c_j)$ ise c_j için mesafe varyans değerini göstermektedir. c_j ve $c_{j'}$ arasındaki mesafe korelasyonunu hesaplamak için aşağıdaki adımlar takip edilmektedir.

Adım 1: Öncelikle, c_j için tüm alternatiflerin skorlarına dayanarak öklit mesafe matrisi oluşturulur. Bu matris, c_j ve $c_{j'}$ kriterleri arasındaki korelasyonu hesaplamak için kullanılır.

Adım 2: Mesafe matrisi oluşturulduktan sonra, satır ve sütun ortalamaları hesaplanır. Her matris elemanından, bulunduğu satırın ortalaması çıkarılır. Ardından, yeni matrisin elemanlarından önceki sütun ortalaması çıkarılır. Son olarak, her eleman için mesafe matrisinin genel ortalaması eklenir, böylece nihai matrisin ortalamaları sıfırlanır.

Adım 3: İlk iki adımda elde edilen nihai matrisler her iki kriter için ayrı ayrı işlenir. İlk kriter olan c_j için nihai matrisin her elemanı kendisiyle çarpılır ve yeni bir matris elde edilir. Bu matrisin ortalaması alınarak, ortalamanın karekökü c_j kriteri için mesafe varyans değerini verir. Aynı işlem diğer kriter için de yapılarak varyans değeri bulunur. Her iki kriterin matrislerindeki aynı satır ve sütun elemanlarının çarpımı alınarak yeni bir matris oluşturulur ve ortalaması hesaplanır. Bu ortalamanın karekökü iki kriter arasındaki mesafe kovaryans değerini verir.

Adım 4: Son olarak, 3. adımda elde edilen değerler Eşitlik 4'te yerlerine konularak iki kriter için mesafe korelasyon değeri hesaplanır.

D-CRITIC yönteminin üçüncü adımında özetlenen üç alt adım, mesafe korelasyon matrisini elde etmek için sağlanan kriterlere uygulanır. Kriterlerin standart sapmaları belirlendikten sonra kriterdeki toplam bilgisini hesaplamak için Eşitlik 5 kullanılır.

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - dCorr(c_j, c_{j'})) \quad (5)$$

Sübjektif kriter ağırlıkları hesaplanmasında son adımda ise kriterlerin ağırlıkları Eşitlik 6 yardımı ile elde edilir.

$$w_j^D = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

3.2 SWARA

Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) yöntemi ilk olarak Keršulienė ve diğerleri (2010) tarafından geliştirilmiştir. Birden fazla kriter içeren karar verme problemlerinde kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için kullanılmaktadır. SWARA yönteminin adımları aşağıda anlatılmıştır.

Adım 1: Problemin çözümünde kullanılacak kriter seti belirlenir ve karar verici tarafından en önemli kriterden en az öneme sahip kriterlere doğru sıralama yapılır. Karar verici birden fazla ise o zaman her bir karar vericinin bireysel olarak yaptığı değerlendirme sonuçlarında ölçütler azalan düzeyde sıralanır ve geometrik ortalaması alınarak genel bir sıralama oluşturulur.

Adım 2: Kriterlerin önem ağırlıkları belirlenir. Bu işlem içinde ikinci kriterden ($j + 1$) başlayarak her bir kriter kendinden önceki kriter (j) ile karşılaştırılır. Kriterlerin birbirleri ile karşılaştırmalı önemi s_j olarak gösterilmektedir.

Adım3: Kriterlerin ortak sıralamasında en önemli kriterlerin kat sayısı 1'e eşit olmalıdır. Eşitlik 7'de verilen formül ile k_j katsayıları hesaplanmaktadır.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (7)$$

Adım 4: Önem vektörü w_j Eşitlik 8 ile hesaplanır.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (8)$$

Adım 5: Kriterlere ait ağırlıkların q_j hesaplaması ise aşağıdaki Eşitlik 9 ile sağlanır.

$$w_j^S = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (9)$$

D-CRITIC yöntemiyle elde edilen objektif kriter ağırlıklarının SWARA yaklaşımıyla elde edilen sübjektif kriter ağırlıklarının ağırlıklı ortalaması Eşitlik 10 yardımıyla elde edilir. Elde edilen bu ağırlıklar birleştirilmiş kriter ağırlıkları olarak isimlendirilmektedir.

$$w_j = \lambda \times w_j^S + (1 - \lambda) \times w_j^D \quad (10)$$

3.3 COPRAS

COPRAS, Zavadskas ve Kaklauskas (1994) tarafından geliştirilmiştir. Copras yöntemi, alternatiflerin fayda ve önem dereceleri açısından aşamalı olarak sıralanması ve değerlendirilmesi prosedürünü benimser. En uygun seçeneği belirlemek için, ideal ve anti-ideal çözümler göz önünde bulundurularak yapılır. Copras yönteminin diğer çok kriterli karar verme tekniklerine göre temel bir avantajı, fayda düzeylerini açıkça belirleyebilmesidir. Alternatifler arasında karşılaştırma yapıldığında, hangisinin üstün veya altın olduğunu gösterebilmesidir. Copras yöntemi 7 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Başlangıç karar matrisi Eşitlik 11 ile gösterildiği gibi oluşturulmaktadır.

$$E = [Z_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \dots & Z_{mn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Adım 2: Karar matrisi Eşitlik 12 yardımıyla normalize edilir. Normalizasyon işlemi, dikkate alınan alternatiflerin performanslarını karşılaştırılabilir boyutsuz değerlere dönüştürmek için kullanılır.

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_j}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad (12)$$

Adım 3: Karar matrisi normalize edildikten bir sonraki adım ise, ağırlıklandırılmış normalize edilmiş karar verme matrisinin oluşturulması için Eşitlik 13'teki formülün kullanılmasıdır. S_{-i} değeri ne kadar küçük olursa, minimizasyon yönlü ölçütlerde sonuca ulaşma olasılığı artar. S_{+i} değeri ne kadar büyük olursa, maksimizasyon yönlü ölçütlerde sonuca ulaşma olasılığı artar.

$$s_{+i} = \sum_{j=1}^n d_{+ij} \quad ; \quad s_{-i} = \sum_{j=1}^n d_{-ij} \quad , \quad i = 1, \dots, m \quad ; \quad j = 1, \dots, n \quad (13)$$

Adım 4: Karşılaştırılan alternatiflerin görelî önem değerini gösteren Q_j aşağıdaki Eşitlik 14 yardımıyla hesaplanır. Q_i büyükten küçüğe doğru sıralanır. Q_i ne kadar büyükse görelî önem o kadar yüksek anlamına gelmektedir.

$$Q_i = S_{+i} \frac{s_{-min} \sum_{i=1}^m s_{-i}}{s_{-i} \sum_{i=1}^m \frac{s_{-min}}{s_{-i}}} \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad (14)$$

Adım 5: Son adımda, alternatiflerin fayda dereceleri belirlenir. Bu derecelendirme, Eşitlik 15 kullanılarak yapılır. Fayda derecesi 100 olan alternatif, en üstün seçenek olarak kabul edilir. Diğer alternatifler ise bu en üstün seçenekle karşılaştırılarak sıralanır.

$$P_i = \left(\frac{Q_i}{Q_{max}} \right) * 100\% \quad (15)$$

4.BULGULAR

Bu çalışmada Türkiye'de seçilen 9 limanın 2020-2023 yılları arasında konteyner elleçleme istatistikleri ele alınarak, önerilen entegre metodolojiyle adım adım incelenmiştir. Çalışmada kullanılan veri setinde yer alan kriterler 2020-2023 yıllarına ait 4 değişkenden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan veri seti Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı Denizcilik İstatistikleri portalından alınmıştır (T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2024). Türk bandıralı gemi (C1), yabancı bandıralı gemi (C2), kabotaj (C3) ve transit konteyner (C4) değişkenleri kullanılmıştır. Bu kriterleri de yükleme, boşaltma ve toplam olmak üzere üç farklı açıdan limanların elleçleme istatistiklerinin performansları değerlendirilmiştir.

D-CRITIC yöntemiyle karar probleminde alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin objektif ağırlıkları hesaplanır. İlk adımda, performanslarına göre sıralanacak 9 limanın belirlenen kriterlerdeki değerleriyle Eşitlik 1 ile matematiksel olarak gösterilen karar matrisi, Tablo 2'deki gibi oluşturulur.

Sonraki adımda karar matrisinde yer alan kriterlerin standardizasyon işlemi yer almaktadır. Bu çalışmada kullanılan kriterlerin hepsi fayda temelli kriterlerdir. Bundan dolayı Eşitlik 2 yardımıyla kriterler için standardizasyon işlemi gerçekleştirilir. İşlem sonrasında elde edilen değerler Tablo 3 ile gösterilmektedir.

D-CRITIC yönteminin bu aşamasında Eşitlik 4 ile gösterilen mesafe korelasyonu kriter setindeki değişkenler için hesaplanır. Székely vd. (2007) literatüre kazandırdığı mesafe korelasyonu, Pearson korelasyonunun doğrusal olmayan ilişkileri yakalayamadığı ve bu nedenle Pearson korelasyonunun 0 olduğunda iki değişkenin aslında tamamen bağımsız olmadığı sonucuyla geliştirilmiştir. Székely vd. (2007) çalışmasında kullanılan mesafe korelasyonu ölçüsü, yalnızca iki değişkenin gerçekten tamamen ilişkisiz olduğunda 0 değerini alır. Bu özelliği nedeniyle, D-CRITIC yöntemi geleneksel CRITIC yaklaşımından pozitif anlamda

ayrışmaktadır. Mesafe korelasyonu için işlem adımları metodoloji bölümünde adım adım açıklanmıştır. Kriterlere ait mesafe korelasyonu değerleri, Tablo 4'te gösterildiği gibi sunulmaktadır.

Tablo 2. Karar matrisi

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Aliağa	45672	730421	14411	29830	36286	664131	35391	29676	81958	1394552	49802	59506
Antalya	1268	13348	29714	0	6072	16017	19440	0	7340	29365	49155	0
Bandırma	0	0	1208	0	0	0	1090	0	0	0	2298	0
İstanbul	3	4485	974	203	234	5007	1778	454	237	9492	2752	657
İzmir	8574	93791	16924	22	24001	117182	29944	14	32575	210973	46868	36
Mersin	40361	899948	12589	6077	48014	914258	10980	9844	88374	1814206	23569	15920
Samsun	447	37905	23322	0	13859	36331	11773	0	14306	74236	35095	0
Tekirdağ	11982	231600	104263	507795	19911	207130	115532	502716	31893	438729	219795	1010511
Trabzon	0	936	6673	0	3144	890	4358	0	3144	1826	11031	0

Tablo 3. D-CRITIC yöntemi standardize değerler

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Aliağa	1	0,81	0,13	0,05	0,75	0,72	0,29	0,05	0,92	0,76	0,21	0,05
Antalya	0,02	0,01	0,27	0	0,12	0,01	0,16	0	0,08	0,01	0,21	0
Bandırma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	6,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	0,18	0,1	0,15	4,33	0,49	0,12	0,25	2,78	0,36	0,11	0,2	3,56
Mersin	0,88	1	0,11	0,01	1	1	0,08	0,01	1	1	0,09	0,01
Samsun	0	0,04	0,21	0	0,28	0,03	0,09	0	0,16	0,04	0,15	0
Tekirdağ	0,26	0,25	1	1	0,41	0,22	1	1	0,36	0,24	1	1
Trabzon	0	0	0,05	0	0,06	0	0,02	0	0,03	0	0,04	0

Tablo 4. Karar değişkenleri arasındaki mesafe korelasyonu değerleri

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
C1	1				1				1			
C2	0,96	1			0,91	1			0,95	1		
C3	0,39	0,4	1		0,55	0,43	1		0,44	0,39	1	
C4	0,36	0,38	0,95	1	0,37	0,37	0,94	1	0,36	0,37	0,95	1

Bir sonraki adımda kriterlere ait standart sapma değerleri hesaplanır. Kriterlerin standart sapmaları Tablo 5 ile gösterilmektedir.

Tablo 5. Karar değişkenlerinin standart sapma değerleri

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	0,37	0,36	0,29	0,31	0,33	0,34	0,29	0,31	0,36	0,35	0,28	0,31

Hesaplanan korelasyon ve standart sapma değerleri kullanılarak değişkenlerin yansıttığı özellikler C_j değerleri Eşitlik 5 yardımıyla Tablo 6'da gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

Tablo 6. Karar değişkenlerine ait C_j değerleri

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
	0,47	0,45	0,36	0,86	0,38	0,44	0,31	0,87	0,45	0,45	0,34	0,86

D-CRITIC yaklaşımının son aşamasında ise kriterlere ait objektif ağırlık değerleri Eşitlik 6 kullanılarak Tablo 7 ile gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

Tablo 7. Karar değişkenlerine ait objektif ağırlıklar

Kriter	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Ağırlık	0,22	0,2	0,16	0,39	0,18	0,21	0,15	0,43	0,21	0,21	0,16	0,4
Önem Sırası	2	3	4	1	3	2	4	1	2	3	4	1

D-CRITIC yaklaşımıyla elde edilen objektif kriter ağırlıklarına göre konteyner yükleme operasyonları açısından performans değerlendirmesinde kriter önem seviyesine göre sıralama $C4 > C1 > C2 > C3$ şeklinde gerçekleşmiştir. Konteyner boşaltma operasyonları açısından durum incelendiğinde ise $C4 > C2 > C1 > C3$ şeklinde C2 ve C1'in yer değiştirdiği bir sıralama oluşmuştur. Yükleme ve Boşaltma istatistiklerini toplu olarak yansıtan toplam rakamlar üzerinden duruma baktığımızda da Yükleme istatistikleriyle elde edilen sıralamanın aynısının elde edildiği görülmektedir.

Önerilen entegre metodolojide objektif kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra birleştirilmiş ağırlık hesaplamasının ikinci aşaması olan sübjektif ağırlık hesaplaması gerçekleştirildi. Bu amaçla uzman görüşlerine ihtiyaç duyan ve kriter ağırlıklarını uzmanların belirttiği fikirlere göre hesaplayan SWARA yaklaşımının işlem adımları gerçekleştirildi.

Farklı bilgi ve tecrübe seviyelerine sahip üç karar verici (KV) kriterlerin her birini değerlendirerek puanlandırmıştır. Tablo 8'de verildiği gibi karar vericiler kriterleri en önemli olan ilk sırada olacak şekilde daha az önemiye doğru sıralamıştır. Birden çok karar verici ölçütleri değerlendirdiği için azalan düzeyde sıralanan ölçütlerin geometrik ortalaması alınarak genel bir sıralama oluşturulmuştur.

Tablo 8. Karar vericilere göre değerlendirme kriterlerinin önem sıraları

	KV1	KV2	KV3	Geometrik Ortalama	Sıralama
C1	2	1	3	1,81	1
C2	3	4	2	2,88	4
C3	1	2	4	2	2
C4	4	3	1	2,28	3

Bir sonraki adımda ise her bir KV'ye göre değerlendirme kriterlerinin önem düzeyleri belirlenmiştir. Bunun için ikinci kriterden (j+1) başlayarak her bir kriter kendisinden önceki kriter (j) ile mukayese edilmiş ve kriterlerin birbirlerine göre karşılaştırmalı önemleri (s_j) belirlenmiştir. Eşitlik 7 kullanılarak kriterlerin birbirlerine göre karşılaştırmalı önemlerine ait katsayılar (k_j) belirlenmiştir. Eşitlik 8'den faydalanılarak kriterlere ait önem vektörü w_j hesaplanmış ve Eşitlik 3 ile değerlendirme kriterlerine ait ağırlıklar belirlenmiştir. Tüm karar vericiler için aynı adımlar tekrarlanmış olup her KV görüşüne göre elde edilen ağırlıklar Tablo 9 ile gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Tablo 9. KV sıralamaları ve puanlarına göre hesaplanan kriter ağırlıkları

	Kriter	Sıra	s_j	k_j	q_j	w_j
KV1	C1	1		1	1	0,27
	C3	2	0,1	1,1	0,9	0,25
	C4	3	0,05	1,05	0,86	0,24
	C2	4	0,05	1,05	0,82	0,22
KV2	C1	1		1	1	0,27
	C3	2	0,05	1,05	0,95	0,26
	C4	3	0,15	1,15	0,82	0,23
	C2	4	0,05	1,05	0,78	0,21
KV3	C1	1		1	1	0,27
	C3	2	0,05	1,05	0,95	0,26
	C4	3	0,05	1,05	0,9	0,25
	C2	4	0,05	1,05	0,86	0,23

KV'lerden elde edilen bireysel kriter ağırlıklarının (w_j değerleri) kriterler bazında aritmetik ortalamaları alınarak toplulaştırılmış sübjektif kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 10'da gösterilmektedir.

Tablo 10. Değerlendirme kriterlerine ait toplulaştırılmış sübjektif ağırlıklar

	KV1	KV2	KV3	Kriter Ağırlıkları
C1	0,27	0,27	0,27	0,27
C2	0,22	0,21	0,23	0,24
C3	0,25	0,26	0,26	0,22
C4	0,24	0,23	0,25	0,26

Tablo 9'a göre liman konteyner elleçleme performansının değerlendirilmesindeki süreçte en önemli kriter Türk bandıralı gemi (C1) kriteri iken, en az öneme sahip olan ise kabotaj (C3) kriteri olarak belirlenmiştir. Sübjektif kriter ağırlıklarına göre kriterler $C1 > C4 > C2 > C3$ şeklinde önem sırasına göre sıralanmıştır.

Objektif kriter ağırlığı hesaplamasında toplam konteyner elleçleme sayısı ve yükleme sayısı açısından kriterlerin önem sıralaması $C4 > C1 > C2 > C3$ şeklinde gerçekleşirken konteyner boşaltma operasyonları

açısından durum incelendiğinde ise $C4 > C2 > C1 > C3$ şeklinde bir sıralama olduğu gözlemlenmiştir. Fakat subjektif ağırlık hesaplaması yaklaşımı yardımıyla elde edilen sıralamaların ise $C1 > C4 > C2 > C3$ şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple hem objektif yaklaşımdan elde edilen ağırlık bilgisi hem de subjektif yaklaşımdan elde edilen ağırlık bilgisi kaybedilmemek amacıyla kriterlere ait birleştirilmiş ağırlık hesaplaması Eşitlik 10 yardımıyla Tablo 11’de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Tablo 11. Objektif, subjektif ve birleştirilmiş kriter ağırlıkları

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
D-CRITIC	0,22	0,2	0,16	0,39	0,18	0,21	0,15	0,43	0,21	0,21	0,16	0,4
Swara	0,27	0,22	0,26	0,24	0,27	0,22	0,26	0,24	0,27	0,22	0,26	0,24
Birleştirilmiş Ağırlık	0,25	0,21	0,21	0,32	0,23	0,22	0,2	0,33	0,24	0,22	0,21	0,32

Limanların elleçleme performanslarını sıralayabilmek için COPRAS yönteminin uygulanması, karar matrisinin normalize edilmesi ile başlar. Normalize işlemi ise Tablo12 ‘de elde ettiğimiz birleştirilmiş ağırlık değerleri kullanılarak karar matrisi Eşitlik 12 ile normalize edilir. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Normalize edilmiş karar matrisi

	Yükleme				Boşaltma				Toplam			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Aliağa	0,1	0,07	0,01	0,01	0,05	0,07	0,03	0,01	0,07	0,07	0,02	0,01
Antalya	0	0	0,03	0	0	0	0,01	0	0	0	0,02	0
Bandırma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	0,01	0,01	0,01	0	0,03	0,01	0,02	0	0,03	0,01	0,02	0
Mersin	0,09	0,09	0,01	0	0,07	0,1	0	0	0,08	0,1	0,01	0
Samsun	0	0	0,02	0	0,02	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0
Tekirdağ	0,02	0,02	0,1	0,29	0,03	0,02	0,1	0,31	0,03	0,02	0,1	0,3
Trabzon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sonraki adımda Eşitlik 13-15 yardımıyla alternatiflere ait hesaplanan S_{-i} , S_{+i} , Q_i ve P_i değerleri ve yapılan analizde yıllara göre alternatiflerin yükleme sayısı, boşaltma sayısı ve toplam sayılara göre sıralamaları Tablo 13, 14 ve 15 ile gösterildiği gibi elde edilmiştir. S_{-i} değeri maliyet temelli kriterler kullanılarak hesaplanmaktadır. Q_i değeri de S_{-i} ve S_{+i} değerleri kullanılarak hesaplanan bir metriktir. Bu çalışmada kullanılan tüm kriterler fayda temelli olduğu için Q_i değerleri direkt olarak S_{+i} değerleri olmaktadır.

Tablo 13. Alternatiflere ait metrik değerleri ve yıllara göre sıralamalar (Yükleme)

	S_{+i}	Q_i	P_i	2023	2022	2021	2020
Aliağa	0,21	0,21	0,47	2	3	3	3
Antalya	0,03	0,03	0,07	5	5	5	5
Bandırma	0	0	0	9	7	8	8
İstanbul	0	0	0	8	9	9	7
İzmir	0,04	0,04	0,1	4	4	4	4
Mersin	0,2	0,2	0,45	3	2	2	2
Samsun	0,02	0,02	0,06	6	6	6	6
Tekirdağ	0,45	0,45	1	1	1	1	1
Trabzon	0	0	0,01	7	8	7	9

Tablo 13’de COPRAS yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda yükleme açısından bakıldığında 2023 yılı için Tekirdağ > Aliağa > Mersin > İzmir > Antalya > Samsun > Trabzon > İstanbul > Bandırma şeklinde limanlar sıralanmıştır.

Tablo 14. Alternatiflere ait metrik değerleri ve yıllara göre sıralamalar (Boşaltma)

	S_{+i}	Q_i	P_i	2023	2022	2021	2020
Aliağa	0,18	0,18	0,38	3	3	3	3
Antalya	0,02	0,02	0,06	6	5	6	6
Bandırma	0	0	0	9	9	9	8
İstanbul	0	0	0	8	7	5	7
İzmir	0,07	0,07	0,16	4	4	4	4
Mersin	0,19	0,19	0,41	2	2	2	2
Samsun	0,03	0,03	0,07	5	6	7	5
Tekirdağ	0,47	0,47	1	1	1	1	1
Trabzon	0	0	0,01	7	8	8	9

Tablo 14'te ise boşaltma açısından baktığımızda 2023 yılında Tekirdağ> Mersin> Aliağa> İzmir> Samsun> Antalya> Trabzon> İstanbul> Bandırma şeklinde sıralanmıştır. Tekirdağ'ın ilk sırasını koruduğu, Bandırma'nın ise son sırada yer almaya devam ettiği görülmektedir.

Tablo 15. Alternatiflere ait metrik değerleri ve yıllara göre sıralamalar (Toplam)

	S_{+i}	Q_i	P_i	2023	2022	2021	2020
Aliağa	0,19	0,19	0,42	3	3	3	3
Antalya	0,03	0,03	0,06	6	5	5	6
Bandırma	0	0	0	9	9	9	8
İstanbul	0	0	0	8	7	7	7
İzmir	0,06	0,06	0,14	4	4	4	4
Mersin	0,2	0,2	0,43	2	2	2	2
Samsun	0,03	0,03	0,07	5	6	6	5
Tekirdağ	0,46	0,46	1	1	1	1	1
Trabzon	0	0	0,01	7	8	8	9

Tablo 15'te de toplam açısından incelenmiştir. Bu açıdan baktığımızda 2023 yılı verilerine göre Tekirdağ> Mersin> Aliağa> İzmir> Samsun> Antalya> Trabzon> İstanbul> Bandırma şeklinde sıralanmıştır.

5.SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada limanların konteyner elleçleme performanslarını değerlendirmek için yeni entegre D-CRITIC, SWARA ve COPRAS yaklaşımı önerilmiştir ve Türkiye'de yer alan 9 limanın 4 farklı yıla ait performans analizi adım adım uygulamalı olarak gösterilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde Eyceyurt Batır (2023), Duran (2022), Bayram (2021), Akbulut (2020) ve Aydın (2019) gibi objektif kriter ağırlığı hesaplamasında kullanılan yaklaşımların, alternatifleri sıralamada kullanılan yöntemlerle entegre şekilde kullanıldığı performans değerlendirme yapılan çalışmalar mevcuttur. Öte yandan, Macit (2023), Özekenci (2023) ve Görçün ve Küçükönder (2021) gibi subjektif kriter ağırlıklarıyla hesaplanan kriter ağırlıklarını kullanarak alternatifleri performanslarına göre sıralayan çalışmalar da literatürde görece çok sayıda yer almaktadır.

Kriter ağırlıkları alternatiflerin sıralanması esnasında yapılan hesaplamalara direkt olarak etki etmektedir. Bu sebeple son yıllarda Alkan (2024) çalışmasında olduğu gibi araştırmacılar hem objektif hem de subjektif yöntemlerden gelen ağırlıkların ağırlıklı ortalamasını alarak kriter ağırlıklarını hesaplamakta ve böylelikle iki farklı yaklaşımdan gelen bilgi kriter ağırlıklarına yansıtılabilmektedir.

Bu çalışmada kriterler için geleneksel CRITIC yönteminin mesafe korelasyonu ile geliştirilmiş formu olan D-CRITIC yöntemiyle objektif; SWARA yaklaşımıyla da subjektif ağırlıklar hesaplanmış olup, bu ağırlıkların ağırlıklı ortalaması alınarak bütünlük kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Sonraki aşamada elde edilen bu ağırlıklar ile COPRAS yaklaşımı kullanılarak Türkiye'deki limanların konteyner elleçleme verisiyle bir performans analizi yapılmıştır. Analiz esnasında yükleme sayısı, boşaltma sayısı ve toplam elleçleme sayısı olmak üzere üç farklı bakış açısıyla limanlar için performans skoru hesaplanmış ve bulgular raporlanmıştır. Buna göre, incelenen 9 liman arasında Tekirdağ limanı her yıl için üç farklı bakış açısına göre de performansı görece en yüksek liman olmuştur. İstanbul ise hem yıllara göre hem de yükleme, boşaltma ve toplam elleçleme sayısına göre performans sıralamasında en fazla oynaklık gözlemlenen alternatif olmuştur. Geri kalan limanlarda da yıllara göre ve bakış açısına göre sıralamalarda farklı düzeylerde değişiklik olduğu gözlemlenmiştir.

Tekirdağ limanının diğer limanlara göre verimlilik açısından daha iyi sonuç vermesinin bir sebebi limana uğrak yapan gemilerin tonajları ve taşıdığı yükler olabilir. Tekirdağ limanı hizmet verdiği gemi bakımından transit yükler ile daha çok elleçleme yaptığından belirli standartlardaki gemiler için operasyon açısından uzmanlaşmıştır. Bu durumda ise diğer limanlarda karşılaşılabilecek farklı tonaj, en-boy ya da taşıdığı yük durumu farklılık gösteren gemiler verimlilik açısından sorun yaratabilmektedir.

Öte yandan Bandırma limanının verimlilik açısından son sırada çıkmasının sebebi limanın konteyner elleçleme için özelleşmiş bir liman olmaması ve ayrıca gerekli ekipmanların bulunmaması olarak değerlendirilebilir. Sabit liman vinçleri yerine mobil vinçlerin kullanılarak yapılan konteyner elleçlemesi zaman kaybına sebep olmaktadır. Bandırma limanı özel/proje kargolarda daha başarılı olduğu için kullanmakta olduğu mobil vinçlerin verimlilik kaybına yol açtığı düşünülmektedir.

Diğer iki liman olan Aliağa ve Mersin limanı ise konteyner elleçleme alanında Tekirdağ limanı gibi belirli tipteki büyük gemilere hizmet vermese de Türkiye için önemli bir konumdadır. Tekirdağ limanına yanan yüksek tonajlı gemilerin aksine daha küçük gemilere hizmet veren bu limanlarda genellikle transit yük yerine doğrudan ithalat-ihracat odaklı yük taşımacılığı yapılmaktadır.

Önerilen metodolojinin katkısını irdelemek adına rassal olarak seçilen 2022 yılı için sıralamalar sadece objektif ağırlıklar ve sadece subjektif ağırlıklarla, başka bir deyişle D-CRITIC-COPRAS ve SWARA-COPRAS olacak şekilde tekrar Tablo 16 ile gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 16. Ağırlıklara göre sıralamaların karşılaştırılması

	D-CRITIC-SWARA-COPRAS			D-CRITIC-COPRAS			SWARA-COPRAS		
	Yükleme	Boşaltma	Toplam	Yükleme	Boşaltma	Toplam	Yükleme	Boşaltma	Toplam
Aliağa	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Antalya	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Bandırma	7	9	9	7	9	9	7	9	9
İstanbul	8	7	7	8	7	7	9	7	7
İzmir	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mersin	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Samsun	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Tekirdağ	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trabzon	9	8	8	9	8	8	8	8	8

Tablo 16 incelendiğinde İstanbul önerilen entegre metodolojide yüklemeye göre 8, objektif ağırlığa göre 8 fakat subjektif ağırlık hesaplamasına göre 9. sıradadır. Benzer şekilde Trabzon önerilen metodolojide ve objektif ağırlıklı sıralamada yüklemeye göre 9. sıradayken, subjektif ağırlıkla yapılan sıralamada yüklemeye göre 8. sırada yer almaktadır. Diğer limanların sıralamalarında bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bu sıralama değişikliği önerilen metodolojinin objektif ve subjektif ağırlıkları entegre etmesi sayesinde edinilen bilginin sıralamalara etkisi olduğunu göstermektedir. Öte yandan literatürde çokça kullanılan SWARA yaklaşımıyla, geleneksel CRITIC yaklaşımının gelişmiş versiyonu olan D-CRITIC yaklaşımından elde edilen sıralamalar ile önerilen entegre metodolojiden elde edilen sıralamaların kayda değer şekilde farklılaşmaması, önerilen metodolojinin güvenilirliği açısından da bir bulgu olma özelliği taşımaktadır.

Bu çalışmada kullanılan alternatif sıralama yaklaşımı kriterlerin fayda/maliyet temelli olma özelliklerini göz önünde bulundurarak hesaplamaları yapmaktadır. Gelecek çalışmalarda gerek ağırlık bulma yaklaşımları gerekse de alternatifleri sıralamada kullanılan farklı ÇKKV yaklaşımlarıyla bu çalışma tekrarlanıp sonuçlar karşılaştırılabilir. Dahası, bu çalışmada kullanılan kriter setine maliyet temelli kriterler de eklenerek önerilen metodoloji uygulanıp bulguları bu çalışmanın bulgularıyla karşılaştırmalı olarak analiz tekrarlanabilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Elif Satan: Literatür Taraması, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Umut Aydın:* Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz *Üstün Atak:* Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme, Kavramsallaştırma

Elif Satan: Literature Review, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Umut Aydın: Modelling, Writing-review and editing, Methodology, Data Collection, Analysis Üstün Atak: Writing-review and editing, Conceptualization

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar(lar) tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the author(s).

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar(lar) tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the author(s) that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author(s) that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.




Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Akbulut, O.Y. (2020). "Finansal Performans İle Pay Senedi Getirisi Arasındaki İlişkinin Bütünleşik CRITIC ve MABAC ÇKKV Teknikleriyle Ölçülmesi: Borsa İstanbul Çimento Sektörü Firmaları Üzerine Ampirik Bir Uygulama", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 40, 471488.
- Akgül, Y. (2021). "Borsa İstanbul'da İşlem Gören Ticari Bankaların Finansal Performansının Bütünleşik Critic CoCoSo Modeliyle Analizi", *Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 71-90.
- Alkan, N. (2024). "Evaluation of Sustainable Development and Utilization-Oriented Renewable Energy Systems Based on CRITIC-SWARA-CODAS Method Using Interval Valued Picture Fuzzy Sets", *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 38, 101263.
- Amoako, J. (2002). "Forecasting Australia's International Container Trade", *25th Australian Transport Research Forum*, Canberra October 2002.
- Arslan, H.M. (2023). "Enerji Nakil Sektöründe Swara-Ahp Hibrit Yaklaşımı İle En Uygun Kablo Türünün Belirlenmesi", *Fesa Dergisi*, 8(2), 310-321. <https://doi.org/10.29106/fesa.1278679>
- Ateş, A. ve Esmer, S. (2015). "Farklı Yöntemler İle Türk Konteyner Limanlarının Verimliliği", *Verimlilik Dergisi*, 1, 61-76.
- Awah, P.C., Nam, H. ve Kim, S. (2021). "Short Term Forecast of Container Throughput: New Variables Application for the Port of Douala", *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(7), 720. <https://doi.org/10.3390/JMSE9070720>
- Aydın, Y. (2019). "Türkiye'de Hayat Emeklilik Sigorta Sektörünün Finansal Performans Analizi", *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 107-118.
- Bayram, E. (2021). "Türkiye'deki Katılım Bankalarının CRITIC Temelli EDAS Yöntemiyle Performans Değerlendirmesi", *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(24), 55-72. <https://doi.org/10.14784/marufacd.879171>
- Bektaş, S. (2022). "Türk Sigorta Sektörünün 2002-2021 Dönemi için MEREC, Lopcow, COCOSO, EDAS ÇKKV Yöntemleri ile Performansının Değerlendirilmesi", *Bddk Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 16(2), 247-283. <http://doi.org/10.46520/bddkdergisi.1178359>
- Bichou, K. (2011). "Assessing the Impact of Procedural Security on Container Port Efficiency", *Maritime Economics and Logistics*, 13(1), 1-28. <https://doi.org/10.1057/MEL.2010.16/TABLES/14>
- Cullinane, K. Song, D.W., ve Wang, T. (2005). "The Application of Mathematical Programming Approaches to Estimating Container Port Production Efficiency", *Journal of Productivity Analysis*, 24(1), 73-92.
- Cullinane, K. ve Song, D.W. (2006). "Estimating the Relative Efficiency of European Container Ports: A Stochastic Frontier Analysis", *Research in Transportation Economics*, 16, 85-115. [https://doi.org/10.1016/S0739-8859\(06\)16005-9](https://doi.org/10.1016/S0739-8859(06)16005-9)
- Danladi, C., Tuck, S., Tziogkidis, P., Tang, L. ve Okorie, C. (2024). "Efficiency Analysis and Benchmarking of Container Ports Operating in Lower-Middle-Income Countries: A DEA Approach", *Journal of Shipping and Trade*, 9, 7. <https://doi.org/10.1186/s41072-024-00163-2>
- Duran, Z. (2022). "Yeni Sanayileşen Ülkelerde İnovasyon Performansının CRITIC Tabanlı GİA Yöntemiyle Değerlendirilmesi", *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi* 5(1), 150-162. <https://doi.org/10.33712/mana.1086836>
- Ecemiş, O. ve Avşar, İ. İ. (2023). "Türkiye'nin Önde Gelen Ticaret Ortaklarının Lojistik Verimliliklerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Değerlendirilmesi", *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 142-163. <https://doi.org/10.21180/iibfdkastonu.1192728>
- Eyceyurt Batır, T. (2023). "Covid-19 Pandemi Sürecinde Bankacılık Sektörü Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Karşılaştırmalı Analizi: CRITIC-EDAS Yaklaşımı Kapsamında Bir İnceleme", *Uluslararası Muhasebe ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 186-203
- Ghaemi-Zadeh, N. ve Eghbali-Zarch, M. (2024). "Evaluation of Business Strategies Based on The Financial Performance of The Corporation and Investors' Behavior Using D-CRITIC and Fuzzy MULTI-MOORA Techniques: A Real Case Study", *Expert Systems with Applications*, 247, 12318. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123183>
- Gil Ropero, A., Turias Dominguez, I. ve Cerbán Jiménez, M. del M. (2019). "Bootstrapped Operating Efficiency in Container Ports: a Case Study in Spain and Portugal", *Industrial Management and Data Systems*, 119(4), 924-948.
- Görçün, Ö.F. (2020). "Efficiency Analysis of Black Sea Container Seaports: Application of an Integrated MCDM Approach", *Maritime Policy and Management*, 48(5), 672-699. <https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1783467>
- Görçün, Ö.F. ve Küçükönder, H. (2021). "Şehirlerarası Taşımacılıkta Kullanılan Otobüslere İlişkin Seçimlerin AHP ve CRITIC Tabanlı EDAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(4), 1280-1303.
- Hung, S.W., Lu, W.M. ve Wang, T.P. (2010). "Benchmarking the Operating Efficiency of Asia Container Ports", *European Journal of Operational Research*, 203(3), 706-713. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2009.09.005>
- Jang, H.M., Park, H. ve Kim, S.Y. (2016). "Efficiency Analysis of Major Container Ports in Asia: Using DEA and Shannon's Entropy", *International Journal of Supply Chain Management*, 5(2), 1-6.

- Katranç, A. ve Kundakçı, N. (2020). "SWARA Temelli Bulanık COPRAS Yöntemi ile Soğuk Hava Deposu Seçimi", *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 7(1), 63-80.
- Keleş, M.K. (2022). "CRITIC Temelli MABAC Yöntemi İle Türk Hava Yollarının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6(1), 53-67. <https://doi.org/10.31200/makuubd.1070559>
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). "Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA)", *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243-258. <https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12>
- Krishnan, A.R., Kasim, M.M., Hamid, R. ve Ghazali, M.F. (2021). "A Modified CRITIC Method to Estimate the Objective Weights of Decision Criteria", *Symmetry*, 13(6), 973.
- Lin, Y., Yan, L. ve Wang, Y.M. (2019). Performance Evaluation and Investment Analysis for Container Port Sustainable Development in China: An Inverse DEA Approach. *Sustainability*, 11(17), 4617. <https://doi.org/10.3390/su11174617>
- Macit, N.Ş. (2023). "Tedarikçi Seçimi Probleminin AHP Temelli MAIRCA Yöntemi ile Çözümü", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 37, 42-63.
- Maneengam, A. (2023). "Multi-Objective Optimization of the Multimodal Routing Problem Using the Adaptive ϵ -Constraint Method and Modified Topsis With the D-Critic Method", *Sustainability*, 15, 12066. <https://doi.org/10.3390/su151512066>
- Maruf, M. (2021). "Türkiye'de E- Ticaret Sitelerinin Swara ve Waspas Yöntemleri ile Web Sitesi Performansına Göre Sıralanması", *Troyacademy*, 6(2), 411-421. <https://doi.org/10.31454/troyacademy.897589>
- Öndeş T. ve Özkan T. (2021). "Bütünleşik CRITIC-EDAS Yaklaşımıyla Covid-19 Pandemisinin Bilişim Sektörü Üzerindeki Finansal Performans Etkisi", *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 12(2), 506-522.
- Özekenci, E.K. (2023). "Türkiye'de E-Lojistiğin Kilit Başarı Faktörlerinin Belirlenmesi: AHP-VIKOR Bütünleşik Yöntem", *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 7(1), 92-103.
- Pham, T.Q.M., Park, G.K. ve Choi, K.H. (2021). "The Efficiency Analysis of World Top Container Ports Using Two-Stage Uncertainty DEA Model and FCM", *Maritime Business Review*, 6(1), 2-21. <https://doi.org/10.1108/MABR-11-2019-0052>
- Schøyen, H. ve Odeck, J. (2013). "The Technical Efficiency of Norwegian Container Ports: A Comparison to Some Nordic and UK Container Ports Using Data Envelopment Analysis (DEA)", *Maritime Economics and Logistics*, 15(2), 197-221.
- Schulze, P. M. ve Prinz, A. (2009). "Forecasting Container Transshipment in Germany", *Applied Economics*, 41(22), 2809-2815. <https://doi.org/10.1080/00036840802260932>
- Suárez-Alemán, A., Morales Sarriera, J., Serebrisky, T. ve Trujillo, L. (2016). "When It Comes to Container Port Efficiency, Are All Developing Regions Equal", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 56-77.
- Székely, G.J., Rizzo, M.L. ve Bakirov, N.K. (2007). "Measuring and Testing Dependence by Correlation of Distances", *Annals of Statistics*, 35, 2769-2794.
- T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2024). *Konteyner İstatistikleri*. <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/konteyner-istatistik>
- Türkmen, M. ve Demirel, A. (2022). "SWARA Ağırlıklı Bulanık COPRAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", *Alanya Akademik Bakış* 6(1), 1739-1756. <https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.986700>
- Türkoğlu, M. ve Duran, G. (2023). "G20 Ülkelerinin Lojistik Performanslarının CRITIC Tabanlı GİA ve WASPAS Uygulaması İle Değerlendirilmesi", *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi* 15(1), 50-72. <https://doi.org/10.53881/hiad.1247196>
- Yap, W.Y. ve Ho, J. (2023). "Port Strategy and Performance: Empirical Evidence from Major Container Ports and Implications for Role of Data Analytics", *Maritime Policy and Management*, 50(5), 608-628. <https://doi.org/10.1080/03088839.2021.2017040>
- Yazgan, A.E. ve Agamyradova, H. (2021). "Bütünleşik Swara-Mairca Yöntemi ile Personel Seçimi: Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama", *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 281-290. <https://doi.org/10.48145/gopsbad.999847>
- Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., & Šarka, V. (1994). "The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects" *Technological and Economic Development of Economy*, 1(3), 131-139.
- Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Antucheviciene, J. ve Zakarevicius, A. (2012). "Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment," *Elektron. ir Elektrotechnika*, 122(6), 3-6.
- Zhang, H. ve Wei, G. (2023). "Location selection of electric vehicles charging stations by using the spherical fuzzy CPT-CoCoSo and D-CRITIC method", *Computational and Applied Mathematics*, 42(1). <https://doi.org/10.1007/s40314-022-02183-9>

Kasko Üretimi Yapan Sigorta Şirketlerin Performansının Hibrit ÇKKV Modeli ile Değerlendirilmesi

Esra Aydın Ünal¹ 

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı Türk Sigorta sektöründe kasko üretimi yapan şirketlerin 2022 yılı performansının değerlendirilmesidir.

Yöntem: Sigorta şirketlerinin her yıl sunduğu faaliyet raporlarında yer alan finansal göstergelerden uzmanların ortak görüşleri alınarak yedi adet performans kriteri belirlenmiştir. Kasko üretimi yapan 15 şirket 2022 yılına ait finansal performansları değerlendirilmeye alınmıştır. Çalışmada kriterlerin ağırlıklandırılmasında subjektif ağırlıklandırma yöntemi olarak SWARA yöntemi ve objektif ağırlıklandırma yöntemi olarak MEREC-LOPCOW ÇKKV yöntemleri tercih edilmiştir. Üç farklı ağırlıklandırma yönteminden elde edilen sonuçlar ortak ağırlıklandırma yöntemiyle birleştirilmiştir. Performans değerlendirilmesinde ise COBRA yöntemi kullanılmıştır. Önerilen karar modelinin sonuçlarının geçerliliği ve tutarlılığı çeşitli duyarlılık analizleri kullanılarak test edilmiştir.

Bulgular: Kriter ağırlıklandırma sonuçlarına göre en önemli kriter net kazanılmış prim iken, en önemsiz kriter ise bileşik oran olmuştur. COBRA sıralama sonuçlarına göre 2022 yılında kasko prim üretimi yapan sigorta şirketleri arasında en iyi performansa sahip şirket A1(Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi) olmuştur.

Özgünlük: Çalışmanın sigorta alanında giderek büyüyen bir paya sahip olan kasko sigortası alanında performans değerlendirilmesini içermesi bakımından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte yöntem olarak hem subjektif hem de objektif ağırlıklandırma yöntemlerinin bir arada kullanılması çalışmanın özgünlüğü oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme, Sigorta, SWARA, MEREC, LOPCOW.

JEL Kodları: C4, G20, G22.

Performance Evaluation of Companies Producing Car Insurance with Hybrid Multi-Criteria Decision Making Methods

ABSTRACT

Purpose: The purpose of these studies is to evaluate the role of exporters producing casco in the Turkish Insurance sector in 2022.

Methodology: Seven performance criteria were determined, which are reported and stored jointly from the financial indicators included in the annual activity reports of the insurance reporting. The financial performances of 15 companies producing insurance for 2022 were evaluated. In the study, SWARA method was preferred as the subjective weighting method and MEREC-LOPCOW MCDM methods were preferred as the objective weighting method in weighting the criterias. The COBRA method was used in the performance evaluation. The results obtained from the three different weighting methods were combined with the common weighting method. The validity and consistency of the results of the proposed decision model were tested using various sensitivity analyses.

Findings: According to the criterion weighting continuation, the most important criterion was the net earned premium, while the least important criterion was the normal rate. According to the COBRA ranking results, the company with the best performance among the insurance companies producing motor insurance premiums in 2022 was A1 (Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi).

Originality: The study contributes to the literature by including performance evaluation in the field of casco insurance, which has a growing share in the insurance field. However, the originality of the method is achieved by using both subjective and objective weighting methods together.

Keywords: Multi-criteria decision making, Insurance, SWARA, MEREC, LOPCOW.

JEL Codes: C4, G20, G22.

¹ Cumhuriyet Üniversitesi, Zara Veysel Dursun Uygulamalı Bilimleri Yüksekokulu, Sigortacılık ve Risk Yönetimi Bölümü, Sivas, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Esra Aydın Ünal, eaunal@cumhuriyet.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1530339

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 09.08.2024 | Kabul / Accepted: 01.11.2024

Atıf/Cite: Aydın Ünal, E. (2025). "Kasko Üretimi Yapan Sigorta Şirketlerin Performansının Hibrit ÇKKV Modeli ile Değerlendirilmesi", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 77-100.

EXTENDED ABSTRACT

The insurance sector plays a vital role in risk management for individuals and businesses, contributing to societal stability and economic growth by collecting premiums and minimizing risks. In Turkey, the sector is becoming increasingly important, especially with the growing share of health and vehicle insurance. The rising number of vehicles on the road, along with increasing traffic congestion, has led to more accidents, which may not always involve both parties. The compulsory traffic insurance policy amounts are not protected very high and are not sufficient to cover the damages. In addition, accidents may not always occur between two parties. Vehicles may burn, be stolen or there may be accidents that are not caused by us and not by the other party. In such cases, it is inevitable to have a car insurance to warn us of the damage we will be exposed to. As more people purchase comprehensive insurance, competition among companies in this sector has intensified. This study evaluates the performance of insurance companies in Turkey's comprehensive car insurance sector based on the 2022 performance indicators.

Based on the financial indicators found in the annual activity reports of insurance companies, seven performance criteria were determined with input from experts. The financial performances of 15 companies producing insurance for 2022 were evaluated. To combine the advantages of both subjective and objective weighting methods, both types of weighting were utilized in the study. The SWARA method was used as the subjective weighting method, while the MEREC and LOPCOW ÇKKV methods were used as the objective weighting methods. The results obtained from the three weighting methods were combined using a common weighting approach. The performance evaluation was conducted using the COBRA method. The validity and consistency of the results of the proposed decision model were tested through various sensitivity analyses.

The criterion weights obtained from the three weighting methods show differences. In both the MEREC and LOPCOW methods, the most important criterion is the Net Paid Claims, while in the SWARA method, the most important criterion is the Combined Ratio. According to the common weighting method, when the criteria are ranked, the most important criterion is Net Paid Claims, followed by Net Earned Premiums as the second most important criterion. The least important criterion is the combined ratio. According to these results, the results obtained by the common weighting method align more closely with the MEREC method, while the results from the SWARA method differ from those of the other methods and the common weighting approach.

In the second phase, alternatives were ranked using the COBRA method. The findings of the COBRA method revealed that the top three performing companies in the comprehensive car insurance sector in 2022 were Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi, Allianz Sigorta AŞ, and Axa Sigorta AŞ.

The limitation of the study is the number of companies included in the analysis. The study could be expanded by including all the insurance companies involved in the production of comprehensive car insurance. Additionally, the analysis could be extended by incorporating more recent data from recent years. Future studies could also focus on companies in different insurance sectors and use clustering analysis methods to group them, with each group being evaluated using different ÇKKV methods.

There is very little literature on performance evaluation in the comprehensive car insurance sector. Therefore, the findings of this study could serve as a guide for the managers, employees, shareholders of insurance companies in the comprehensive car insurance sector, as well as customers purchasing such insurance. It is believed that managers could benefit from this study by analyzing their company's position in the sector and identifying the most important criteria for financial success.

1. GİRİŞ

Sigorta sektörü, günümüzde hem bireyler hem de işletmeler için önemli bir risk yönetimi mekanizması olarak işlev görmektedir. Bununla birlikte toplumlara sağladığı güvence ile huzur ve refahın korunmasına büyük katkı sağlamaktadır (Çalış ve Taşcı, 2020). Sigorta şirketleri, sigortalılara sundukları güvence karşılığında aldıkları primlerle önemli miktarda fon toplar. Bu fonlar, ekonomik faaliyetlerdeki riskleri minimize ederek, ekonomik faaliyetlerin daha güvenli ve istikrarlı bir şekilde sürdürülmesine yardımcı olur. Ayrıca, sigorta sektöründe toplanan bu primlerle oluşturulan fonlar, ülke ekonomilerine kaynak yaratır ve likidite sağlar (Olarewaju ve Msomi, 2022). Böylece, sigorta sektörü sadece risk yönetimi sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik büyüme ve istikrarın desteklenmesine de önemli bir katkıda bulunur.

Türk ekonomisi içerisinde de sigorta sektörü her geçen gün etkisini artırmakta ve kritik bir öneme sahip olmaktadır. Sigorta ve bireysel emeklilik sektörü %4,8 pay ve 780,5 milyar TL ile Türk finans sektöründe bankacılık sektörünün ardından ikinci sırada yer almaktadır. Ayrıca 2022 yıl sonu itibarıyla sigorta sektörü tarafından ekonomiye sağlanan fon, emeklilik fonları dâhil 644 milyar TL seviyesine ulaşmıştır. (TSB, 2022: 12). Türkiye'de faaliyet gösteren sigorta şirketleri hayat ve hayat dışı sigorta branşlarından sadece birinde faaliyet gösterebilmektedir. 5684 Sayılı Sigortacılık Kanunu, Madde 5'e göre sigorta şirketleri faaliyet göstermek istedikleri her branş için ayrıca ruhsat almak zorundadır. Türk sigorta sektöründe prim üretimi ve pazar payı bakımından etkin branş hayat dışı sigorta branşlarıdır. Hayat dışı sigorta branşının sahip olduğu yüksek pazar payında trafik sigortası gibi zorunlu branşların hayat dışı grubu içinde yer almasının etkisi olduğu söylenebilir. 2022 yıl sonu itibarıyla sigorta sektöründe toplam prim üretiminin %13'ü hayat sigortasında, %87'si ise hayat dışı branşlarda gerçekleştirilmiştir. Hayat dışı branşların toplamı içinde ise %27'lik pay ile zorunlu trafik sigortası en büyük paya sahiptir. Bu branşı %22 payla kara araçları, %15 payla hastalık/sağlık branşı takip etmektedir. Sektör üretiminde, sağlık sigortaları ile kasko sigortalarının paylarının giderek arttığı gözlenmektedir (SEDDK, 2022: 10).

Kasko sigortası ile sigortalılar, trafik sigortasının aksine karayolunda kullanabildikleri kendi motorlu veya motorsuz araçlarının uğrayacağı maddi zararları teminat altına alabilmektedirler. Günümüzde sektörde önemi ve payı her geçen gün artan kasko sigortası sigorta sektörünün büyümesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte bu branşa faaliyet gösteren şirket sayısının da artışı sigortacılık sektöründe rekabet ortamı yaratmaktadır. Özellikle günümüzde trafiğe kayıtlı araç sayısının artış göstermesi ve araç bedellerindeki yaşanan hızlı yükselişler kasko sigortasının önemini artırmaktadır (Akkurt ve Okur, 2022).

Bu çalışmada giderek büyüyen ve önem kazanan kasko sigorta sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin finansal performanslarını etkileyen faktörlerin önem derecelerini belirleyerek bu faktörlere göre şirketlerin performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Literatür incelendiğinde sigorta sektöründe performans ölçümünün genel olarak sektör bazlı veya şirket bazında hayat veya hayat dışı genel verilere dayalı olarak yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmada sigorta şirketlerinin hayat dışı sigorta grubu içerisinde yer alan kasko branşına ait performansı değerlendirilmiştir. Senelik faaliyet raporu sunan ve belirlenen kriterlere ait verilere ulaşılabilen 36 sigorta şirketi başlangıçta değerlendirmeye alınmıştır. Şirketlerin büyüklükleri ve piyasa değeri düşünüldüğünde birbirinden çok farklı oldukları görülmüştür. Bu nedenle nispeten daha küçük şirketleri değerlendirmeden çıkarmak için kriter ağırlıkları eşit alınarak basit bir endeksleme yapılarak sıralanmıştır. 36 şirketten ilk 15'i çalışmaya dahil edilmiştir. Daha sonra kasko branşında prim üretiminde bulunan sigorta şirketlerinin 2022 yılına ait kasko branşı göstergelerine dayalı performansları değerlendirilmiştir. Çalışmada hem sübjektif hem de objektif ağırlıklandırma yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Böylece hem uzmanlara hem de sayısal değerlere bağlı daha tutarlı kriter ağırlıkları elde edilmesi amaçlanmıştır. İlk olarak bir sübjektif (SWARA) ve iki objektif (MEREC, LOPCOW) ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak performans değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bu yöntemler ile elde edilen önem ağırlıkları birleştirilerek kriterlere ait nihai ağırlıklar tespit edilmiştir. Elde edilen kriter ağırlıkları alternatiflerin sıralanması için geliştirilen COBRA yönteminde kullanılarak alternatiflere (sigorta şirketlerine) ait performans sıralaması elde edilmiştir.

Son olarak duyarlılık analizi elde edilen sonuçların güvenilirliği ve doğruluğu incelenmiştir. Bu amaçla farklı kriter ağırlıklarının sonuçlara etkisinin karşılaştırılması ve farklı ÇKKV yöntemleri kullanılarak elde edilen sıralamaların karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen sıralama sonuçları korelasyon analizi ile birbirleri ile ilişkisi tespit edilmiştir.

Çalışmanın sigorta alanında giderek büyüyen bir paya sahip olan kasko sigortası alanında performans değerlendirilmesini içermesi bakımından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte yöntem olarak hem sübjektif hem de objektif ağırlıklandırma yöntemlerinin bir arada kullanılması çalışmanın özgünlüğü oluşturmaktadır.

Çalışmanın organize edilişi şu şekildedir: birinci bölümde giriş niteliğinde konunun öneminden bahsedilmiştir. İkinci bölümünde konuyla ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada performans değerlendirmesi amacıyla kullanılan veriler ve kullanılan ÇKKV yöntemleri SWARA-

MEREC-LOPCOW ve COBRA yöntemleri tanıtılmıştır. Dördüncü bölüm elde edilen bulgular ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Beşinci bölümünde çalışmanın geçerliliği duyarlılık analizleri ile test edilmiştir. Son bölümde ise genel bir değerlendirme ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR

Literatür araştırmasında ilk olarak kasko branşında ve diğer branşlarda faaliyet gösteren sigorta şirketlerinin performans değerlendirilmesini içeren çalışmalar incelenmiştir. Daha sonra çalışmada yer alan çok kriterli karar verme yöntemlerinin yer aldığı çalışmalar değerlendirilmiştir. Literatürde kasko sigorta şirketlerinin performansının değerlendirildiği bir çalışma bulunmaktadır.

Akkurt ve Okur (2022) çalışmalarında Türkiye’de kasko branşında hizmet veren 25 sigorta şirketinin 2017-2021 yılları arasındaki etkinlikleri Veri Zarflama Analizi ve TOPSIS yöntemi ile ölçülmüştür. Şirket bazında 2017 yılından 2019 yılına kadar etkinlik oranlarında yükseliş görülürken 2020 ve 2021 yıllarında düşüş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yücenur (2018) çalışmasında Türkiye sigorta sektörünün kasko poliçe seçimi için 5 kriter ve 22 alt kriterden oluşan hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. 5 farklı kasko poliçesi üreten sigorta şirketi öncelikle analitik hiyerarşi prosesi, daha sonra analitik ağ prosesi ve son olarak VIKOR yöntemi ile değerlendirilmiştir. Poliçe seçiminde en önemli kriterin maliyet kriteri olduğu görülmüştür.

Taşcı (2023a) çalışmasında Borsa İstanbul’da işlem gören 5 sigorta şirketinin piyasa çarpanlarıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden LOPCOW-CODAS yöntemlerini kullanarak performans ölçümleri incelemiştir. Çalışma bulgularının geçerliliği ve güvenilirliği için duyarlılık analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sigorta şirketlerinin piyasa performansının belirlenmesinde en önemli kriterin Piyasa Değeri/Aktifler kriteri olduğu, en önemsiz kriterin ise Hisse başına kâr kriteri olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte RAY Sigorta şirketinin performans sıralamasında ilk sırada olduğu belirlenmiştir.

Erdoğan ve Aydın (2024) çalışmalarında Borsa İstanbul’da işlem gören 6 sigorta şirketin 2019-2022 yıllarında performanslarını ÇKKV yöntemlerini kullanarak incelemiştir. Kriter ağırlıklarını belirlemek için uygulanan CRITIC yöntemine göre sigorta şirketlerinin finansal performans değerlendirmesinde en önemli kriterin Faaliyet Gideri/Toplam Varlıklar kriteri olduğu belirlenmiştir. MARCOS yöntemi sıralama sonucunda performansı en yüksek şirket Anadolu Hayat Emeklilik Şirketi olurken Agesa Sigorta şirketi tüm yıllarda en kötü performansa sahip firma olmuştur.

Taşcı (2024), Türk sigorta sektöründe faaliyet gösteren ikisi ulusal ikisi uluslararası sermayeli dört sigorta şirketinin 2015-2021 yılları arasında Entropi ve EDAS-M çok kriterli karar verme yöntemleri performansları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Axa Emeklilik hariç ele alınan diğer üç şirketin en iyi performans gösterdiği yıl 2021 olmuştur.

Gülcemal ve diğerleri (2023) çalışmalarında Borsa İstanbul Sigorta endeksine kayıtlı 6 sigorta şirketinin CRITIC ve COCOSA çok kriterli karar ve yöntemleri ile 2020-2021 yıllarındaki performansları değerlendirilmiştir. Elde edilen finansal performans sıralamasına göre Türkiye Sigorta A.Ş.’nin her iki yılda da en iyi performansa sahip olduğu görülmektedir.

Köse ve Dikme (2021) çalışmalarında hayat dışı branşta faaliyet gösteren sigorta şirketlerinin sektördeki performans değerlendirmesi çok kriterli karar verme yöntemleri arasından TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre sabit varlıkları ve öz kaynakları yüksek olan şirketlerin performanslarının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Aydın Ünal (2019) Borsa İstanbul’daki sigorta şirketlerinin bütünlük Entropi ve EDAS yöntemlerinden yararlanarak performanslarını ölçmüştür. ÇKKV yöntemlerinden elde edilen sonuçlara göre Aksigorta 2018 yılında en iyi performansı olan şirket olarak bulunmuştur.

Aydın (2019), Türkiye’de faaliyet gösteren hayat ve emeklilik sigorta şirketlerinin performanslarını ÇKKV teknikleri ile incelemiştir. CRITIC yöntemine sonuçlarına göre finansal oranlar içerisinde prim/öz sermaye oranı, teknik oranlar içerisinde ise hasar oranı en önemli kriterlerdir. Her iki grup sigorta şirketlerinin performans sıralamalarının TOPSIS yöntemleri ile yapılan analiz sonuçlarına göre, benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Işık (2021), 2011-2020 dönemi AXA sigorta şirketinin finansal performansını ÇKKV yöntemlerinden AHP, CRITIC ve WEBDA kullanarak analiz etmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerine göre ele alınan dönemde sigorta şirketinin performansının istikrarlı olmadığı tespit edilmiştir.

Bektaş (2022), 2022- 2021 dönemi için Türkiye’deki sigortacılık sektörünün performansını Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden MEREC, LOPCOW, CoCoSo ve EDAS yöntemleri ile analiz etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sektörün performans bakımından ele alınan dönemde en iyi olduğu yıl, 2020 yılı olarak gözlemlenmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan yöntemlere ilişkin özet

Yazar	Araştırma Konusu
SWARA Yöntemini Kullanan Bazı Çalışmalar	
Zolfani ve diğerleri (2015)	Ar-Ge projelerinin seçimi
Stanujkic ve diğerleri (2015)	Ambalaj tasarımı seçimi
Karabasevic ve diğerleri (2016a)	Personel seçimi
Karabasevic ve diğerleri (2016b)	Şirketlerin kurumsal sosyal sorumluluk göstergelerine göre sıralaması
Urosevic ve diğerleri (2017)	Turizm sektöründe personel seçimi
Gök Kısa ve Açıncı (2019)	OECD ülkelerinin lojistik performansı
Ulutaş ve diğerleri (2020)	Lojistik yer seçimi
Yücenur ve İpekçi (2021)	Deniz akıntısı enerji santrali yer seçimi
Elmas ve Özkan (2021)	Ulaştırma ve depolama sektörü işletmelerinin finansal performanslarının değerlendirilmesi
Demir (2021)	Özel sermayeli mevduat bankalarında performans analizi
Kumar ve diğerleri (2022)	Sprey boya robotu seçimi
Terzioğlu ve diğerleri (2022)	BİST100-Enerji Sektörü finansal performans
Utlı (2024)	Dijital pazarlama strateji seçimi
MEREC Yöntemini Kullanan Bazı Çalışmalar	
Rani ve diğerleri (2021)	Gıda atıklarının arıtılması için teknoloji seçimi
Açıncı ve Arsu (2021)	Sosyal gelişme endekslerine göre ülkelerin değerlendirilmesi
Simic ve diğerleri (2022)	Kentsel ulaşımın iklim değişikliği etkileri
Mishra ve diğerleri (2022)	Düşük karbonlu turizm strateji değerlendirilmesi
Goswami ve diğerleri (2022)	Yeşil yenilebilir enerji kaynağının seçimi
Bektaş (2023c)	BIST 100 endeksinde işlem gören enerji firmalarının 2022 yılı için finansal performanslarının değerlendirilmesi
Keleş (2023)	Yük kaldırma platformu seçimi
Kara ve diğerleri (2024)	Sürdürülebilir rekabet edebilirlik seviyelerinin belirlenmesi
İnce ve diğerleri (2024)	G-20 ülkelerinin Covid-19 öncesi ve sonrası lojistik performanslarının değerlendirilmesi
Taşcı (2023b)	Doğal Afet Sigortaları Kurumu'nun performans değerlendirilmesi
LOPCOW Yöntemini Kullanan Bazı Çalışmalar	
Ecer ve diğerleri (2022)	Gelişmekte olan ülke bankacılık sektöründe sürdürülebilir performans değerlendirilmesinde
Bektaş (2022)	Türk Sigorta sektörünün finansal performans değerlendirilmesi
Biswas ve diğerleri (2022a)	Covid-19'un gelişmekte olan pazardaki firma performansı üzerinde etkisinin araştırılması
Biswas ve diğerleri (2022b)	Hızlı tüketim sektöründeki firmaların temettü ödeme kapasitelerinin karşılaştırılması
Biswas ve diğerleri (2022c)	Satış personeli seçimi
Biswas ve diğerleri (2022d)	Hisse senedi performanslarının karşılaştırılması
Biswas ve diğerleri (2022e)	Gelişmekte olan pazardaki firmaların satış ve operasyonel performanslarının karşılaştırılması
Bektaş (2023b)	Özel sermayeli bir bankanın sürdürülebilirlik performansını hibrit bir ÇKKV modeli ile değerlendirilmesi
Gülcemal ve İzci (2023)	Türk Katılım banka sektörünün performans değerlendirilmesi
Yalman ve diğerleri (2023)	Türkiye ekonomisinin makroekonomik performansının değerlendirilmesi
Keleş ve diğerleri (2024)	Dijital Diplomasi İndeksine göre G20 ülkelerinin değerlendirilmesi
Kahreman (2024)	D8 ülkelerinin ekonomik performanslarının değerlendirilmesi
COBRA Yöntemini Kullanan Bazı Çalışmalar	
Krstić ve diğeri (2022a)	Tarım-gıda sektöründe lojistik 4.0 teknolojilerinin değerlendirilmesi
Popović et al. (2022)	Bir e-ticaret geliştirme stratejisi seçme
Oğuz ve Satır (2024)	Perakende şirketlerinde kârlılık performansının değerlendirilmesi
Asker (2024)	Deprem bölgesinde yer alan firmalarda Kahramanmaraş depremlerinin finansal performansa etkisi
Krstić ve diğerleri (2024)	Tarımsal gıda tedarik zincirindeki risklerin değerlendirilmesi
Verma ve diğerleri (2024)	Bir Siber Güvenlik Platformunun değerlendirilmesi ve seçimi

Ecer ve Pamucar (2021), Covid-19 dönemi Türkiye'de faaliyet gösteren on sigorta şirketinin ÇKKV yöntemlerinden olan MARCOS yöntemi ile performansını değerlendirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre ele alınan dönemde en iyi performansı gösteren şirketin (A5) ile temsil edilen ikinci en iyi performansı gösteren şirketin ise (A2) ile temsil edilen şirketin olduğunu belirtmişlerdir.

Bektaş (2023a) çalışmasında 2021 yılının dört çeyrek dönemi için XSGRT endeksinde bulunan sigorta şirketlerinin finansal performanslarını MEREC, MABAC ve CoCoSo yöntemleri ile değerlendirmiştir. CoCoSo yöntemine göre 2021 yılı ilk çeyrekte en iyi performans gösteren AKGRT olurken, MABAC yöntemine göre 2021 yılı ilk çeyrekte en iyi performans gösteren AGESA şirketi olarak belirlenmiştir.

Puska ve diğerleri (2023) Sırbistan'da tarım sigortası yapan 5 sigorta şirketinin performanslarını çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak belirlemişlerdir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için bulanık LMAW ve entropi yöntemlerine dayanan birleşik bir yaklaşım kullanılırken, sigorta şirketlerinin sıralanması için bulanık CRADIS yöntemini kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre en iyi performans gösteren DDOR şirketi olarak tespit edilmiştir.

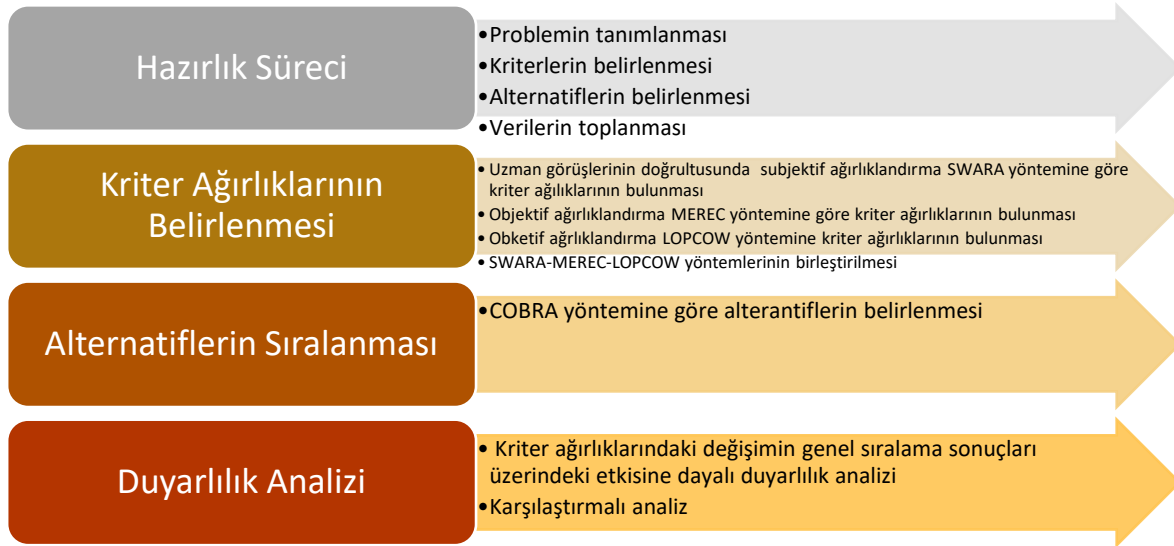
Zhang ve diğerleri (2023) çalışmalarında çok kriterli karar verme ve Dengeli Puan Kartı (BSC) ile tek değerli nötrosofik sayılar (SVNN'ler) kullanılarak özel sigorta şirketlerinin performansının değerlendirilmesine yönelik bir model oluşturmuşlardır.

Çalışmada kullanılan 4 farklı çok kriterli karar verme yöntemlerine ait çalışmalar özet tablo literatür olarak verilmiştir. Tablo 1 söz konusu yöntemlere ait çalışmaları göstermektedir.

Literatürde sigorta sektörü ile ilgili birçok çalışma bulunmasına rağmen kasko branşında performans değerlendirmesine yönelik çok az çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada kasko branşında üretim yapan şirketlerin performans değerlendirilmesi ve bu amaçla önerilen hibrit model yönüyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca performans üzerinde etkili kriterlerin önem derecelerinin belirlendiği bu çalışmada elde edilen bulgularının kasko branşında üretim yapan sigorta şirketleri açısından da önem arz etmektedir. Yöneticilerin bu çalışmayı dikkate alarak gerek şirketlerinin sektördeki durumlarını analiz etmelerine gerekse finansal başarıda daha önemli olan kriterleri belirleyebilmeleri açısından fayda sağlayacaktır.

3. METODOLOJİ

Bu bölümde kasko branşında üretim yapan sigorta şirketlerinin 2022 yılına ait performansını değerlendirmek için önerilen SWARA-MEREC-LOPCOW tabanlı COBRA sıralama yönteminin kullanıldığı hibrit ÇKKV modeli önerilmiştir. Performans değerlendirmesinde kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi için literatürde pek çok ÇKKV yöntemi kullanılmaktadır. Genel olarak, bu yöntemler doğası gereği subjektif (öznel) ve objektif (nesnel) olabilir. Nesnel yöntemler, matematiksel modeller kullanarak mevcut verilere dayanarak kriter ağırlıklarını değerlendirir. Öte yandan, öznel yöntemler, karar vericinin (KV) kriterler veya alternatifler üzerindeki bireysel bilgisi, kişisel görüşleri ve bilişsel çabalarına dayalı tercihinin dayandırır. Öznel ağırlıklar tamamen KV'nin yargısı veya sezgisinden etkilendiğinden, KV'nin deneyim veya bilgi eksikliği öznel yöntemlerde yanlış kararlara yol açabilir. Öte yandan, nesnel yöntemlerde KV'nin gerçek durumu ve deneyimi tamamen ihmal edilir. Bu nedenle, her iki yöntemden (yani nesnel ve öznel) fayda elde etmek için nesnel ve öznel kriter ağırlıkları entegre edilmelidir (Paramanik ve diğerleri, 2022). Subjektif ve objektif ağırlıklandırma yöntemlerinin avantajlarını bir arada kullanmak amacıyla çalışmada her iki ağırlıklandırma yöntemlerinden kullanılmıştır. Subjektif ağırlıklandırma yöntemi olarak SWARA ve objektif ağırlıklandırma yöntemi olarak da MEREC ve LOPCOW ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. SWARA yöntemi diğer subjektif ağırlıklandırma yöntemlerine göre daha az ikili karşılaştırmaya olanak sağladığı için uygulanabilirliği daha basit olmaktadır (Mostafaeipour ve diğerleri 2020). MEREC yöntemi ise objektif bir yöntem olup, anlaşılır, kolay ve sağlam matematiksel altyapıya sahip olması diğer yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır (Ayçin ve Arsu, 2022). Diğer objektif kriter ağırlıklandırma yöntemi LOPCOW yöntemi yeni bir yöntem olmasından dolayı ve serilerin ortalama kare ve standart sapmalarının yüzdesini ele alarak, serinin boyutundan kaynaklanan boşluğu ortadan kaldırması yönünden avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte LOPCOW yöntemi negatif ham verilerden etkilenmeyen bir yöntemdir (Ecer ve Pamucar, 2022). SWARA-MEREC-LOPCOW ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar ortak ağırlıklandırma yöntemiyle birleştirilmiştir. Belirlenen kriter ağırlıkları ile alternatifler COBRA sıralama yöntemi ile sıralanmıştır. COBRA yöntemi birçok yöntemde olduğu gibi referans noktasına olan mesafeye göre sıralama şeklindedir. Yöntemin diğer mesafe tabanlı yöntemlere göre ana avantajı pozitif ve negatif ideal ile ortalama çözümlerden öklidyen ve taksicab mesafelerini birlikte içeriyor oluşudur (Krstić ve diğerleri, 2024). Çalışmada kasko branşında üretim yapan sigorta şirketlerinin 2022 yılının ait performans sıralaması modeli, Şekil 1' de verilmektedir.



Şekil 1. Çalışmanın modeli

3.1. SWARA Yöntemi

SWARA yöntemi Keršulienė ve diğerleri (2010) tarafından literatüre kazandırılmış uzman görüşlerine dayalı bir kriter ağırlıklandırma yöntemidir. SWARA yöntemine ilişkin hesaplama adımları aşağıdaki gibi özetlenmiştir (Zavadskas ve diğerleri, 2018; Stanujkic ve diğerleri, 2015):

Adım 1: Kriterler uzmanlar tarafından sahip oldukları öneme göre en önemli olan ilk sırada, en az önemli olan son sırada olacak şekilde sıralanır.

Adım 2: İkinci kriterden başlayarak uzmanlar her j kriterinin bir önceki ($j-1$) kritere göre ne kadar önem arz ettiğini ifade eder. Bu değer ortalama değerlerin karşılaştırmalı önemi (S_j) olarak ifade edilmiştir (Keršulienė ve diğerleri, 2010).

Adım 3: Eşitlik 1 vasıtasıyla her bir kriter için k_j katsayıları belirlenir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Adım 4: Yeniden hesaplanmış ağırlık q_j değeri Eşitlik 2 kullanılarak belirlenir.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{s_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Adım 5: Değerlendirme kriterlerinin göreceli ağırlıkları Eşitlik (3)'ten yararlanılarak hesaplanır.

$$W_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

3.2. MEREC Yöntemi

MEREC yöntemi Keshavarz-Ghorabae ve diğerleri (2021) tarafından ÇKKV yöntemi olarak literatüre kazandırılmıştır. Objektif kriter ağırlıklandırma yöntemi olan MEREC yöntemi, bir kriterin ağırlığın hesaplanırken, önem seviyesi hesaplanan kriter devre dışı bırakılır ve toplam kriter ağırlığında meydana gelen değişikliğe bakılır. Bu özelliği ile diğer objektif ÇKKV kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden ayrılmaktadır. MEREC yönteminin adımları aşağıda verilmiştir (Ghorabae ve diğerleri, 2021; Ghorabae, 2021).

Adım1: Karar matrisi oluşturulur (Eşitlik 4).

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} \quad (4)$$

Adım2: Karar matrisi aşağıdaki Eşitlikler yardımıyla normalize edilir. Fayda kriterleri Eşitlik 5 ve maliyet kriterleri ise Eşitlik 6 ile normalize edilir.

$$v_{ij}^* = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (5)$$

$$v_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (6)$$

Adım3: Her bir alternatife ait toplam performans değeri Eşitlik 7 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$S_i = \ln(1 + (\frac{1}{m} \sum_j |\ln(v_{ij})|)) \quad (7)$$

Adım4: Her bir kriterin değeri ayrı ayrı çıkartılarak alternatiflerin performansındaki değişiklikler Eşitlik 8 yardımıyla bulunmaktadır.

$$S'_{ij} = \ln(1 + (\frac{1}{m} \sum_{k,k \neq j} |\ln(v_{ik})|)) \quad (8)$$

Adım5: Eşitlik 9 ile mutlak sapmaların toplamları hesaplanır.

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i| \quad (9)$$

Adım6: Kriterlerin ağırlığının belirlenmesinde Eşitlik 10 kullanılır.

$$w_{jMEREC} = \frac{E_j}{\sum_k E_k} \quad (10)$$

3.3. LOPCOW Yöntemi

Kriterlerin ağırlıklarının objektif olarak belirlenmesin de kullanılan LOPCOW yöntemi Ecer ve Pamucar (2002) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bu yöntemde herhangi bir kriter sınırlaması yoktur. Hem fayda hem de maliyet yönü kriterler için uygun çözümler sunar. LOPCOW yönteminin diğer objektif kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden farkı ise, serilerin ortalama kare değerlerinin standart sapmalarının yüzdesi şeklinde ifade edilerek, verilerin boyutundan kaynaklanan farkı (boşluğu) ortadan kaldırması olarak ifade edilebilir. Bu yöntem negatif değerlerden etkilenmemektedir. LOPCOW yöntemi dört adımdan oluşmaktadır (Ecer ve Pamucar, 2022).

Adım 1: m alternatif ve n kriter içeren bir karar verme problemi için bir başlangıç karar matrisi (IDM) oluşturulur (Eşitlik 11).

$$IDM = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & \dots & X_{mj} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Adım 2: Normalize karar matrisi oluşturulur. IDM'nin elemanlarının değerlerini elde etmek için doğrusal max-min normalleştirme tekniği kullanılır. Eğer kriterler maliyet yönlü ise Eşitlik 12, kriterler fayda yönlü ise Eşitlik 13 kullanılır.

$$r_{ij} = \frac{x_{max} - x_{ij}}{x_{max} - x_{min}} \quad (12)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (13)$$

Adım 3: Her bir kriterin yüzde değerleri (PV) hesaplanır. Bu adımda her bir kriterin standart sapmalarının yüzdesi olarak ortalama kare değeri, verilerin büyüklüğünden kaynaklanan farkı (boşluğu) ortadan kaldıracak ölçüde hesaplanır (Eşitlik 14).

$$PV_{ij} = \left| \ln \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}}{\sigma} \right) \right| \cdot 100 \quad (14)$$

Adım 4: Objektif ağırlıkların hesaplanması

Son olarak her bir kriterin önem ağırlığı Eşitlik 15 ile hesaplanır.

$$w_j = \frac{PV_{ij}}{\sum_{i=1}^n PV_{ij}} \quad (15)$$

SWARA, MEREC ve LOPCOW yöntemlerine göre bulunan kriter ağırlıklarının Eşitlik 16 ile ortak ağırlıklandırma değeri bulunur (Işık, 2022)

$$w_{j,birleştirmiş} = \frac{w_{j,SWARA}w_{j,MEREC}w_{j,LOPCOW}}{\sum_{j=1}^m w_{j,SWARA}w_{j,MEREC}w_{j,LOPCOW}} \quad (16)$$

3.4. COBRA Yöntemi

COBRA yöntemi Krstić ve diğerleri (2022) tarafından alternatiflerin nihai sıralamasının elde edilmesi amacıyla önerilmiş güncel bir ÇKKV yöntemidir. Yönteme ilişkin hesaplama adımları aşağıdaki gibidir (Krstić ve diğerleri, 2022b; Popović ve diğerleri, 2022):

Adım 1: Eşitlik (4)' te gösterildiği şekilde bir karar matrisi oluşturulur.

Adım 2: Normalleştirilmiş karar matrisi (Δ) Eşitlik 17 vasıtasıyla oluşturulur. Matris değerleri Eşitlik 18'de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$\Delta = [\alpha_{ij}]_{n \times m} \quad (17)$$

$$\alpha_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\max_i \alpha_{ij}} \quad (18)$$

Adım 3: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi Eşitlik 19 kullanılarak oluşturulur.

$$\Delta_w = [w_j x \alpha_{ij}]_{n \times m} \quad (19)$$

Burada w_j j. kriterin göreceli ağırlığını ifade etmektedir.

Adım 4: Her bir kriter fonksiyonuna ait pozitif ideal (PIS_j), negatif ideal (NIS_j) ve ortalama çözüm (AS_j) sırasıyla Eşitlik 20, 21 ve 22 vasıtasıyla hesaplanır.

$$\begin{cases} PIS_j = \max_i (w_j x \alpha_{ij}), j = 1, \dots, m, \text{ eğer kriter fayda kriteri ise} \\ PIS_j = \min_i (w_j x \alpha_{ij}), j = 1, \dots, m, \text{ eğer kriter maliyet kriteri ise} \end{cases} \quad (20)$$

$$\begin{cases} NIS_j = \min_i (w_j x \alpha_{ij}), j = 1, \dots, m, & \text{eğer kriter fayda kriteri ise} \\ NIS_j = \max_i (w_j x \alpha_{ij}), j = 1, \dots, m, & \text{eğer kriter maliyet kriteri ise} \end{cases} \quad (21)$$

$$AS_j = \frac{\sum_{i=1}^n (w_j x \alpha_{ij})}{n} \quad j = 1, \dots, m, \quad \text{fayda ve maliyet kriterleri için} \quad (22)$$

Adım 5: Bu adımda her bir alternatif için pozitif ideal ($d(PIS_j)$) ve negatif ideal ($d(NIS_j)$) çözümlere olan uzaklıklar ile ortalama çözüme olan pozitif ($d(AS_j^+)$) ve negatif ($d(AS_j^-)$) uzaklıklar hesaplanır (Eşitlik 23).

$$d(S_j) = dE(S_j) + \sigma x dE(S_j) x dT(S_j), \quad j = 1, \dots, m \quad (23)$$

Burada S_j herhangi bir çözümü (PIS_j, NIS_j, AS_j) temsil etmektedir. σ ise düzeltme katsayısıdır ve Eşitlik 24 vasıtasıyla hesaplanmaktadır.

$$\sigma = \max_i dE(S_j)_i - \min_i dE(S_j)_i \quad (24)$$

Burada $dE(S_j)_i$ ve $dT(S_j)_i$ sırasıyla Öklidyen ve Taksicap uzaklıkları temsil etmektedir. Pozitif ideal çözüm için Eşitlik 25 ve Eşitlik 26 negatif ideal çözüm için ise Eşitlik 27 ve Eşitlik 28 kullanılarak hesaplanır.

$$dE(PIS_j)_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (PIS_j - w_j x \alpha_{ij})^2}, \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (25)$$

$$dT(PIS_j)_i = \sum_{j=1}^m |PIS_j - w_j x \alpha_{ij}| \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (26)$$

$$dE(NIS_j)_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (NIS_j - w_j x \alpha_{ij})^2} \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (27)$$

$$dT(NIS_j)_i = \sum_{j=1}^m |NIS_j - w_j x \alpha_{ij}| \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (28)$$

Ortalama çözümden pozitif ve negatif uzaklık için Öklidyen ve Taksicap mesafeleri sırasıyla Eşitlik 29-34 vasıtasıyla hesaplanır.

$$dE(AS_j)_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m \tau^+ (AS_j - w_j x \alpha_{ij})^2} \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (29)$$

$$dT(AS_j)_i^+ = \sum_{j=1}^m \tau^+ |AS_j - w_j x \alpha_{ij}| \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (30)$$

$$\text{Burada } \tau^+ = \begin{cases} 1 & \text{if } AS_j < w_j x \alpha_{ij} \\ 0 & \text{if } AS_j > w_j x \alpha_{ij} \end{cases} \quad (31)$$

$$dE(AS_j)_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m \tau^- (AS_j - w_j x \alpha_{ij})^2} \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (32)$$

$$dT(AS_j)_i^- = \sum_{j=1}^m \tau^- |AS_j - w_j x \alpha_{ij}| \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (33)$$

$$\text{Burada } \tau^- = \begin{cases} 1 & \text{if } AS_j > w_j x \alpha_{ij} \\ 0 & \text{if } AS_j < w_j x \alpha_{ij} \end{cases} \quad (34)$$

Adım 6: Alternatifler Eşitlik 35 kullanılarak hesaplanan kapsamlı mesafelerine (dC_i) göre sıralanır.

$$dC_i = \frac{d(PIS_j) - d(NIS_j) - d(AS_j)_i^+ + d(AS_j)_i^-}{4} \quad i = 1, \dots, n \quad (35)$$

En küçük dC_i değerine sahip alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilecektir.

4. UYGULAMA

Bu çalışmada kasko branşında üretim yapan sigorta şirketlerinin 2022 yılı finansal performansları değerlendirilmiştir. 2019 yılında başlayan Covid 19 salgını sonucunda ilan edilen pandemi süreci yaklaşık olarak iki yıl etkisini sürdürmüştür. Bu dönemde tüm sektörlerde olduğu gibi sigortacılık sektöründe de olumsuz etkiler görülmüştür. 2022 yılı salgın sonrası toparlanma dönemi olacağına yönelik iyimser beklentilerle başlamış ve küresel ekonominin gündeminin yüksek enflasyon ve enerji krizi ile belirlendiği zor bir yıl olmuştur. Bu nedenle 2022 yılına ait raporlardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Sigorta sektörü için Kasko branşında üretim yapan sigorta şirketlerinin performans değerlendirmesi için 7 kriter seçilmiştir. Bu kriterler literatürde en çok kullanılan bileşik oran(C1), net kazanılmış prim(C2), net ödenen hasar (C3), teknik kar (C4), net hasar prim oranı (C5), yatırım gelirleri (C6) ve yatırım giderleri (C7). Bu kriterler doğrultusunda toplam 36 şirket verisi toplanmıştır. Verilerde negatif değerler yer aldığından Z Skor dönüşümü ile dönüşüm yapılarak veriler standartlaştırılmıştır. Toplanan 36 şirket için kriterlerin önem ağırlığı eşit alınarak şirketlerin sıralaması yapılmıştır ve Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu sıralama sonucunda ilk 15 şirket 2022 yılı için finansal performansları açısından değerlendirilmeye alınmıştır.

Tablo 2. Eşit ağırlıklı sıralama sonucu

Şirket	Endeks Değeri	Sıralama	Şirket	Endeks Değeri	Sıralama
Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi	1,070	1	Ankara Anonim Türk Sigorta Şirketi	-0,75282	19
Allianz Sigorta AŞ	0,464	2	Zurich Sigorta AŞ	-0,76709	20
Axa Sigorta AŞ	0,392	3	Orient Sigorta AŞ	-0,77844	21
Türkiye Sigorta AŞ	0,141	4	Ana Sigorta AŞ	-0,81803	22
Corpus Sigorta AŞ	0,070	5	Gri Sigorta AŞ	-0,83815	23
Sompo Sigorta AŞ	-0,033	6	Gulf Sigorta AŞ	-0,85496	24
Neova Katılım Sigorta AŞ	-0,159	7	Generali Sigorta AŞ	-0,86351	25
Aksigorta AŞ	-0,236	8	Magdeburger Sigorta AŞ	-0,8916	26
HDI Sigorta AŞ	-0,330	9	Bereket Sigorta AŞ	-0,90155	27
Mapfre Sigorta AŞ	-0,432	10	AcnTurk Sigorta AŞ	-0,90354	28
Eureko Sigorta AŞ	-0,434	11	Doga Sigorta AŞ	-0,92067	29
Ray Sigorta AŞ	-0,491	12	Türk Nippon Sigorta AŞ	-0,92726	30
Unico Sigorta AŞ	-0,519	13	Arex Sigorta AŞ	-0,92887	31
Hepiyi Sigorta AŞ	-0,606	14	Quick Sigorta AŞ	-0,96607	32
Groupama Sigorta AŞ	-0,612	15	SS TMT Karşılıklı Sigorta Kooperatifi	-1,04322	33
SS Atlas Karşılıklı Sigorta Kooperatifi	-0,626	16	Aveon Global Sigorta AŞ	-1,05336	34
Şeker Sigorta AŞ	-0,675	17	Ethica Sigorta AŞ	-1,12309	35
Koru Sigorta AŞ	-0,699	18	Prive Sigorta AŞ	-1,52507	36

Çalışmada Türk sigorta şirketlerinin kasko branşı performanslarını değerlendirmek amacıyla SWARA-MEREC-LOPCOW ve COBRA yöntemlerinden oluşan bir karar modeli oluşturulmuştur. Kasko branşında şirketlerin kriter önem ağırlıklarının belirlenmesi için SWARA- MEREC-LOPCOW ortak ağırlıklandırma yöntemi kullanılırken, 2022 yılında şirketlerin kasko branşı bazında performans sıralaması COBRA yöntemi ile yapılmıştır. Bu bölümde Tablo 3'te analizde kullanılan kriterler ve alternatiflere ilişkin bilgiler verildikten sonra önerilen hibrit modelden elde edilen analiz sonuçları sunulmuştur.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan kriterler ve alternatifler

Alternatifler	Kod	Kriterler	Kod	Yön
Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi	A1	Bileşik Oran	C1	Minimum
Allianz Sigorta AŞ	A2	Net Kazanılmış Prim	C2	Maksimum
Axa Sigorta AŞ	A3	Net Ödenen Hasar	C3	Minimum
Türkiye Sigorta AŞ	A4	Teknik Kar	C4	Maksimum
Corpus Sigorta AŞ	A5	Net Hasar Prim Oranı	C5	Minimum
Sompo Sigorta AŞ	A6	Yatırım Gelirleri	C6	Maksimum
Neova Katılım Sigorta AŞ	A7	Yatırım Giderleri	C7	Minimum
Aksigorta AŞ	A8			
HDI Sigorta AŞ	A9			
Mapfre Sigorta AŞ	A10			
Eureko Sigorta AŞ	A11			
Ray Sigorta AŞ	A12			
Unico Sigorta AŞ	A13			
Hepiyi Sigorta AŞ	A14			
Groupama Sigorta AŞ	A15			

Alternatif ve kriterler Tablo 3'teki karar matrisinde gösterilmiştir. Karar matrisi oluşturulurken Teknik Kâr ve Yatırım Gideri kriterlerinde negatif değerler gözlenmiştir. Bu nedenle karar matrisindeki tüm değerlere Eşitlik 36 ve Eşitlik 37 ile Z-Skor yardımıyla düzeltme işlemi uygulanmıştır (Zhang ve diğerleri, 2014).

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}}{\sigma_j} \quad (36)$$

$$z'_{ij} = z_{ij} + A; \quad A > |\min z_{ij}| \quad (37)$$

Tablo 4. Karar matrisi

Şirket	Kriterler						
	Bileşik Oran (%)	Net Kazanılmış Prim (TL)	Net Ödenen Hasar (TL)	Teknik Kâr (TL)	Net Hasar Prim Oranı (%)	Yatırım Gelirleri (TL)	Yatırım Giderleri (TL)
A1	104,4763241	3586016366	2675639980	1566848897	83,02283222	7256855742	-7244078594
A2	89,71114455	2445155010	1484024560	990674357	66,95809707	4119265423	-3438713000
A3	101,0632587	2069611531	1461709324	916659612,8	76,94300681	4653164937	-4151166543
A4	99,73311664	1639541833	1143579861	464956243,4	74,89871613	4111822225	-3583819046
A5	50,48715281	40189409,38	3705782,23	75632008,43	6,627477838	967657132,1	-824748851,6
A6	94,11051033	1753277265	1194401549	888849316,8	73,29548937	1822117586	-1649091758
A7	98,17895474	757687769,8	525226529	636492884,5	74,24014779	1944410451	-1536414356
A8	104,7343437	2011006830	1531810156	323003773,9	81,35794451	2440259423	-2532820794
A9	108,2021046	3506049165	2582470533	533171523,5	84,43238942	1524841963	-1776234183
A10	97,20520209	612241686,7	428872342	133632785,8	70,83391925	1335949931	-976427338,6
A11	109,0334826	738477329,2	525226529	272285632,3	80,75153111	1516256239	-1356692800
A12	90,10751521	655444537,6	461778811,3	151312894,4	68,21762749	558725340	-526147930
A13	96,12695939	424120644,1	267450453,2	122675221,9	71,43181134	866072653	-444326068,2
A14	112,5962662	36732964,75	6986802,6	11405455,92	53,50983702	143684344,6	-131595036,4
A15	102,8496304	1030624111	765760233,1	73063656,83	78,80568818	758992473	-642973529,2

Tablo 5. Düzeltilmiş karar matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	3,591841333	7,017068996	7,15887956	7,673819891	4,009588437	7,661375818	0,099855988
A2	3,214873104	5,83204569	5,436004968	6,128689735	3,31606381	5,767548269	2,510272868
A3	3,504702722	5,441965184	5,403740906	5,930204024	3,747118585	6,089806278	2,058986387
A4	3,470743007	4,995247787	4,943779446	4,71886883	3,658865283	5,763055608	2,41835895
A5	2,213449544	3,333985542	3,295714092	3,674816074	0,711553384	3,865259572	4,166025292
A6	3,327192843	5,113385838	5,017259021	5,855625013	3,589652985	4,38100592	3,643865198
A7	3,431063865	4,079257765	4,049744989	5,178879501	3,630434477	4,454821037	3,715237975
A8	3,598428802	5,381091936	5,505094866	4,338194179	3,937714197	4,754112004	3,084088395
A9	3,686963838	6,93400632	7,02417228	4,901802089	4,0704399	4,201572435	3,563329901
A10	3,40620309	3,928181565	3,910433112	3,83035705	3,483385469	4,087558527	4,06994822
A11	3,708189662	4,059303702	4,049744989	4,202183084	3,911534952	4,196390152	3,829078252
A12	3,224992801	3,973056769	3,958010308	3,877769886	3,370438523	3,618431206	4,35516683
A13	3,37867459	3,732778488	3,677044331	3,800972096	3,509196843	3,803943892	4,406994912
A14	3,79915071	3,330395301	3,300457893	3,502579406	2,735494043	3,367915367	4,605086827
A15	3,550310388	4,362759283	4,397516091	3,667928513	3,827531701	3,739311045	4,281166478

4.1. SWARA Yönteminden Elde Edilen Sonuçlar

Kasko branşında üretim yapan sigorta şirketlerinin Tablo 3'te verilen performans değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıklarının belirlenebilmesi için biri sigorta sektörü temsilcisi, diğer ikisi akademisyen 3 uzman görüşünden faydalanılmıştır. Karar vericilere göre önem sıraları ve görelî önem düzeyleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Karar vericilere göre kriterlerin önem sıraları ve görelî önem düzeyleri

Önem Sırası	KV1		KV2		KV3	
	Kriter/Önem	S_j	Kriter/Önem	S_j	Kriter/Önem	S_j
1	C1/1	-	C1/1	-	C4/1	-
2	C5/2	0,15	C5/2	0,20	C1/2	0,15
3	C4/3	0,15	C2/3	0,15	C5/3	0,10
4	C2/4	0,10	C3/4	0,10	C3/4	0,10
5	C3/5	0,10	C4/5	0,10	C2/5	0,15
6	C6/6	0,05	C6/6	0,10	C6/6	0,10
7	C7/7	0,05	C7/7	0,10	C7/7	0,05

Kriterlerin görelî önem ağırlıkları her karar verici için ayrı ayrı SWARA yönteminde yer alan Eşitlik 1-3'ten yararlanılarak hesaplanmıştır. Karar verici-1 için örnek hesaplama Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 7. Karar Verici-1 için kriterlerin görecelî önem ağırlıkları

Önem Sırası	Kriter	S_j	k_j	q_j	w_j
1	C1	0,15	1	1	0,196078721
2	C5	0,15	1,15	0,869565217	0,170503236
3	C4	0,1	1,15	0,756143667	0,148263683
4	C2	0,1	1,1	0,687403334	0,134785167
5	C3	0,05	1,1	0,624912122	0,12253197
6	C6	0,05	1,05	0,595154402	0,116697114
7	C7	0,15	1,05	0,566813716	0,111140109

KV2 ve KV3 için Tablo 7'deki gibi benzer şekilde ağırlıklar hesaplanır. Tablo 8' de ise elde tüm karar vericiler için SWARA Yöntemine göre elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların geometrik ortalamaları alınarak nihai ağırlıklar elde edilmiştir.

Tablo 8. Kriterlerin birleştirilmiş nihai genel ağırlıkları

Kriter	KV1	KV2	KV3	Nihai Ağırlık	Önem Sırası
C1	0,196078721	0,205974286	0,170076409	0,190091421	1
C2	0,134785167	0,149256729	0,122225231	0,134972605	4
C3	0,12253197	0,135687935	0,140559016	0,132703727	5
C4	0,148263683	0,123352668	0,19558787	0,152935539	3
C5	0,170503236	0,171645238	0,154614917	0,165401176	2
C6	0,116697114	0,112138789	0,111113846	0,11329082	6
C7	0,111140109	0,101944354	0,105822711	0,106235816	7

Karar vericilere ait kriterlerin önem ağırlıkları Tablo 8'de verilmiştir ve 3 karar vericiye ait kriterlerin önem ağırlıklarının geometrik ortalaması alınarak nihai ağırlıklar elde edilmiştir. Tablo 8'de elde edilen sonuçlara göre en önemli kriterin bileşik oran olduğu görülürken, bileşik oran kriterini sırasıyla net hasar prim oranı, teknik kâr, net kazanılmış prim, net ödenen hasar, yatırım geliri ve yatırım gideri izlemektedir.

4.2. MEREC Yönteminden Elde Edilen Sonuçlar

Tablo 4'te yer alan karar matrisi kullanılarak kriterlerin fayda ve maliyet durumlarına göre Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 kullanılarak Tablo 9'da gösterilen normalize karar matrisi elde edilmiştir. MEREC yönteminde Eşitlik 7 kullanılarak her bir alternatif için toplam performans değeri S_i değerleri Tablo 10'da verilmiştir. MEREC yönteminin bir sonraki adımında ise Eşitlik 8 kullanılarak S'_{ij} değerleri hesaplanır. Her bir kriterin tek tek devre dışı bırakılmasıyla hesaplanan S'_{ij} değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

Mutlak sapmaların toplamı E_j değerleri ve kriter ağırlıkları w_j Eşitlik 9 ve Eşitlik 10 yardımıyla sırasıyla hesaplanmıştır. Tablo 12'de hesaplanan değerler yer almaktadır. MEREC yöntemine göre Kasko branşı verilerinde elde edilen sonuçlara göre en önemli kriterin Net Ödenen Hasar iken, en düşük önem ağırlığına sahip kriter ise Bileşik Orandır.

Tablo 9. MEREC yöntemine göre normalize karar matrisi

Şirketler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.
A1	0,9454	0,4746	1,0000	0,4564	0,9851	0,4396	0,0217
A2	0,8462	0,5711	0,7593	0,5715	0,8147	0,5839	0,5451
A3	0,9225	0,6120	0,7548	0,5906	0,9206	0,5530	0,4471
A4	0,9136	0,6667	0,6906	0,7422	0,8989	0,5844	0,5251
A5	0,5826	0,9989	0,4604	0,9531	0,1748	0,8713	0,9047
A6	0,8758	0,6513	0,7008	0,5982	0,8819	0,7688	0,7913
A7	0,9031	0,8164	0,5657	0,6763	0,8919	0,7560	0,8068
A8	0,9472	0,6189	0,7690	0,8074	0,9674	0,7084	0,6697
A9	0,9705	0,4803	0,9812	0,7145	1,0000	0,8016	0,7738
A10	0,8966	0,8478	0,5462	0,9144	0,8558	0,8239	0,8838
A11	0,9761	0,8204	0,5657	0,8335	0,9610	0,8026	0,8315
A12	0,8489	0,8382	0,5529	0,9032	0,8280	0,9308	0,9457
A13	0,8893	0,8922	0,5136	0,9215	0,8621	0,8854	0,9570
A14	1,0000	1,0000	0,4610	1,0000	0,6720	1,0000	1,0000
A15	0,9345	0,7634	0,6143	0,9549	0,9403	0,9007	0,9297

Tablo 10. Her bir alternatif için S_i değerleri

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
S_i	0,638	0,348	0,342	0,300	0,391	0,257	0,237	0,228	0,205	0,187	0,185	0,176	0,170	0,155	0,147

Tablo 11. Her bir alternatif için S'_{ij} değerleri

Şirketler	Kriterler						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0,6341	0,5760	0,6384	0,5774	0,6372	0,5744	0,2972
A2	0,3308	0,2716	0,3196	0,2897	0,3269	0,2920	0,2846
A3	0,3343	0,2828	0,3136	0,2876	0,3341	0,2806	0,2574
A4	0,2907	0,2464	0,2604	0,2683	0,2890	0,2418	0,2297
A5	0,3372	0,3371	0,3129	0,3861	0,2062	0,3774	0,3811
A6	0,2425	0,1932	0,2172	0,1988	0,2433	0,2278	0,2311
A7	0,2257	0,2023	0,1709	0,1922	0,2243	0,2052	0,2128
A8	0,2215	0,1650	0,1973	0,2030	0,2239	0,1876	0,1810
A9	0,2019	0,1124	0,2032	0,1655	0,2054	0,1793	0,1751
A10	0,1742	0,1542	0,1129	0,1766	0,1686	0,1640	0,1725
A11	0,1816	0,1577	0,1144	0,1626	0,1797	0,1580	0,1623
A12	0,1566	0,1349	0,1029	0,1642	0,1536	0,1678	0,1698
A13	0,1553	0,1413	0,0858	0,1596	0,1515	0,1548	0,1642
A14	0,1548	0,1548	0,0552	0,1548	0,1049	0,1548	0,1548
A15	0,1388	0,1047	0,0853	0,1415	0,1396	0,1342	0,1382

Tablo 12. E_j ve w_j değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
E_j	0,1870	0,7328	0,7772	0,4391	0,3789	0,4673	0,7554
w_j	0,0500	0,1960	0,2079	0,1175	0,1014	0,1250	0,2021

4.3. LOPCOW Yönteminden Elde Edilen Sonuçlar

Tablo 4' de yer alan karar matrisi kullanılarak kriterlerin maliyet ve fayda durumlarına göre Eşitlik 12 ve Eşitlik 13 kullanılarak normalize karar matrisi elde edilmiştir. LOPCOW Yönteminin diğer adımında ise Eşitlik 14 yardımıyla her bir kriter için PV_{ij} yüzdeler değeri hesaplanmıştır. Eşitlik 15 yardımıyla kriterlerin ağırlıkları elde edilmiştir. Hesaplanan yüzdeler değeri (PV_{ij}) ve kriter ağırlıkları (w_j) Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 13. Normalize karar matrisi

Şirketler	Kriterler						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.
A1	0,1307	1,0000	0,0000	1,0000	0,0181	1,0000	1,0000
A2	0,3685	0,6786	0,4460	0,6296	0,2246	0,5589	0,4650
A3	0,1857	0,5728	0,4543	0,5820	0,0963	0,6340	0,5651
A4	0,2071	0,4516	0,5734	0,2916	0,1225	0,5579	0,4854
A5	1,0000	0,0010	1,0000	0,0413	1,0000	0,1158	0,0975
A6	0,2976	0,4836	0,5544	0,5641	0,1431	0,2360	0,2134
A7	0,2321	0,2031	0,8048	0,4019	0,1310	0,2532	0,1975
A8	0,1266	0,5562	0,4281	0,2003	0,0395	0,3229	0,3376
A9	0,0707	0,9775	0,0349	0,3354	0,0000	0,1942	0,2312
A10	0,2478	0,1621	0,8409	0,0786	0,1748	0,1676	0,1188
A11	0,0574	0,1977	0,8048	0,1677	0,0473	0,1930	0,1722
A12	0,3621	0,1743	0,8286	0,0899	0,2084	0,0583	0,0555
A13	0,2652	0,1091	0,9013	0,0715	0,1671	0,1016	0,0440
A14	0,0000	0,0000	0,9988	0,0000	0,3974	0,0000	0,0000
A15	0,1569	0,2800	0,7148	0,0396	0,0723	0,0865	0,0719

Tablo 14. Yüzdeler değeri (PV_{ij}) ve w_j değerleri

Şirketler	Kriterler						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0,0171	1,0000	0,0000	1,0000	0,0003	1,0000	1,0000
A2	0,1358	0,4605	0,1989	0,3964	0,0504	0,3124	0,2162
A3	0,0345	0,3281	0,2064	0,3387	0,0093	0,4019	0,3194
A4	0,0429	0,2039	0,3288	0,0850	0,0150	0,3112	0,2356
A5	1,0000	0,0000	1,0000	0,0017	1,0000	0,0134	0,0095
A6	0,0886	0,2339	0,3073	0,3182	0,0205	0,0557	0,0455
A7	0,0539	0,0413	0,6477	0,1615	0,0172	0,0641	0,0390
A8	0,0160	0,3094	0,1833	0,0401	0,0016	0,1042	0,1140
A9	0,0050	0,9554	0,0012	0,1125	0,0000	0,0377	0,0535
A10	0,0614	0,0263	0,7071	0,0062	0,0305	0,0281	0,0141
A11	0,0033	0,0391	0,6477	0,0281	0,0022	0,0372	0,0297
A12	0,1311	0,0304	0,6865	0,0081	0,0434	0,0034	0,0031
A13	0,0703	0,0119	0,8123	0,0051	0,0279	0,0103	0,0019
A14	0,0000	0,0000	0,9975	0,0000	0,1580	0,0000	0,0000
A15	0,0246	0,0784	0,5109	0,0016	0,0052	0,0075	0,0052
Toplam	1,6845	3,7185	7,2357	2,5033	1,3816	2,3871	2,0866
Standart Sapma(σ)	0,2262	0,3097	0,3015	0,2777	0,2371	0,2645	0,2570
Yüzdeler Değerler (PV_{ij})	39,2945	47,4750	83,4336	38,5844	24,7048	41,0987	37,2597
Ağırlık Değerleri(w_j)	0,1260	0,1522	0,2675	0,1237	0,0792	0,1318	0,1195

Tablo 14'te elde edilen kriterlerin ağırlık değerlerine göre kasko branşında en önemli kriterin Net Ödenen Hasar olduğu gözlemlenirken, ağırlığı en düşük kriterin ise Net Hasar Prim Oranı olduğu görülmüştür. Üç ağırlıklandırma yöntemi sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları farklılıklar göstermektedir. MEREC ve LOPCOW yöntemlerinde en önemli kriter Net Ödenen Hasar iken, SWARA yönteminde en önemli kriter Bileşik Orandır. Subjektif ağırlıklandırma olan SWARA yöntemi, objektif ağırlıklandırma olan MEREC ve

LOPCOW yöntemleri uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar ortak birleştirme yöntemi olan Eşitlik 16 ile birleştirilmiştir. Kriterlerin Ortak ağırlık değerleri Tablo 15'te verilmiştir.

Ortak ağırlıklandırma yöntemine göre kriterlerin önem sıralaması yapıldığında en önemli kriterin Net Ödenen Hasar, ikinci önemli kriterin net kazanılmış prim olarak gözlenmiştir. En önemsiz kriterin ise bileşik oran olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre ortak ağırlıklandırma yönteminde elde edilen sonuçların MEREC yönteminin sonuçları ile daha uyumlu olduğu görülürken SWARA yönteminden elde edilen sonuçların diğer yöntemler ve ortak ağırlıklandırma yönteminden farklı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tablo 15. Birleştirilmiş kriter ağırlıkları

Kriterler	W_{SWARA}	W_{MEREC}	W_{LOPCOW}	$W_{BİRLEŞTİRİLMİŞ}$	Önem Sırası
C1	0,1901	0,0500	0,1260	0,0582	7
C2	0,1350	0,1960	0,1522	0,1956	2
C3	0,1327	0,2079	0,2675	0,3585	1
C4	0,1529	0,1175	0,1237	0,1079	4
C5	0,1654	0,1014	0,0792	0,0645	6
C6	0,1133	0,1250	0,1318	0,0907	5
C7	0,1062	0,2021	0,1195	0,1246	3

4.4. COBRA Yöntemine Göre Elde Edilen Sonuçlar

Tablo 4'te verilen karar matrisi Eşitlik 18 kullanılarak normalize edilmiştir. Ortak ağırlıklandırma ile elde edilen kriter ağırlıkları Eşitlik 19 kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilir. Pozitif ideal, negatif ideal ve ortalama çözümler Eşitlik 20-22 aracılığıyla hesaplanmıştır. Tablo 16'da PIS_j , NIS_j ve AS_j değerleri yer almaktadır.

Tablo 16. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

Şirketler	Kriterler						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0,0746	0,2651	0,1306	0,1463	0,0861	0,1229	0,0037
A2	0,0668	0,2204	0,0991	0,1168	0,0712	0,0925	0,0920
A3	0,0728	0,2056	0,0985	0,1131	0,0805	0,0977	0,0755
A4	0,0721	0,1887	0,0902	0,0900	0,0786	0,0924	0,0887
A5	0,0460	0,1260	0,0601	0,0701	0,0153	0,0620	0,1527
A6	0,0691	0,1932	0,0915	0,1116	0,0771	0,0703	0,1336
A7	0,0712	0,1541	0,0739	0,0987	0,0780	0,0714	0,1362
A8	0,0747	0,2033	0,1004	0,0827	0,0846	0,0762	0,1131
A9	0,0766	0,2620	0,1281	0,0935	0,0874	0,0674	0,1306
A10	0,0707	0,1484	0,0713	0,0730	0,0748	0,0656	0,1492
A11	0,0770	0,1534	0,0739	0,0801	0,0840	0,0673	0,1404
A12	0,0670	0,1501	0,0722	0,0739	0,0724	0,0580	0,1597
A13	0,0702	0,1410	0,0671	0,0725	0,0754	0,0610	0,1616
A14	0,0789	0,1258	0,0602	0,0668	0,0587	0,0540	0,1688
A15	0,0737	0,1648	0,0802	0,0699	0,0822	0,0600	0,1570
PIS_j	0,0460	0,2651	0,0601	0,1463	0,0153	0,1229	0,0037
NIS_j	0,0789	0,1258	0,1306	0,0668	0,0874	0,0540	0,1688
AS_j	0,0707	0,1801	0,0865	0,0906	0,0737	0,0746	0,1242

Tablo 17'de verilen pozitif, negatif ve ortalama çözümden öklid ve taksicap uzaklıklar Eşitlik 23-32 yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Eşitlik 33 yardımıyla alternatifler mesafelerine göre sıralanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 17'de verilmiştir. COBRA yöntemi sonuçlarına göre 2022 yılına ait Kasko branşında üretim yapan sigorta şirketlerinin performans değerlendirilmesi A1(Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi)> A2(Allianz Sigorta AŞ)>A3(Axa Sigorta AŞ)> A9(HDI Sigorta AŞ)>A4(Türkiye Sigorta AŞ)>A6(Sompo Sigorta AŞ)>A7(Neova Katılım Sigorta AŞ)>A8(Aksigorta AŞ)>A11(Eureko Sigorta AŞ)> A12(Ray Sigorta AŞ)>A10(Mapfre Sigorta AŞ)>A13(Unico Sigorta AŞ)>A15(Groupama Sigorta AŞ) >A5(Corpus Sigorta AŞ)>A14(Hepiyi Sigorta AŞ) şeklindedir.

Tablo 17. COBRA yönteminin sonuçları

Şirketler	$d(PIS)$	$d(NIS)$	$d(AS^+)$	$d(AS^-)$	dC	Sıralama
A1	0,2062	0,1831	0,1525	0,0897	-0,0099	1
A2	0,1443	0,1377	0,0514	0,0240	-0,0052	2
A3	0,1436	0,1386	0,0452	0,0359	-0,0011	3
A4	0,1407	0,1419	0,0182	0,0262	0,0017	5
A5	0,1714	0,2082	0,0211	0,0967	0,0097	14
A6	0,1597	0,1294	0,0240	0,0034	0,0024	6
A7	0,1559	0,1653	0,0112	0,0397	0,0048	7
A8	0,1708	0,1129	0,0427	0,0101	0,0063	8
A9	0,2326	0,1086	0,1298	0,0053	-0,0001	4
A10	0,1694	0,1683	0,0185	0,0499	0,0081	11
A11	0,1652	0,1624	0,0149	0,0410	0,0072	9
A12	0,1752	0,1655	0,0262	0,0484	0,0080	10
A13	0,1781	0,1789	0,0276	0,0629	0,0086	12
A14	0,1880	0,1984	0,0335	0,0865	0,0107	15
A15	0,1780	0,1443	0,0251	0,0278	0,0091	13

4.5. Duyarlılık Analizi

Çalışmada önerilen yaklaşımın şirketlerin performans değerlendirmesi için uygunluğu ve elde edilen sonuçların güvenilirliğinin ve kararlılığının doğrulanması duyarlılık analizi ile gerçekleştirilmiştir. Duyarlılık analizi 3 farklı şekilde yapılabilmektedir. İlk yöntemde kriter ağırlıklarındaki değişikliklerin alternatiflerin sıralama sonuçları üzerinde etkisi değerlendirilebilir. İkinci yöntemde sıralama sonuçlarının dinamik bir ortamda incelenebilir. Üçüncü yöntemde ise önerilen yaklaşımın sıralama sonuçları çeşitli ÇKKV yaklaşımları ile karşılaştırılabilir (Isık ve diğerleri, 2024). Bu çalışmada duyarlılık analizi, kriter ağırlıkları değiştirilerek sıralama sonuçlarının değişiminin incelenmesi ve elde edilen sıralama sonuçlarının farklı ÇKKV (ROV, MAIRCA, MOOSRA) yöntemleri sıralama sonuçları ile karşılaştırılması yoluyla iki şekilde gerçekleştirilmiştir.

4.5.1. Farklı Kriter Ağırlıklarına Göre Duyarlılık Analizi

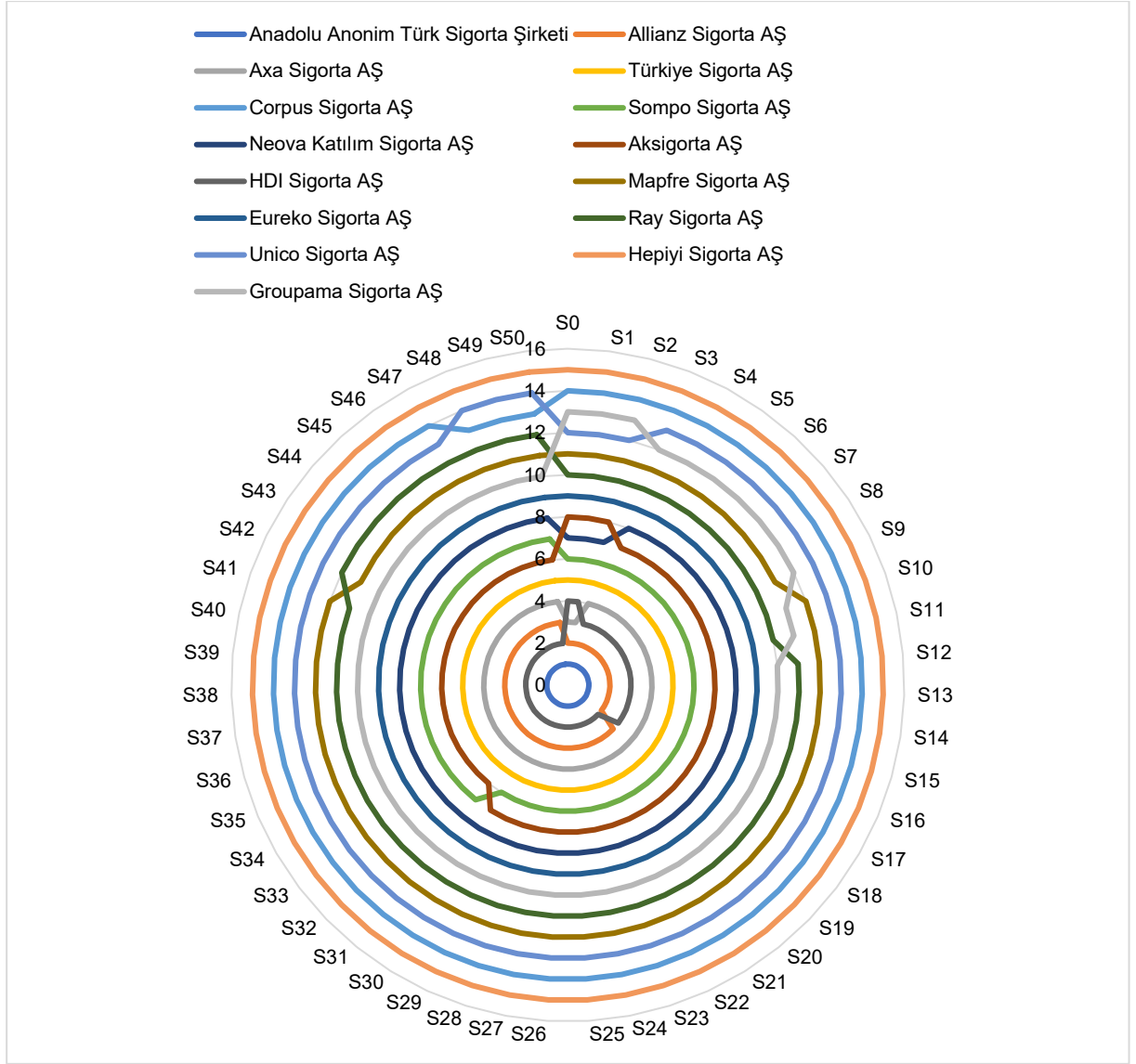
ÇKKV literatüründe ağırlık katsayılarına ilişkin birçok duyarlılık analizi bulunmasına rağmen, bu çalışma için (Božanić ve diğerleri, 2021; Pamucar ve diğerleri, 2021) tarafından uygulanan yaklaşım tercih edilmiştir. Bu duyarlılık analizinin amacı, en etkili kriterin önerilen modelin sıralama performansı üzerindeki etkisini değerlendirmektir. En önemli kriter ağırlığı küçük oranlarda azaltılır ve toplam ağırlık 1'e eşit olmak zorunda olduğu için diğer kriter ağırlıkları da belli oranlarda artırılır. Böylece en son durumda en önemli kriterin önemi azalırken diğer kriterlerin önemi artar. Bu değişime rağmen sıralama sonuçlarında değişiklikler olmuyorsa önerilen yaklaşımın uygun, güvenilir ve doğru olduğu ortaya çıkar.

Ağırlık katsayılarının değiştirilmesiyle yapılan duyarlılık analizi için 50 senaryo geliştirilmiştir. Ortak ağırlıklandırma yöntemine en yüksek ağırlığa sahip (C3) Net Ödenen Hasara ait kriter ağırlığı her senaryoda %2 oranında azaltılmıştır. Kalan 6 kriterin ağırlıkları Eşitlik 38 yardımıyla orantılı olarak düzeltilerek ağırlıklar toplamının 1'e eşit olması sağlanır.

$$w_i^* = \frac{w_i(1-w_{C_3}^*)}{(1-w_{C_3})} \quad (38)$$

Burada w_{C_3} C3 kriterinin orijinal ağırlığını, $w_{C_3}^*$ C3 kriterinin düzeltilmiş değerini, w_i dikkate alınan kriterin orijinal değerini ve w_i^* dikkate alınan kriterin ağırlık katsayısının düzeltilmiş değerini göstermektedir. Her bir senaryo sonucunda elde edilen yeni kriter ağırlıkları COBRA modeline aktarılarak alternatiflerin yeni sıralaması elde edilir. Elde edilen sıralama sonuçlarına ilişkin değişim Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2'ye göre 50 senaryodan elde edilen sıralamalarda ilk sıra ve son sıradaki alternatifler (şirketler) değişmezken diğer şirketlerin farklı ağırlıklara göre sıralamalarında çok küçük değişiklikler gözlenmiştir. Yani duyarlılık analizinden elde edilen sonuçların büyük ölçüde istikrarlı olduğu görülmüştür. Böylece, alternatiflerin başlangıç sıralamasının ihlal edilmediği doğrulanmıştır.



Şekil 2: Elli senaryo aracılığıyla alternatiflerin duyarlılık analizi

4.5.2. Farklı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerine Göre Duyarlılık Analizi

Çalışmada uygulanan COBRA sıralama yönteminin sonuçlarının güvenilir olup olmadığını görmek için, farklı sıralama metodolojilerine dayanan çok kriterli karar verme yöntemleri ile karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır. Bu çalışmada sıralama sonuçlarının güvenilirliğini test etmek için ROV, MAIRCA ve MOOSRA gibi en çok tercih edilen yöntemlerle elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18'e göre A1 alternatifi tüm yöntemlerde birinci sırada yer almıştır. A14 alternatifi ise COBRA, MAIRCA, MOOSRA yöntemlerine göre 15. sırada yer alırken, ROV yöntemine göre 14. sırada yer almıştır. Diğer alternatiflere ait sıralama değerleri çok küçük değişiklikler göstermiştir. Farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkinin tespiti için Spearman Sıra Korelasyon Analizi uygulanmıştır. Spearman'ın Sıra korelasyon testi, bu çalışmada uygulanan modelden elde edilen sonuçların istatistiksel anlamlılığını da kontrol etmektedir. Uygulanan tüm modeller için sıra korelasyon testinin sonuçları Tablo 19'da gösterilmektedir.

Tablo 18. Farklı ÇKKV yöntemlerine göre alternatiflerin sıralaması

Şirketler	COBRA	ROV	MAIRCA	MOOSRA
A1	1	1	1	1
A2	2	3	2	2
A3	3	4	3	3
A4	5	6	6	4
A5	14	15	14	6
A6	6	5	4	5
A7	7	9	7	7
A8	8	7	8	8
A9	4	2	5	9
A10	11	12	10	11
A11	9	10	9	10
A12	10	11	11	12
A13	12	13	12	13
A14	15	14	15	15
A15	13	8	13	14

Tablo 19. Yöntemler arası korelasyon değerleri

	COBRA	ROV	MAIRCA	MOOSRA
COBRA	1,000			
ROV	0,921**	1,000		
MAIRCA	0,986**	0,911**	1,000	
MOOSRA	0,825**	0,679**	0,839**	1,000

Tablo 19'a göre, COBRA yöntemi ile elde edilen sıralama sonuçları ile diğer yöntemlerin sıralama sonuçları arasındaki korelasyon değerlerinin 0,825' ve üzerinde olduğu görülmüştür. Özellikle MAIRCA yöntemi sıralama sonucu ile test edilen sıralama sonucu arasında oldukça önemli bir korelasyon (0,986) olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, doğrulama testi sonuçları önerilen sıralamanın doğrulandığını ve güvenilir kabul edilebileceğini göstermektedir.

5. SONUÇ

Trafiğe çıkan araç sayısı her geçen gün giderek artmaktadır. Bununla birlikte trafik daha karmaşık ve yoğun bir hale gelmektedir. Bu yoğunluk kaza artışlarını da beraberinde getirmektedir. Kimi zaman hata yapan bizken kimi zaman da karşı taraf olabilmektedir. Her yıl mecburi olarak yapılan trafik sigortası sadece hata yapmayan tarafı korumak amaçlıdır. Zorunlu trafik sigortası poliçe miktarları çok yüksek olmamakta ve hasarların karşılanması için yeterli olmayabilmektedir. Ayrıca kazalar her zaman iki taraf arasında gerçekleşmeyebilir. Araçlar yanabilir, çalınabilir veya bizden kaynaklı karşı tarafın olmadığı kazalar da yapabiliriz. Bu gibi durumlar için uğrayacağımız zararın telafisi için Kasko yaptırmak kaçınılmaz olmaktadır. Araç fiyatlarının yüksekliğine paralel olarak zarar miktarları da çok yüksek olabilmektedir. Kasko yaptırmak için ödenen prim miktarları bu maliyetler karşısında çok düşük oranda kalmaktadır. Kasko yaptırmanın bunlar dışında da avantajları bulunmaktadır. Trafik sigortasının aksine poliçe kapsamını daha geniş tutabilir ve ek teminatlar sağlayabilirsiniz. Her yıl trafiğe çıkan araç sayısı ve araç bedelleri giderek artmaktadır. Buna paralel olarak son yıllarda kasko yaptıran araç sahiplerinde önemli artış görülmektedir (TSB, 2022 faaliyet raporu). Bu artışla birlikte kasko sigorta türünde faaliyet gösteren firmalar arasında rekabet de giderek artmaktadır. Ekonomide ciddi paya sahip sigorta sektöründe öne çıkan firmaları belirlemek için performans değerlendirmesi yapılması gerekmektedir. Türk sigorta sektöründe kasko branşında prim üretiminde bulunan sigorta şirketlerinin 2022 yılına ait kasko branşı göstergelerine dayalı performanslarının SWARA, MEREC, LOPCOW ve COBRA yöntemlerinden oluşan hibrit bir ÇKKV modeli ile değerlendirilmiştir.

Önerilen hibrit karar verme modelinin uygulanmasında ilk olarak SWARA, MEREC, LOPCOW yöntemleri ile çalışmada kullanılan performans değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıkları tespit edilmiştir. Üç farklı ağırlıklandırma yöntemi ile hesaplanan önem ağırlıkları ortak ağırlıklandırma yöntemi ile birleştirilmiş ve nihai ağırlıklar elde edilmiştir. Üç ağırlıklandırma yöntemi sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları farklılıklar göstermektedir. MEREC ve LOPCOW yöntemlerinde en önemli kriter Net Ödenen Hasar iken, SWARA yönteminde en önemli kriter Bileşik Orandır. Ortak ağırlıklandırma yöntemine göre kriterlerin önem sıralaması yapıldığında en önemli kriterin Net Ödenen Hasar, ikinci önemli kriterin Net Kazanılmış Prim olarak gözlenmiştir. En önemsiz kriterin ise Bileşik Oran olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre ortak ağırlıklandırma yönteminde elde edilen sonuçların MEREC yönteminin sonuçları ile daha uyumlu olduğu görülürken SWARA yönteminden elde edilen sonuçların diğer yöntemler ve ortak ağırlıklandırma yönteminden farklı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Hayat dışı sigorta dalı olan kasko branşında poliçeler bir yıllık süre ile düzenlenmektedir. Dolayısıyla primlerin alınması ve hasar meydana geldiğinde ödeme yapılması arasında uzun bir süre bulunmamaktadır. Buda kasko branşında sigorta şirketlerinde nakit giriş ve çıkışının sürekli ve kısa aralıklarla olmasına sebep olmaktadır. Bu hususlar kasko branşı performansının belirlenmesinde Net Ödenen Hasar ve Net Kazanılmış Primlerin en önemli iki kriter olmasını destekler niteliktedir. Özellikle günümüzde ülkemizde yaşanan yüksek döviz kuru ve enflasyonist ortam kasko ve trafik branşlarında yurtdışından temin edilen yedek parça maliyetlerini yükseltmekte bu durumda sigorta şirketlerinin hasar ödeme maliyetlerini artırmaktadır. Bu durumda net ödenen hasar kriterinin performans belirlemedeki önemini desteklediği söylenebilir.

Önerilen model doğrultusunda ikinci aşamada alternatifler COBRA yöntemi ile sıralanmıştır. COBRA yöntemi bulguları çalışma kapsamında ele alınan sigorta şirketlerinden 2022 yılında kasko branşında en iyi performans gösteren ilk üç şirketin sırasıyla Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi, Allianz Sigorta AŞ., Axa Sigorta A.Ş. olduğunu ortaya koymuştur. Söz konusu sigorta şirketleri hayat dışı prim üretiminde 2022 yıl sonu itibarıyla ilk 10 içerisinde yer almaktadır. Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi'nin hayat dışı prim üretimindeki pazar payı %11,64, Allianz Sigorta'nın %10,93 ve Axa Sigorta'nın ise %6,64 olarak gerçekleşmiştir. İlgili şirketlerin kasko branşı prim üretimi içerisindeki payları 2022 yıl sonu itibarıyla sırasıyla %14,66, %10,40 ve %7,68 olarak gerçekleşmiştir. Analiz bulguları sonucunda kasko branşında en iyi performansla sahip şirket olarak tespit edilen Anadolu Sigorta'nın TSB tarafından yayınlanan prim üretimi sıralamasında da kasko branşında 2022 yıl sonu itibarıyla lider olduğu görülmektedir. Bahsedilen bu hususlar söz konusu şirketlerin performans sıralamasındaki başarısının sebepleri arasında gösterilebilir.

Sigortacılık alanında literatürde pek çok çalışma bulunmasına rağmen kasko branşında çalışma sayısı çok azdır. Bu çalışma kasko branşında şirketlerin performans değerlendirmesine yönelik ilk çalışma olacaktır. Bu nedenle çalışmada elde edilen sonuçlar ile literatürde yer alan çalışmalara ait sonuçları karşılaştırma imkânı kısıtlı olmaktadır. Akkurt ve Okur (2022), çalışmalarında kasko branşında 2017-2021 yılları arasında üretim yapan 25 şirketin veri zarflama ve TOPSIS ile Etkinlik Analizi ile değerlendirmiştir. Kriterler aynı olmasa da farklı yıllarda olsa AXA Sigorta, Allianz Sigorta ve HDI sigorta benzer sıralama sonucu bildirmiştir. Kasko branşında olmamasına rağmen bazı çalışmalarda benzer kriterler kullanılarak şirketlerin performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bektaş (2022), sigorta şirketlerinin 2002-2021 yılları arası performans değerlendirmesine yönelik çalışmada benzer kriterler kullanılmıştır. Ortak ağırlıklandırma yöntemine göre en önemli kriter toplam ödenen tazminatlardır. Koca ve Bingöl (2022) çalışmalarında Türkiye'de hayat dışı branşta yer alan 26 sigorta şirketinin performanslarını CRITIC ve MARCOS yöntemleri ile 2016-2020 yılları arasında incelenmiştir. Kullanılan kriterler personel giderleri, yazılan primler, özsermaye, toplam aktifler, ödenen tazminat ve teknik karşılıklar kriterleridir. Çalışmanın sonucunda, en önemli finansal gösterge "ödenen tazminat ve teknik karşılıklar" olarak belirlenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile çalışmamıza ait bulgular benzerlikler göstermektedir.

Çalışmanın kısıtı olarak analize dahil edilen şirket sayısı gösterilebilir. Çalışma kasko branşında üretim yapan tüm sigorta şirketlerinin analize dahil edilmesiyle genişletilebilir. Ayrıca farklı çalışmalarda son yıllara ait veriler de dahil edilerek dönem aralığı daha geniş tutulabilir. İlerleyen çalışmalarda farklı branşlarda faaliyet gösteren sigorta şirketleri kümeleme analizi yöntemleriyle gruplandırılarak her grubun kendi içerisinde farklı ÇKKV yöntemleriyle değerlendirileceği çalışmalar yapılması planlanmaktadır.

Literatürde kasko branşında performans değerlendirmesine yönelik çok az çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle elde edilen bulgularının kasko branşında üretim yapan sigorta şirketlerinin yöneticilerine, şirket çalışanlarına, hissedarlara ve kasko sigortası satın alacak müşterilere yol gösterici olabileceği düşünülmektedir. Yöneticilerin bu çalışmayı dikkate alarak gerek şirketlerinin sektördeki durumlarını analiz etmelerine gerekse finansal başarıda daha önemli olan kriterleri belirleyebilmeleri açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Akkurt, E. ve Okur, A. (2022). "Kasko Sigortası Üretimi Yapan Şirketlerin 2017 – 2021 Yılları Arası VZA Ve TOPSIS Yöntemleriyle Etkinlik Analizi", *Bankacılık ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, 9(2), 98-113.
- Asker, V. (2024). "The Effect of Kahramanmaraş Earthquakes on Financial Performance: An Application in Companies Located in the Earthquake Area", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(3), 713-725.
- Ayçin, E. ve Arsu, T. (2022). "Sosyal Gelişme Endeksine Göre Ülkelerin Değerlendirilmesi: MEREC ve MARCOS Yöntemleri ile Bir Uygulama", *İzmir Yönetim Dergisi*, 2(2), 75-88.
- Aydın Ünal, E. (2019). "Bütünleşik Entropi ve EDAS Yöntemleri Kullanılarak BİST Sigorta Şirketlerinin Performansının Ölçülmesi", *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(4), 555-566.
- Aydın, Y. (2019). "Türkiye'de Hayatlemeklilik Sigorta Sektörünün Finansal Performans Analizi", *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 107-118.
- Bektaş, S. (2022). "Türk Sigorta Sektörünün 2002-2021 Dönemi için MEREC, LOPCOW, COCOSO, EDAS ÇKKV Yöntemleri ile Performansının Değerlendirilmesi", *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 16(2), 247-283.
- Bektaş, S. (2023a). "BİST Sigortacılık (XSGRT) Endeksindeki Şirketlerin 2021Yıllı Finansal Performanslarının ÇKKV Yöntemleriyle Değerlendirilmesi", *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 30(4), 787-815.
- Bektaş, S. (2023b) "Özel Sermayeli Bir Mevduat Bankasının Sürdürülebilirlik Performansının Hibrit ÇKKV Modeliyle Değerlendirilmesi: 2009-2021 Dönemi Akbank Örneği", *İzmir İktisat Dergisi*, 38(4), 884-907.
- Bektaş, S. (2023c). "MEREC ve MABAC Yöntemleri ile BİST 100'de İşlem Gören Enerji Firmalarının Finansal Performanslarının Değerlendirilmesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 24(2), 115-128.
- Biswas, S., Bveyopadhyay, G. ve Mukhopadhyaya, J.N. (2022a). "A Multi-criteria Based Analytic Framework for Exploring The Impact of Covid-19 on Firm Performance in Emerging Market", *Decision Analytics Journal*, 5, 100143.
- Biswas, S., Bveyopadhyay, G. ve Mukhopadhyaya, J.N. (2022b). "A Multi-criteria Framework for Comparing Dividend Pay Capabilities: Evidence from Indian FMCG ve Consumer Durable Sector", *Decision Making: Applications in Management ve Engineering*, 5(2), 140-175.
- Biswas, S., Chatterjee, S. ve Majumder, S. (2022c). "A Spherical Fuzzy Framework for Sales Personnel Selection", *Journal of Computational ve Cognitive Engineering*, 3(4), 373-394.
- Biswas, S., Bveyopadhyay, G., Pamucar, D. ve Joshi, N. (2022d). "A Multi-criteria Based Stock Selection Framework in Emerging Market", *Operational Research in Engineering Sciences: Theory ve Applications*, 5(3), 153-193.
- Biswas, S., Bveyopadhyay, G., Pamucar, D. ve Sanyal, A. (2022e). "A Decision Making Framework for Comparing Sales ve Operational Performance of Firms in Emerging Market", *International Journal of Knowledgebased ve Intelligent Engineering Systems*, 26(3), 229-248.
- Božanić, D., Milić, A., Tešić, D., Salabun, W. ve Pamučar, D. (2021). "D Numbers–FUCOM–Fuzzy RAFSI Model for Selecting the Group of Construction Machines for Enabling Mobility. Facta Universitatis", *Series: Mechanical Engineering*, 19(3), 447-471.
- Çalış E.Y. ve Taşçı M.Z. (2020). "Sigorta Şirketlerinde Performans Analizi: BİST Sigorta Endeksine Yönelik Bir Uygulama", *Eurasian Academy of Sciences Social Sciences Journal*, 30, 69-80.
- Demir, G. (2021). "Özel Sermayeli Mevduat Bankalarında Performans Analizi: Swara-Rafsı Bütünleşik Model Uygulaması", *Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1359-1382.
- Ecer, F. ve Pamucar, D. (2022). "A Novel LOPCOW-DOBI Multi Criteria Sustainability Performance Assessment Methodology: An Application in Developing Country Banking Sector", *Omega*, 112,112690, 1-17.
- Ecer, F. ve Pamucar, D. (2021). "MARCOS Technique Under Intuitionistic Fuzzy Environment for Determining the Covid-19 Pandemic Performance of Insurance Companies in Terms of Healthcare Services", *Applied Soft Computing*, 104, 107199.
- Elmas, B. ve Özkan, T. (2021). "Ulaştırma ve Depolama Sektörü İşletmelerinin Finansal Performanslarının SWARA-OCRA Modeli İle Değerlendirilmesi", *İşletme Akademisi Dergisi*, 2(3), 240-253.
- Erdoğan, B. ve Aydın, Y. (2024). "BİST'te İşlem Gören Sigorta Şirketlerinin Performans Analizi: MARCOS Metodu", *Turkish Research Turkish Research Journal of Academic Social Science*, 6(2), 225-232.
- Ghorabae, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. ve Antucheviciene, J. (2021). "Determination of Objective Weights Using a New Method Based on the Removal Effects of Criteria (MEREC)", *Symmetry*, 13(4), 525.
- Ghorabae, M.K. (2021). "Assessment of Distribution Center Locations Using A Multi-Expert Subjective–Objective Decisionmaking Approach", *Scientific Reports*, 11(1), 1-19.
- Goswami, S. S., Mohanty, S. K., & Behera, D. K. (2022). Selection of a green renewable energy source in India with the help of MEREC integrated PIV MCDM tool. *Materials today: proceedings*, 52, 1153-1160.

- Gök Kısa, A.C. ve Ayçin, E. (2019). "OECD Ülkelerinin Lojistik Performanslarının SWARA Tabanlı EDAS Yöntemi İle Değerlendirilmesi", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 301-325.
- Gülcemal, T., İzci, A. Ç. ve Taşçı, M.Z. (2023). "BİST 100'de İşlem Gören Sigorta Şirketlerinin CRITIC-CoCoSo Yöntemiyle Performans Analizi", *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (97), 63-78.
- Gülcemal, T. ve İzci, A.Ç. (2023). "Türk Katılım Bankacılığı Sektörünün Performansının LOPCOW-MOOSRA Modeliyle Analizi", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 25(1), 115-134.
- Işık, Ö. (2021). "AHP, CRITIC ve WEDBA Yöntemlerini İçeren Entegre Bir ÇKKV Modeli İle AXA Sigorta Şirketinin Finansal Performansının Analizi", *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi (IJBEMP)*, 5(2), 892-908.
- Işık, Ö. (2022). "Gri Entropi, FUCOM ve EDAS-M Yöntemleriyle Türk Lojistik Firmalarının Çok Kriterli Performans Analizi", *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 17(66), 472-489.
- Işık, Ö., Çalık, A. ve Shabir, M. (2024). "A Consolidated MCDM Framework for Overall Performance Assessment of Listed Insurance Companies Based on Ranking Strategies", *Computational Economics*, 1-42.
- İnce, Ö., Çetiner, B. ve Ecer, F. (2024). "G20 Ülkelerinin COVID-19 Öncesi ve COVID-19 Dönemi Lojistik Performanslarının Kıyaslanması: MEREC ve CODAS Entegre Yaklaşımı", *Journal of Transportation ve Logistics*, 8(2), 112-147.
- Kahreman, Y. (2024). "D8 Ülkelerinin Ekonomik Performanslarının CRITIC/LOPCOW-CoCoSo Modeli ile Değerlendirilmesi", *Anadolu Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 534-559.
- Kara, K., Yalçın, G.C., Acar, A.Z., Simic, V., Konya, S. ve Pamucar, D. (2024). "The MEREC-AROMAN Method for Determining Sustainable Competitiveness Levels: A Case Study for Turkey", *Socio-Economic Planning Sciences*, 91, 101762.
- Karabasevic, D., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Stanujkic, D. (2016a). "The framework for the selection of personnel based on the SWARA and ARAS methods under uncertainties", *Informatica*, 27(1), 49-65.
- Karabasevic, D., Paunkovic, J. ve Stanujkic, D. (2016b). "Ranking of Companies According to The Indicators of Corporate Social Responsibility Based on SWARA ve ARAS Methods", *Serbian Journal of Management*, 11(1), 43-53.
- Keleş, N. (2023). "MEREC ve Entropi Yöntemleriyle Yük Kaldırma Platformu Seçiminde Kullanılan Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi", *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 1323-1337.
- Keleş, N. ve Sönmez Çakır, F. (2024). "Çok Kriterli Karar Verme Perspektifinden Dijital Diploması İndeksine Göre G20 Ülkelerinin Değerlendirilmesi", *Anadolu Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 242-274.
- Keršulienė, V., Zavadskas, E.K. ve Turskis, Z. (2010). "Selection of Rational Dispute Resolution Method by Applying New Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)", *Journal of Business Economics ve Management*, 11(2), 243-258.
- Keshavarz-Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. Ve Antucheviciene, J. (2021). "Determination of Objective Weights Using A New Method Based on The Removal Effects of Criteria (MEREC)", *Symmetry*, 13(4), 525.
- Koca, G. ve Bingöl, M. S. (2022). "Hayat-Dışı Sigorta Şirketlerinin Performanslarının CRITIC Tabanlı MARCOS Yöntemi ile Değerlendirilmesi", *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 70-83.
- Köse, A. ve Dikme, B. (2021). "Türk Sigorta Sektöründe Hayat Dışı Branşlarda Faaliyet Gösteren Şirketlerin Performanslarının Değerlendirilmesi", *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(24), 171-188.
- Krstić, M., Agnusdei, G.P., Miglietta, P.P. ve Tadić, S. (2022a). "Logistics 4.0 Toward Circular Economy in the Agri-Food Sector", *Sustainable Futures*, 4, 100097.
- Krstić, M., Agnusdei, G.P., Miglietta, P.P., Tadić, S. ve Roso, V. (2022b). "Applicability of industry 4.0 Technologies in the Reverse Logistics: A Circular Economy Approach Based on Comprehensive Distance Based Ranking (COBRA) Method", *Sustainability*, 14(9), 5632.
- Krstić, M., Elia, V., Agnusdei, G.P., De Leo, F., Tadić, S. ve Miglietta, P.P. (2024). "Evaluation of the Agri-Food Supply Chain Risks: The Circular Economy Context", *British Food Journal*, 126(1), 113-133.
- Kumar, V., Kanak K., Prasenjit C., Edmundas Kazimieras Z. ve Shankar C. (2021). "A SWARA-CoCoSo-Based Approach for Spray Painting Robot Selection", *Informatica*, 33(1), 35-54.
- Mishra, A. R., Saha, A., Rani, P., Hezam, I. M., Shrivastava, R., & Smarandache, F. (2022). An integrated decision support framework using single-valued-MEREC-MULTIMOORA for low carbon tourism strategy assessment. *IEEE Access*, 10, 24411-24432.
- Mostafaeipour, A., Jahangiri, M., Haghani, A., Dehshiri, S.J.H., Dehshiri, S.S.H., Issakhov, A., Sedaghat, A., Saghaei, H.E.T., Akinlabi, Sichilalu, S.M., Chowdhury, S. ve Techato, K., (2020). "Statistical Evaluation of Using the New Generation of Wind Turbines in South Africa", *Energy Reports*, 6, 2816-2827.

- Oğuz, A. ve Satır, H. (2024). "Analyzing Profitability Performance with the Integrated MEREC-COBRA Method: The Case of BIST Retail Companies", *Business ve Economics Research Journal*, 15(1), 33-50.
- Olarewaju, O.M. ve Msomi, T.S. (2022). "Factors Affecting the Profitability of Reinsurance Companies in Sub-Saharan Africa: Evidence from Dynamic Panel Analysis" *Cogent Business & Management*, 9(1), 1-17.
- Pamučar, D., Žižović, M., Biswas, S. ve Božanić, D. (2021). "A New Logarithm Methodology of Additive Weights (LMAW) for Multi-Criteria Decision-Making: Application in Logistics", *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 19(3), 361-380.
- Paramanik, A.R., Sarkar, S. ve Sarkar, B. (2022). "OSWMI: An Objective-Subjective Weighted Method for Minimizing Inconsistency in Multi-Criteria Decision Making", *Computers & Industrial Engineering*, 169, 108138.
- Popović, G., Pucar, Đ. ve Smarveache, F. (2022). "MEREC-COBRA Approach in E-Commerce Development Strategy Selection", *Journal of Process Management ve New Technologies*, 10(3-4), 66-74.
- Puška, A., Lukić, M., Božanić, D., Nedeljković, M. ve Hezam, I.M. (2023). "Selection of an Insurance Company in Agriculture through Hybrid Multi-Criteria Decision-Making", *Entropy*, 25(6), 959.4.
- Rani, P., Mishra, A.R., Saha, A., Hezam, I.M. ve Pamucar, D. (2022). "Fermatean Fuzzy Heronian Mean Operators ve MEREC-Based Additive Ratio Assessment Method: An Application to Food Waste Treatment Technology Selection", *International Journal of Intelligent Systems*, 37(3), 2612-2647.
- Sigortacılık ve Özel Emeklilik Düzenleme ve Denetleme Kurumu (SEDDK). (2022). "Faaliyet Raporu, 2022", https://www.seddk.gov.tr/upload/SEDDK_2022FaaliyetRaporuTasar%C4%B1ml%C4%B1.pdf, (Erişim Tarihi:15.05.2023)
- Simic, V., Gokasar, I., Deveci, M. ve Švadlenka, L. (2022). "Mitigating Climate Change Effects of Urban Transportation Using A Type-2 Neutrosophic MEREC-MARCOS Model", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 3233-3249.
- Stanujkic, D., Karabasevic, D. ve Zavadskas, E.K. (2015). "A Framework for the Selection of A Packaging Design Based on the SWARA Method", *Engineering Economics*, 26(2), 181-187.
- Taşçı, M.Z. (2023a). "Piyasa Çarpanlarıyla Performans Analizi: Bist Sigorta Şirketleri", *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 13(2), 1211-1224.
- Taşçı, M.Z. (2023b). "MEREC ve CRADIS Yöntemlerini İçeren Entegre Bir ÇKKV Modeli ile DASK Özelinde Bir Uygulama", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 25(1), 35-53. <https://doi.org/10.31671/doujournal.1294336>
- Taşçı, M.Z. (2024). "Hibrit Bir ÇKKV Modeli ile Ulusal ve Uluslararası Sermaye Yapısına Sahip Şirketlerin Finansal Performans Karşılaştırması: Türk Sigorta Sektörü Özelinde Bir Uygulama", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 67, 113-120.
- Terzioğlu, M.K., Kurt, E. S., Yaşar, A. ve Köken, M. (2022). "BİST100-Enerji Sektörü Finansal Performansı: SWARA-VIKOR ve SWARA-WASPAS", *Alanya Akademik Bakış*, 6(2), 2439-2455.
- Türkiye Sigorta Birliği (TSB). (2022). "Sektör Raporu, 2022", https://www.tsb.org.tr/content/Broadcasts/TSB_SEKTOR_raporu_final.pdf, (Erişim Tarihi:29.05.2023)
- Uluş, A., Karakuş, Can, B. ve Topal, A. (2020). "Location Selection for Logistics Center with Fuzzy SWARA ve CoCoSo Methods", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(4), 4693 – 4709.
- Urosevic, S., Karabasevic, D., Stanujkic, D. ve Maksimovic, M. (2017). "An Approach to Personnel Selection in The Tourism Industry Based on the SWARA ve the WASPAS Methods", *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 51(1), 75-88.
- Utlı, N. (2024). SWARA YÖNTEMİ İLE DİJİTAL PAZARLAMA STRATEJİ SEÇİMİ. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 25(1), 341-355.
- Verma, R., Koul, S. ve Ajaygopal, K.V. (2024). "Evaluation ve Selection of A Cybersecurity Platform— Case of the Power Sector in India", *Decision Making: Applications in Management ve Engineering*, 7(1), 209-236.
- Yalman, İ.N., Koşaroğlu, Ş.M. ve Işık, Ö. (2023). "2000-2020 Döneminde Türkiye Ekonomisinin Makroekonomik Performansının MEREC-LOPCOW-MARCOS Modeliyle Değerlendirilmesi", *Journal of Financial Politic & Economic Reviews/Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 60(664), 57-86.
- Yücenur, G.N. (2018). "Sigorta Sektöründe Kasko Poliçe Seçimi İçin Bulanık Mantık Temelinde Üç Farklı Çözüm: AHP – ANP – VIKOR Yöntemleri ve Türkiye'den Bir Uygulama", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 779-793.
- Yücenur, G.N. ve Ipekçi, A. (2021). "SWARA/WASPAS Methods for A Marine Current Energy Plant Location Selection Problem", *Renewable Energy*, 163, 1287-1298.
- Zavadskas, E. K., Stević, Ž., Tanackov, I., & Prentkovskis, O. (2018). A novel multicriteria approach—rough step-wise weight assessment ratio analysis method (R-SWARA) and its application in logistics. *Studies in Informatics and Control*, 27(1), 97-106.

- Zhang, K., Xie, Y., Noorkhah, S.A., Imeni, M. ve Das, S.K. (2023). "Neutrosophic Management Evaluation of Insurance Companies by A Hybrid TODIM-BSC Method: A Case Study in Private Insurance Companies", *Management Decision*, 61(2), 363-381.
- Zhang, X., Wang, C., Li, E. ve Xu, C. (2014). "Assessment Model of Ecoenvironmental Vulnerability Based on Improved Entropy Weight Method", *The Scientific World Journal*, 797814, 1-7.
- Zolfani, S.H., Salimi, J., Maknoon, R. ve Kildiene, S. (2015). "Technology Foresight about R&D Projects Selection; Application of SWARA Method at the Policy Making Level", *Engineering Economics*, 26(5), 571-580.

Evaluation of the Supply Process in Public Hospitals: A Qualitative Study

Uğur Uğrak¹ , Şafak Çınar¹ , Fırat Seyhan¹ , Demet Kavak² 

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this qualitative study is to examine the healthcare supply process in public hospitals in a multi-dimensional manner and to reveal the weaknesses and strengths in this process.

Method: This qualitative study was conducted among stakeholders with sufficient knowledge and experience about healthcare supply processes in public hospitals. Within this research scope, semi-structured interviews were conducted with 14 participants determined using purposeful and snowball sampling methods. The data was analyzed using the thematic coding method with an inductive interpretive phenomenology approach. Nvivo 2020 software was used during the analysis process.

Findings: The current legislation in Türkiye was observed to allow for various supply methods. The open tender method was determined to be the best cost-advantage one in terms of economy of scale. However, it may cause a decrease in material quality. Therefore, well-designed specifications and qualified human resources play an essential role in the supply process.

Originality: This study reveals the possible negative effects of a cost-oriented approach in the supply process on quality in public hospitals. Additionally, the necessity of quality human resources in the supply process of healthcare was identified as an important problem. Informal structures were also emphasized among suppliers, which may disrupt the competitive environment.

Key Words: Health Management, Hospital Logistics, Supply Process.

JEL Codes: M1, I11, I15.

Kamu Hastanelerinde Tedarik Sürecinin İncelenmesi: Nitel Bir Çalışma

Amaç: Bu nitel çalışmanın amacı kamu hastanelerindeki sağlık tedarik sürecini çok boyutlu olarak incelemek ve bu süreçteki zayıf ve güçlü yönleri ortaya çıkarmaktır.

Yöntem: Bu nitel çalışma, kamu hastanelerindeki sağlık tedarik süreçlerine ilişkin yeterli bilgi ve deneyime sahip paydaşlar arasında gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma kapsamında amaçlı ve kartopu örnekleme yöntemleri kullanılarak belirlenen 14 katılımcıyla yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Veriler tümevarımsal yorumlayıcı fenomenoloji yaklaşımıyla tematik kodlama yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sürecinde Nvivo 2020 yazılımı kullanılmıştır.

Bulgular: Türkiye'de mevcut mevzuatın çeşitli tedarik yöntemlerine izin verdiği görülmüştür. Açık ihale yönteminin ölçek ekonomisi açısından en iyi maliyet avantajına sahip yöntem olduğu belirlenmiştir. Ancak bu yöntem malzeme kalitesinin düşmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, iyi tasarlanmış teknik şartname ve nitelikli insan kaynağının kullanımı tedarik sürecinde önemli bir rol oynamaktadır.

Özgünlük: Bu çalışma, kamu hastanelerindeki tedarik sürecinde maliyet odaklı yaklaşımın kalite üzerindeki olası olumsuz etkilerini ortaya koymaktadır. Ayrıca sağlık hizmetlerinin tedarik sürecinde kaliteli insan kaynağına duyulan ihtiyaç da önemli bir sorun olarak tespit edilmiştir. Tedarikçiler arasında da rekabet ortamını bozabilecek gayri resmi yapılar ön plana çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sağlık Yönetimi, Hastane Lojistiği, Tedarik Süreci

JEL Kodları: M1, I11, I15.

¹ University of Health Sciences Gülhane Health Vocational School, Ankara, Türkiye

² Health Institutes of Türkiye (TUSEB), Ankara, Türkiye

Corresponding Author: Fırat Seyhan, firat.seyhan@sbu.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1495743

Research Article | Submitted: 04.06.2024 | Accepted: 01.11.2024

Cite: Uğrak, U., Çınar, Ş., Seyhan, F. and Kavak, D. (2025). "Evaluation of the Supply Process in Public Hospitals: A Qualitative Study", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 101-114.

1. INTRODUCTION

Supply Chain Management (SCM) is known as "purchasing" and "logistics management." In the 1990s and 2000s, it was considered a whole and coordinated system with the flow process from raw materials to reaching the customer (Jinesh et al., 2010). SCM is also explained as the facility and distribution network that ensures the supply of needed materials and their delivery to customers who demand intermediate goods or final products (Ganeshan, 2007). Within SCM, not only manufacturers and suppliers but also transfer providers, retailers, and customers play an essential role (Jinesh et al., 2010). In addition to being a long-term strategic management, SCM is a complex and dynamic process (Kim and Kwon, 2015). Every supply chain aims to maximize the total value produced, which is the difference between the value of the final product and the costs incurred in the supply chain (Sunil, 2013:3-22).

In business environments where customer expectations increase, logistics and supply chain management are important to increase efficiency, reduce costs, prevent waste, and increase the provided service quality (Rolf et al., 2023). The specialized structure of healthcare institutions, the variety of required equipment and materials, and the unpredictability of supply needs make supply chain management much more complex and difficult (Bourlakis et al., 2011; Wieser, 2011). In addition, the high number of stakeholders, the unique characteristics of each patient, and the uncertainty of urgent needs make supply process management in healthcare different from other sectors. In this respect, an effective supply chain in healthcare institutions is a critical and life-saving element in the delivery of goods and services to end-user patients (Beaulieu and Bentahar, 2021; Rakovska and Stratieva, 2018).

Grigoroudis et al. (2012) defined the concept of "Health Logistics" as "a set of networks or systems that perform different activities, often aimed at providing services to patients with severe time constraints." The supply chain in healthcare was once perceived as cost-based, solely purchasing and contract management. In healthcare, the supply chain includes more than purchasing and supply (Kwon et al., 2016). In this field, performance evaluation, inventory management, lean and agile operations, communication and information technologies, drug tracking, cold chain, human resources, risk management, and waste management are among the main topics studied (Dixit et al., 2019; Kumar et al., 2023). The agility of supply chains in healthcare institutions is a crucial issue. Agility refers to how well companies and supply chains respond to customer needs when faced with changes in supply and demand (Swafford et al., 2006). The importance of supply chain agility increased significantly during the COVID-19 pandemic process, and SCM was at the center of activities for the continuity of healthcare

From a managerial perspective, the uninterrupted continuity of healthcare depends on effective and efficient supply chain management. An effective supply chain in healthcare can be explained to reduce costs, contribute to patient safety, and increase patient care quality and satisfaction (Arora and Gigras, 2018; Getele et al., 2020; Khorasani et al., 2020; Kwon et al., 2016; McKone-Sweet et al., 2005).

Disruptions in the healthcare supply chain, such as a lack of communication and coordination among employees in purchasing units, lead to the inability to supply the right product at the right time and in the right way (Yoldaş, 2022). The vital importance of effective supply chain management in healthcare is ignored (Kasula, 2023). Considering the challenges and importance of the supply chain in healthcare, many scientists emphasized the necessity and importance of the use of information and communication technologies in this field (Bag et al., 2023; Beaulieu and Bentahar, 2021; Fawcett and Waller, 2013: 183; Hu et al., 2023). In this context, technologically rational solutions such as Radio Frequency Identification (RFID), Enterprise Resource Planning (ERP), etc., are used to address problems in logistics, supply chain management, material supply, and hospital management processes (Kim and Kwon, 2015; Mathew et al., 2013). In light of current developments, the use of artificial intelligence and machine learning in healthcare supply chain management and forecasting systems is discussed (Hu et al., 2023; Kasula, 2023; Kumar et al., 2023). Positive results of blockchain technology usage in the healthcare supply chain were reported (Bag et al., 2023; Hu et al., 2023; Nanda et al., 2023; Vishwakarma et al., 2023). However, sufficient evidence is needed for the use of this technology in the healthcare supply chain (Fiore et al., 2023).

Public Supply Law No. 4734 is implemented in the purchasing process for goods and services of all public health institutions in Türkiye. In accordance with the Law, the supply process can be carried out with four purchasing methods: tender method, open tender method, negotiated method, and direct supply (Kamu İhale Kurumu, 2002). The justification of the Law is to ensure reliability, confidentiality, competition, inclusiveness, and control in the public supply of goods and services (Kamu İhale Kurumu, 2002).

In 2018, the health market application, which allows the supply of public hospitals to be made digitally through the State Supply Office (SSO), was launched. The health market supply-sharing platform, where purchases are made electronically, can be used with various digital applications such as product tracking systems. In this supply-sharing platform, where SSO is one of the main stakeholders, suppliers and hospitals coexist. The platform is to save time, personnel, and documents and to prevent waste (Arik and

Ertaş, 2021). In Türkiye, many legal and structural regulations were legislated for public institutions to enable logistics management and supply chains to be effective and efficient (Kamu İhale Kurumu, 2002). For this purpose, information and communication technologies are also actively used (Alsaç, 2017; Arık and Ertaş, 2021).

The starting point of this study is that healthcare supply management is complex and vital. This qualitative study aims to examine the supply processes in public healthcare hospitals with a multi-dimensional depth. In this context, the research question is "*What are stakeholder insights on the functionality of public hospital supply processes in public hospital?*"

Analyzing the supply processes of public healthcare hospitals from multiple angles is crucial due to the unique characteristics of health services and the high costs associated with goods and services. Effective management of these processes is essential, and the ideas, decisions, guidance, and knowledge of the personnel responsible play a significant role. A comprehensive approach helps in identifying strengths and weaknesses, improving quality and efficiency, and incorporating diverse stakeholder perspectives. Understanding the complex interplay between different components and perspectives, including those of health supply managers and employees, is critical for accurate, cost-effective management of scarce resources and overall process improvement so that the findings of this research are evaluated to contribute to health managers and academicians.

In this study, the qualitative research method was chosen to thoroughly examine the public hospital supply process, which was the focus of the research question. The qualitative research methodology was discussed in detail in the subsequent section. The findings section presented the results obtained from interviews with stakeholders, analyzed through descriptive and content analysis. In the discussion section, the findings were interpreted in the context of the literature, and the research limitations were addressed.

2. METHODOLOGY

2.1. Research Method

Of the qualitative research methods, an inductive interpretive phenomenological study design was used (Creswell, 2013: 83; Creswell, 2014: 234-235; Erdoğan et al., 2014: 198; Merriam and Tisdell, 2015: 25; Saldana, 2011: 7; Van Manen, 1990: 362). This study aimed to examine the concept of the "*supply process in healthcare*" in a multi-dimensional way.

The phenomenological approach involves an effort to understand the personal experiences of individuals and the meanings of these experiences. This approach is used to develop a deeper understanding of the experiences, perceptions, and situations experienced by individuals. Therefore, phenomenology provides a suitable research ground for examining familiar phenomena, frequently encountered and with but not understood comprehensively (Creswell, 2013: 83-85; Saldana, 2011: 7-11).

This method is considered a tool for understanding the essence of the events and experiences individuals encounter within the framework of the researched case. The phenomenological approach can provide new and comprehensive information about the meanings and effects of such experiences through detailed and in-depth examination. In this respect, the phenomenological approach is considered the appropriate method for deeply examining the "supply process in healthcare" phenomenon in a multi-dimensional manner.

2.2. Participants of the Study

In qualitative studies, the focus of this research, theoretical framework, and amount of data are important criteria for determining the sample. Suggestions for the number of needed participants in qualitative studies is a minimum of 3-4 to a maximum of 19. Nevertheless, there is no restriction on the number in qualitative studies (Creswell, 2013: 76-77; Lapan et al., 2012: 90; Thomas and Pollio, 2002:3-20; Tracy, 2019: 138). In this study, a heterogeneous focus group was determined to examine the concept of the "supply process in healthcare" in-depth, based on the information in the literature. Participants were determined by purposeful and snowball sampling methods among individuals who had experience with the concept and worked in different aspects of the healthcare supply process. Interviews continued until the data obtained was saturated. Fourteen participants working in different areas of the healthcare supply process were selected and interviewed. Purposeful sampling criteria are listed below;

- Having at least three years of experience in the healthcare supply process,
- To still be on active duty regarding the healthcare supply process,
- Having sufficient knowledge about the healthcare supply process,
- Agreeing to participate in the study.

Table 1. Descriptive findings of the participants

No.	Participants	Tenure	Theme (n)	Quote (n)
1	Open Tender Officer	8	11	30
2	Unit Manager	25	9	16
3	Head of Department	25	13	31
4	Direct Supply Officer	6	9	23
5	Hospital Administrative Financial Affairs Manager	15	6	11
6	Hospital Administrative and Financial Affairs Deputy Manager_1	15	15	53
7	Hospital Manager_1	20	9	21
8	Hospital Manager_2	15	12	38
9	Hospital Administrative and Financial Affairs Deputy Manager_2	20	11	15
10	Inspection Commission Manager	4	12	21
11	Hospital Administrative and Financial Affairs Deputy Manager_3	6	7	10
12	Purchasing Personnel	6	10	15
13	Purchasing Officer	6	9	30
14	Movable Registration Officer	11	16	27

In Table 1, fourteen participants were interviewed. Interviews were held with senior managers such as the head of the department, hospital manager, administrative financial affairs manager, and deputy managers, as well as inspection commission manager, purchasing personnel, purchasing officer, movable registration officer, and unit managers, who manage the relevant supply process on a hospital basis.

2.3. Data Collection Tools and Data Collection

In accordance with the research purpose, data was collected using a semi-structured questionnaire with eight questions created by the researchers based on the literature review. This research data was collected from relevant employees working in hospitals providing tertiary healthcare in Ankara between 01 January and 29 February 2024. In order to conduct the study, ethics committee approval was received from Çankırı Karatekin University Health Sciences Ethics Committee dated 11.07.2023 and numbered 7. Different researchers carried out the data collection and analysis processes. The relevant participants were contacted via e-mail and/or phone; an appointment was made before the interviews were conducted. The interviews were held at a place and time the participants accepted. The data collection process was terminated at the point where the data reached saturation.

2.4. Analysis of Data

The data from the interviews were transcribed with MS Word 365 software and transferred to the MS Word environment. The Word texts were analyzed through coding and theme creation stages in Nvivo 2020 software. The data analysis process continued with steps: initial reading, creation of main themes, rereading of the texts within the theme, coding, and theme creation. The coding process was terminated when integrity was achieved (Creswell, 2014: 247; Erdoğan et al., 2014: 154; Leavy, 2017:124). Finally, the theme contents were reread, and the relationships between the themes were established. The analysis process was completed by reading and checking the main themes, sub-themes, relationships, and content created by another researcher. Necessary approaches to the validity and reliability of the data were taken throughout the entire process. A descriptive and interpretive qualitative analysis approach was used to present the findings.

2.5. Role of Researchers

All of the researchers in the study are health management experts, and they used to work actively in hospitals. One of the researchers worked as a unit manager in a tertiary hospital for nearly thirteen years. Another one, with four years of hospital experience, has been working in the field of quality and accreditation in healthcare for approximately 15 years. The other two were academics who worked as elements of purchasing and supply chain management in healthcare institutions and had expertise in health management.

2.6. Validity and Reliability of This Research

Independent researchers carried out the data collection, transcription, and analysis process to ensure the research validity. The themes and coding were finalized by joint control. The transcriptions were sent to the participants and confirmed for the research reliability. The final coding and text contents were checked theoretically. Additionally, information was given about the role of the researchers.

2.7. Assumptions and Limitations of This Research

The participants are assumed to give correct answers to the questions in the interviews in this research. Qualitative research findings cannot be generalized to people or regions outside the scope of this research (Creswell, 2014: 253). The findings of this research are limited to the answers of the 14 participants to the questions asked regarding the phenomenon of the "Supply process in healthcare." The role of researchers in the findings should be taken into account.

3. RESULTS

3.1. Descriptive Findings

The mean professional experience of the participants in this research was 13 years. The themes as a result of the analyses in this research are shown in Table 2.

Table 2. Descriptive findings regarding research themes

Themes	Source	Reference
Supply Process	14	92
• Inventory Control	9	9
✓ Physical Control	4	5
✓ Hospital Management Information System (HMIS)	9	9
• Supply Methods	6	13
✓ 19 Open Tender	11	15
✓ 22-A Direct Purchase	4	4
✓ 22-D Direct Supply	9	12
✓ 22-F Bedside Reception	7	7
✓ State Supply Office (SSO)	7	10
• Strengths	14	74
✓ Qualified Human Resources	8	9
✓ Online Infrastructure	13	19
✓ Technical Specifications	5	9
• Need for Improvement	11	25
✓ Effective Supply System	5	5
✓ Legislation-Technical Specification	4	4
✓ Qualified Human Resources	3	7
✓ Competitive Environment	3	9

This research's findings were grouped under four main themes: inventory control (9/14), Need for Improvement (11/14), Strengths (14/14), and Supply Methods (6/14). Research findings were collected under these headings.

Table 3. Most frequent words in coded data

Word	Frequency (n)	Weighted (%)
Material	324	2.04
Tender	203	1.27
Purchase	188	1.18
Technical	111	0.70
Health	92	0.58
Material Resource Management System	86	0.54
Peak	76	0.48
Public	70	0.44
System	67	0.42
Medical	64	0.40

As seen in Table 3, the most frequent words in the coded data were material 2.04% (n=324), tender 1.24% (n=203), and supply 1.18% (n=188).

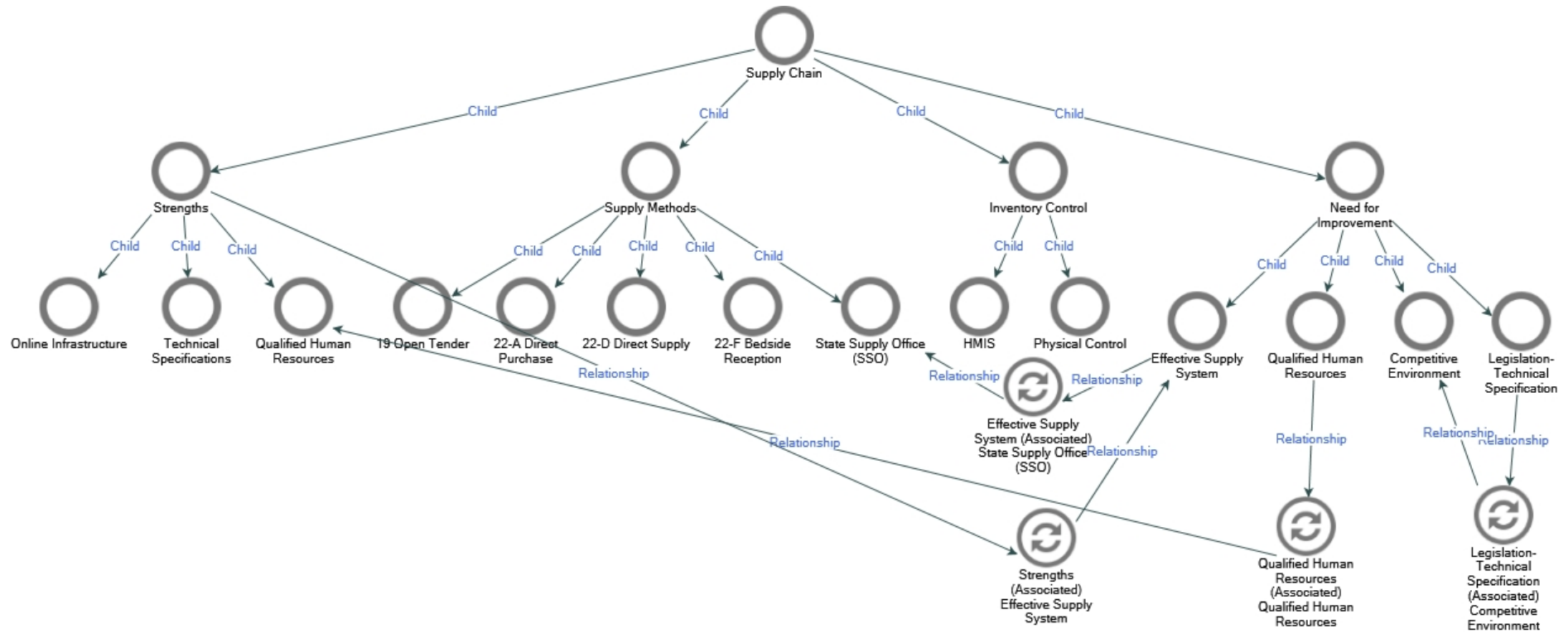


Figure 1. Findings regarding research themes and relationships

3.2. Theme I: Inventory Control

The findings revealed that senior managers followed inventory control through the information systems of the Ministry of Health and Hospitals (9/14). In this context, participant statements;

Head of Department: *"The stock tracking of medical supplies is monitored with the tracking system consisting of the integration of the Hospital Information Management System (HMIS) and (Material Control Management System) (MCMS) to track the main warehouse of the administration and the intermediate warehouses that use the materials."*

Deputy Director of Administrative and Financial Services: *"Stock tracking is carried out through the existing HMIS system and our ministry's MCMS."*

Hospital warehouse and unit managers mentioned the necessity of inventory control both through hospital information systems and physically (4/14). In this context:

Unit manager: *"I monitor the stock level and amount through the computer system we use. Twice a week, I check whether the materials in my physical warehouse are compatible with the materials in the computer system. I follow the consumption process to see if the materials in the main warehouse are sufficient."*

Movable Registration Officer: *"As I said, we have a Fonet system for stock tracking. We can see the remaining supplies on a daily basis in the hospital information system. We also physically count the warehouses at the end of the month."*

3.3. Theme II: Supply Methods

The findings indicated that four supply methods were used in the public hospital (Table 2; Figure 1). All supply methods addressed different needs in the supply process (13/14). In this context:

Open Tender Officer: *"So there are many different supply processes and many different supply methods. We purchase these according to the valid supply methods of the public supply Law No: 4734. These are the 22-D direct supply method and the 22-F bedside supply method. Article 19 discusses the open tender method. We use methods such as the 22-A for direct purchase."*

Head of Goods Inspection Commission: *"There are four different methods in the supply process. One is an open tender used in our hospital, two is a direct supply, three are through SSO, and the fourth one is a bedside supply, referred to as 22-F. They all serve a different purpose."*

Deputy Director of Hospital Administrative and Financial Affairs: *"Annual needs are planned and/or the next year's budget preparations are made accordingly, taking into account the previous year's consumption amounts. These purchases must be made with the State Supply Office (SSO). We continue to purchase materials that are not included in SSO, using the methods described in the public supply Law No. 4734."*

In general, the most efficient and effective supply method was the open tender method (12/14). For urgent and unforeseen purchases, the direct supply method was generally accepted. For such cases, the direct purchase method was also used. Direct supply and the 22-F method were stated to be more costly than the tender method. In this context:

Direct Supply Officer: *"The most effective one here is, of course, the tender process. Tender processes are uploaded to EPSP (Electronic Public Supply Platform) here. These are announced in the EPSP system. Companies send their offers to this purchasing platform, and purchases are made through the e-tender process. The most significant advantage of the tender here is that it is evaluated based on offers below the estimated cost during the purchasing stages, large quantities of products can be purchased, and services can be completed through tenders. However, direct supply has a certain limit. Since direct supply has a certain limit, significant purchases and large tenders meet the huge needs of the hospital."*

Deputy Administrative Financial Manager: *"Although the most effective method in supply methods seems to be the direct supply method because it is fast, I think that the open tender method, which provides both transparency and an equal competitive environment, is a more effective method."*

Inspection Commission Manager: *"The most effective is tender within the institution, open tender. A tender is held for a material so that it can be offered by more than one company, for example, an injector. Companies are making offers. I think it is more transparent this way, and being a tender is a plus for the SSO supply process. I think that the tender, that is, the tender made by the institution, is healthier and more effective than SSO in terms of eliminating poor-quality products at the tender stage. Purchasing via the SSO also has its advantages. When purchasing via SSO, the price drops almost much lower. In other words, it decreases at*

a minimum, but it also decreases slightly in quality. That is why our hospital does not like the materials coming from SSO, but the materials coming from the tender are more appreciated."

Based on these findings, purchase prices can be reduced considerably due to the high level of competition in the supply processes with the open tender method. Especially in purchases via SSO, the higher quantity allows for cheaper purchases. However, efforts to reduce prices might sometimes result in compromising material quality. Regarding this topic:

Inspection Commission Manager: *"The materials we received from SSO regarding the supply process are the ones we have the most trouble with. SSO and the Ministry of Health made a protocol between themselves. SSO purchases health and medical consumables and goes out to tender. SSOs have a good system; they invite relevant companies and get their products accepted. However, they include these products in the system with the reports provided by the companies without much testing by the user, and therefore, very poor quality products are bought by SSO."*

Unit Manager: *"We can purchase large quantities of materials cheaply through open tender and purchases from SSO. This process sometimes causes us to buy bad quality material, even in very small quantities. In such cases, we finish the job with cheap ones instead of high-quality ones. What was cheap in the first place ends up costing more."*

3.4. Theme III: Strengths

These research findings revealed institutional strengths in the supply process under the headings of online infrastructure (13/14), qualified human resources (8/14), legislation, and technical specifications (5/14). In particular, technological developments, the online infrastructure within the Ministry of Health, and hospitals were put forward as strengths. In this context, the statements are presented below:

Open Tender Officer: *"Computers have great benefits. We have the Internet and hospital information system. FONET is available in other places and different companies. Plus, the Ministry of Health has what we call MCMS. During the purchasing process, there is a smart management system where the purchasing units can see which purchase will be procured throughout Türkiye, which hospital last purchased the material, at what price, and how much it purchased. These types of technological things support and provide benefits."*

Head of Department: *"MCMS allows stock control and financial analysis by different units of our Ministry."*

In addition, social sharing platforms created by informal groups were also seen to be used in supply processes, as well as formal information systems.

Unit manager: *"The FONET system provides great convenience in material tracking, and apart from that, communicating with other hospitals via WhatsApp groups makes it technologically easier."*

The findings indicated that individuals working in the supply processes should be knowledgeable and experienced on the subject. At the same time, the lack of qualified personnel was expressed as an important problem. The statements are below:

Movable Registration Officer: *"Generally, from time to time, we encounter people working in these areas, people who I have observed have not been able to hold on to a job, who have not been able to hold on to any of them, they give them to these places, but there is money and embezzlement involved. Since it is a process that requires good follow-up, it is important to have qualified personnel. It is vital to train qualified personnel who can work in this field through certification training that can be developed in schools, health management, etc."*

Deputy Director of Administrative and Financial Affairs: *"In these units, it takes a significant amount of time to train personnel on purchasing, expense, income, fiduciary, archive operations, correspondence, and procedural principles, and when the sense of commitment decreases, or frequent changes are made, the memory of the unit and the institution disappears. Accordingly, continuity and quality in operations are disrupted."*

In addition, well-prepared technical specifications and legislation were mentioned as critical elements that strengthen the institution in the supply process (5/14). Relevant participant statements are presented below:

Hospital Manager_1: *"We can say that the strength of the supply of medical supplies is to start the process by checking whether the prepared technical specifications are competitive in compliance with the legislation."*

Direct Supply Officer: *"More accurate studies can be done while preparing technical specifications. Preparing different specifications for the same type of material inevitably affects the purchasing process"*

negatively. Technical specifications are prepared based on certain needs. If the purchase is made with these technical specifications, a healthier purchase will be made."

Chairman of the Goods Inspection Commission: *"There is a good regulation. Goods inspection, let me tell you its full name; there is a Regulation on Goods Purchases, Inspection, Inspection and Acceptance Procedures. According to the principles of this Regulation, these three people have the right to reject this material due to an issue stated or not specified in the technical specification."*

3.5. Theme IV: Need for Improvement

In this research, the Need for Improvement *in the "supply process in healthcare"* was determined as an effective supply system (5/14), legislation-technical specifications (4/14), qualified human resources (3/14), and competitive environment (3/14). The findings presented that the current supply system should be improved to be more effective (5/14). Related mentions:

Deputy Manager: *"There should be a single HIS system throughout Türkiye, and stock tracking should be possible from all over Türkiye; SSO companies not only disrupt the operation but also disrupt the system with poor quality products; The products do not arrive on time, etc."*

Purchasing personnel: *"Quality choices should be made when purchasing materials. High efficiency and usability should be achieved from the selected product."*

The current system was criticized in terms of quality, especially in material selection in the findings. The participants question the quality of the materials coming from SSO. In this respect, SSO was considered an essential tool in establishing an effective supply system and should be improved to enable the purchase of appropriate quality products. Participants also mentioned legislation and specifications as areas that need improvement. In this context:

Head of Department: *"I believe that this will be achieved by preparing a primary legislation within a framework that will not be subject to frequent changes, and by making purchases by enacting secondary legislation in line with the framework legislation prepared by the administrations."*

Deputy Director of Administrative and Financial Affairs: *"Material standardization must be ensured by preparing a common technical specification at both the Ministry and primary health institutions. Information pollution in creating material specifications for each user and the user-company relationship will be prevented to a large extent."*

In addition, the research findings indicated that public authorities should provide a controlled competitive environment in healthcare. The initiatives of companies and informal organizations in this regard should be controlled. In this context:

Deputy Director of Administrative Financial Affairs: *"Companies with commercial legal entities (joint stock companies, limited companies, etc.) form associations and collaborate on the distribution of markets and/or how the price will be. Relevant institutions of our Ministry should not address these associations. This situation is against the relevant institutions of the Ministry of Health, which is the major buyer, and appears as an unfair transaction both in accordance with the principle of competition and in free market conditions."*

Purchasing Manager: *"I will talk about it from time to time, but where I work, it's a confidential matter among the companies. This is my personal opinion; I don't want to blame anyone. I felt like the companies were making a secret agreement. What do I mean? When we were going to buy item A or item A products, a company was offering the best offer. When we were going to buy Group B materials, another company was offering the best offer."*

4. DISCUSSION

The study findings revealed that inventory management incorporates hospital information systems and traditional methods in these hospitals. Even if hospital information systems were used in the supply process of public hospitals, other current technologies were not widely used. In the traditional hospital supply process, materials from various suppliers are placed in the main warehouse(s), which can result in bloated inventory and high rates of stockout (Darling and Wise, 2010). In addition, clinicians allocate their time to patient care and are not directly involved in material management, which leads to disruptions in supply and inventory management in traditional inventory control (Rivard-Royer et al., 2002). Traditional inventory control is unable to provide accurate inventory information, and it is challenging to manage real-time inventory. Innovative inventory control models such as stockless systems, vendor-managed systems, and automatic point-of-use systems that aim to reduce inventory and stock levels and focus directly on patients with smaller measurement units are being developed around the world (Beaulieu and Bentahar, 2021; Darling and Wise, 2010; DeScioli, 2005; Mathew

et al., 2013; Nicholson et al., 2004; Rivard-Royer et al., 2002). Hospitals can operate almost stockless inventory with instant distribution, storage requirements are minimal due to these modern methods for inventory control (Darling and Wise, 2010), and all material inventories can be easily tracked (DeScioli, 2005). The hospitals where this study was conducted are tertiary public hospitals. So, the large type of materials and the large number of suppliers necessitate traditional methods. In addition, the hospitals' obligation to keep stock due to the high volume patient load and diversity makes it challenging to apply advanced supply methods for all materials. The motivation to benefit from economies of scale causes stock holding as well. In this study, rapid supply methods that do not require stock, such as 22-F and 19-A provided by the Public Supply Law, were also used for urgent and rare cases that cannot benefit from economies of scale.

This research indicates that public regulations in Türkiye provide different and sufficient supply methods for all needs. The open tender method, where competition is at the highest level, is an effective and efficient supply method. However, in purchases where competition is high, low-cost motivation might lead to the purchase of poor-quality products. Cost change is expected as a result of changes in the healthcare supply process. Just in Time (JIT) supply method is deemed more useful in high-competition markets (Gary Jarrett, 1998). Legal regulations are determined to be important precautions in minimizing healthcare costs (Gaynor and Haas-Wilson, 1999; Giancotti et al., 2017). Consistent with the literature, medical needs can be supplied through tenders, bulk contract purchases, and bulk purchases to be more effective in public hospitals in Türkiye. The web-based management systems of the Ministry of Health provide information about who purchased what, from whom, when, and for how much in the supply transactions carried out by hospitals to the hospital administrations before the purchase process. So, the decisions on tenders can be made based on more reliable data (Sağlık Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2011). Similarly, in the United States of America, group purchasing organizations were established to make healthcare material supply activities more effective so as to use economies of scale and to ensure that hospitals procure materials at the best prices (Cheng and Whittemore, 2008:126).

Online infrastructure and technologies are deemed to be the strengths of institutions in the healthcare supply process. EPSP and MCMS were stated to be especially useful. Similarly, in the literature, overstock products in hospitals could be easily monitored with MCMS, and hospitals could quickly obtain the needed materials, for a fee or free of charge, from the provincial stock pool or institutions with excess needs/stock through MCMS, without going out to tender (Sağlık Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2011). EPSP was stated as an effective method for organizations in terms of perceived usefulness, online trust, and trust in the government (Yıldız et al., 2018). In addition, this research finding presents that lower-level managers used informal communication channels during the supply process. The importance of the unique collaborations established by successful organizations with their customers and suppliers cannot be denied in today's dynamic competitive environment. The success of technological and organizational changes by businesses largely depends on the development of mutual trust and collaborative relationships with suppliers and customers. Relationships based on this cooperation can offer additional tactics to businesses and contribute positively to the supply process. However, if informal communication is not managed well, it may lead to situations such as the formation of unpredictable different groups and the emergence of uncontrollable results (Bektaş and Erdem, 2015).

The findings indicate that attention should be paid at the ministry level to the suppliers' informal groups to ensure a competitive environment. These informal structures were stated to make agreements that eliminate competition in tender processes. In this respect, this situation can be likened to a cartel structure in healthcare (Fellman and Shanahan, 2020; van der Schors and Varkevisser, 2023). In this context, countries focus on preventing unfair competition with antitrust laws (Hellinger, 1998; Kiss et al., 1995; van der Schors and Varkevisser, 2023). The Law on the Protection of Competition is in force in Türkiye for this purpose (Türkiye Büyük Millet Meclisi, 1994).

In this research, whereas the presence of qualified human resources in the healthcare supply process was revealed as a strength, its deficiency was described as a significant problem. Even if attention is drawn to the use of advanced models in supply management in the literature (Beaulieu and Bentahar, 2021; Darling and Wise, 2010; DeScioli, 2005; Mathew et al., 2013; Nicholson et al., 2004; Rivard-Royer et al., 2002), effective production and supply were claimed to be achieved through the interactive work of "Industry 4.0" with smart-innovative systems, new technologies, advanced computers, software technologies, and qualified human resources (Dengiz, 2017).

This research revealed that technical specifications must be developed to obtain quality and suitable products. In the literature, one of the indispensable main steps of a tender was the existence of a well-prepared technical specification (Şentürk et al., 2020). In a study examining the supply process in public hospitals, improper technical specifications were pointed out as among the reasons for the cancellation of tenders. Experts in the field were recommended to prepare technical specifications, and if there was no expert within the institution,

support should be provided from equivalent institutions, or the specification should be prepared by outsourcing services (Çabuk, 2014:119).

In this research, frequent changes should not be made to the legislation. Even if legislative changes were legally predictable, frequent changes might cause a situation contrary to legal stability (Özdemir, 2018). In the literature, problems arising from legislation in the supply process in public hospitals were rare (Çabuk, 2014:119).

5. CONCLUSION

Effective and efficient supply processes for healthcare institutions are essential for cost reduction, improving the quality of medical care, and increasing operational efficiency and patient safety. Traditional supply processes face many challenges, such as uncertainty, high costs, complexity, and fragility. For this reason, new approaches and technologies are being developed in studies in the field of supply and logistics processes.

The findings of this study indicate that the current legislation in Türkiye allows for a sufficient variety of supply methods. The open tender of the supply methods is the most cost-effective in terms of using economies of scale. However, the cost advantage through the open tender method might cause a decrease in material quality. At this point, well-designed specifications and the use of qualified human resources in this field play an important role. Another conclusion of the study is that since modern supply and storage technologies are not standard in public hospitals, the institution uses traditional inventory control methods and informal communication channels.

Based on the results of this research, the opinions and suggestions of all stakeholders about the process are important for an effective supply process and performance maximization in healthcare. Researchers are advised to investigate;

- the reasons that limit the use of modern supply and storage technology in public hospitals,
- the effects of a cost-advantage-focused approach on product quality in public supply processes in healthcare,
- the impact of specification features on the supply process in healthcare,
- the impact of informal processes on the supply process in healthcare.

The findings and results of this research, in which the supply processes in healthcare are examined in depth in a multi-dimensional manner, can enable policymakers and healthcare providers to raise awareness and improve the supply processes in needed areas.

The findings of this study are limited to the perspectives of the 14 participants interviewed and the responses provided to the research questions. When interpreting the research findings and results, it is important to consider the role of the researchers. All researchers are health professionals with academic roles, and the principal investigator is actively involved in the health supply chain.

Author Contributions

Uğur Uğrak: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft Writing-review and editing *Şafak Çınar*: Literature review, Conceptualization, Methodology, Writing-review and editing *Fırat Seyhan*: Literature review, Conceptualization, Methodology, Writing-review and editing *Demet Kavak*: Literature review, Conceptualization, Methodology, Writing-review and editing

Conflict of Interest

The authors declared no potential conflict of interest.

Funding

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Compliance with Ethical Standards

For this study, the approval of the Ethics Committee (University of Çankırı Karatekin) was obtained with the decision dated 11-07-2023 and numbered 7.

Ethical Statement

The author(s) declared that scientific and ethical principles were followed in this study and that all the sources used were cited correctly.



The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Alsaç, U. (2017). "EKAP: Turkey's Centralized E-Supply System", *Digital Governance and E-Government Principles Applied to Public Supply*, IGI Global, 126-150.
- Arık, Ö. and Ertaş, H. (2021). "Türkiye'de Sağlık Market Uygulaması", *Journal of Academic Value Studies*, 7(2), 157-176.
- Arora, M. and Gigras, Y. (2018). "Importance of Supply Chain Management in Healthcare of Third World Countries", *International Journal of Supply and Operations Management*, 5(1), 101-106.
- Bag, S., Dhamija, P., Singh, R.K., Rahman, M.S. and Sreedharan, V.R. (2023). "Big Data Analytics and Artificial Intelligence Technologies Based Collaborative Platform Empowering Absorptive Capacity in Health Care Supply Chain: An Empirical Study", *Journal of Business Research*, 154, 113315.
- Beaulieu, M. and Bentahar, O. (2021). "Digitalization of The Healthcare Supply Chain: A Roadmap to Generate Benefits and Effectively Support Healthcare Delivery", *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120717.
- Bektaş, M. and Erdem, R. (2015). "Örgütlerde Informal İletişim Süreci: Kavramsal Bir Çerçeve", *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(1), 125-139.
- Bourlakis, M., Clear, F. and Patten, L. (2011). "Understanding the UK Hospital Supply Chain in An Era of Patient Choice", *Journal of Marketing Management*, 27(3-4), 401-423.
- Cheng, S. H-J. and Whittemore, G.J. (2008). "An Engineering Approach to Improving Hospital Supply Chains" Master Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts .
- Creswell, J.W. (2013). "Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among Five Approaches", 3rd Edition, Sage Publications.
- Creswell, J.W. (2014). "Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches", 4th Edition, Sage Publications.
- Çabuk, Y. (2014). "Kamu Hastanelerinde Tedarik Zinciri Yönetimi ve Örnek Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi İktisat Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Darling, M. and Wise, S. (2010). "Not Your Father's Supply Chain. Following Best Practices to Manage Inventory Can Help You Save Big", *Materials Management in Health Care*, 19(4), 30-33.
- Dengiz, O. (2017). "Endüstri 4.0: Üretimde Kavram ve Algi Devrimi", *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 15(1), 38-45.
- DeScioli, D.T. (2005). "Differentiating The Hospital Supply Chain for Enhanced Performance", Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts .
- Dixit, A., Routroy, S. and Dubey, S.K. (2019). "A Systematic Literature Review of Healthcare Supply Chain And Implications of Future Research", *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 13(4), 405-435.
- Erdoğan, S., Nahcivan, N. and Esin, M.N. (2014). "Hemşirelikte Araştırma: Süreç, Ugulama ve Kritik", Nobel Tıp Kitabevi, Ankara.
- Fawcett, S.E. and Waller, M.A. (2013). "Considering Supply Chain Management's Professional Identity: The Beautiful Discipline (Or, "We Don't Cure Cancer, But We Do Make A Big Difference")", *Journal of Business Logistics*, 34, 183-188.
- Fellman, S. and Shanahan, M. (2020). "Beyond The Market: Broader Perspectives in Cartel Research", *Scandinavian Economic History Review*, 68(3), 195-203.
- Fiore, M., Capodici, A., Rucci, P., Bianconi, A., Longo, G., Ricci, M., Sanmarchi, F. and Golinelli, D. (2023). "Blockchain for the Healthcare Supply Chain: A Systematic Literature Review", *Applied Sciences*, 13(2), 686.
- Ganeshan, R. (2007). "An Introduction to Supply Chain Management", *Business Logistics & SCM*, Retrived from: <https://logisticsmanagementandsupplychainmanagement.wordpress.com/2007/05/24/an-introduction-to-supply-chain-management/>, (Acces Date:11.01.2024).
- Gary Jarrett, P. (1998). "Logistics in the health care industry", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(9/10), 741-772.
- Gaynor, M. and Haas-Wilson, D. (1999). "Change, Consolidation, and Competition In Health Care Markets", *Journal of economic perspectives*, 13(1), 141-164.
- Getele, G.K., Li, T. and Arrive, J.T. (2020). "The Role of Supply Chain Management in Healthcare Service Quality", *IEEE Engineering Management Review*, 48(1), 145-155.
- Giancotti, M., Guglielmo, A. and Mauro, M. (2017). "Efficiency and Optimal Size of Hospitals: Results of A Systematic Search", *PLoS One*, 12(3), e0174533.

- Grigoroudis, E., Orfanoudaki, E. and Zopounidis, C. (2012). "Strategic Performance Measurement in A Healthcare Organization: A Multiple Criteria Approach Based on Balanced Scorecard", *Omega*, 40(1), 104-119.
- Hellinger, F.J. (1998). "Antitrust Enforcement In The Healthcare Industry: The Expanding Scope of State Activity", *Health Services Research*, 33(5 Pt 2), 1477.
- Hu, H., Xu, J., Liu, M. and Lim, M.K. (2023). "Vaccine Supply Chain Management: An Intelligent System Utilizing Blockchain, IoT And Machine Learning", *Journal of Business Research*, 156, 113480.
- Jinesh, J.G.S. Dangayach, G. Agarwal, and Banerjee, S. (2010). "Supply Chain Management: Literature Review and Some Issues", *Journal of Studies on Manufacturing* 1(1), 11-25.
- Kamu İhale Kurumu, (2002). "Kamu İhale Mevzuatı", *Kamu İhale Kurumu, Ankara*, Retrived from: <https://www.ihale.gov.tr/Mevzuat.aspx>, (Access Date:08.01.2024).
- Kasula, B.Y. (2023). "Revolutionizing Healthcare Delivery: Innovations and Challenges in Supply Chain Management for Improved Patient Care", *Transactions on Latest Trends in Health Sector*, 15(15).
- Khorasani, S.T., Cross, J. and Maghazei, O. (2020). "Lean Supply Chain Management In Healthcare: A Systematic Review and Meta-Study", *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(1), 1-34.
- Kim, S-H. and Kwon, I-W.G. (2015). "The Study of Healthcare Supply Chain Management In United States: Literature Review", *Management Review: An International Journal*, 10(2), 34.
- Kiss, L.E., Ross-Lee, B. and Weiser, M.A. (1995). "The Application of Antitrust Laws to The Healthcare Industry", *Journal of Osteopathic Medicine*, 95(8), 480-480.
- Kumar, A., Mani, V., Jain, V., Gupta, H. and Venkatesh, V.G. (2023). "Managing Healthcare Supply Chain Through Artificial Intelligence (AI): A Study of Critical Success Factors", *Computers & Industrial Engineering*, 175, 108815.
- Kwon, I-W. G., Kim, S-H. and Martin, D.G. (2016). "Healthcare Supply Chain Management; Strategic Areas for Quality and Financial Improvement", *Technological Forecasting and Social Change*, 113, 422-428.
- Lapan, S.D., Quartaroli, M.T. and Riemer, F.J. (2012). "Qualitative Research: An Introduction to Methods and Designs" John Wiley & Sons.
- Leavy, P. (2017). "Research Design: Quantitative, Qualitative, Mixed Methods, Arts-Based, and Community-Based Participatory Research Approaches", *Guilford Publications*, 106-131.
- Mathew, J., John, J. and Kumar, S. (2013). "New Trends in Healthcare Supply Chain", *Annals of POMS Conference Proceedings*, Denver.
- McKone-Sweet, K.E., Hamilton, P. and Willis, S. B. (2005). "The Ailing Healthcare Supply Chain: A Prescription for Change", *Journal of Supply Chain Management*, 41(1), 4-17.
- Merriam, S. B. and Tisdell, E. J. (2015). "Qualitative research: A guide to design and implementation", John Wiley & Sons.
- Nanda, S.K., Panda, S.K. and Dash, M. (2023). "Medical Supply Chain Integrated with Blockchain and IoT to Track The Logistics of Medical Products", *Multimedia Tools and Applications*, 82, 32917–32939.
- Nicholson, L., Vakharia, A.J. and Erenguc, S.S. (2004). "Outsourcing Inventory Management Decisions in Healthcare: Models And Application", *European Journal of Operational Research*, 154(1), 271-290.
- Özdemir, S. (2018). "Hukuk Güvenliği ve Hukukî İstikrar", *Mahalli İdareler Dergisi*, 72(220), 395-433.
- Rakovska, M.A. and Stratieva, S.V. (2018). "A Taxonomy of Healthcare Supply Chain Management Practices. Supply Chain Forum": *An International Journal*, 19(1), 4-24
- Rivard-Royer, H., Landry, S. and Beaulieu, M. (2002). "Hybrid Stockless: A Case Study: Lessons for Healthcare Supply Chain Integration", *International Journal of Operations & Production Management*, 22(4), 412-424.
- Rolf, B., Jackson, I., Müller, M., Lang, S., Reggelin, T. and Ivanov, D. (2023). "A Review on Reinforcement Learning Algorithms and Applications in Supply Chain Management", *International Journal of Production Research*, 61(20), 7151-7179.
- Sağlık Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı. (2011). "Azami Stok Miktarı Uygulaması", *Sağlık Bakanlığı, Ankara* Retrieved from http://www.sgb.saglik.gov.tr/content/files/genelgeler/2011/Genelge_2011_54.pdf (Access Date: 01.11.2024).
- Saldana, J. (2011). "Fundamentals of Qualitative Research", Oxford University Press, Inc.
- Sunil, C. (2013). "Supply Chain Management: Strategy, Planning, And Operation", 5/e. Pearson India.
- Swafford, P. M., Ghosh, S. and Murthy, N. (2006). "The Antecedents of Supply Chain Agility of A Firm: Scale Development And Model Testing", *Journal of Operations management*, 24(2), 170-188.

- Şentürk, T., İkizler, C. and Aytekin, G.K. (2020). "Sağlık Kurumlarında Tedarik Zinciri Yönetimi Kapsamında Stok Yönetiminin İncelenmesi: Bir Alan Araştırması", *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(17), 7-46.
- Thomas, S.P. and Pollio, H.R. (2002). "Listening to Patients: A Phenomenological Approach to Nursing Research and Practice", Springer Publishing Company.
- Tracy, S.J. (2019). "Qualitative Research Methods: Collecting Evidence, Crafting Analysis, Communicating Impact", John Wiley & Sons.
- Türkiye Büyük Millet Meclisi (1994) "Rekabetin Korunması Hakkında Kanun", *Resmi Gazete*. Retrived from: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=8455&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (Access Date: 09.01.2024)
- van der Schors, W. and Varkevisser, M. (2023). "Does Enforcement of the Cartel Prohibition in Healthcare Reflect Public and Political Attitudes Towards Competition? A Longitudinal Study From the Netherlands", *Journal of Competition Law & Economics*, 19(2), 193-219.
- Van Manen, M. (1990). "Researching Lived Experience: Human Science for An Action Sensitive Pedagogy", *Phenomenolo + Pedago*, 8, 361-366.
- Vishwakarma, A., Dangayach, G.S., Meena, M.L., Gupta, S. and Luthra, S. (2023). "Adoption of Blockchain Technology Enabled Healthcare Sustainable Supply Chain to Improve Healthcare Supply Chain Performance", *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 34(4), 1111-1128
- Wieser, P. (2011). "From Health Logistics to Health Supply Chain Management", *Supply Chain Forum: An International Journal*, 2(1), 4-13.
- Yıldız, S., Topal, M.H., Yıldız, E. and Tosunoğlu, B. (2018). "Firmaların E-Devlet Hizmetleri Kullanımını Etkileyen Faktörler: EKAP Üzerine Bir Uygulama", *The Journal of International Scientific Researches*, 3(1), 11-28.
- Yoldaş, S. (2022). "Kamu Hastanelerinde Tedarik Zinciri ve Satın Alma Yönetim Sürecinde Yaşanan Sorunlara Yönelik Bir Araştırma", *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences*, 2022(8), 48-60.

Efficient Solution Algorithms for Resource Planning and Scheduling in Seasonal Reservation Systems

Uğur Eliiyi¹ 

ABSTRACT

Purpose: In this study, efficient solution algorithms are proposed for a problem which simultaneously optimizes capacity planning and scheduling decisions in reservation systems. The problem is especially important for systems involving appointments/reservations, such as hotel or seat reservations in tourism, operation and treatment reservations in healthcare systems, or port logistics operations.

Methodology: The optimization problem studied involves concurrent decisions of scheduling and dynamic capacity determination, with an objective of maximizing the net return gained from the served appointments. A randomized constructive heuristic exploiting problem's structural characteristics is proposed together with effective improvement procedures. Extensive computational experimentation is conducted in order to test algorithm performance.

Findings: The developed approach performs excellently in both solution quality and time. With up to 200 reservations, the heuristic technique outperforms CPLEX in terms of solution time and quality. The algorithm's performance remains unchanged as the size of the problem increases.

Originality: This study presents the first heuristic approach to solving this significant problem. Through optimization of resource utilization and scheduling, substantial positive social and economic impact on a number of business sectors can be obtained. The efficient problem-solving techniques developed will pave the way for future research.

Keywords: Scheduling with Time Windows, Capacity Planning, Reservation Systems, Optimization.

JEL Codes: C44, C54, C61.

Mevsimsel Rezervasyon Sistemlerinde Kaynak Planlama ve Çizelgeleme İçin Etkin Çözüm Algoritmaları

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, rezervasyon sistemlerinde eş zamanlı kapasite planlama ve çizelgeleme kararlarını optimize eden bir problem için etkin çözüm algoritmaları önerilmektedir. Problem özellikle turizmde otel veya koltuk rezervasyonları, sağlık sistemlerinde operasyon ve tedavi rezervasyonları ya da liman lojistik operasyonları gibi randevu/rezervasyon ile çalışan sistemler için önemlidir.

Yöntem: İncelenen optimizasyon problemi, işleme alınan rezervasyonlara ait net getirinin maksimize edilmesi amacıyla, çizelgeleme ve dinamik kapasite belirleme kararlarının eş zamanlı olarak verilmesini içermektedir. Problemin yapısal özelliklerini kullanan rastgele bir inşa edici sezgisel yöntem ile etkili iyileştirme algoritmaları önerilmiştir. Algoritma performansını test etmek amacıyla kapsamlı hesaplamalı deneyler gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Geliştirilen yaklaşım hem çözüm kalitesi hem de zaman açısından mükemmel performans göstermektedir. Sezgisel yöntem 200 rezervasyona kadar CPLEX'e göre çözüm süresi ve kalitesi açısından üstündür. Algoritmanın performansı, problemin büyüklüğü ile değişmemektedir.

Özgünlük: Bu çalışma, bu önemli problem için sezgisel çözümler öneren ilk çalışmadır. Kaynak kullanımı ve çizelgelemenin optimizasyonu yoluyla birçok sektörde önemli sosyal ve ekonomik katkılar elde edilebilir. Geliştirilen hızlı ve etkili problem çözme teknikleri ileri araştırmaların önünü açacaktır.

Anahtar Kelimeler: Zaman Pencere Çizelgeleme, Kapasite Planlama, Rezervasyon Sistemleri, Optimizasyon.

JEL Kodları: C44, C54, C61.

¹ İzmir Bakircay University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business, İzmir, Türkiye

Corresponding Author: Uğur Eliiyi, ugur.eliiyi@bakircay.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1521438

Research Article | Submitted: 24.07.2024 | Accepted: 01.11.2024

Cite: Eliiyi, U. (2025). "Efficient Solution Algorithms for Resource Planning and Scheduling in Seasonal Reservation Systems", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 115-132.

1. INTRODUCTION

Scheduling optimization problems, which lie in the field of management science, include several characteristics of tasks to be processed (priority relationships, setup times etc.), and features of resources to be used for processing these tasks (identical or different resources), in addition to a variety of objective functions (minimizing resources' remaining idle times, minimizing waiting times of tasks, maximizing total return etc.). Because of its wide range of applications and practical significance, this area of optimization has received extensive research. In conventional scheduling, the decision maker is free to choose the start times of tasks; however, in interval scheduling (IS), these start times are set as parameters. Reservation systems are used to manage and allocate limited resources by handling and processing booking requests. These systems are employed in various sectors, including airline ticketing and gate assignment, healthcare systems, classroom scheduling, port operations, and hotel accommodations. Such systems require periodic/seasonal reservations. Hence, the IS problem has significant practical applications in these fields, as well as manufacturing operations such as maintenance and shift scheduling.

In this study, an optimization problem for simultaneously optimizing capacity determination and reservation scheduling decisions is considered. The problem is critical and necessary for optimizing the use of resources in order to deliver efficient services to a larger customer base. The problem is applicable to all reservation systems aiming to maximize the net "return" obtained from reservations handled. The concept of "return" can be defined as a material "operating profit" for some systems, whereas it can represent a physical "benefit", "weight" or "priority" for others. Defining the problem in such a flexible manner allows the decision makers to be able to adapt the problem for different contexts. The problem was introduced to the literature under the name of Combined Reservation Scheduling (CRS) problem by Eliiyi (2021). An integer programming model was developed for the optimal solution of the problem. The model was implemented in IBM ILOG CPLEX environment, and its computational performance was assessed under different scenarios through extensive numerical experiments. The results of the experiments were analyzed and the managerial implications were discussed in depth. The complex nature of the and the NP-Hardness of the problem were proven theoretically. It was not possible to solve the problem optimally as problem size increased, and the need for effective and efficient heuristic solutions for large problem instances were stated.

In this respect, this study is unique and practically significant, as it is the first in literature to tackle efficient solutions for this practically important problem. We propose fast, high-quality and easy-to-implement solutions in a problem environment where appointment requests and cancellations can occur. In such a dynamic environment, repetitive quick and effective solutions are mandatory. Therefore, fast and high-quality solutions will benefit the decision makers from a practical point of view. We develop heuristic solution approaches with inherent characteristics specific to the nature of the problem, which can produce effective solutions quickly. The effectiveness and efficiency of the developed algorithms are measured through extensive numerical experiments. For assessing the performance of the developed algorithms, the obtained solutions are compared with the existing optimal solutions in literature, whereas lower and upper bounds are proposed and used for measurement purposes for larger instances of the problem.

The remainder of this paper is structured as follows: Section 2 provides a comprehensive review of existing research on scheduling with time windows. In Section 3, we introduce our proposed solution approach, including three improvement algorithms. Section 4 presents a detailed analysis of the computational experiments conducted to assess algorithm performance. Finally, Section 5 offers concluding remarks and outlines potential opportunities for future research.

2. LITERATURE REVIEW

The IS problem entails two key decisions: Determining whether to accept or reject an incoming request or task/job/reservation, and if accepted, assigning the most suitable resource or machine to process the task. A typical IS setting includes n tasks that are available to be processed on m parallel resources, where the time window of task j is specified by a ready time (r_j) and a deadline (d_j). Tactical and operational IS problems differ in their objectives and scope. Tactical IS problems associate a fixed cost (c_k) with each resource k , and focus on minimizing total costs or resource utilization while processing all tasks. Conversely, operational IS problems operate within a fixed resource constraint, aiming to maximize the total value or quantity of processed jobs. In operational IS, each job (j) is assigned a weight (w_j) representing its priority or value (e.g. profit). The number of resources m is a predetermined parameter in operational IS, while it serves as an upper limit in the tactical problem.

When a job's processing time equals its deadline minus its ready time ($p_j = d_j - r_j$ for every j), resulting in no flexibility in scheduling, the problem is classified as a Fixed Job Scheduling (FJS) problem. In this study, we focus on scheduling n non-preemptive jobs, each with a given processing time (p_j) and an interval for the start time as $[r_j, b_j]$, where $b_j \geq r_j$ for every j . The problem involves time windows that are larger than the

processing times, i.e., each reservation request entering the system at its r_j should start its processing latest on its standby limit b_j , otherwise it will be wasted in terms of return. This variant called as Variable Job Scheduling (VJS), also known as parallel machine scheduling with time windows (Gabrel, 1995), is a generalization of Fixed Job Scheduling (FJS). The start and end of the reservation, the standby limit, and the anticipated profit are all immediately established and specified upon receipt of a request. A request may be considered a fresh one if it is canceled or modified before to processing. Therefore, the problem's parameters can be treated as deterministic and updated as needed. The goal of a Tactical VJS (TVJS) problem is to minimize the total cost of resources required to process all jobs. On the other hand, an Operational VJS (OVJS) problem aims to maximize the total weight of a job subset that can be processed using a fixed number of machines.

Numerous studies have noted the wide range of applications for IS in manufacturing and service operations. Kolen and Kroon (1992) used tactical and operational FJS to study applications related to allocating aircraft to gates and capacity planning for maintenance staff. Wolfe and Sorensen (2000) examined the scheduling of satellites using operational FJS, whereas Fischetti et al. (1987, 1989, 1992) studied bus driver scheduling as an application of the tactical FJS. Additional application areas mentioned are printed circuit board production (Spieksma, 1999), data transmission (Faigle et al., 1999), and class scheduling (Kolen and Kroon, 1991). Some variations include limitations on eligibility (Eliyi and Azizoglu, 2009), availability (Kolen and Kroon, 1993), machine running time restrictions (Fischetti et al., 1992; Eliyi and Azizoglu, 2011), or differing machine speeds (Azizoglu and Bekki, 2008). In addition to theory and complexity results, reviews of possible applications of FJS were given by Kovalyov et al. (2007) and Kolen et al. (2007).

Although IS problems have been widely acknowledged as FJS in the literature, VJS has not received the attention it deserves, with just a small number of academics concentrating on it following the landmark study by Gertsbakh and Stern (1978). Using identical machines, these authors stated the fundamental TVJS problem and gave an approximate solution. In the context of data transmission for low-orbit satellites, Gabrel (1995) employed the operational FJS model and claimed that the suggested model and algorithms can be modified to address OVJS. The operational FJS problem with identical weights and eligibility limitations was handled. The problem's lower and upper bounds are established, and the computational results were shown.

There is not much research on OVJS in the literature. A greedy randomized adaptive search strategy (GRASP) and a heuristic based on dynamic programming were presented by Rojanasoonthon et al. (2003) and Rojanasoonthon and Bard (2005). Bard and Rojanasoonthon (2006) created a branch and price algorithm for a similar problem. The computational results showed that the suggested method could solve fairly big instances to optimality. Garcia and Lozano (2005) investigated the two-stage OVJS problem in the context of manufacturing ready-mix concrete. Each task had an ideal start time, and the goal was to maximize the total weight of the processed jobs while minimizing the overall weighted deviation from ideal start times. To solve the problem, they suggested using the tabu search heuristic, and the outcomes showed good performance in terms of both time and solution quality.

Eliyi et al. (2009) addressed berth allocation in a container port by using a nested eligibility structure to solve the OVJS problem. Two resource types corresponded to small and large berths for allocating vessels, and two job classes represented two different vessel sizes. The authors developed an integer programming model and showed that the problem is NP-hard. To produce near-optimal solutions, a construction heuristic based on constraint graphs was developed. The solutions were boosted using improvement algorithms including the genetic algorithm. They showed that the problem-specific improvement heuristic outperformed the genetic algorithm.

An alternative methodology involves handling each reservation request independently and in real-time. This dynamic approach captures snapshots of the reservation system's current state for each incoming request, allowing for immediate decision-making. The approach is commonly suggested in the literature for managing fluctuating demand and reservations, particularly in the context of communications networks, where changes happen often and planning horizons are generally shorter (Barshan et al., 2016; Steiger et al., 2004). Unlike adversarial online interval scheduling, which makes no assumptions about task parameters, stochastic variations of this problem assume that task parameters follow a specific distribution (Yu and Jacobson, 2020).

The most crucial element in calculating potential profit in a reservation system is the number of resources as it establishes the array of requests that can be served. A reservation system's capacity needs to be carefully considered in this regard. While prior research has employed TVJS for capacity planning, the tactical problem ignores potential cancellations or new requests during the planning period and necessitates a long-term projection of reservations, which may not be accessible. Additionally, capacity

modification requirements are disregarded by TVJS, which is a serious problem for systems exhibiting seasonal demand as in hotel and vehicle rental reservations (Eliiyi, 2021).

The problem considered in this study offers versatility in capacity planning. It can determine optimal capacity expansion for existing systems or establish initial capacity and scheduling for new ones. By addressing the number and assignment of additional resources, it also allows to manage seasonal demand fluctuations. This approach can be applied dynamically across various timeframes, from seasons to days or even hours, assuming reservations within a specific period remain fixed.

3. SOLUTION ALGORITHMS FOR THE CRS PROBLEM

To ensure clarity and completeness, the mathematical model proposed by Eliiyi (2021) is presented before detailing the newly developed construction and improvement algorithms for the CRS problem.

3.1. The CRS Model

The problem defined by Eliiyi (2021) includes n reservations/tasks to be served on at most m available resources. Each resource incurs a fixed usage cost c_k , while each incoming reservation has a specified ready time (arrival time) r_j and a standby limit $b_j (> r_j)$, representing the maximum allowable waiting period before the reservation is considered lost. The fixed usage cost of each resource could be considered as the total cost or rental fee for the whole planning period, which is to be paid in full regardless of the duration of usage. The standby limit enables customers to set a flexible window of days for their booking in $[r_j, b_j)$.

The service time (reservation duration) and the return are denoted in the model by p_j and w_j , respectively. These problem parameters are nonnegative integers and deterministic. If a reservation request is cancelled or changed before it is processed, it is considered a new one, and the parameters are updated as necessary. The planning horizon is divided into T time intervals of equal length to facilitate mathematical modeling; namely $\{t_1, \dots, t_T\}$. P_a is the set of tasks ready to be processed in time interval $[t_a, t_{a+1})$, where $a = 1, \dots, T - 1$ ($P_a = \{j | r_j \leq t_a, b_j + p_j - 1 \geq t_a\}$).

Set S_j is defined as the set of intervals of task j ($S_j = \{r_j, \dots, b_j + p_j - 1\}$).

The decision variables are:

$$x_{jka}: \begin{cases} 1, & \text{if task } j \text{ is served on resource } k \text{ in time interval } a \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$y_{jk}: \begin{cases} 1, & \text{if task } j \text{ is served on resource } k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$z_k: \begin{cases} 1, & \text{if resource } k \text{ is used} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

As defined by Eliiyi (2021), decision variable x_{jka} equals 1 if task j is served by resource k during time interval $[t_a, t_{a+1})$. This definition allows for a task to be served by multiple resources across different time intervals. To prevent preemption, the second decision variable, y_{jk} , is introduced. This variable equals 1 if all intervals of task j are served by resource k . The third decision variable, z_k , is used to calculate resource fixed costs. If a resource is utilized for any task, its corresponding variable becomes 1, activating its fixed cost in the objective function.

The CRS model determines the number and cost of resources will be used in total, in addition to the subset of served reservation requests:

CRS:

$$\text{Maximize } \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m w_j y_{jk} - \sum_{k=1}^m c_k z_k \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{a \in S_j} x_{jka} = p_j y_{jk}, \quad j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^m y_{jk} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{j \in P_a} x_{jka} \leq 1, \quad a = 1, \dots, T - 1; k = 1, \dots, m \quad (4)$$

$$p_j x_{jka} - p_j x_{j,k,a+1} + \sum_{t=a+2}^{b_j+p_j-1} x_{jkt} \leq p_j, \quad j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m; a \in S_j \quad (5)$$

$$y_{jk} \leq z_k, \quad j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$x_{jka}, y_{jk}, z_k \in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, n; a = 1, \dots, T - 1; k = 1, \dots, m \quad (7)$$

The objective function in Equation 1 maximizes the net total return from the served reservations. The constraints in Equation 2 and Equation 3 together force all intervals of a task to be assigned to a single resource, while the constraints in Equation 4 dictates each resource to process at most one task in an interval. If a reservation is served, each time interval of it should be served in order by the same resource, as ensured by constraint set Equation 5. Constraint set in Equation 6 binds the two decision variables in the model whereas constraints in Equation 7 defines the sign constraints.

Eliyi (2021) also proposed an upper bound on the number of resources as $m = \text{Max}_a\{P_a\}$, and proved that the problem is NP-hard. Through computational experimentation, the author concluded that the assumption of deterministic parameters provides tractability and ease-of-use. However, repetitive solutions of the problem, which are necessary in a dynamic environment including cancellations and changes, call for fast and high-quality heuristics.

3.2. A Randomized Heuristic for the CRS Problem

Eliyi et al. (2009) have shown that a problem-specific heuristic designed for the OVJS problem with general weights generates better solutions in less CPU times than a genetic algorithm. Although their study is on the operational variant of VJS, our heuristic approach for the combined problem uses similar ideas for generating near-optimal solutions at its inner loop, as will be explained shortly. First, we provide some definitions that are employed in our heuristic algorithm.

Let s_j ($r_j \leq s_j \leq b_j, \forall j$) denote the realized start time at which reservation j is processed, if it is processed at all. We define the concepts of *overlap* and *overlap amount* via the following definitions.

Definition 1: Two reservations i and j such that $s_i \leq s_j$ *overlap* in time if $s_i = s_j$ or $s_i < s_j < s_i + p_i$. In this case, reservations i and j are defined as *overlapping reservations*.

Definition 2: The *overlap amount*(i,j) between two overlapping reservations i and j such that $s_i \leq s_j$ is computed as in Equation 8.

$$\text{overlap amount}(i,j) = \begin{cases} s_i + p_i - s_j, & \text{if } s_i + p_i \leq s_j + p_j \\ p_j, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

The solution procedure proposed below has a nested structure, which will be explained in detail. The outer (main) loop is used for trying out different capacity levels for determining a near-optimal capacity:

The CRS Algorithm:

(S0) $Z_0 = 0$. The resources are sorted in ascending order of their fixed costs, i.e. $c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_m$.

(S1) For all possible capacity levels ($k = 1, \dots, m$):

Run *AlgorithmCRS*(k) for capacity level k . Let the resulting objective function value be Z_k .

If $Z_k < Z_{k-1}$ then go to (S2),

Else, proceed with the next capacity level.

(S2) Output Z_{k-1} as the best solution obtained.

This primary algorithm progressively introduces resources into the solution, starting with those having the lowest fixed costs. The main loop (S1) repeatedly calls *AlgorithmCRS*(k), which constitutes the inner loop, to solve the CRS problem with n jobs and k machines. The algorithm terminates adding resources (at a capacity level of $k-1$) when introducing a new one results in a decreased net marginal return ($Z_k < Z_{k-1}$). To ensure capacity expansion even at the breakeven point ($Z_k = Z_{k-1}$), the stopping condition explicitly excludes equality. In other words, among the solutions having the same objective function, the algorithm favors solutions having a higher capacity and processing a larger number of incoming reservation requests. This characteristic of the algorithm allows for serving more reservations, which is in line with practice and expedites customer satisfaction.

Next, we describe *AlgorithmCRS*(k). This inner loop involves randomized decisions for the start times and the assignment of the reservations to the resources.

AlgorithmCRS(k):

(S0) $Z_k = 0, i = 0$.

(S1) $i \leftarrow i+1$.

For each reservation j ($j = 1, \dots, n$):

Compute *overlap index*(j) as follows:

1. Assume all n reservations start processing at their ready times ($s_i = r_i, i = 1, \dots, n$). Compute *overlap amount*(i, j) between reservation j and every other reservation i under this assumption. Let $o_{1j} = \sum_i \text{overlap amount}(i, j)$.
2. Assume all n reservations start processing at their standby limits ($s_i = b_i, i = 1, \dots, n$). Compute *overlap amount*(i, j) between reservation j and every other reservation i under this assumption. Let $o_{2j} = \sum_i \text{overlap amount}(i, j)$.
3. Generate a random start time s_i (such that $r_i \leq s_i \leq b_i$) for each reservation $i, i = 1, \dots, n$. Compute *overlap amount*(i, j) between reservation j and every other reservation i under this assumption. Let $o_{3j} = \sum_i \text{overlap amount}(i, j)$.
4. $\text{overlap index}(j) = (o_{1j} + o_{2j} + o_{3j})/w_j$.

Re-index the reservations in ascending order of their overlap index values.

For each reservation (with new index) j ($j = 1, \dots, n$) do:

Chose one of the below methods *randomly* to assign reservation j to the next resource (among k resources). Continue until all reservations are assigned or no resources are available:

1. Search forward between $[r_j, b_j]$ to assign the reservation at the earliest available time.
2. Search backward between $[r_j, b_j]$ to assign the reservation at the latest available time.
3. Search forward between $[t, b_j]$ to assign the reservation at the earliest available time, where t is a random number between $[r_j, b_j]$.
4. Search backward between $[r_j, t]$ to assign the reservation at the latest available time, where t is a random number between $[r_j, b_j]$.

(S2) Compute the objective function of the solution at iteration i as z_i .

(S3) Sequentially execute *Improvement1*, *Improvement2* and *Improvement3* to the solution in this order. Update z_i and the assignments as necessary.

(S4) If $z_i > Z_k$, then set $Z_k = z_i$. Store the corresponding solution as the best solution.

(S5) If $i \leq \text{NumIter}$, go to (S1). Else, output Z_k as the best solution.

In (S1) of *AlgorithmCRS(k)*, three different representative sets of reservation start times are generated to compute possible *overlap amounts*. The *overlap index* of a reservation is then computed as sum of the overlap amounts from these scenarios divided by the original return of the reservation. A low overlap index corresponds to a low average overlap amount, a high return, or both. Hence, by assigning the reservations to the resources in nondecreasing order of their overlap indices, the algorithm favors low-overlap and/or high-return reservations for processing, which is in line with the objective function of the CRS problem.

To introduce randomness, the algorithm selects an assignment method for each reservation randomly and determines the reservation's start time based on this choice. The process is repeated multiple times, and the best solution found across these iterations is retained. The value of the iteration limit *NumIter* is determined via preliminary experimentation.

In (S3) of each iteration, *AlgorithmCRS(k)* calls three basic improvement algorithms in a sequential manner to further enhance the quality of the produced solution. These algorithms are described below. The first one involves an insertion mechanism that tries to assign an unscheduled reservation to one of the used resources without disturbing its current schedule.

Improvement1 (Insert):

(S0) $z_{\text{imp1}} = z_i$, A : set of assigned reservations, B : set of unassigned reservations.

Index the reservation in set B in descending order of their w_j values.

(S1) For each reservation j in set B ($j = 1, \dots, |B|$) do:

For each resource l in use, do:

Check if reservation j can be inserted into the schedule on resource l without changing the scheduled times of any existing reservations.

If yes, assign reservation j to resource l , remove j from B and add it to A . Set $z_{imp1} = z_{imp1} + w_j$.

(S2) Output z_{imp1} and the corresponding schedule as the improved solution.

Following the completion of insertion-based improvements by *Improvement1*, the algorithm below attempts to optimize the schedule by swapping reservations between different resources. The swap is executed only if it allows for the scheduling of a previously unallocated reservation, leading to an overall improvement in the objective function value.

Improvement2 (Swap&Insert):

(S0) $z_{imp2} = z_{imp1}$, A_k : set of assigned reservations on resource k , B : set of unassigned reservations.

Index the reservations in set B in descending order of their w_j values.

(S1) For each pair of resources in use (l and p) do:

For each reservation j in set A_l and each reservation i in set A_p do:

Check if it is possible to move reservation j to resource p and reservation i to resource l , without changing the remaining schedule (assigned reservations and start times) on either of the resources. If yes, make the swap.

For each reservation s in set B ($s = 1, \dots, |B|$) do:

Check if reservation s can be inserted into the schedule on resource l or resource p without changing the scheduled time of any assigned reservations on the resource.

If yes, assign reservation s to resource l or resource p , remove s from B and add it to A_l or A_p , accordingly. Set $z_{imp2} = z_{imp2} + w_s$.

If no reservation in set B could be inserted into the schedule, reverse the swap and continue.

(S2) Output z_{imp2} and the corresponding schedule as the improved solution.

The algorithm prioritizes swap and insert operations based on the decreasing order of reservation weights (w_j) within set B . This approach helps to maximize the potential improvement from each swap. It continues until there are no possible moves. The execution of *Improvement2* is illustrated in Figure 1, which shows four reservations assigned on two resources on the timeline where each row represents a resource. Currently, reservation 5 with $r_5 = 2$, $b_5 = 5$ and $p_5 = 8$ cannot be processed on either of the two resources, since it either overlaps with reservation 2 or reservation 3 on the first resource, and reservation 1 on the second resource. While *Improvement2* tries to swap reservations between the resources, reservation 1 and reservation 3 can be swapped without disturbing current schedules. The insertion of reservation 5 to the second resource is then possible, as shown in Figure1(b). The objective function is thereby increased by w_5 .

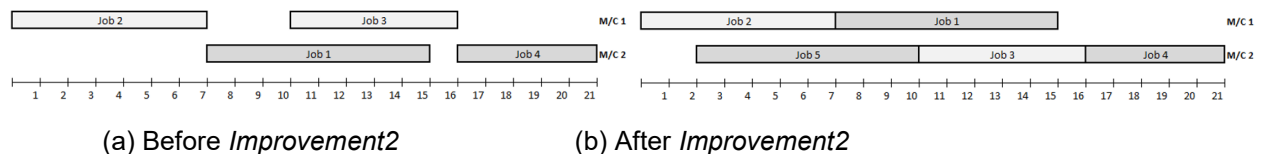


Figure 1. Execution mechanism of *Improvement2*.

Once all possible *swap&insert* combinations are explored by *Improvement2*, the last improvement algorithm tries to insert an unscheduled reservation to a used resource as in *Improvement1*. But unlike *Improvement1*, the following algorithm shifts the scheduled reservations on the resource forward and backward temporally in search of an available time gap for a feasible insertion.

Improvement3 (Shift&Insert):

(S0) $z_{imp3} = z_{imp2}$, A : set of assigned reservations, B : set of unassigned reservations.

Index the reservations in set B in descending order of their w_j values.

(S1) For each reservation s in set B ($s = 1, \dots, |B|$) do:

For each resource l in use do:

Consider interval $[r_s, r_s+p_s]$ on resource l . Let $left_j$ be the first reservation on resource l that starts within this interval. Let $right_j$ be the first reservation on resource l that starts after $left_j$.

Shift $left_j$ and all reservations before it backward in time as much as possible without causing any overlap. Similarly, shift $right_j$ and all reservations after it forward in time as much as possible without causing any overlap.

Check if reservation s can be inserted into the schedule on resource l between $left_j$ and $right_j$ without causing any overlap. If yes, reservation job s to resource l , remove s from B and add it to

A. Set $z_{imp3} = z_{imp3} + w_s$.

(S3) Output z_{imp3} and the corresponding schedule as the improved solution.

The algorithm iteratively performs shift and insert operations on reservations in set B , prioritized by their descending weight values (w_j). This process continues until no feasible insertions can be made, indicating a local optimum. Our algorithm is different than the *Shift & Insert* algorithm described in Eliiyi et al. (2009) in the following manner. In their approach, each resource is considered separately, and for each pair ($left_j$ and $right_j$ in our notation), a gap between them is tried to be created by moving $left_j$ and all before that exactly to their ready times while moving $right_j$ and all after that exactly to their standby limits. No time intervals in-between the ready times and the standby limits are investigated for possible shifts, and their algorithm does not perform a shift even if only one task could not be moved to its ready time or standby limit. *Improvement3* has a superior search procedure that checks for all possible shift combinations (including all possible time intervals for each reservation) by considering each unscheduled reservation separately.

The execution of *Improvement3* is illustrated through Figure 2. Consider resource 1 in Figure 2(a), processing reservation 2 and 4. Assume that reservation 2 has $r_1 = 2$ and reservation 4 has $b_4 = 15$. Reservation 5, having parameters $r_5 = 7$, $b_5 = 10$ and $p_5 = 6$, is currently out of schedule as it overlaps with reservation 3 on resource 2, and reservation 2 or reservation 4 on resource 1. While trying to insert reservation 5 into the schedule of resource 1, *Improvement3* shifts reservation 2 ($left_j$) two units backward, and reservation 4 ($right_j$) two units forward in time. These shifts create an opportunity to insert reservation 5 at time 9, as illustrated in Figure 2(b), improving the objective function value by w_5 .

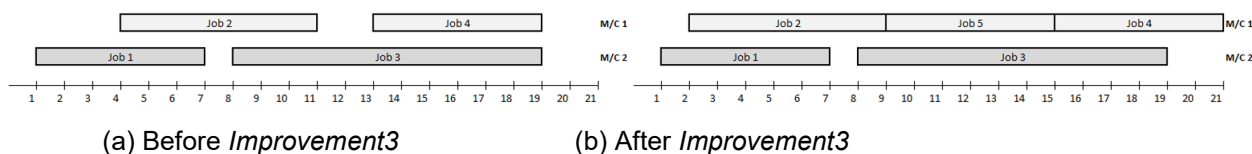


Figure 2. Execution mechanism of *Improvement3*.

The solution approach described in this section is explained under the assumption that all resources are eligible to process all incoming reservation requests, i.e. there is no eligibility constraint in the problem and $w_{jk} = w_j, \forall k$. However, the adaptation to the problem with eligibility constraints is rather straightforward. Namely, only the eligible resources should be considered when making the assignment of an incoming reservation or the swaps between any two reservations. In other words, *resource* should be replaced by *eligible resource* wherever necessary in the proposed algorithms.

The CRS problem can be framed as a multi-objective optimization problem, balancing return maximization and cost minimization. Interestingly, *AlgorithmCRS* generates a set of Pareto-optimal solutions across different capacity levels as a byproduct, offering valuable insights into the trade-offs between these competing objectives. The algorithm can be easily modified to store and output optimal solutions for every capacity level without increasing computational complexity. This enhancement transforms the algorithm into a tool for solving the associated multi-objective optimization problem.

4. COMPUTATIONAL EXPERIMENTATION

A computational experiment was conducted to assess the performance of the developed algorithms. The algorithms were implemented using C# and C++ on MS Visual Studio 2008 and executed on a Core 2 Duo 2.8 GHz PC with 4 GB of memory. The experimental setting is identical to that of Eliiyi's (2021) to allow direct comparison with optimal solutions. Therefore, the reader is referred to that study for details of the experiment design, in which 10 test problems were generated for the CRS problem with $n = 20, 50, 100, 200$ reservations and 36 combinations of parameters, corresponding to 1440 instances. We include all these instances in our study as well as additional 360 new test instances for very large problems with $n = 500$. Hence, a total of 1800 problem instances are used for performance evaluation purposes.

As stated by Eliiyi (2021), a majority of problem instances with $n = 50$ or more tasks/reservations could not be solved optimally by the commercial solver within the allotted 1200-second time limit, which is a clear display for the difficulty of the problem. Only the best feasible solutions were reported for these instances. In this section, we discuss the performance of *CRS Algorithm* as compared to IBM ILOG CPLEX 12.8 solutions. Our algorithm is executed for 100 iterations for all instances, and a 1200-second time limit is imposed for CPLEX solutions, as in Eliiyi (2021). For instances where an optimal solution could not be determined within the time limit, the algorithm's solution is compared to the best feasible solution found by CPLEX. Tables 1 through 3 present the result of the experimental runs at three different resource cost levels for $n = 20, 50, 100$, and 200.

The column *Avg. UB* gives the upper bound on the number of available resources as $\text{Max}_a\{P_a\}$ for each problem instance (Eliiyi, 2021). The results are averaged over 10 problem instances. The other columns compare the average number of the used resources, average percentage of resource utilizations, average percentage of the processed reservations (over all incoming), average percentage of the processed return (over all incoming), the solution times of the *CRS Algorithm* and CPLEX, and the percent gaps between the CPLEX solutions and the lower bound solutions obtained by the algorithm. The last column, *CPLEX ZERO* lists the number of instances (out of 10) for which a feasible solution could not be obtained by CPLEX within the time limit. As no feasible solution could be obtained for any problem instance with $n = 500$ by CPLEX, the solutions could not be compared, therefore not reported.

The average number of used resources over 10 problem instances is given in *Avg. # used* column. For example, in Table 1, for $n = 100, b-r = 1, w = 1$ and $p = 1$, while all requests could be processed with 12 resources, the *CRS Algorithm* obtained solutions with an average of 4 machines while CPLEX used 1 machines on the average. The *Avg. % util.* (resource load / planning horizon length) illustrates the percentage of resource usage during the planning horizon $[0, 200]$. For the same example, our algorithm generated solutions with an average resource utilization of 68% for the 4 resources used, whereas CPLEX solutions used only 28% of the 1 resource used. Note that CPLEX could not attain optimality for this set of instances within the time limit. The next two columns list the average percentage of processed reservations (*% processed reservations*) calculated by $(\sum_{j=1}^n x_{jk})/n$ for the algorithm, and the average percentage of processed return (*% processed return*) computed as $(\sum_{j=1}^n w_j x_{jk})/(\sum_{j=1}^n w_j)$ for CPLEX. The percentage of processed reservations can be used to assess the solution's effectiveness in capturing potential gains. For instance, the solution by the *CRS Algorithm* that processes 86% of reservations generates 85% of the total potential return for the above example, whereas both ratios are 16% for CPLEX. In scenarios where the return of each reservation varies, the percentage of processed return could exceed the percentage of processed reservations.

The tables reveal that while several problem instances with $n = 50$ or more reservations could not be solved to optimality by CPLEX within the allotted time limit, the *CRS Algorithm* produces very fast solutions; the longest solution time being around 1 minute. The percent gap (*% Diff*) between CPLEX and the lower bound obtained by the algorithm, calculated as $100 * (Z_{CPLEX} - Z_{AlgorithmCRS})/Z_{CPLEX}$, came out to be negative for many instances. This result indicates that the algorithm obtained better solutions than CPLEX in much shorter times. The gap is not computed for instances where CPLEX could not find a feasible solution, as indicated in the last column (*CPLEX ZERO*). CPLEX could not obtain any feasible solution for 910 of the 1800 instances within the time limit. The algorithm's efficiency is influenced by several factors. High resource costs generally lead to faster computation times as fewer reservations are processed. Conversely, longer standby durations, increased processing times, and a larger number of reservations tend to extend solution times. While the number of reservations directly impacts performance, changes in reservation returns appear to have minimal effect.

For $n = 20$, CPLEX found the optimal solutions for all instances. The average CPU time over Tables 1, 2 and 3 is approximately 1 minute. Our algorithm obtained instant solutions for these instances, while the average *% Diff* is around 2.7% for uniformly distributed resource costs, 1.8% for low resource costs and 3.0% for resource costs. The algorithm found optimal solutions in 274 out of 360 instances for $n = 20$. For larger ones, it obtained much better solutions than CPLEX. As an example, examine in Table 1 the row for $n = 100, b-r = 2, w = 1$ and $p = 2$, and note that the *% Diff* value is 51100.0. The *CPLEX ZERO* indicates that no feasible solutions could be obtained for 9 of the 10 instances of this setting. For the remaining one instance, CPLEX obtained an objective function value of 1, while the algorithm found 511, and hence the corresponding *% Diff* value. On average, the algorithm provides solutions with higher reservation processing, return processing and resource utilization percentages than CPLEX.

Table 1. Results for $c_k \sim U\{80, 100, 120, 140, 160\}, \forall k$

<i>n</i>	<i>b-r</i>	<i>w</i>	<i>p</i>	Avg. UB	Avg. # used		Avg. % util.		% processed reservations		% processed return		Solution time (seconds)		% Diff	CPLEX ZERO
					Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX		
20	1	1	1	4	1	1	44	45	75	75	76	76	0.1	4.4	2.8	
			2	5	1	1	60	60	60	61	64	65	0.1	159.0	4.2	
		2	1	4	1	1	43	43	74	74	77	77	0.1	1.7	0.0	
			2	5	1	1	25	27	31	31	32	32	0.1	10.1	2.6	
		3	1	4	1	1	43	43	75	75	80	80	0.1	3.3	0.2	
			2	5	1	1	51	52	62	62	68	69	0.1	31.5	3.5	
	2	1	1	5	1	1	52	53	89	89	89	89	0.1	6.9	1.0	
			2	5	1	1	65	65	67	68	69	70	0.1	273.1	3.0	
		2	1	4	1	1	52	52	91	91	92	92	0.0	2.2	0.8	
			2	5	1	1	51	52	56	55	58	59	0.1	144.2	11.0	
		3	1	5	1	1	49	50	86	86	89	90	0.1	3.5	1.3	
			2	5	1	1	63	63	69	69	76	76	0.1	50.3	2.2	
50	1	1	1	8	2	2	70	66	69	75	69	75	0.4	1200.1	-0.1	
			2	9	3	2	69	47	81	41	80	42	0.8	1200.1	-937.2	2
		2	1	8	2	2	62	66	79	69	82	73	0.6	1200.1	-1.4	
			2	9	2	1	71	31	52	19	55	20	0.3	1164.2	-764.0	5
		3	1	7	2	2	59	61	85	83	89	88	0.6	1200.1	0.5	
			2	10	2	2	65	55	69	42	76	46	0.6	1200.1	-404.9	
	2	1	1	10	2	2	64	67	89	67	89	68	0.7	1200.1	-32.9	
			2	10	3	1	71	33	87	18	86	18	1.1	1200.1	-1356.6	3
		2	1	9	2	1	71	66	79	65	82	69	0.6	1200.1	-26.2	
			2	10	2	1	76	31	65	22	69	24	0.5	1200.1	-320.9	5
		3	1	9	2	2	65	62	91	78	93	83	0.8	1200.1	-13.8	
			2	11	2	1	72	34	73	26	77	29	0.8	1200.1	-998.5	2
100	1	1	1	12	4	1	68	28	86	16	85	16	3.2	1200.1	-2015.9	4
			2	15	6	0	71	0	86	0	85	0	5.2	1200.3		10
		2	1	12	3	1	69	29	82	19	86	21	2.9	1200.1	-968.4	4
			2	15	3	1	74	3	52	1	56	1	1.9	1200.3		10
		3	1	13	4	2	66	33	89	29	93	31	4.0	1200.1	-277.7	2
			2	14	5	0	71	10	74	2	80	2	4.0	1200.3	-343.8	9
	2	1	1	15	4	1	71	39	93	21	93	22	4.7	1200.2	-628.9	2
			2	19	6	0	75	4	89	1	88	1	7.1	1200.1	-	9
		2	1	16	3	1	76	50	85	26	87	28	3.4	1200.1	-560.5	
			2	19	4	1	79	5	66	4	70	4	3.7	1201.2		10
		3	1	14	4	2	71	40	93	36	96	39	5.0	1200.1	-538.9	
			2	16	5	1	76	5	82	3	87	3	6.4	1200.1	-487.0	9
200	1	1	1	21	7	0	71	0	90	0	89	0	24.1	1200.2		10
			2	21	11	0	75	0	89	0	87	0	39.9	1200.2		10
		2	1	22	6	0	74	2	82	1	86	1	20.2	1201.8		10
			2	22	6	0	78	0	61	0	65	0	21.2	1202.2		10
		3	1	19	7	3	72	10	90	7	94	7	27.1	1200.3	-3851.2	9
			2	18	9	0	75	0	78	0	84	0	36.0	1200.2		10
	2	1	1	26	7	0	76	16	93	3	92	3	33.1	1202.5	-2977.1	7
			2	28	12	0	75	0	93	0	92	0	60.8	1206.9		10
		2	1	26	6	1	77	4	88	1	91	1	31.5	1205.6	-8837.5	9
			2	28	6	1	82	4	62	1	67	2	29.6	1204.2		10
		3	1	26	7	1	75	11	93	3	96	4	37.3	1200.3	-1599.1	7
			2	26	9	0	79	0	81	0	87	0	51.5	1200.5		10

Table 2. Results for $c_k = 80, \forall k$

<i>n</i>	<i>b-r</i>	<i>w</i>	<i>p</i>	Avg. UB	Avg. # used		Avg. % util.		% processed reservations		% processed return		Solution time (s.)		% Diff	CPLEX ZERO	
					Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX			
20	1	1	1	4	1	1	49	49	79	79	79	79	0.1	3.1	1.1		
			2	5	1	1	57	57	68	67	68	69	0.1	219.6	1.6		
		2	1	4	1	1	44	44	80	81	83	83	0.1	2.1	1.3		
			2	5	1	1	56	58	65	65	69	70	0.1	11.5	8.0		
			3	1	4	1	1	45	45	80	80	85	85	0.1	3.6	0.1	
	2	2	1	1	5	1	1	51	51	90	91	90	91	0.1	3.0	3.7	
			2	5	1	1	69	69	74	75	74	75	0.1	377.0	0.7		
		3	1	5	1	1	50	51	89	90	91	92	0.0	4.3	1.8		
			2	5	1	1	62	63	71	71	75	75	0.1	91.6	1.2		
			3	1	5	1	1	51	52	90	90	92	92	0.0	4.5	0.7	
50	1	1	1	8	2	2	62	61	85	84	85	84	0.6	1200.1	-3.2		
			2	9	3	3	65	58	83	66	83	67	1.0	1200.1	-58.3		
		2	1	7	2	2	60	61	85	81	87	84	0.6	1200.1	-4.1		
			2	9	2	1	68	60	66	46	69	50	0.5	1200.1	-24.8	1	
			3	1	8	2	2	59	58	82	83	88	89	0.7	1200.1	-0.6	
	2	2	1	10	3	3	62	54	78	62	83	68	1.0	1200.1	-39.2		
			2	1	9	2	2	65	66	91	73	90	74	0.7	1200.1	-29.4	
		3	2	10	3	1	68	47	91	26	91	27	1.2	1200.1	-181.6	3	
			2	1	8	2	2	65	64	91	72	93	76	0.7	1200.1	-20.6	
			2	11	2	1	77	36	62	22	65	24	0.5	1200.1	-166.1	4	
100	1	1	1	12	4	3	66	52	90	61	90	61	3.9	1200.2	-73.8	1	
			2	15	7	1	68	17	92	7	91	8	6.9	1200.3	-1662.8	6	
		2	1	12	4	3	69	59	86	59	89	62	3.3	1200.1	-81.7		
			2	15	4	0	74	17	66	5	70	6	3.0	1200.2	-1745.1	7	
			3	1	12	4	4	64	49	91	64	94	68	4.4	1200.1	-291.7	
	2	2	1	15	6	3	69	39	84	22	89	26	6.3	1200.3	-587.3	1	
			2	1	16	4	1	71	37	95	26	94	25	4.9	1199.1	-365.6	3
		3	2	19	7	1	70	13	94	7	93	8	8.3	1200.3	-1853.9	7	
			2	1	15	3	2	75	49	88	43	90	46	3.8	1200.2	-162.2	
			2	18	3	0	79	9	63	4	67	4	3.3	1200.4	-1646.4	8	
200	1	1	1	21	8	1	67	35	94	11	94	12	29.6	1200.2	-4359.8	2	
			2	27	13	0	71	0	95	0	95	0	55.0	1200.3		10	
		2	1	19	7	3	73	49	90	32	92	35	26.2	1200.3	-1176.0		
			2	27	7	1	76	2	67	1	71	1	25.6	1200.3		10	
			3	1	21	8	2	68	37	94	18	96	21	31.6	1200.2	-896.5	1
	2	2	2	28	11	0	72	0	86	0	90	0	50.5	1200.3		10	
			1	1	27	7	0	75	0	93	0	93	0	34.4	1201.8		10
		3	2	31	13	0	73	0	96	0	95	0	68.5	1200.5		10	
			2	1	28	7	0	76	6	93	1	95	1	38.6	1201.2	-	8
			2	31	7	0	81	2	70	1	74	1	38.5	1200.4		10	
3	1	27	8	0	73	0	96	0	98	0	42.2	1200.3		10			
		2	32	10	0	78	0	86	0	91	0	62.8	1200.5		10		

Table 3. Results for $c_k = 160, \forall k$

n	b-r	w	p	Avg. UB	Avg. # used		Avg. % util.		% processed reservations		% processed return		Solution time (seconds)		% Diff	CPLEX ZERO	
					Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX	Alg.	CPLEX			
20	1	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.0		
			2	5	0	0	0	7	0	7	0	6	0.2	5.0	10.0		
		2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.0	
			2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0.0	
			3	1	4	1	1	44	44	78	78	81	81	0.1	2.8	5.8	
	2	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.0	
			2	6	1	1	58	58	55	55	55	56	0.1	161.2	9.5		
		2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.0	
			2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.0	
			3	1	4	1	1	54	54	92	92	95	95	0.0	3.3	0.4	
50	1	1	1	7	1	1	77	78	53	52	53	54	0.2	1200.1	5.6		
			2	9	1	1	79	81	46	33	43	32	0.3	1200.1	-20.9		
		2	1	7	1	1	70	72	55	55	59	60	0.2	1200.0	0.5		
			2	9	0	0	22	8	13	5	14	5	2.3	1116.3	34.8	9	
			3	1	7	2	2	61	64	78	69	84	76	0.6	1200.1	0.1	
	2	1	1	9	1	1	82	41	57	28	56	28	0.3	1200.1	-13.5	5	
			2	10	2	0	79	0	65	0	64	0	0.5	1200.1		10	
		2	1	10	1	1	79	75	59	56	64	62	0.3	1200.1	-36.8		
			2	11	1	0	39	0	23	0	25	0	1.6	1200.1		10	
			3	1	8	2	1	72	68	75	67	82	75	0.5	1200.1	-10.6	
100	1	1	1	13	2	1	80	49	56	17	55	17	1.2	1200.1	-96.7	4	
			2	15	4	0	80	8	59	5	56	4	2.1	1200.2	-50.7	9	
		2	1	12	2	1	75	53	59	23	65	26	1.2	1200.1	-377.2	2	
			2	15	1	0	79	0	26	0	28	0	0.4	1200.3		10	
			3	1	12	3	2	71	57	78	55	84	62	2.3	1200.1	-36.5	1
	2	1	1	15	3	0	81	0	73	0	71	0	2.2	1200.2		10	
			2	18	5	0	81	0	75	0	72	0	3.8	1200.2		10	
		2	1	16	2	1	81	40	62	17	67	19	1.6	1200.2	-693.7	4	
			2	19	1	0	84	0	28	0	32	0	0.7	1200.3		10	
			3	1	14	3	2	77	49	84	36	89	42	3.1	1200.2	-100.4	2
200	1	1	1	21	5	0	80	7	69	1	67	1	10.9	1200.2	-1316.7	9	
			2	27	8	0	81	0	69	0	65	0	21.7	1200.3		10	
		2	1	20	4	1	79	25	59	11	64	13	8.4	1200.3	-374.1	6	
			2	26	2	1	81	4	24	2	26	2	2.2	1201.3		10	
			3	1	20	6	2	75	36	81	24	87	27	19.0	1200.3	-917.3	3
	2	1	1	26	5	0	78	0	55	0	62	0	15.1	1200.3		10	
			2	31	9	0	83	0	80	0	76	0	37.7	1200.4		10	
		2	1	26	4	0	83	0	66	0	71	0	14.8	1200.3		10	
			2	32	2	0	87	0	30	0	33	0	4.2	1200.4		10	
			3	1	26	6	0	79	0	86	0	91	0	27.2	1201.2		10

Increasing resource costs discourage capacity expansion. This is evident in higher resource utilization rates observed for larger problem instances in Tables 2 and 3. As problem size grows, more overlapping reservations occur, allowing for denser resource scheduling, and consequently, higher reservation and return processing levels. However, this increased efficiency comes at the cost of higher resource utilization, which is directly linked to increased resource costs. In summary, the developed algorithm including all improvement heuristics produces exceptionally high-quality solutions under one second for small problems ($n = 20$). It significantly outperforms CPLEX in terms of both solution speed and quality when handling larger problem instances. Moreover, the algorithm demonstrates consistent performance across various parameter settings, including return and cost values.

4.1. Effect of Improvement Algorithms and the Number of Iterations

To observe individual performances of the improvement algorithms, the *CRS Algorithm* is executed for 100 iterations including all improvement algorithms, for 600 instances with $c = 1$ including the largest instances ($n = 500$). Table 4 presents the results of these experiments. The columns labeled as *Best0* through *Best3* in the table illustrate in how many of the instances the resulting solution is determined by the corresponding improvement algorithm. *Best0* indicates the case of no improvement. As an example, the first row of the table indicates that for 1 of the 10 instances in this setting, the best solution is obtained without applying any improvement. For another problem instance in this setting, the best solution is achieved after *Improvement1*. For the remaining 8 instances, the best solution is output by *Improvement3*. These columns clearly reveal the effectiveness of the improvement heuristics. The best solution is obtained without using any improvement in only 19 of the 600 test instances. For most (546 instances in total), the best solution is found after applying *Improvement3*. While *Improvement3* seems to be the most effective in this regard, it should be noted that improvements are applied sequentially to the solution, i.e. *Improvement3* is applied after *Improvement2*. This result will be investigated further below.

The columns *Imp1%* through *Imp3%* indicate the percentage increase in the objective function by each improvement algorithm. For example, in the last row of the table, we can observe that *Improvement1* was futile, yielding no increase in the objective function value. In contrast, a substantial improvement of 9.1% was achieved after *Improvement2*. After *Improvement3*, an additional 0.4% was obtained. The results in the table reveal that the best improvements can be obtained by *Improvement2*. On average, *Improvement2* (*Swap&Insert*) brings 12.4% enhancement to the objective, followed by *Improvement3* (*Shift&Insert*) with 7.1% and *Improvement1* (*Insert*) with 1.3%.

The columns *CPU1%* through *CPU3%* present average solution times of improvement algorithms as a percentage of the overall solution time of the *CRS Algorithm*, whereas *CPU0%* indicate the time consumed by the remaining parts of the algorithm. As an example, the last row of the table shows that *Improvement2* took 92.6% of the overall solution time on average for $n = 500$, $b-r = 2$, $w = 3$ and $p = 2$. The whole 100 iterations of the algorithm with no improvement took only 0.7% of the 1302.8 seconds, whereas *Improvement3* used up 6.5% of total solution time. It can be concluded that the best improvements come with a cost of solution time. Averaging over all test instances, *Improvement2* consumes 84.5% of the overall solution time whereas *Improvement3* spends only 10.0%, the iterations take 3.3%, and *Improvement1* only 1.0%. For the largest instances, the percentages of *Improvement2* are amplified, reaching to approximately 93% of the total solution time. The *CPU (sec.)* column presents the average solution times of the algorithms. Only one of the largest set of solution instances have taken more than 1200 seconds on the average, namely the setting with $n = 500$, $b-r = 2$, $w = 3$ and $p = 2$.

Due to time-consuming nature of *Improvement2*, we further investigate if it is possible to obtain better solutions with different improvement schemes and iteration limits. For this purpose, new runs are carried out for the same instances in Table 4 with 100 and 500 iterations. The results are summarized in Table 5. The *CPU (sec.)* column is identical to the one in Table 4, presenting average solution times with all improvements at each iteration and a total of 100 iterations, which constitute the base setting for the algorithm.

The next two columns exhibit performance when the *CRS Algorithm* is executed for 100 iterations only with *Improvement1* and *Improvement3*. The column *NoImp2%* lists the average percentage decline in the objective function value as compared to the base setting, and *NoImp2 CPU (sec.)* present the average solution times for this case. It is observed that the individual effect of *Improvement2* is up to 5% for large problems, while it brings an average 2% improvement over all instances, which are both quite significant. However, this reward comes at a substantial cost of solution time; there is a dramatic reduction in solution times when *Improvement2* is not applied (from ~150 to ~14 seconds, averaged over all instances).

Table 4. Performance of the improvement algorithms

<i>n</i>	<i>b-r</i>	<i>w</i>	<i>p</i>	<i>Best0</i>	<i>Best1</i>	<i>Best2</i>	<i>Best3</i>	<i>Imp1</i> %	<i>Imp2</i> %	<i>Imp3</i> %	<i>CPU0</i> %	<i>CPU1</i> %	<i>CPU2</i> %	<i>CPU3</i> %	<i>CPU</i> (sec.)	
20	1	1	1	1	1	0	8	6.2	0.0	8.1	12.0	0.0	69.7	18.3	0.1	
			2	1	0	0	9	0.5	1.8	74.2	0.8	0.0	82.7	16.5	0.1	
		2	1	3	0	0	7	1.5	0.0	21.2	13.2	0.0	64.5	12.3	0.1	
			2	7	0	0	3	0.0	0.0	52.9	11.6	5.0	76.4	7.0	0.1	
		3	1	1	1	0	8	0.0	0.0	0.5	9.5	2.5	59.3	18.7	0.1	
			2	3	1	1	5	0.0	3.1	0.2	7.3	0.0	92.7	0.0	0.1	
	2	1	1	1	0	0	0	10	3.5	0.0	18.0	1.3	3.9	57.6	27.3	0.1
			2	0	0	0	0	10	0.8	0.3	11.7	0.0	5.3	82.3	12.3	0.1
		2	1	0	0	0	0	10	8.9	0.0	8.5	8.3	0.0	46.7	25.0	0.0
			2	2	0	0	8	40.0	0.0	81.8	11.5	0.8	71.4	16.3	0.1	
		3	1	0	0	0	10	1.4	0.0	3.4	8.3	2.5	52.5	16.7	0.1	
			2	0	1	0	9	3.8	0.0	7.0	8.5	0.0	68.5	23.0	0.1	
50	1	1	1	1	0	0	1	9	1.3	10.4	10.9	1.9	0.0	83.3	14.9	0.4
			2	0	0	2	8	0.0	14.4	3.4	5.3	2.0	86.9	5.8	0.8	
		2	1	0	0	0	10	1.0	13.8	6.8	1.8	0.6	87.0	10.6	0.6	
			2	1	0	1	8	1.9	12.0	13.5	8.3	3.2	71.2	17.3	0.3	
		3	1	0	0	3	7	0.0	9.1	3.3	2.5	0.4	89.0	8.1	0.6	
			2	0	0	2	8	0.0	8.8	3.2	4.3	1.4	87.9	6.3	0.6	
	2	1	1	1	0	0	0	10	0.8	31.1	5.9	3.3	0.6	84.4	11.7	0.7
			2	0	0	0	0	10	0.3	19.2	6.8	4.3	2.5	86.9	6.4	1.1
		2	1	0	0	0	1	9	0.1	13.0	7.2	4.0	2.4	78.8	14.9	0.6
			2	0	0	0	0	10	2.0	12.6	9.6	4.2	2.5	80.3	12.9	0.5
		3	1	0	0	0	0	10	0.0	9.2	2.0	3.1	0.4	86.2	10.3	0.8
			2	0	0	1	9	0.4	10.0	3.2	6.6	2.9	81.9	8.6	0.8	
100	1	1	1	1	0	0	0	10	0.1	28.6	3.9	2.7	0.8	87.8	8.6	3.2
			2	0	0	0	10	0.3	18.1	3.7	2.6	1.0	89.9	6.5	5.2	
		2	1	0	0	0	0	10	0.0	14.0	2.9	2.1	0.7	88.9	8.3	2.9
			2	0	0	0	0	10	0.1	14.9	5.2	4.0	2.3	85.1	8.6	1.9
		3	1	0	0	2	8	0.2	9.5	1.4	2.0	0.5	91.6	5.9	4.0	
			2	0	0	0	10	0.0	10.9	1.8	2.8	1.3	88.7	7.2	4.0	
	2	1	1	1	0	0	0	10	0.0	27.3	3.8	1.9	1.2	88.6	8.4	4.7
			2	0	0	0	0	10	0.1	23.7	3.3	3.4	1.3	87.9	7.4	7.1
		2	1	0	0	0	0	10	0.5	16.9	3.5	2.4	0.6	86.9	10.0	3.4
			2	0	0	0	0	10	0.1	26.6	3.4	4.2	2.4	83.6	9.8	3.7
		3	1	0	0	0	1	9	0.0	9.0	1.1	1.8	0.7	90.7	6.8	5.0
			2	0	0	1	9	0.0	11.9	2.0	2.4	0.7	89.7	7.2	6.4	
200	1	1	1	1	0	0	0	10	0.2	23.5	2.0	1.3	0.4	90.1	8.2	24.1
			2	0	0	0	10	0.2	16.9	1.1	1.7	0.4	90.8	7.1	39.9	
		2	1	0	0	0	0	10	0.0	16.2	1.4	1.2	0.4	90.8	7.7	20.2
			2	0	0	1	9	0.1	19.6	2.8	1.3	0.7	90.5	7.5	21.2	
		3	1	0	0	0	0	10	0.0	8.7	0.7	1.0	0.4	92.5	6.1	27.1
			2	0	0	2	8	0.0	9.7	0.9	1.7	0.5	91.6	6.2	36.0	
	2	1	1	1	0	0	0	10	0.1	26.0	2.5	1.1	0.4	90.5	8.0	33.1
			2	0	0	0	0	10	0.0	20.7	1.9	1.8	0.5	90.4	7.2	60.8
		2	1	0	0	0	0	10	0.0	14.1	1.8	1.2	0.4	90.4	8.1	31.5
			2	0	0	2	8	0.1	22.4	1.5	1.7	0.7	89.2	8.4	29.6	
		3	1	0	0	0	0	10	0.0	7.8	0.7	1.1	0.3	91.7	6.9	37.3
			2	0	0	0	0	10	0.0	9.7	1.1	1.5	0.5	91.7	6.4	51.5
500	1	1	1	1	0	0	0	10	0.0	21.4	1.1	0.6	0.2	90.1	9.1	408.5
			2	0	0	0	10	0.0	12.1	1.1	1.0	0.3	88.3	10.4	786.2	
		2	1	0	0	1	9	0.0	14.4	0.6	0.5	0.2	91.5	7.8	414.8	
			2	0	0	0	10	0.0	17.9	1.0	0.7	0.3	90.2	8.8	359.4	
		3	1	0	0	0	0	10	0.0	7.1	0.3	0.6	0.2	91.9	7.4	462.2
			2	0	0	6	4	0.0	9.2	0.1	0.7	0.2	91.2	7.9	775.1	
	2	1	1	1	0	0	0	10	0.0	21.8	1.3	0.6	0.2	91.6	7.7	687.5
			2	0	0	0	0	10	0.0	16.6	1.2	1.0	0.2	89.7	9.1	1143.8
		2	1	0	0	0	0	10	0.0	13.8	0.9	0.5	0.1	91.7	7.6	695.7
			2	0	0	2	8	0.0	17.8	0.8	0.7	0.2	92.0	7.1	729.8	
		3	1	0	0	0	0	10	0.0	6.0	0.4	0.5	0.1	92.5	6.9	803.1
			2	0	0	1	9	0.0	9.1	0.4	0.7	0.2	92.6	6.5	1302.8	

Table 5. Effect of improvements and number of iterations on algorithm performance

n	b-r	w	p	CPU		NoImp2		500		500		500	
				(sec.)	%	(sec.)	%	500 NoImp2 CPU (sec.)	%	500 NoImp CPU (sec.)	%	500 OneImp CPU (sec.)	%
20	1	1	1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3	0.1	1.3	0.1	0.1
				0.1	0.0	0.0	-0.5	0.1	6.0	0.1	5.5	0.1	
		2	1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	2.0	0.1	2.0	0.1	0.1
				0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	
		3	1	0.1	0.0	0.0	-0.2	0.1	0.1	0.1	-0.2	0.1	0.1
				0.1	0.0	0.0	-2.2	0.2	-1.5	0.1	-2.0	0.1	
	2	1	1	0.1	0.0	0.0	-0.9	0.1	4.4	0.1	2.2	0.1	0.1
				0.1	-0.7	0.0	-0.9	0.3	5.5	0.1	4.8	0.1	
		2	1	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.2	10.5	0.1	6.0	0.1	0.1
				0.1	0.0	0.0	-13.1	0.3	10.2	0.1	10.2	0.1	
		3	1	0.1	0.0	0.0	-0.4	0.2	1.7	0.1	1.4	0.1	0.1
				0.1	0.0	0.0	-0.7	0.2	4.9	0.1	3.1	0.1	
50	1	1	1	0.4	2.0	0.1	-0.2	0.6	15.2	0.2	8.3	0.2	0.2
				0.8	1.6	0.2	-0.5	0.9	12.1	0.5	5.3	0.5	
		2	1	0.6	0.1	0.1	-1.1	0.5	11.2	0.3	6.4	0.3	0.3
				0.3	1.8	0.1	-1.5	0.6	12.0	0.2	11.2	0.3	
		3	1	0.6	0.3	0.1	-0.1	0.6	8.8	0.3	3.1	0.4	0.4
				0.6	2.2	0.2	0.5	0.7	8.2	0.3	2.8	0.4	
	2	1	1	0.7	1.1	0.2	-2.3	0.8	17.6	0.3	5.5	0.4	0.4
				1.1	1.6	0.3	-2.5	1.1	17.2	0.6	8.2	0.9	
		2	1	0.6	2.0	0.2	0.9	0.8	13.8	0.2	7.9	0.3	0.3
				0.5	1.6	0.2	-1.1	0.7	12.5	0.3	6.9	0.6	
		3	1	0.8	0.8	0.2	0.0	0.7	8.9	0.3	2.8	0.4	0.4
				0.8	0.2	0.2	-1.8	0.9	9.6	0.4	5.4	0.7	
100	1	1	1	3.2	1.3	0.6	-1.5	2.7	20.6	0.7	4.6	0.9	0.9
				5.2	3.0	0.8	0.9	4.1	14.9	1.3	6.0	1.6	
		2	1	2.9	2.4	0.5	1.0	2.3	13.1	0.7	4.0	0.9	0.9
				1.9	3.0	0.4	-0.2	1.8	13.8	0.7	4.4	0.8	
		3	1	4.0	1.5	0.6	0.7	2.5	8.8	0.9	3.1	1.1	1.1
				4.0	3.0	0.7	2.0	2.9	10.0	1.1	2.5	1.4	
	2	1	1	4.7	3.3	0.7	1.9	3.6	21.8	0.9	5.4	1.1	1.1
				7.1	2.1	1.2	0.7	5.6	18.5	1.7	7.1	2.0	
		2	1	3.4	2.0	0.6	1.0	3.0	15.6	0.8	4.1	1.0	1.0
				3.7	4.0	0.7	0.9	3.3	18.1	0.9	7.0	1.2	
		3	1	5.0	1.3	0.7	0.6	3.5	8.1	1.0	3.7	1.2	1.2
				6.4	2.0	0.9	0.2	4.3	10.7	1.5	5.0	1.8	
200	1	1	1	24.1	2.5	3.2	1.9	16.7	18.5	3.1	2.6	3.5	3.5
				39.9	2.0	5.0	1.8	24.8	13.4	5.6	2.8	6.5	
		2	1	20.2	2.0	2.6	1.3	13.2	13.6	2.6	1.9	3.1	3.1
				21.2	4.7	2.2	3.0	11.8	15.6	2.9	4.9	3.4	
		3	1	27.1	1.6	2.9	1.4	14.9	7.6	3.3	1.9	3.9	3.9
				36.0	2.7	4.3	1.8	19.5	8.8	4.7	2.2	5.6	
	2	1	1	33.1	4.1	4.1	2.4	21.4	20.1	4.0	4.2	4.3	4.3
				60.8	3.1	7.4	1.5	39.2	16.6	8.2	3.2	8.9	
		2	1	31.5	2.3	3.8	1.3	19.1	12.5	3.5	2.2	3.9	3.9
				29.6	2.5	3.5	1.1	18.4	16.2	3.6	3.6	4.4	
		3	1	37.3	0.8	4.0	0.4	20.4	6.8	4.0	1.5	4.5	4.5
				51.5	2.2	5.4	1.3	28.0	9.3	6.0	1.9	7.2	
500	1	1	1	408.5	4.8	48.8	4.2	248.3	17.1	24.1	2.9	27.9	27.9
				786.2	5.0	94.2	3.9	486.5	11.8	52.7	3.9	62.5	
		2	1	414.8	3.6	41.7	3.0	203.2	12.1	21.8	2.3	26.2	26.2
				359.4	5.5	31.9	4.3	157.0	14.6	19.9	3.5	24.0	
		3	1	462.2	1.5	44.3	1.5	226.5	6.1	25.4	1.3	30.8	30.8
				775.1	3.1	72.0	2.6	355.5	8.0	41.7	1.5	49.6	
	2	1	1	687.5	4.4	63.9	3.7	328.5	17.8	30.5	3.4	37.0	37.0
				1143.8	2.7	134.2	1.9	667.0	14.7	68.4	3.5	80.8	
		2	1	695.7	2.5	56.4	2.0	284.5	12.0	26.8	1.6	32.6	32.6
				729.8	4.2	55.5	3.3	292.9	14.7	30.0	4.2	35.9	
		3	1	803.1	0.9	60.4	0.8	311.2	5.3	32.6	1.2	39.8	39.8
				1302.8	1.9	98.9	1.5	491.1	8.4	52.8	2.2	62.9	

The columns *500 NoImp2 %* and *500 NoImp2 CPU* present the results when the *CRS Algorithm* is executed for 500 iterations only with *Improvement1* and *Improvement3* at each iteration, in an attempt to improve the quality of solutions without the burden of the extra time by *Improvement2*. It can be seen that the solution times in this case are approximately half of the base setting with *Improvement2* and 100 iterations. Hence, the second improvement algorithm has a higher contribution to the solution time than the number of iterations. The negative percentages for small problems in the *500 NoImp2 %* column imply that better solutions can be obtained with this version as compared to the base setting, meaning that the randomization in the algorithm pays off over a larger number of iterations. On the other hand, although the number of iterations is fewer in the base setting, *Improvement2* still brings up to 4.3% increase in the objective for large problem instances.

The effect of the other two improvement algorithms on solution quality and time are also tested. For this purpose, the next two columns of Table 5 present the results when the *CRS Algorithm* is run for 500 iterations with no improvement. It can be seen that solution times are all less than 1 minute, even for the largest problem instances. However, the decline in the quality of solutions as compared to the base setting is considerable; up to 22% for some problem instances and 11% on the average. The solutions are significantly worse when compared to the previous setting, as well. Although these improvement algorithms take a considerable amount of time, they are quite effective in improving the solutions.

Finally, in an attempt to benefit from the effects of all improvement algorithms while reducing the solution time, the *CRS Algorithm* is run for 500 iterations, and all improvement algorithms are applied only once to the best solution at the end of all iterations. The results are listed in the *500 OneImp %* and *500 OneImp CPU (sec.)* columns. The percentages represent the average decline in the objective value as compared to the base setting. An average 4% decline is observed over all instances while the solution time is drastically reduced. This setting of the algorithm provides the closest solution quality to the base setting with much shorter run times for the largest problems with $n = 500$, although there is an average decline in solution quality of 2.6% for this instance set.

Due to the dynamic characteristic of the problem environment, short solution times might be preferable. Therefore, if small computation times are desired, the *CRS Algorithm* should be executed with 500 iterations (or more) without *Improvement2*, or with a single post-iterations execution of all improvement algorithms (the last setting). Since the solution times are ignorable for any combination for small problem instances ($n = 20$ and 50), running all combinations and selecting the best solution may also be an option. For larger problem instances, the solution quality improves with *Improvement2*, and therefore the base setting of the algorithm seems to be most appropriate, as the trade-off between solution quality and computation time is evident especially for these instances. The algorithm's improved solution quality justifies the increased processing time. Additionally, the algorithm demonstrates efficiency in handling large-scale problems, providing quick and effective results. The decision to increase the number of iterations for further refinement remains at the discretion of the decision-maker.

6. CONCLUSION

In this study, we consider the Combined Reservation Scheduling (CRS) problem for deciding the capacity and determining the schedule in systems where the incoming reservation requests have time windows for processing. The resources have varying fixed costs of usage. Many application areas are reviewed for the problem, as well as related literature. Our research contributes to literature and practice by introducing a novel heuristic approach to address this critical problem.

A randomized constructive heuristic is proposed for obtaining near-optimal solutions, employing effective improvement algorithms. We evaluate the performance of the developed algorithms through extensive computational experiments, testing different iteration limits and improvement schemes. The heuristic approach significantly outperforms CPLEX for problem instances up to 200 reservations. While computational time grows with problem size, primarily due to improvement algorithms, the algorithm's overall performance remains robust, meaning that this practical and effective approach can be directly implemented by industry practitioners and decision-makers.

As to the best of our knowledge, ours is the first study to propose heuristic algorithms for simultaneous capacity and scheduling decisions for the CRS problem. Our findings can provide significant positive social and economic benefits across various industries through optimization of resource use and scheduling. It is expected that the fast and effective solution approaches developed for this unique, important and novel problem will shed light on subsequent studies by laying the groundwork for future research. Effective solutions for large instances hold significant value for industries such as tourism, healthcare, transportation, logistics, and manufacturing. For example, our proposed approach can optimize gate assignments at airports by simultaneously determining the optimal number of gates to use and their corresponding schedules, considering varying gate costs.

The modular structure of the randomized algorithm can be easily adjusted by inclusion or exclusion of improvement algorithms and modification of the iteration limit. The proposed heuristic effectively addresses the problem, demonstrating superior performance compared to CPLEX for large problem instances. Its efficiency and adaptability make it a valuable tool for practitioners. While the current approach yields excellent results, future research could explore optimization with machine learning, or the potential of metaheuristics like genetic algorithms, tabu search, or particle swarm optimization. Comparative studies with the proposed heuristic could provide valuable insights. Additionally, incorporating factors such as resource shifts, availability constraints and time-dependent operating costs could enhance the model's applicability to a wider range of real-world scenarios. These additional features may be worth investigating in environments where the resources/servers are outsourced in a daily manner instead of long-term contracts.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest was declared by the author.

Funding

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Compliance with Ethical Standards

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Ethical Statement

It was declared by the author that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.




The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Azizoglu, M. and Bekki, B. (2008). "Operational Fixed Interval Scheduling Problem on Uniform Parallel Machines", *International Journal of Production Economics*, 112(2), 756-768. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.06.004>
- Bard, J.F. and Rojanasoonthon, S. (2006). "A Branch-and-Price Algorithm for Parallel Machine Scheduling with Time Windows and Job Priorities", *Naval Research Logistics*, 53(1), 24-44. <https://doi.org/10.1002/nav.20118>
- Barshan, M., Moens, H., Famaey, J. and De Turck, F. (2016). "Deadline-Aware Advance Reservation Scheduling Algorithms for Media Production Networks", *Computer Communications*, 77(1), 26-40.
- Eliiyi, D.T. and Azizoglu, M. (2009). "A Fixed Job Scheduling Problem with Machine-Dependent Job Weights", *International Journal of Production Research*, 47(9), 2231-2256. <https://doi.org/10.1080/00207540701499499>
- Eliiyi, D.T. and Azizoglu, M. (2011). "Heuristics for Operational Fixed Job Scheduling Problems with Working and Spread Time Constraints", *International Journal of Production Economics*, 132(1), 107-121. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.03.018>
- Eliiyi, D.T., Korkmaz, A.G. and Çiçek, A.E. (2009). "Operational Variable Job Scheduling with Eligibility Constraints: A Randomized Constraint-Graph-Based Approach", *Technological and Economic Development of Economy*, 15(2), 245-266. <https://doi.org/10.3846/1392-8619.2009.15.245-266>
- Eliiyi, U. (2021). "Seasonal Reservation Scheduling with Resource Costs: A Mathematical Modeling Approach", *İzmir İktisat Dergisi*, 36(2), 409-422. <https://doi.org/10.24988/ije.202136211>
- Faigle, U., Kern, W. and Nawijn, W.M. (1999). "A Greedy Online Algorithm for the k-track Assignment Problem", *Journal of Algorithms*, 31(1), 196-210. <https://doi.org/10.1006/jagm.1998.1001>
- Fischetti, M., Martello, S. and Toth, P. (1987). "The Fixed Job Schedule Problem with Spread-Time Constraints", *Operations Research*, 35(6), 849-858. <https://doi.org/10.1287/opre.35.6.849>
- Fischetti, M., Martello, S. and Toth, P. (1989). "The Fixed Job Schedule Problem with Working-Time Constraints", *Operations Research*, 37(3), 395-403. <https://doi.org/10.1287/opre.37.3.395>
- Fischetti, M., Martello, S. and Toth, P. (1992). "Approximation Algorithms for Fixed Job Schedule Problems", *Operations Research*, 40(S1), 96-108. <https://doi.org/10.1287/opre.40.1.S96>
- Gabrel, V. (1995). "Scheduling Jobs within Time Windows on Identical Parallel Machines", *European Journal of Operational Research*, 83(2), 320-329. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00010-N](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00010-N)
- Garcia, J.M. and Lozano, S. (2005). "Production and Delivery Scheduling Problem with Time Windows", *Computers & Industrial Engineering*, 48(4), 733-742. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2004.12.004>
- Gertsbakh, I. and Stern, H.I. (1978). "Minimal Resources for Fixed and Variable Job Schedules", *Operations Research*, 26(1), 68-85. <https://doi.org/10.1287/opre.26.1.68>
- Kolen, A.J.W. and Kroon, L.G. (1991). "On the Computational Complexity of (Maximum) Class Scheduling", *European Journal of Operational Research*, 54(1), 23-38. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90320-U](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90320-U)
- Kolen, A.J.W. and Kroon, L.G. (1992). "License Class Design: Complexity and Algorithms", *European Journal of Operational Research*, 63(3), 432-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90160-B](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90160-B)
- Kolen, A.J.W. and Kroon, L.G. (1993). "On the Computational Complexity of (Maximum) Shift Class Scheduling", *European Journal of Operational Research*, 64(1), 138-151. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90014-E](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)90014-E)
- Kolen, A.J.W., Lenstra, J.K., Papadimitriou, C.H. and Spieksma, F.C.R. (2007). "Interval Scheduling: A Survey", *Naval Research Logistics*, 54(5), 530-543. <https://doi.org/10.1002/nav.20231>
- Kovalyov, M.Y., Ng, C.T. and Cheng, T.C.E. (2007). "Fixed Interval Scheduling: Models, Applications, Computational Complexity and Algorithms", *European Journal of Operational Research*, 178(2), 331-342.
- Rojanasoonthon, S., Bard, J.F. and Reddy S.D. (2003). "Algorithms for Parallel Machine Scheduling: A Case Study of the Tracking and Data Relay Satellite System", *Journal of the Operational Research Society*, 54(8), 806-821.
- Rojanasoonthon, S. and Bard, J.F. (2005). "A GRASP for Parallel Machine Scheduling with Time Windows", *INFORMS Journal on Computing*, 17(1), 32-51. <https://doi.org/10.1287/ijoc.1030.0048>
- Spieksma, F.C.R. (1999). "On the Approximability of An Interval Scheduling Problem", *Journal of Scheduling*, 2(5), 215-227. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1425\(199909/10\)2:5%3C215::AID-JOS27%3E3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1425(199909/10)2:5%3C215::AID-JOS27%3E3.0.CO;2-Y)
- Steiger, C., Walder, H. and Platzner, M. (2004). "Operating Systems for Reconfigurable Embedded Platforms: Online Scheduling of Real-Time Tasks", *IEEE Transactions on Computers*, 53(11), 1393-1407. <https://doi.org/10.1109/TC.2004.99>
- Wolfe, W.J. and Sorensen, S.E. (2000). "Three Scheduling Algorithms Applied to the Earth Observing Systems Domain", *Management Science*, 46(1), 148-168. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.1.148.15134>
- Yu, G. and Jacobson, S.H. (2020). "Primal-Dual Analysis for Online Interval Scheduling Problems", *Journal of Global Optimization*, 77, 575-602. <https://doi.org/10.1007/s10898-020-00880-5>

Evaluation of Public Hospitals' Performance with Decision Tree Algorithms

Keziban Avcı¹ 

ABSTRACT

Purpose: The study aims to evaluate a range of financial performance indicators calculated through structural, operational, and HVI measures for public hospitals in the Turkish healthcare sector using various decision tree algorithms.

Methodology: The study comprises three phases. In the first phase, financial ratios were calculated from the hospitals' financial statements using the ratio analysis method. In the second phase, these ratios were used to calculate the HVI. In the third phase, the selected operational and financial indicators were analyzed with decision tree algorithms. The ID3, C4.5 and CART decision tree algorithms and AUC were used for predicting operational and financial indicators and performance assessment of decision trees.

Findings: It has been observed that decision trees created using the ID3 algorithm exhibit higher performance compared to other algorithms (AUC = 0.93). According to the results of the study, the number of beds significantly predicts the operational and financial performance of public hospitals and can be explained by the hospital scale. In addition, a strong relationship was found between operational and financial performance indicators with training status.

Originality: The study is original in demonstrating the effectiveness of the ID3 decision tree algorithm in predicting the performance of public hospitals.

Keywords: Financial performance, Operational performance, Public hospitals, Decision trees, K-means.

JEL Codes: I1, I11, C02, C38.

Kamu Hastanelerinin Performansının Karar Ağacı Algoritmaları ile Değerlendirilmesi

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, Türk sağlık sektöründeki kamu hastaneleri için yapısal, operasyonel ve HVI ölçümleri yoluyla hesaplanan bir dizi finansal performans göstergesinin çeşitli karar ağacı algoritmaları kullanılarak değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Yöntem: Çalışma üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada hastanelerin mali tablolarından oran analizi yöntemi kullanılarak finansal rasyolar hesaplandı. İkinci aşamada HVI'nın hesaplanmasında bu oranlar kullanıldı. Üçüncü aşamada seçilen operasyonel ve finansal göstergeler karar ağacı algoritmaları ile analiz edildi. Operasyonel ve finansal göstergelerin tahmin edilmesi ve karar ağaçlarının performans değerlendirmesi için ID3, C4.5 ve CART karar ağacı algoritmaları ve AUC kullanıldı.

Bulgular: ID3 algoritması kullanılarak oluşturulan karar ağaçlarının diğer algoritmalara göre daha yüksek performans sergilediği görülmüştür (AUC=0,93). Araştırma sonuçlarına göre yatak sayısı kamu hastanelerinin operasyonel ve finansal performansını anlamlı düzeyde yordamakta olup hastane ölçeği ile açıklanabilmektedir. Ayrıca operasyonel ve finansal performans göstergeleri ile eğitim durumu arasında da güçlü bir ilişki bulunmuştur.

Özgünlük: Çalışma, ID3 karar ağacı algoritmasının kamu hastanelerinin performansını tahmin etmedeki etkinliğini göstermesi açısından orijinaldir.

Anahtar Kelimeler: Finansal performans, Operasyonel performans, Kamu hastaneleri, Karar ağaçları, K-ortalamalar.

JEL Kodları: I1, I11, C02, C38.

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Health Sciences, Department of Healthcare Management, Ankara, Türkiye

Corresponding Author: Keziban Avcı, kezibanavci1@gmail.com

DOI: 10.51551/verimlilik.1494277

Research Article | Submitted: 01.06.2024 | Accepted: 19.11.2024

Cite: Avcı. (2025). "Evaluation of Public Hospitals' Performance with Decision Tree Algorithms", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 133-142.

1. INTRODUCTION

In today's world, where many complex and ambiguous events arise due to volatility and uncertainty (VUCA), healthcare organizations face many difficulties in continuing their existence. It is critical for healthcare organizations to identify, measure, evaluate, and ultimately improve their key performance indicators to adapt to changes. (Adair et al., 2006). Indeed, it is observed that hospitals striving for success exert great effort to improve their performance (Li and Benton, 2003; Oner et al., 2016).

Performance measurement offers a solid empirical foundation for managers striving to improve organizational and financial capacities (Prentice, 2016). On the other hand, existing studies that focused on hospital management have been based generally on approaches to assess management by organizational structure and functions (Tsai et al., 2015). Most of these studies explore whether better management improves the efficiency and performance of healthcare organizations, and clinical engagement (Oner et al., 2016; Tasi et al., 2019).

Measurement is essential for management and performance indicators used in measurement influence the decisions to be made at strategic, tactical, and operational levels (Dai et al., 2018). At the same time, measuring and evaluating performance is crucial for delivering better healthcare services and improving health outcomes. World Health Organization (2013: 144) defines an indicator as "A quantitative or qualitative factor or variable that provides a simple and reliable means to measure achievement, to reflect the changes connected to an intervention or to help assess the performance of a development actor.". In this context, indicators serve as indirect measures providing information about dimensions of care quality (The European Observatory on Health Systems and Policies, 2019: 33). Furthermore, performance indicators act as the communication protocol of healthcare institutions with the external world regarding health conditions. The use of standardized indicators for hospitals not only leads to better assessment but also increases transparency and trust for patients (Carini et al., 2020). However, there are no gold standards or indicators in hospital performance measurement.

Hospitals exhibit significant variability in size, type, teaching affiliations, demographic attributes, and service profiles. The primary determinants of hospital capacity include the number of beds, staff size, teaching status, and the nature of services provided. Numerous studies have explored the relationship between demographic factors, service composition, and capacity management decisions in hospitals (Li and Benton, 2003). Some studies emphasize the impact of hospital size and service mix on capacity decisions, highlighting that larger hospitals may not always be more efficient, despite trends in mergers and consolidations favoring size advantages (Goldstein et al., 2002). Conversely, smaller non-profit hospitals often demonstrate comparable cost efficiency to larger counterparts (Coyne et al., 2009).

Financial ratio analyses are commonly used in evaluating the financial condition of hospitals (Audi et al., 2016) Financial viability refers to an organization's ability to generate financial income flows above its expenses and sustain this ability for ongoing operations (Upadhyay and Smith, 2020). To measure this capability, the Hospital Financial Viability Index (HVI) is utilized as a strategic performance assessment tool, which is derived from the combined use of multiple financial ratios (Işıkçelik et al., 2022; Ozgulbas and Koyuncugil, 2009; Pegels, 1984). HVI comprises three components: the current ratio reflecting the hospital's liquidity status, the ratio of liabilities to assets measuring capital structure, and the ratio of operating expenses to operating revenues indicating profitability. Therefore, a single index provides insights into the organization's debt-paying ability, gains from operations, and capital structure (Karataş and Çınaroğlu, 2023; Pegels, 1984). As the index value increases, it signifies a decrease in the organization's financial viability, with a value greater than 1 indicating financial difficulties. According to this index, as the current ratio, an indicator of the organization's short-term debt-paying capacity, increases, the index value decreases. An increase in liabilities will raise the index value, negatively impacting the organization's financial viability. Similarly, an increase in the activity ratio, a profitability indicator, will raise the index value, signaling an unsustainable financial structure for the organization (Çelik and Korkmaz, 2023; Işıkçelik et al., 2022).

In a study examining the financial performance of a group of hospitals in Turkey for the years 2009-2019 using various techniques including HVI, it was found that the hospitals' use of external resources was high, profitability and short-term debt payment power were low, and costs and expenses were high. It was shown that the financial performance of hospitals the most favorable year was 2009 and the most unfavorable year was 2011 (Işıkçelik et al., 2022). In another study in which the HVI values of two private hospitals for the years 2017-2021 were calculated, the relationship between hospital profitability ratios and HVI values was analyzed. Accordingly, it was determined that there is a strong and negative relationship between HVI and gross profit margin and net profit margin and a very strong and negative relationship between HVI and operating profit margin and return on equity (Karataş and Çınaroğlu, 2023). Another study conducted with a group of hospitals covering the period between 2017 and 2021 showed that the financial viability capacity

is highest in micro and then small-scale enterprises. Medium and large-scale enterprises, on the other hand, had financial problems; however, by 2021, it was determined that there were improvements in financial viability (Çelik and Korkmaz, 2023).

Ozgulbas ve Koyuncugil (2009) conducted a study to profile public hospitals based on their financial performance indicators. These indicators included equity-to-assets ratio, quick ratio, return on equity, return on assets, and total asset turnover. They utilized the CHAID algorithm for hospital classification; however, this approach led to an imbalance in hospital numbers within decision tree nodes (Ozgulbas and Koyuncugil, 2009). This study employed cluster analysis to overcome this limitation and identify similar hospital groups based on operational and financial performance indicators.

In light of the increasing emphasis on the importance of performance evaluation within healthcare organizations, this study aims to evaluate a range of financial performance indicators calculated through structural, operational, and HVI measures for public hospitals in the Turkish healthcare sector using various decision tree algorithms. The initial phase of the study comprised a comprehensive review of the relevant literature, while the subsequent phase detailed the research design and methodology. The third section presented the findings, and the fourth section discussed these results by comparing them with similar studies in the literature and providing recommendations.

2. METHODOLOGY

2.1. Research Design

The study included all public hospitals with 30 or more beds ($n = 514$) in Turkey. The data needed for the purpose was officially requested from the Ministry of Health (Public Hospitals Authority of Turkey) and the data obtained in accordance with the necessary permissions were used. Performance in healthcare organizations is often assessed based on financial sustainability, with a focus on financial indicators such as profits, liquidity, expenses, revenues, and market share (Jack and Powers, 2009; Tasi et al., 2019). Studies have shown that there is a positive relationship between health services characteristics and financial performance (Chaudary et al., 2015). Factors like hospital structure, resources, ownership type (e.g., for-profit vs. non-profit), and efficient utilization of assets play significant roles in determining financial efficiency and performance within the healthcare sector (Cinaroglu, 2020). In this context, it was decided to use the number of beds, number of consultations, teaching and service status variables as operational performance indicators in the study. Financial performance indicators were measured using ratio analysis and the HVI was calculated based on it. Figure 1 shows the flow chart of the research model. Accordingly, the study consists of three stages. First, ratio analysis was calculated from the financial statements of the hospitals and second stage HVI was calculated using the formula $4(\text{debt-to-equity ratio} \times \text{operation ratio}) / \text{current ratio}$ (Ozgulbas and Koyuncugil, 2009; Upadhyay and Smith, 2020). In the third stage, the selected operational and financial indicators were analyzed with decision tree algorithms.

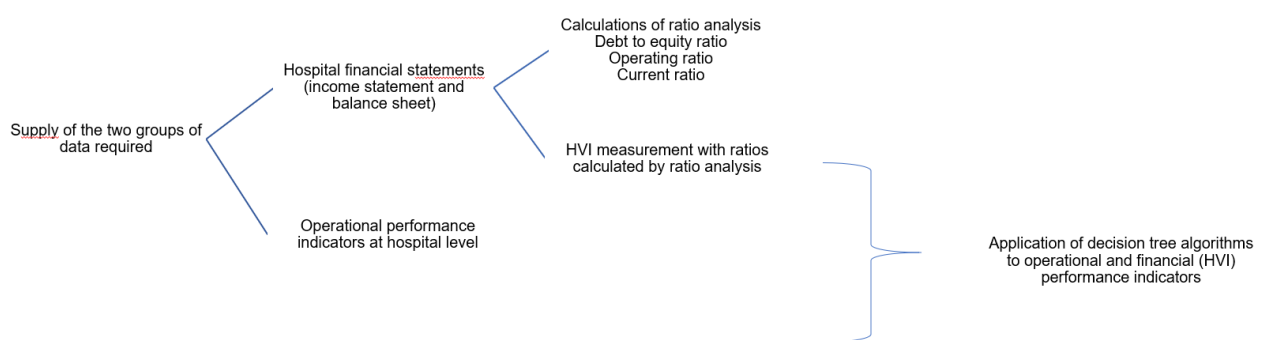


Figure 1. Flowchart of the research model

2.2. Analysis

2.2.1. Decision tree algorithms

A decision tree is a data representation model that originates from graph theory (Kantardzic, 2020). Graph theory is a mathematics-based theory applied to problem solving. Decision trees are used in data structures, databases, computer algorithms, machine learning, and data mining. This method produces a nonparametric classification and prediction model. Additionally, decision trees are nonlinear, supervised learning models that produce a tree-like structure theory for which a number of algorithms have been proposed (Liao et al., 2012). Among these is the Interactive Dichotomizer 3 (ID.3), which is an effective and

popular method for finding decision tree rules. The information gained is exactly the metrics for selecting the best attribute in each step of the ID3 algorithm growth tree (Jin et al. 2009). C4.5 is another algorithm that uses decision trees and is an extended version of ID3. Both algorithms are popular in the machine-learning community. The difference between these two algorithms is that ID.3 uses binary splits, whereas C4.5 uses multi-way splits. The Classification and Regression Tree (CART) is another induction algorithm that uses decision tree models. It produces a regression tree when the outcome is continuous and a classification tree when the outcome is categorical (Kantardzic, 2020).

There are numerous performance measures to make a comparison between decision tree algorithms. The Area Under the ROC Curve (AUC) is one of these performance measures. This method is useful for organizing classifiers and visualizing their performance. The theoretical ROC curve is a plot of $q = \text{sensitivity}$ versus $p = 1 - [\text{all possible threshold values}]$. The ROC curve area is typically located between 0.5 and 1.0. If this value is equal to 1.0, then the test is 100% accurate because both the sensitivity and specificity are 1.0; thus, there are no false positives or false negatives (Cook, 2017; Kantardzic, 2020).

In this study, before the analysis, MoH public hospitals were classified and grouped according to their operational and financial indicators. For classification, k-means clustering algorithm was used and all variables were standardised before clustering. While performing k-means clustering analysis, the number of clusters was optimised by using 10-fold cross validation. k-means is a typical clustering algorithm and is popular in practice because it is simple and generally very fast. It partitions the input dataset into k clusters. Each cluster is represented by an adaptively changing centroid (the cluster center), starting from initial seed-point values that are named. k-means computes the squared distances between the inputs (input data points) and the centroid and assigns inputs to the nearest centroid (Mishra et al., 2012). During the k -fold cross-validation process, the data is first partitioned into equal (or nearly equal) sized segments or folds. Subsequently, k iterations of training and validation are performed such that within each iteration, a different fold of the data is validated while the remaining $k - 1$ folds are used for learning (Kantardzic, 2020).

3. RESULTS

3.1. Descriptive Statistics

Table 1 presents the descriptive statistics of hospitals, frequencies and percentages of categorical variables, mean values, and standard deviations of continuous variables. It can be seen that 13% are training hospitals and 86.8% are general hospitals. Furthermore, it can be seen that the average number of beds is 225.2 (± 232.40), average number of consultations is 441,618.58 ($\pm 386,739.76$), average bed occupancy rate is 61.23 (± 19.15), average current ratio is 1.48 (± 2.15), average debt-to-equity ratio is 3.40 (± 5.16), average operations ratio is -1.04 (± 0.18), average HVI is 15.27 (± 5.52), average absolute liquidity is 0.10 (± 0.18), average total assets turnover rate is 4.54 (± 3.35), and average return on equity is -0.84 (± 30.7).

Table 1. Descriptive statistics

<i>Variable Group</i>	<i>Variables</i>		<i>N</i>	<i>%</i>	
Operational	<i>Categorical</i>				
	Training Status	Training	67	13	
		Not Training	447	86.8	
	Service Status	General	441	85.6	
		Specialized	73	14.2	
Total		514	100		
Financial	<i>Continuous</i>		<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>
	Number of beds		514	225.23	232.40
	Total consultations		514	41,618.58	386,739.76
	Bed occupancy rate		514	61.23	19.15
	Current ratio		514	1.48	2.15
	Debt-to-equity ratio		514	3.40	5.16
	Operations ratio		514	-1.04	0.18
	HVI*		514	15.27	5.52
	Absolute liquidity		514	0.10	0.18
	Total assets turnover rate		514	4.54	3.35
	Return on equity		514	-0.84	30.7

* HVI = 4 (debt-to-equity ratio \times operation ratio)/current ratio

3.2. Correlations

According to the correlation analysis results presented in Table 2, the relationships between the variables in the model were examined before the clustering process. It was observed that most variables were

significantly correlated. Correlation coefficients show that there is no significant linear relationship between the variables. Therefore, the data are suitable for clustering analysis.

Table 2. Correlations for operational and financial performance indicators in hospitals

	Training Stat.	Serv. Stat.	Num. of Beds	Tot. Num. of Cons.	Bed Occup. Rate	Abs. Liqu.	Tot. Assets Turn Rate	Return on Equity
Training Status	r 1							
Service status	r 0.12**	1						
Number of Beds	r 0.55**	0.10*	1					
Total Consultations	r 0.43**	-0.17**	0.74**	1				
Bed Occupancy Rate	r 0.20**	0.17**	0.26**	0.36**	1			
Absolute Liquidity	r 0.05	0.12**	-0.08	-0.02	-0.03	1		
Total Assets Turnover Rate	r 0.02	0.05	-0.02	-0.07	0.016	-0.12**	1	
Return on Equity	r 0.02	-0.10*	0.01	0.03	-0.03	0.02	-0.01	1

**p < 0.01, *p < 0.05

3.3. Hospital Clusters

According to the k-means clustering results in Table 3, the number of hospitals in each of the four clusters is evenly distributed. The second cluster contains the highest number of hospitals.

Table 3. Number of hospitals in clusters

Clusters	N	%
Cluster	70	13.6
Cluster	162	31.5
Cluster	135	26.3
Cluster	147	28.6

The ANOVA results presented in Table 4 confirm that the four hospital groups differ according to the continuous variables used. The differences are due to the number of beds (F = 104.98, p < 0.01), total number of consultations (F = 89.52, p < 0.01), bed occupancy rate (F = 12.49, p < 0.01), absolute liquidity (F = 35.41, p < 0.01), total assets turnover (F = 5.08, p < 0.01), return on equity (F = 7.33, p < 0.01) and HVI (F = 11.37, p < 0.01).

Table 4. ANOVA Results for differences between clusters according to continuous variables

Variables	Sum of Squares	F	p
Number of beds	Between	231.90	104.98
	Within	281.09	
Total consultations	Between	211.86	89.52
	Within	301.13	
Bed occupancy rate	Between	45.87	12.49
	Within	467.12	
Absolute liquidity	Between	111.69	35.41
	Within	401.30	
Total assets turnover rate	Between	19.72	5.08
	Within	493.27	
Return on equity	Between	27.96	7.33
	Within	485.04	
HVI	Between	42.08	11.37
	Within	470.91	

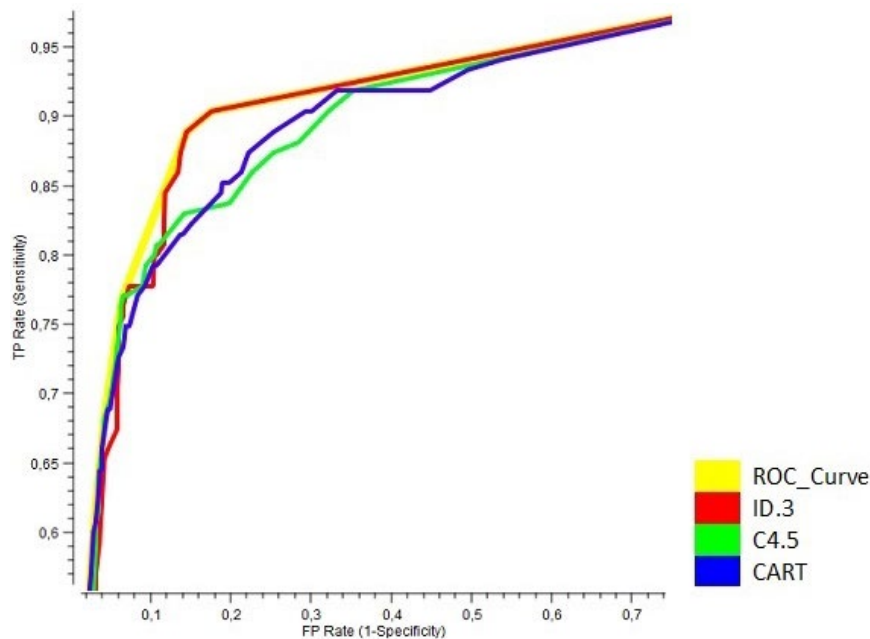
3.4. Classification of Performance Results Using Decision Trees

Table 5 presents the performance results of ID.3, C4.5 and CART decision tree algorithms. In this study, AUC is used as a performance measure. AUC = 1 means an excellent prediction performance (Kantardzic, 2020). According to the results, the ID.3 algorithm created with the data obtained has a high AUC performance (AUC = 0.9399). The AUC values of the C4.5 and CART algorithms created using the earnings ratio and Gini index were determined as 0.9322 and 0.9334, respectively.

Table 5. Performance results of different decision tree algorithms

Decision Tree Algorithms	AUC (Area Under the ROC Curve) Performance Results
Decision Tree_ID3	0.9399
Decision Tree_C4.5	0.9322
Decision Tree_CART	0.9334

In this study, ROC curve was used to test the prediction performance of decision trees; the ROC curve performance results are shown in Figure 2. Accordingly, it can be said that the decision trees constructed using the ID.3 algorithm (red line) are closer to the ROC curve (yellow line) than the other algorithms.

**Figure 2. ROC curve performance results**

3.5. Predictors of Operational and Financial Performance Indicators

According to Figure 3, the ID.3 algorithm classifies the operational and financial performance indicators of hospitals on the basis of the number of beds ($r = 0.55$, $p < 0.01$), which has a high correlation with educational status. Accordingly, the number of beds stands out as a significant variable in the data set. The dependent variable of this study is hospital groups and the independent variables are the categorical variables of education and service status and the quantitative variables of number of beds, total number of examinations, bed occupancy rate, absolute liquidity, total asset turnover, return on equity and HVI. The ID.3 algorithm generated seven nodes (groups).

The first group includes hospitals with the number of beds > 174 and return on equity > 5.45 ; the second group includes hospitals with the number of beds > 174 , return on equity ≤ 5.45 , and HVI > 12.22 . The third group includes hospitals with the number of beds > 174 , return on equity ≤ 5.45 , and HVI ≤ 12.22 . The fourth group includes hospitals with the number of beds ≤ 174 , absolute liquidity > 0.11 , and return on equity ≤ 0.66 . The fifth group includes hospitals with number of beds ≤ 174 , absolute liquidity > 0.11 , and return on equity > 0.66 . The sixth group includes hospitals with the number of beds ≤ 174 , absolute liquidity ≤ 0.11 , and return on equity > 3.02 . The last (seventh) group includes hospitals with the number of beds ≤ 174 , absolute liquidity ≤ 0.11 , and return on equity ≤ 3.02 .

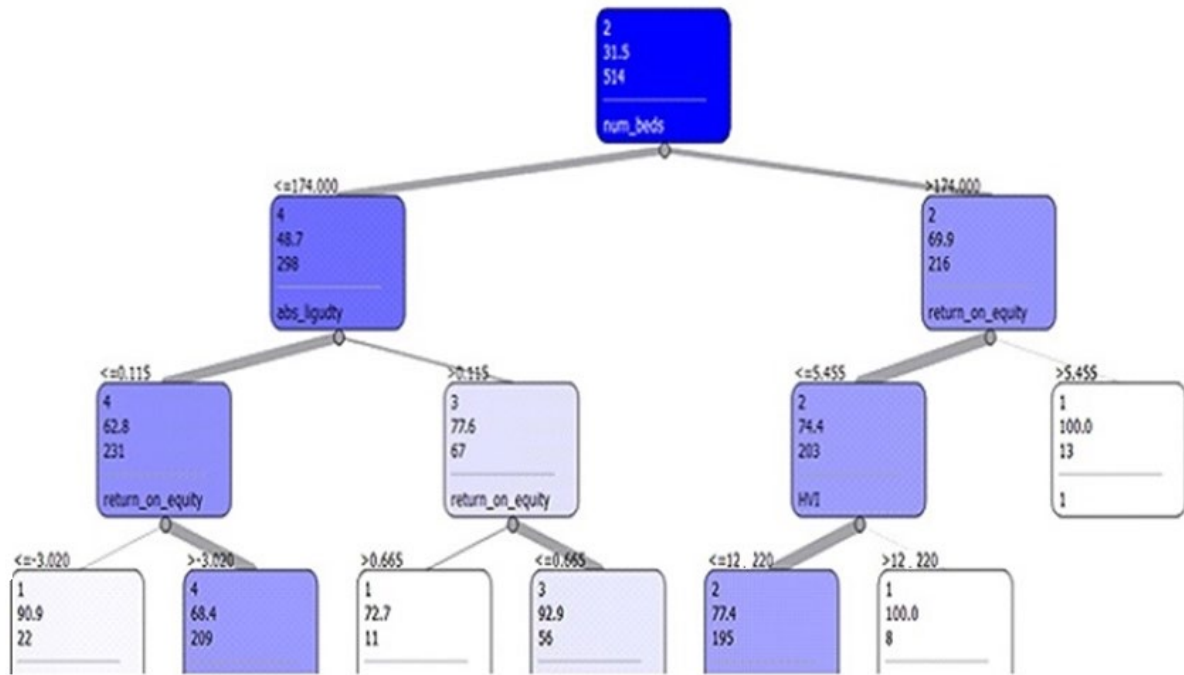


Figure 3. Classification Tree For ID.3

4. CONCLUSION and DISCUSSION

Performance measurement in healthcare means to define what hospitals actually do and compares that with the original targets or expectations of healthcare organizations. Healthcare organizations identify opportunities for improvement in organizational and financial performance management with measurement. Indicators, which serve as the foundation for measurement, are tools that possess a "normative" effect capable of influencing organizational behavior and decision-making, as aptly explained by Hauser and Katz (1998) with the concept of "organizations are what they measure". However, the selection of appropriate indicators is not a simple task. Nevertheless, it remains crucial for organizations to conduct measurement to evaluate operational efficiency, productivity, and profitability, as these assessments aid in understanding the extent to which organizational performance aligns with strategic objectives. This necessity is becoming increasingly critical in the present competitive business environment (Franceschini et al., 2019:143).

Managing the performance of a healthcare organization is vital in achieving its overarching objective of improving the overall health of the population. By doing so, the healthcare organization can effectively monitor the state of the sector and devise appropriate development plans. To evaluate progress toward organizational goals are used performance indicators that prioritize the assessment of outcomes, responsibilities, and goals. Performance indicators serve as valuable tools for healthcare managers in resource allocation and decision-making processes aimed at determining optimal strategies.

In this study, the performance of public hospitals in Turkey was evaluated through different decision tree algorithms using various financial performance indicators calculated based on structural, operational and HVI measures.

According to the results of the study, the number of beds can be a predictor of the operational and financial performance of public hospitals and can be largely explained by hospital size. However, it is noted in the literature that larger hospitals do not always perform better (Goldstein et al., 2002). In this respect, healthcare managers should not overlook the advantages of size in certain circumstances. Similarly, if hospital performance is poor, these hospitals are more likely to experience financial distress than hospitals that are relatively more efficient (Ginn and Lee, 2006).

The status of being a training hospital is considered another determinant of hospital performance. Training hospitals are usually located in urban areas and employ advanced expertise physicians. Consequently, they tend to become reference centers for the treatment of complex cases. This situation can also entail a high demand for patient care (Dimick et al., 2004). On the other hand, in a study investigating the influence of training status on average costs in Spanish hospitals, it was found that costs in training hospitals were 9% higher than those in non-training hospitals (López-Casasnovas and Saez, 1999). In another study,

patients treated for cervical spine surgery in teaching hospitals were found to have longer hospital stays, higher costs, and mortality rates compared to patients treated in non-training hospitals (Fineberg et al., 2013). In a study found that in the United States, a strong relationship was found between operational and financial performance indicators and training status, and it claimed that training status is not a good indicator of inefficiency (Mutter et al., 2008). Similarly in this study, a strong relationship was found between operational and financial performance indicators with training status.

The continuity of operating profits and the successful management of the patient revenue cycle play a prominent role in the financial stability of healthcare organizations (Rauscher and Wheeler, 2008). (Rauscher and Wheeler, 2008). Success in the patient revenue cycle is a critical element to boost profitability, build equity capital, and remain financially viable over the long term. In this regard, hospitals need to embrace financial systems that can manage higher patient volumes and ensure patient access to financial information (Singh and Wheeler, 2012).

This study shows that the ID.3 decision tree algorithm can be used in the prediction of operational and financial performance indicators of public hospitals in Turkey. The research demonstrated that hospital size and operational performance metrics, particularly bed count, are predictive variables for the hospital's organizational and financial performance. Additionally, factors such as absolute liquidity, return on equity and HVI were identified as other determinants of hospital organizational and financial performance. Furthermore, this research highlighted that decision tree algorithms are a valuable technique for providing insights into solving complex operational and financial performance issues in hospitals

It is considered that the simple recursive model presented in this study could contribute to understanding the determinants of organizational and financial performance indicators in healthcare services. Healthcare managers in Turkey, if aiming to enhance the performance of public hospitals, should effectively manage their healthcare institutional capacities and aim for financial sustainability. In this context, it is recommended that strategies aimed at improving financial performance, such as optimizing liquidity to increase profitability, should be identified. Additionally, K-means clustering successfully classified the hospitals. However, this study has several limitations. Firstly, the analysis is restricted to a limited set of operational performance indicators. Secondly, there is an absence of clinical indicators pertaining to clinical performance. Although the measurement of financial performance using an index beyond simple ratio analysis is a strength of the study, the evaluation of financial performance with a broader range of indicators or multiple indices is a noted limitation. Finally, the data used in this study are from a single year, limiting the generalizability of the results.

In this context, it is recommended that future studies employ various machine learning algorithms, such as Random Forest. Additionally, considering the dynamic properties, number, and diversity of the variables used, there is a need for studies that utilize a broader and more diverse range of operational, clinical, and financial performance indicators to identify areas for improvement.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest was declared by the author(s).

Funding

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Compliance with Ethical Standards

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Ethical Statement

It was declared by the author(s) that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Adair, C., Simpson, E., Casebeer, A., Birdsell, J., Hayden, K. and Lewis, S. (2006). "Performance Measurement in Healthcare: Part II - State of the Science Findings by Stage of the Performance Measurement Process", *Healthcare Policy/ Politiques de Santé*, 2(1), 56-78. <https://doi.org/10.12927/hcpol.2006.18338>
- Audi, G.R., Kates, F.R., Capen, M.M. and Polito, A. (2016). "An Analysis of Organizational Structures within Southern Rural Multi-Hospital Systems in the United States", *Journal of Health Care Finance*, 43(1), 1-14.
- Carini, E., Gabutti, I., Frisicale, E. M., Di Pilla, A., Pezzullo, A.M., de Waure, C., Cicchetti, A., Boccia, S. and Specchia, M.L. (2020). "Assessing Hospital Performance Indicators. What dimensions? Evidence from an Umbrella Review", *BMC Health Services Research*, 20(1), 1038. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05879-y>
- Chaudary, S., Zafar, S. and Salman, M. (2015). "Does Total Quality Management Still Shine? Re-Examining the Total Quality Management Effect on Financial Performance", *Total Quality Management & Business Excellence*, 26(7-8), 811-824. <https://doi.org/10.1080/14783363.2014.895521>
- Cinaroglu, S. (2020). "Integrated k-means Clustering with Data Envelopment Analysis of Public Hospital Efficiency", *Health Care Management Science*, 23(3), 325-338. <https://doi.org/10.1007/s10729-019-09491-3>
- Cook, J.A. (2017). "ROC Curves and Nonrandom Data", *Pattern Recognition Letters*, 85, 35-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patrec.2016.11.015>
- Coyne, J.S., Richards, M.T., Short, R., Shultz, K. and Singh, S.G. (2009). "Hospital Cost and Efficiency: Do Hospital Size and Ownership Type Really Matter?", *Journal of Healthcare Management*, 54(3), 163-175. <https://doi.org/10.1097/00115514-200905000-00005>
- Çelik, M. and Korkmaz, E. (2023). "İnsan Sağlığı Hizmetleri Sektöründe Yer Alan İşletmelerin Finansal Performanslarının Değerlendirilmesi", *Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 352-367. <https://doi.org/10.22466/acusbd.1337309>
- Dai, N. T., Kuang, X. (Jason) and Tang, G. (2018). "Differential Weighting of Objective Versus Subjective Measures in Performance Evaluation: Experimental Evidence", *European Accounting Review*, 27(1), 129-148. <https://doi.org/10.1080/09638180.2016.1234402>
- Dimick, J.B., Cowan, J.A., Colletti, L.M. and Upchurch, G.R. (2004). "Hospital Teaching Status and Outcomes of Complex Surgical Procedures in the United States", *Archives of Surgery*, 139(2), 137-141. <https://doi.org/10.1001/archsurg.139.2.137>
- Franceschini, F., Maurizio, G., Domenico, M. (2019). "Designing Performance Measurement Systems: Theory and Practice of Key Performance Indicators", Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Fineberg, S.J., Oglesby, M., Patel, A.A., Pelton, M.A. and Singh, K. (2013). "Outcomes of Cervical Spine Surgery in Teaching and Non-Teaching Hospitals", *Spine*, 38(13), 1089-1096. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31828da26d>
- Ginn, G.O. and Lee, R.P. (2006). "Community Orientation, Strategic Flexibility, and Financial Performance in Hospitals", *Journal of Healthcare Management*, 51(2), 111-121. <https://doi.org/10.1097/00115514-200603000-00009>
- Goldstein, S.M., Ward, P.T., Leong, G.K. and Butler, T.W. (2002). "The Effect of Location, Strategy, and Operations Technology on Hospital Performance", *Journal of Operations Management*, 20(1), 63-75. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(01\)00081-X](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(01)00081-X)
- Hauser, J. and Katz, G. (1998). "Metrics: You Are What You Measure!", *European Management Journal*, 16(5), 517-528. [https://doi.org/10.1016/S0263-2373\(98\)00029-2](https://doi.org/10.1016/S0263-2373(98)00029-2)
- Işıkçelik, F., Turgut, M., ve Ağırbaş, İ. (2022). "Hastanelerde Finansal Performansın Farklı Analiz Yöntemleri İle Değerlendirilmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 13(34), 505-519. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.948785>
- Jack, E. P. and Powers, T. L. (2009). "A Review and Synthesis of Demand Management, Capacity Management and Performance in Health-Care Services", *International Journal of Management Reviews*, 11(2), 149-174. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2008.00235.x>
- Jin, C., De-lin, L. and Fen-xiang, M. (2009). "An improved ID3 decision tree algorithm," 2009 4th International Conference on Computer Science & Education (2009), Nanning, China, 127-130, doi: 10.1109/ICCSE.2009.5228509.
- Kantardzic, M. (2020). "Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms", 3rd Edition, (Editor: E. Hossain). Wiley-IEEE Press, New Jersey.
- Karataş, Y.E. and Çınaroğlu, S. (2023). "Sağlık Alanında Faaliyet Gösteren İşletmelerin Konsolide Finansal Tablo Analizi", *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 26(1), 149-174.
- Li, L. and Benton, W. C. (2003). "Hospital Capacity Management Decisions: Emphasis on Cost Control and Quality Enhancement", *European Journal of Operational Research*, 146(3), 596-614. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00225-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00225-4)

- Liao, S., Chu, P. and Hsiao, P. (2012). "Data Mining Techniques and Applications - A Decade Review from 2000 to 2011", *Expert Systems with Applications*, 39(12), 11303-11311. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.063>
- López-Casasnovas, G. and Saez, M. (1999). "The Impact of Teaching Status on Average Costs in Spanish Hospitals", *Health Economics*, 8(7), 641-651. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1050\(199911\)8:7<641::AID-HEC475>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1050(199911)8:7<641::AID-HEC475>3.0.CO;2-L)
- Mishra, B.K., Nayak, N.R., Rath, A. and Swain, S. (2012). "Far Efficient K-Means Clustering Algorithm", *Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics*, 106-110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1145/2345396.2345414>
- Mutter, R.L., Rosko, M.D. and Wong, H.S. (2008). "Measuring Hospital Inefficiency: The Effects of Controlling for Quality and Patient Burden of Illness", *Health Services Research*, 43(6), 1992-2013. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2008.00892.x>
- Oner, N., Zengul, F.D., Ozaydin, B., Pallotta, R.A. and Weech-Maldonado, R. (2016). "Organizational and Environmental Factors Associated with Hospital Financial Performance: A Systematic Review", *Journal of Health Care Finance*, Fall 2016, 14-37.
- Ozgulbas, N. and Koyuncugil, A.S. (2009). "Financial Profiling of Public Hospitals: An Application by Data Mining", *The International Journal of Health Planning and Management*, 24(1), 69-83. <https://doi.org/10.1002/hpm.883>
- Pegels, C.C. (1984). "A Model for Evaluating Financial Viability of a Hospital", *Third International Conference on System Science in Health Care*, 701-704. https://doi.org/10.1007/978-3-642-69939-9_161
- Prentice, C.R. (2016). "Why So Many Measures of Nonprofit Financial Performance? Analyzing and Improving the Use of Financial Measures in Nonprofit Research", *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, 45(4), 715-740. <https://doi.org/10.1177/0899764015595722>
- Rauscher, S. and Wheeler, J.R.C. (2008). "Effective Hospital Revenue Cycle Management: Is There a Trade-Off between the Amount of Patient Revenue and the Speed of Revenue Collection?", *Journal of Healthcare Management*, 53(6), 392-404. <https://doi.org/10.1097/00115514-200811000-00008>
- Singh, S.R. and Wheeler, J. (2012). "Hospital Financial Management: What is the Link Between Revenue Cycle Management, Profitability, and Not-for-Profit Hospitals' Ability to Grow Equity?", *Journal of Healthcare Management*, 57(5), 325-341. <https://doi.org/10.1097/00115514-201209000-00007>
- Tasi, M.C., Keswani, A. and Bozic, K.J. (2019). "Does Physician Leadership Affect Hospital Quality, Operational Efficiency, and Financial Performance?", *Health Care Management Review*, 44(3), 256-262. <https://doi.org/10.1097/HMR.0000000000000173>
- The European Observatory on Health Systems and Policies. (2019). "Improving Healthcare Quality in Europe Characteristics, Effectiveness and Implementation of Different Strategies", (Editors: W. Busse, Reinhard; Klazinga, Niek; Panteli, Dimitra; Quentin), WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- Tsai, T.C., Jha, A.K., Gawande, A.A., Huckman, R.S., Bloom, N. and Sadun, R. (2015). "Hospital Board and Management Practices Are Strongly Related to Hospital Performance on Clinical Quality Metrics", *Health Affairs*, 34(8), 1304-1311. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2014.1282>
- Upadhyay, S. and Smith, D. G. (2020). "Cash, Cash Conversion Cycle, Inventory and Covid-19", *Journal of Health Care Finance*, 46(4), 37-43.
- World Health Organization. (2013). "WHO Evaluation Practice Handbook", https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/96311/9789241548687_eng.pdf?sequence=1&disAllowed=y, (Access Date: 18.01.2024).

Evaluation of Turkish Health System Capacity at Provincial Level by WISP Method Based on Weighting Methods

Tevfik Bulut¹ 

ABSTRACT

Purpose: The study aims to evaluate the capacity and capacity gaps of the Turkish health system at the provincial level in relative terms. The secondary objective of the study is to develop application algorithms for the weighting methods utilized in the R programming language.

Methodology: The decision criteria used in evaluation of health system capacity were weighted by CRITIC, Shannon Entropy, and NMV methods. The WISP method was used to evaluate the health system capacity of provinces. Data were drawn from the Ministry of Health's Health Statistics Yearbook for 2022.

Findings: Tunceli, Bayburt, and Kilis are the three provinces closest to the optimal solution among 81 provinces in terms of health system capacity in Türkiye, according to CRITIC-based WISP scores. On the contrary, Bursa, İstanbul and Şanlıurfa are the three provinces furthest from an optimal solution.

Originality: At the provincial level, gaps in the health system's capacity can be identified and subsequently improved. It is possible to develop self-sufficient health system capacity and enhance its resilience. The development of application algorithms for weighting methods makes a significant contribution. Decision makers are capable of generating immediate solutions for both small and large-scale data sets using the algorithms.

Keywords: CRITIC, Entropy, NMV, WISP, Health System Capacity.

JEL Codes: C44, C61, I18.

Türk Sağlık Sistemi Kapasitesinin Ağırlıklandırma Yöntemlerine Dayalı WISP Yöntemi ile İl Düzeyinde Değerlendirilmesi

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın birincil amacı, Türkiye sağlık sisteminin kapasite ve kapasite açıklarını il düzeyinde göreceli olarak değerlendirmektir. Çalışmanın ikincil amacı ise R programlama dilinde kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri için uygulama algoritmaları geliştirmektir.

Yöntem: Sağlık sistemi kapasitesinin değerlendirilmesinde kullanılan karar kriterleri CRITIC, Shannon Entropy ve NMV yöntemleri ile ağırlıklandırılmıştır. İllerin sağlık sistemi kapasitesini değerlendirmek için WISP yöntemi kullanılmıştır. Veriler Sağlık Bakanlığı'nın 2022 Sağlık İstatistikleri Yıllığı'ndan alınmıştır.

Bulgular: Tunceli, Bayburt ve Kilis, CRITIC tabanlı WISP skorlarına göre Türkiye'de sağlık sistemi kapasitesi açısından 81 il arasında optimal çözüme en yakın üç ildir. Buna karşılık, Bursa, İstanbul ve Şanlıurfa optimal çözümden en uzak üç ildir.

Özgünlük: İl düzeyinde, sağlık sisteminin kapasitesindeki boşlukları tespit edebilir ve geliştirebiliriz. Kendi kendine yeterli sağlık sistemi kapasitesi oluşturabilir ve sağlık sistemini daha dirençli hale getirilebilir. Öte yandan, ağırlıklandırma yöntemleri için uygulama algoritmalarının geliştirilmesi önemli bir katkıdır. Böylece karar vericiler küçük ve özellikle büyük ölçekli veri setleri üzerinde anlık çözümler üretebilir.

Anahtar Kelimeler: CRITIC, Entropi, NMV, WISP, Sağlık Sistemi Kapasitesi.

JEL Kodları: C44, C61, I18.

¹ Atılım University, Faculty of Health Science, Department of Nursing, Ankara, Türkiye

Corresponding Author: Tevfik Bulut, buluttevfik@gmail.com

DOI: 10.51551/verimlilik.1549245

Research Article | Submitted: 12.09.2024 | Accepted: 19.11.2024

Cite: Bulut, T. (2025). "Evaluation of Turkish Health System Capacity at Provincial Level by WISP Method Based on Weighting Methods", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 143-166.

1. INTRODUCTION

Unpredictability of disasters and crises can cause significant human suffering and loss of life. Inadequate preparedness, particularly in health systems, increases vulnerability and overwhelms institutions, making lifesaving interventions difficult. Health systems, in preparing for health crises, encounter multiple hazards, constrained resources for management, and elevated performance expectations (WHO, 2012). Health systems consist of individuals and activities aimed at enhancing health (WHO, 2024a). Health systems must be constructed to withstand many shocks and stresses, including sudden external occurrences like natural disasters and epidemics, as well as persistent internal issues like as insufficient funding or a shortage of human resources (WHO, 2024b). Health system resilience is defined as the capacity to absorb, adapt and transform when exposed to a shock (Blanchet et al. 2017).

Health system resilience at the provincial level refers to the capacity and flexibility of cities to respond to and adapt to external pressures during crises, hazards, or disasters. An enhanced comprehension of urban resilience during health emergencies facilitates socioeconomic recovery following crises and highlights critical factors and issues pertinent to potential health crises (Chen et al., 2021).

Decision-making is a complex and balanced issue that takes place at micro, meso, and macro levels in health services (Hsu et al., 2008). Therefore, a range of criteria, including effectiveness or efficiency, stakeholder interests and pressures, equity or fairness, cost-effectiveness, strength of evidence, and safety, inform decision-making (Guindo et al., 2012). Multi-criteria decision making (MCDM) involves evaluating available decision alternatives based on multiple decision criteria. The objective of MCDM is to prioritize alternatives according to multiple criteria.

First, in the decision-making process, we decide on the decision criteria to use in evaluating decision alternatives (Broekhuizen et al., 2015). Next, we determine the method for calculating the weights of the decision criteria. Next, we decide which method to employ for assessing the alternatives based on the criteria. The weight coefficients obtained from the method or methods used in weighting decision criteria are multiplied by the weighted decision matrix in the MCDM method. The final case determines the priority order of decision alternatives based on the obtained scores.

The main objective of the study is to evaluate Turkish health system capacity at provincial level using the WISP method and to reveal the relative health system capacities and capacity gaps at provincial level. The decision criteria used in evaluation of health system capacity are weighted by CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation), Shannon entropy, and NMV (Normalized Maximum Values) methods. The WISP (Weighted Sum Product) method was used to evaluate the health system capacity of the provinces in Türkiye according to the decision criteria. The study's secondary goal is to develop application algorithms for weighting methods in the R programming language. In this way, it is aimed at producing instant solutions for decision-makers on small and large-scale data sets.

Criteria weighting methods have become increasingly used in decision making in healthcare (Németh et al., 2019). Some of these methods are subjective weighting methods that include value judgments of decision makers, while others are objective weighting methods that do not incorporate value judgments of decision makers. This study employed the objective weighting methods of CRITIC, Shannon Entropy, and NMV. Therefore, it includes studies that employ these methods in health services.

The following studies employ the entropy weighting method in health services: Departments in Peru have evaluated the health system level (Delgado et al., 2018), the Eastern Mediterranean Region's health system financing (Pourmohammadi et al., 2018), the performance of buildings in health facilities (Hassanain et al., 2022), the Health Intrinsic Drivers Index (GOH-IDI) study (Feng et al., 2022), the safety performance of healthcare providers during the COVID-19 pandemic (Salehi et al., 2023), the physical health levels of students (Zhang et al., 2023), and the resilience of countries' health systems during COVID-19 (Zhao et al., 2023).

Some of the studies using the CRITIC weighting method in healthcare are as follows: hospital site selection (Adalı and Tuş, 2019), evaluation of smart health management (Peng et al., 2021), evaluation of stress level in urban areas during the COVID-19 pandemic (Gupta et al., 2021), evaluation of online health interventions (Lin et al., 2023).

The NMV method, developed as an objective weighting method, has not yet been used in healthcare. This study will introduce the NMV method to the healthcare sector for the first time. However, up until now, the financial sector has primarily employed the NMV method. Some of these studies include the evaluation of enterprises traded in the Borsa İstanbul (BIST) IPO Index (Bağcı and Sarıay, 2021), the financial performance evaluation of asset management companies in Türkiye (Kılıçarslanand Sucu, 2021), the transaction performance evaluation of companies in the licensed warehousing sector (Ergun et al., 2022),

and the analysis of the financial performance of renewable energy sector companies operating in Borsa Istanbul (BIST) (Kılıçarslan, 2023).

The number of studies that can be given as an example for use of WISP method, which is used as a MCDM method in this study, in healthcare is quite small. This is because WISP method is a new method. An example of use of WISP method in healthcare is the study on evaluation of health performance of provinces in Türkiye (Keleş, 2023).

2. METHODOLOGY

The data set of the study is taken from the Turkish Ministry of Health’s Health Statistics Yearbook for 2022 published in 2024 (MoH, 2024). Population statistics are taken from the population data published by the Turkish Statistical Institute for the year 2022 (TURKSTAT, 2023). This health statistics yearbook is the most recent one published. The number of decision criteria used in evaluating the health system capacities of provinces is 15, and the number of provinces with decision alternatives is 81. To weight the decision criteria, the study used objective weighting methods such as CRITIC, Shannon Entropy, and NMV. WISP method was used to evaluate the decision alternatives by the decision criteria.

Microsoft Office Excel software (Microsoft Corporation, 2018) was used to create decision matrices. The R programming language (R Core Team, 2024) was used to calculate weights of decision criteria using weighting methods and to evaluate the health system capacity of 81 provinces by the WISP method, and implementations were made on R Markdown (Allaire et al., 2024). In weighting the decision criteria by the NMV method, an NMV application algorithm developed in the R environment and revised within the scope of this study was used (Appendix) (Bulut, 2022a). The study utilized the application algorithms developed in the R environment for the Shannon Entropy (Appendix) and CRITIC (Appendix) weighting methods (Appendix). The appendix also provides concrete examples to help users understand the application algorithms. Since the application algorithms are not presented as a package, they do not need to be installed in the R environment. Users can copy the application algorithms directly into the R environment and run them. The application algorithms are given in the appendix because they take up a lot of space in the main text. The “rwhisp” package was used in the R environment in the evaluation of 81 provinces by the WISP (Simple Weighted Sum Product) method (Stanujkic et al., 2023). Other packages used in R in the study are as follows: ‘corrplot’ (Wei and Simko, 2021), ‘dplyr’ (Wickham et al., 2023), ‘energy’ (Rizzo and Szekely, 2022), ‘ggplot2’ (Wickham, 2016), ‘ggthemes’ (Arnold, 2024), ‘openxlsx’ (Schauberger and Walker, 2023), ‘readxl’ (Wickham and Bryan, 2023), ‘rmarkdown’ (Allaire et al., 2024), ‘sf’ (Pebesma and Bivand, 2023), ‘sp’ (Pebesma and Bivand, 2005; Bivand et al., 2013), ‘tibble’ (Müller and Wickham, 2023), ‘tidyr’ (Wickham et al., 2024), ‘TRmaps’ (Tastan, 2024), ‘viridis’ (Garnier et al., 2024). Table 1 presents the decision criteria and optimality criteria determined within the scope of the study.

Table 1. Decision criteria and optimality criteria

<i>Decision Criteria</i>	<i>Code</i>	<i>Optimality Criteria</i>
Population per hospital	c1	Minimum
Number of beds per 10,000 people	c2	Maksimum
Number of intensive care beds per 10,000 people	c3	Maksimum
Population per family medicine unit	c4	Minimum
Average length of stay	c5	Minimum
Bed occupancy rate	c6	Minimum
Population per physician	c7	Minimum
Population per dentist	c8	Minimum
Population per pharmacist	c9	Minimum
Population per nurse	c10	Minimum
Population per midwife	c11	Minimum
Population per other health personnel	c12	Minimum
Population per emergency aid station	c13	Minimum
Population per emergency ambulance	c14	Minimum
Unfounded call rate (%)	c15	Minimum

The energy test (Szkely and Rizzo, 2005), a multivariate normality test, was used to test the normality of the decision criteria. For this purpose, the ‘energy’ package in the R programming language (Rizzo and Szekely, 2022) was utilized. The hypotheses established in the multivariate normality test are as follows:

- Null hypothesis (H_0): Decision criteria show multivariate normal distribution.
- Alternative hypothesis (H_A): Decision criteria do not show multivariate normal distribution.

Energy test was used to test whether values of the decision criteria in the WISP method are normally distributed. According to the result obtained, the correlation method was decided. Energy test was also used to test whether the weights obtained from weighting methods are normally distributed. This process determined the correlation method to be used in the relationship between the weights of decision criteria obtained from weighting methods.

The non-parametric Spearman's rank correlation test was used to test whether there is a statistically significant relationship between WISP method rankings based on weighting methods. Spearman's rank correlation test is widely used to compare whether two rankings are statistically different from each other (Taylor, 1987). The tests are used in comparison of rankings obtained from MCDM methods (Zamani-Sabzi et al., 2016; Lee and Chang, 2018; Huang et al., 2021; Paradowski et al., 2021; Pramanik et al., 2021; Shekhovtsov, 2021; Bhaskar and Khan, 2022; Top and Bulut, 2022). In Spearman's rank correlation test, null hypothesis (H_0) and alternative hypothesis (H_A) are defined as follows:

H_0 : There is no monotonic relationship between CRITIC-based WISP and Entropy-based WISP.

H_0 : There is no monotonic relationship between CRITIC-based WISP and NMV-based WISP.

H_0 : There is no monotonic relationship between Entropy-based WISP and NMV-based WISP.

H_A : There is a monotonic relationship between CRITIC-based WISP and Entropy-based WISP.

H_A : There is a monotonic relationship between CRITIC-based WISP and NMV-based WISP.

H_A : There is a monotonic relationship between Entropy-based WISP and NMV-based WISP.

WISP scores based on weighting methods were categorised into 5 groups equally according to the combinations, and the scores were reflected on the maps in this way.

2.1. Weighting Methods

2.1.1. CRITIC Method

Application steps of CRITIC method, which is one of the objective weighting methods, are as follows (Diakoulaki et al., 1995):

Step 1. Creating decision matrix: A decision matrix (X_{ij}) is created with alternatives in rows and decision criteria in columns.

Step 2. Normalisation of decision matrix: Decision matrix is normalised according to direction of decision criterion, i.e. according to benefit and cost criteria. In this case, Equation 1 is used for benefit criterion and Equation 2 is used for cost criterion.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (2)$$

Step 3. Creation of correlation matrix: Correlation matrix of normalised values of decision criteria is calculated by Equation 3. If decision criteria are normally distributed, Pearson correlation coefficient is calculated, if not, Spearman's rank correlation coefficient is calculated.

$$P_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}} \quad (3)$$

Step 4. Calculation of amount of information: In Equation 4, C_j is amount of information, and σ_j is standard deviation of decision criteria. Here, amount of information is calculated from correlation matrix.

$$C_j = \sigma_j \times \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad (4)$$

Step 5. Determination of weights: In Equation 5, weights of decision criteria (w_j) are calculated by proportioning information amount (C_j) of each criterion to sum of information amounts of criteria.

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^m C_k} \quad (5)$$

2.1.2. Shannon Entropy Method

Shannon Entropy is an objective weighting method used to determine weights of decision criteria (Shannon, 1948). In other words, it does not include value judgements of decision maker (Wang and Lee, 2009; Kumar et al., 2021). Shannon Entropy application steps are as follows (Shemshadi et al., 2011; Song et al., 2017):

Step 1. Creation of decision matrix: A decision matrix x_{ij} is created with alternatives in rows and decision criteria in columns. X_{ij} is an $m \times n$ dimensional matrix where m is the number of rows in matrix, and n is the number of columns in matrix.

Step 2. Normalisation of decision matrix: Normalised decision matrix in Equation 6 is obtained by proportioning each criterion value in decision matrix to sum of values of each criterion.

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{k=1}^m x_{ij}} \quad (6)$$

Step 3. Calculation of entropy values: First, the coefficient constant (k) of normalised decision matrix (P_{ij}) is calculated. Then, sum of values of each criterion is multiplied by k . Thus, entropy values (e_j) of decision criteria are determined. These operations are performed with help of Equation 7.

$$e_j = -k \times \sum_{j=1}^n P_{ij} \quad \text{where } k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (7)$$

Step 4. Calculation of degrees of differentiation and weights: After entropy values of decision criteria are found, degrees of differentiation (d_j) of decision criteria are calculated. The weights of criteria are obtained by proportioning degree of differentiation of each criterion to sum of the degrees of differentiation of the criteria. These operations are performed using Equation 8.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{k=1}^m d_j} \quad \text{where } d_j = 1 - e_j \quad (8)$$

2.1.3. NVM Method

NMV method developed as an objective weighting method is applied in four steps. The application steps of the method are as follows (Bulut, 2017; Bulut 2022b):

Step 1. Creating decision matrix: A decision matrix (X_{ij}) is created with alternatives in rows and decision criteria in columns. In matrix X_{ij} , r indicates number of rows, and c shows number of columns.

Step 2. Creating ratio matrix: In Equation 9, T_i is sub-sum of criteria in decision matrix. R_{ij} matrix is obtained by proportioning value of each criterion to sub-sum of values of criterion to which it belongs.

$$T_j = \sum_{j=1}^c X_{ij} \quad (9)$$

Step 3. Calculation of normalised values: The maximum value (max_j) is found from value series of each criterion. Then, mean (A_j) and standard deviation (S_j) of value series of each criterion are calculated. N_j is standardised value of each criterion. These procedures are given in Equations 10-12.

$$A_j = \frac{\sum_{j=1}^c R_{ij}}{r} \quad (10)$$

$$S_j = \frac{R_{ij} - A_j}{\sqrt{\sum (R_{ij} - A_j)^2}} \quad (11)$$

$$N_j = \frac{max_i - A_j}{S_j} \quad (12)$$

Step 4. Calculation of weight coefficients: Weight coefficients in Equation 13 are calculated by dividing normalised value of each criterion by sum of normalised criterion values.

$$w_j = \frac{N_j}{\sum_{j=1}^c N_j} \quad (13)$$

2.2. WISP Method

The simple WISP method, which is a combination of Weighted Sum (WS) and Weighted Product (WP) methods, is used to solve multi-criteria decision making problems. The method is completed in five steps (Zavadskas et al., 2022; Stanujkic et al., 2023):

Step 1. Creation of decision matrix: As in other MCDM methods, the decision matrix is created in the first step of the WISP method.

Step 2. Normalising decision matrix: In this step, decision matrix is normalised by proportioning each value of decision matrix to maximum value using Equation 14. Here, r_{ij} represents a dimensionless number and i represents normalised degree of alternative with respect to decision criterion j .

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (14)$$

Step 3. Determination of utility measurement values: In this step, 4 utility scores are calculated in Equations 15-18. In the equations, max and min indicate direction of decision criteria. In other words, if decision criterion aims at benefit, it is set as 'max', and if it aims at cost, it is set as 'min'. u_i^{wsd} shows difference of values of utility and non-utility normalised criteria in weighted sum model, u_i^{wpd} shows difference of utility and non-utility normalised criteria in weighted product model. u_i^{wsr} and u_i^{wpr} show ratio of differences obtained from weighted sum and product models, respectively.

$$u_i^{wsd} = \sum_{j \in \Omega_{max}} r_{ij} w_j - \sum_{j \in \Omega_{min}} r_{ij} w_j \quad (15)$$

$$u_i^{wpd} = \prod_{j \in \Omega_{max}} r_{ij} w_j - \prod_{j \in \Omega_{min}} r_{ij} w_j \quad (16)$$

$$u_i^{wsr} = \frac{\sum_{j \in \Omega_{max}} r_{ij} w_j}{\sum_{j \in \Omega_{min}} r_{ij} w_j} \quad (17)$$

$$u_i^{wpr} = \frac{\prod_{j \in \Omega_{max}} r_{ij} w_j}{\prod_{j \in \Omega_{min}} r_{ij} w_j} \quad (18)$$

Step 4. Recalculation of four benefit criteria: Here, u_i^{-wsd} , u_i^{-wpd} , u_i^{-wsr} and u_i^{-wpr} denotes normalised values. Normalised values are calculated with help of Equations 19-22.

$$u_i^{-wsd} = \frac{u_i^{wsd}}{(1+u_{max_i}^{wsd})} \quad (19)$$

$$u_i^{-wpd} = \frac{u_i^{wpd}}{(1+u_{max_i}^{wpd})} \quad (20)$$

$$u_i^{-wsr} = \frac{u_i^{wsr}}{(1+u_{max_i}^{wsr})} \quad (21)$$

$$u_i^{-wpr} = \frac{u_i^{wpr}}{(1+u_{max_i}^{wpr})} \quad (22)$$

Step 5. Calculating overall utility (u_i) score of alternatives and determining the best alternative: The alternative with the highest overall utility score is considered as the best alternative. The overall utility score is obtained by dividing sum of normalised utility values by four. This procedure is shown in Equation 23.

$$u_i = \frac{u_i^{-wpr} + u_i^{-wpd} + u_i^{-wsr} + u_i^{-wsd}}{4} \quad (23)$$

3. RESULTS

This section first tests the decision criteria for a multivariate normal distribution using the energy test, then presents the results of the normal distribution. Next, findings of objective weighting methods used in evaluation of health system capacity at the provincial level are presented. WISP scores based on weighting methods present the health system capacity assessment findings at the province level. The appendix provides the decision matrix for weighing decision criteria and the WISP method.

Since normalized decision criteria in the CRITIC weighting method do not show multivariate normal distribution by Energy test, alternative hypothesis (H_A) is accepted (E-statistic = 2.9437, N = 81, R = 100, $p < 0.000$). Here, R denotes the bootstrap replication coefficient. For this reason, Spearman's rank correlation method was used in the third step of the CRITIC method while creating the correlation matrix. The weights of decision criteria obtained from the weighting methods are given in Table 2. The prominent findings are as follows:

- In the CRITIC method, the first three decision criteria have the highest weights: average length of stay (c5) ($w_j = 0.0819$), number of intensive care beds per 10,000 people (c3) ($w_j = 0.0808$), and population per pharmacist (c9) ($w_j = 0.0883$). The first three decision criteria with the lowest weights are population per hospital (c1) ($w_j = 0.0449$), unfounded call rate (%) ($w_j = 0.0488$), and population per emergency ambulance ($w_j = 0.0501$).

- In the entropy method, the first three decision criteria have the highest weights: population per dentist (c8) ($w_j = 0.2941$), population per pharmacist (c9) ($w_j = 0.2806$), and population per midwife (c11) ($w_j = 0.1738$). The first three decision criteria with the lowest weights are population per family medicine unit (c4) ($w_j = 0.0002$), average length of stay (c5) ($w_j = 0.0021$), and bed occupancy rate (c6) ($w_j = 0.0022$).
- In the NMV method, the first three decision criteria have the highest weights: population per dentist (c8) ($w_j = 0.1074$), unfounded call rate (c15) (%) ($w_j = 0.1023$), and population per pharmacist (c9) ($w_j = 0.0883$). The first three decision criteria have the lowest weights: population per family medicine unit (c4) (%) ($w_j = 0.0412$), bed occupancy rate (c6) ($w_j = 0.0416$) and population per nurse (c10) ($w_j = 0.0419$).

Table 2. Weights of decision criteria by weighting method

Criteria	CRITIC		Entropy		NMV	
	w_j	Rank	w_j	Rank	w_j	Rank
c1	0.0449	15	0.0078	9	0.0808	4
c2	0.0730	6	0.0046	12	0.0649	8
c3	0.0808	2	0.0064	11	0.0754	5
c4	0.0661	9	0.0002	15	0.0412	15
c5	0.0819	1	0.0021	14	0.0556	10
c6	0.0694	8	0.0022	13	0.0416	14
c7	0.0775	5	0.0895	4	0.0526	11
c8	0.0648	10	0.2941	1	0.1074	1
c9	0.0799	3	0.2806	2	0.0883	3
c10	0.0792	4	0.0568	5	0.0419	13
c11	0.0613	11	0.1738	3	0.0722	6
c12	0.0717	7	0.0502	6	0.0458	12
c13	0.0506	12	0.0092	8	0.0630	9
c14	0.0501	13	0.0154	7	0.0669	7
c15	0.0488	14	0.0071	10	0.1023	2

Since there is no multivariate normal distribution between weights of decision criteria obtained from the weighting methods, the H_A hypothesis is accepted (E-statistic = E-statistic=1,2019, $N = 15$, $R = 100$, $p < 0.000$). Therefore, Spearman's rank correlation coefficients were estimated. Figure 1 presents the Spearman's rank correlation matrix of the weights. There is a moderately monotonic relationship between entropy weights and NMV weights ($N = 15$, $r = 0.43$). Since the correlation coefficient between the other weighting method pairs is close to 0, there is no monotonic relationship between them.

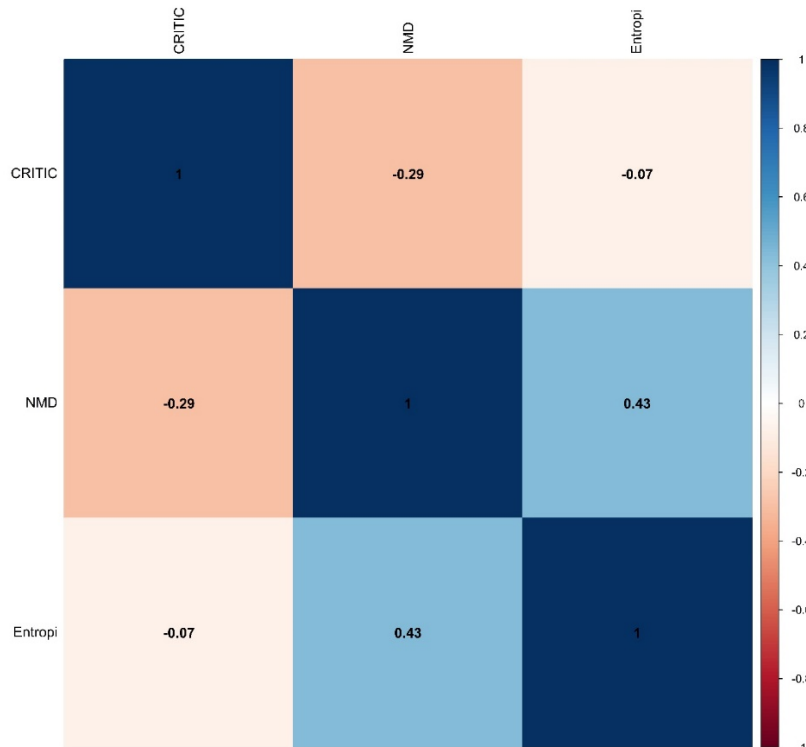


Figure 1. Correlation matrix of weighting methods.

The map of Türkiye presents WISP scores based on weighting methods. The appendix (Appendix 5) presents both the CRITIC-based WISP scores and the WISP scores derived from other weighting methods. Figure 2 first presents the CRITIC-based WISP method scores. The top three provinces with the highest scores are Tunceli ($u_i = 4.0425$), Bayburt ($u_i = 3.4594$), and Kilis ($u_i = 3.4513$) among 81 provinces in Türkiye. On the other hand, the three provinces with the lowest scores are Bursa ($u_i = 2.4136$), İstanbul ($u_i = 2.4755$) and Şanlıurfa ($u_i = 2.4898$).

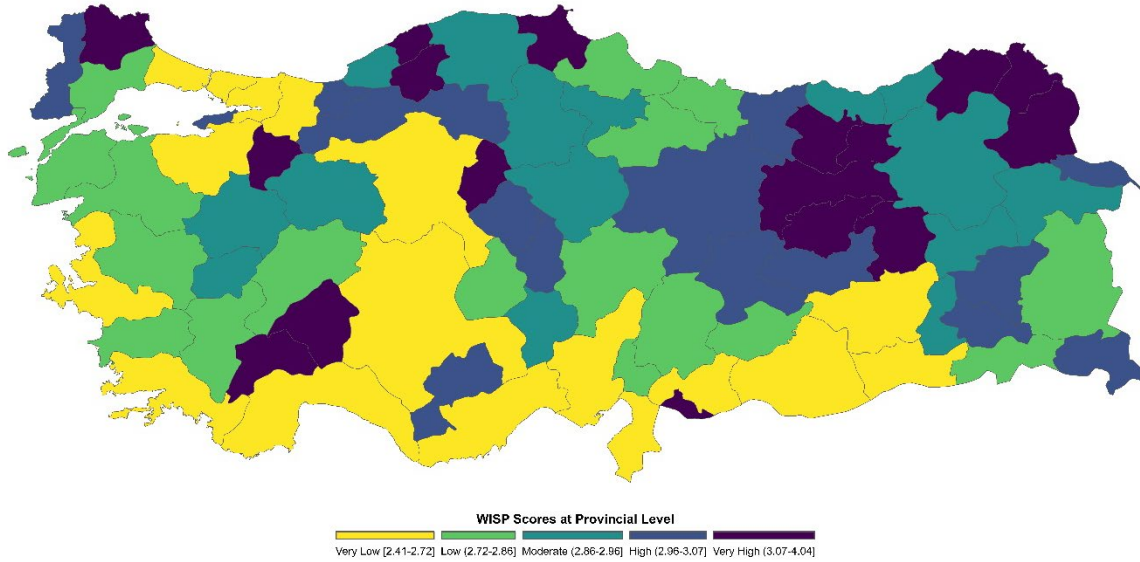


Figure 2. CRITIC-based WISP scores

WISP scores obtained based on entropy weighting method are presented in Figure 3. The first three provinces with the highest scores are Tunceli ($u_i = 4.1154$), Bayburt ($u_i = 3.4494$) and Kilis ($u_i = 3.4452$) among 81 provinces in Türkiye. On the other hand, the three provinces with the lowest scores are Bursa ($u_i = 2.0710$), Konya ($u_i = 2.1397$), and İstanbul ($u_i = 2.1595$).

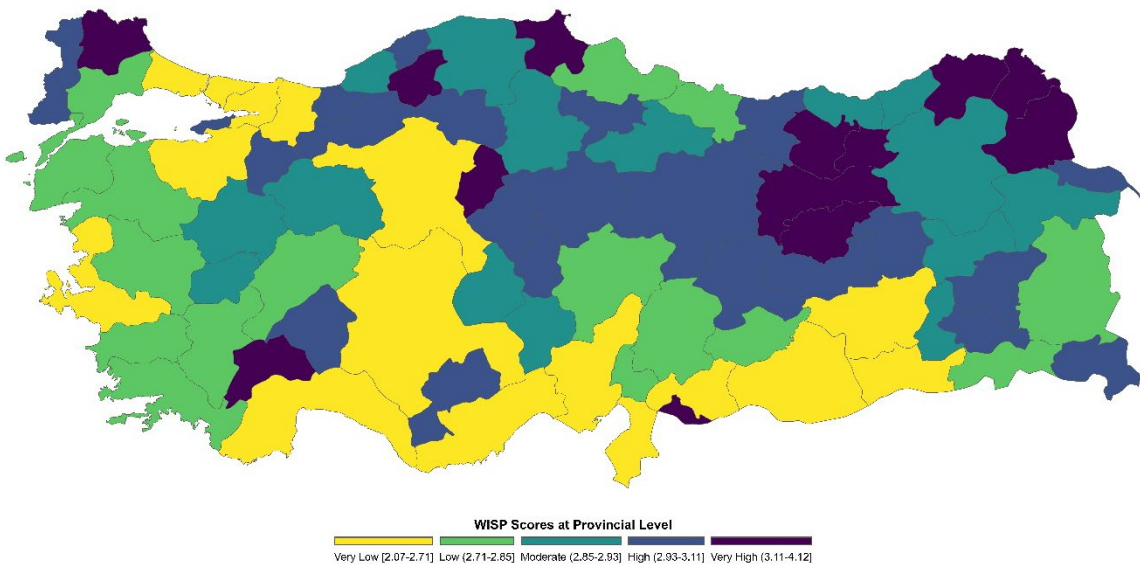


Figure 3. Entropy-based WISP scores

Figure 4 shows WISP scores obtained based on NMV weighting method. The first three provinces with the highest scores are Tunceli ($u_i = 4.0752$), Bayburt ($u_i = 3.4563$), and Sinop ($u_i = 3.4247$) among 81 provinces. On the other hand, the three provinces with the lowest scores are Bursa ($u_i = 2.4208$), İstanbul ($u_i = 2.4535$) and İzmir ($u_i = 2.4785$).

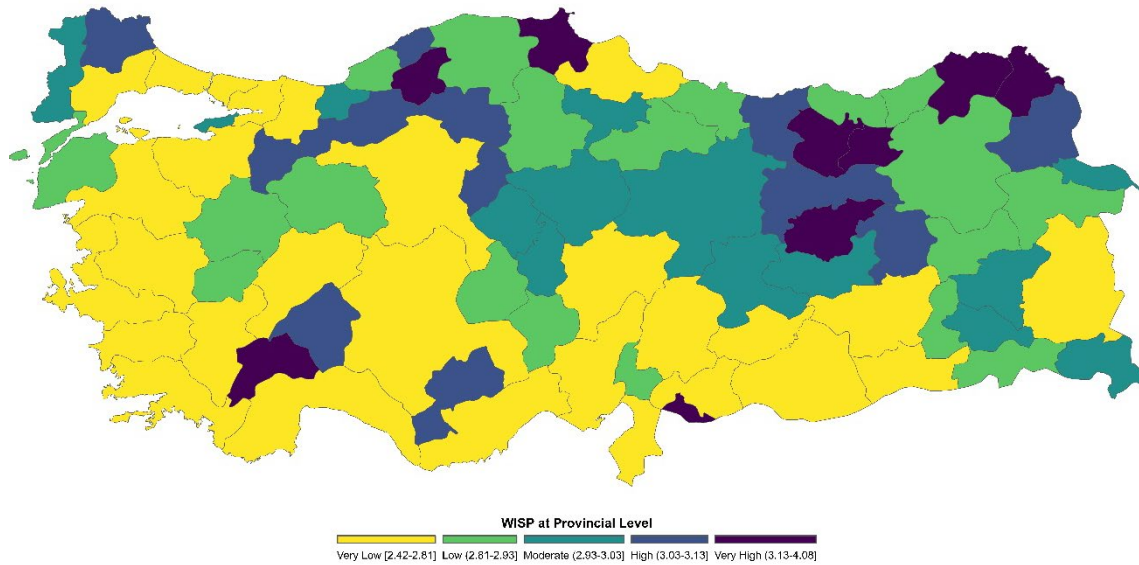


Figure 4. NMV-based WSP scores

Table 3 presents descriptive statistics of WSP scores based on weighting methods for a comprehensive evaluation. The combination with the highest range value is Entropy-based WSP (Range = 2.0444). In the same combination, there are 37 provinces above the average WSP score.

Table 3. Descriptive statistics of WSP scores by combination

Descriptive Statistics	CRITIC-Based WSP	Entropy-Based WSP	NMV-Based WSP
N	81	81	81
Mean	2.9084	2.8874	2.9718
Population standard deviation	0.2463	0.3095	0.2442
Minimum	2.4136	2.0710	2.4208
Maximum	4.0425	4.1154	4.0752
Range	1.6289	2.0444	1.6544
Number of provinces above mean	42	37	42
Number of provinces below mean	39	44	39

Spearman’s rank correlation test was used to test whether there is a statistically significant difference between the rankings obtained from the WSP method based on weighting methods. Table 4 presents the results of the correlation test. The correlation between WSP score rankings based on weighting methods was statistically significant and very strong. Therefore, H_A hypothesis was accepted in the correlation test.

Table 4. WSP correlation tests based on weighting methods

Kombinations	N	r_s	p
CRITIC-based WSP – Entropy-based WSP	81	0.951*	0.000
CRITIC-based WSP – NMV-based WSP	81	0.980*	0.000
Entropy-based-WSP – NMV-based WSP	81	0.901*	0.000

* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

4. DISCUSSION

The COVID-19 pandemic has exposed issues within national health systems, particularly their lack of preparedness for such outbreaks (Shamasunder et al., 2020). As a result, countries is critical for the development of a resilient health system that countries first identify their health systems' capacities and capacity gaps and allocate resources to those gaps. Health systems' resilience plays a crucial role in reacting to both internal and external health threats, as well as effectively addressing global health security threats (Haldane et al., 2021; Vassoney et al., 2021). For this purpose, firstly, it is necessary to evaluate the health system capacity of countries and to determine the importance levels of the decision criteria that stand out in the evaluation of health system capacity. In this context, in this study, the decision criteria used in evaluation of Turkish health system capacity and then the level at which the health system capacity will be evaluated were decided. When weights of decision criteria are evaluated using objective weighting methods, there is a moderately monotonic relationship between Entropy weights and NMV weights. There is no monotonic relationship between other weighting method pairs. One of the primary reasons for this discrepancy is that the CRITIC weighting method, in contrast to other methods, incorporates the direction

of decision criteria, specifically the benefit and cost criteria. Another general reason for these differences is that the theoretical concept of the weighting methods is different.

On the other hand, a statistically significant and very strong monotonic relationship was observed between WISP score rankings based on weighting methods. Since the highest monotonic relationship was observed between CRITIC-based WISP and NMV-based WISP scores, it can be said that the results produced from these two combinations are more consistent (Zamani-Sabzi et al., 2016; Vassoney et al., 2021; Baydaş and Pamučar, 2022; Ciardiello and Genovese, 2023). The top three provinces with the highest scores among 81 provinces in Türkiye are Tunceli, Bayburt, and Kilis by CRITIC-based WISP scores. On the contrary, the three provinces with the lowest scores are Bursa, İstanbul, and Şanlıurfa. Tunceli, Bayburt, and Sinop are the top three provinces with the highest NMV-based WISP scores among the 81 provinces. On the contrary, the three provinces with the lowest scores are Bursa, İstanbul, and İzmir. According to the results obtained, the main characteristic of the first three provinces where the optimal solution is reached is that the population is lower in these provinces compared to other provinces, and resource allocation is made more proportionally by population. On the other hand, the main characteristic of the first three provinces, which are furthest from the optimal solution, is the low resources per population compared to other provinces. These results allow for the identification of health system capacity gaps and the enhancement of capacity at the provincial level. By strengthening the national health system from the bottom up, we can build a more resilient and self-sufficient health system capacity. Furthermore, based on the results, decision makers can prioritize health policy decisions at the provincial level.

Decision makers and field workers greatly benefit from the development of the CRITIC, Shannon Entropy, and NMV weighting method application algorithms in the R environment and their open-source sharing in the appendix. Until now, there has been no open sharing of these application algorithms. Instant solutions can be produced on small and especially large-scale data sets, particularly in weighting of decision criteria in health services by the application algorithms.

5. CONCLUSION

This study evaluates the capacity of the Turkish health system at the provincial level using the WISP method, revealing health system capacities and capacity gaps in relative terms. CRITIC, Shannon Entropy, and NMV methods weight the decision criteria used in the evaluation of health capacity. Furthermore, the R programming language was used to develop the application algorithms of these weighting methods.

The provinces that have achieved an optimal solution share a common characteristic: their populations are smaller than those of other provinces, and they allocate resources more proportionally to their populations. In contrast, the provinces that are furthest from optimal solutions share low resources per population. These results allow us to identify health system capacity gaps and enhance capacity at the provincial level. By strengthening the health system from the bottom up, we can build a more resilient and self-sufficient national health system capacity. Moreover, decision-makers can prioritize health policy decisions, particularly resource allocation decisions, at the provincial level. This will strengthen the health system and distribute its capacity more evenly throughout the country. A balanced structure of the health system capacity will also contribute to the elimination of bottlenecks in the health system and easier access of individuals to health services.

The fact that the weighting methods' application algorithms have been developed in a compact manner using the R programming language and shared as open source is thought to be a great contribution to decision makers and field workers. The application algorithms can produce instant solutions on small and especially large-scale decision matrices.

Future studies can use other objective weighting methods not covered in this study to weight the decision criteria used in the evaluation of the Turkish health system capacity. Additionally, by using other MCDM methods, we can assess the capacity of the Turkish health system from a broader perspective, both at the national and provincial level.

Funding

The author received no financial support for the study.

Conflict of Interest

The author declared no potential conflicts of interest.

Compliance with Ethical Standards

It was declared by the author that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Ethical Statement

It was declared by the autho that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Adalı, E.A. and Tuş, A. (2019). "Hospital Site Selection with Distance-Based Multi-Criteria Decision-Making Methods", *International Journal of Healthcare Management*, 14(2), 534-544. <https://doi.org/10.1080/20479700.2019.1674005>
- Allaire, J., Xie, Y., Dervieux, C., McPherson, J., Luraschi, J., Ushey, K, Atkins, A., Wickham, H., Cheng, J., Chang, W. and Iannone, R. (2024). "rmarkdown: Dynamic Documents for R. R Package Version 2.26".
- Arnold, J. (2024). "ggthemes: Extra Themes, Scales and Geoms for 'ggplot2'", R Package Version 5.1.0.
- Bağcı H. and Sarıay, İ. (2021). "The Role of Market Value and Market Value Initial Public Offering In Business Performance: An Application in the Istanbul Stock Exchangepublic Offering Index", *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*,13(24), 36-54. <https://doi.org/10.14784/marufacd.880613>.
- Baydaş, M. and Pamučar, D. (2022). "Determining Objective Characteristics of MCDM Methods under Uncertainty: An Exploration Study with Financial Data", *Mathematics*, 10(7), 1115. <https://doi.org/10.3390/math10071115>
- Bhaskar, A.S. and Khan, A. (2022). "Comparative Analysis of Hybrid MCDM Methods in Material Selection for Dental Applications", *Expert Systems with Applications*, 209, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118268>
- Bivand, R., Pebesma, E. and Gomez-Rubio, V. (2013). "Applied Spatial Data Analysis with R", Second Edition. Springer, NY.
- Blanchet, K., Nam, S.L., Ramalingam, B. and Pozo-Martin, F. (2017). "Governance and Capacity to Manage Resilience of Health Systems: Towards a New Conceptual Framework", *International Journal of Health Policy and Management*, 1, 6(8), 431-435. <https://doi.org/10.15171/ijhpm.2017.36>
- Broekhuizen, H., Groothuis-Oudshoorn, C.G., van Til, J.A., Hummel, J.M. and IJzerman, M.J. (2015). "A Review and Classification of Approaches for Dealing with Uncertainty in Multi-Criteria Decision Analysis for Healthcare Decisions", *Pharmacoeconomics*, 33(5), 445-455. <https://doi.org/10.1007/s40273-014-0251-x>
- Bulut, T. (2017). "Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Modellerinde Kriterlerin Ağırlıklandırılmasına Yönelik Bir Model Önerisi: Normalize Edilmiş Maksimum Değerler [NMD] Metodu (Normalized Maximum Values [NMV] Method, <https://tevfikbulut.com.wordpress.com/2017/06/21/coklu-karar-verme-modellerinde-kriterlerin-agirliklandirilmasina-yonelik-model-onerisi>, (Accessed: 15.05.2024).
- Bulut, T. (2022a). "R'da Normalize Edilmiş Maksimum Değerler [NMD] Uygulama Algoritması", <https://tevfikbulut.net/rda-normalize-edilmis-maksimum-degerler-nmd-metodu>, (Accessed: 15.05.2024).
- Bulut, T. (2022b). "Normalize Edilmiş Maksimum Değerler [NMD] Metodunun Teorik Çerçevesi", <https://tevfikbulut.net/normalize-edilmis-maksimum-degerler-nmd-metodu>, (Accessed: 15.05.2024).
- Chen, J., Guo, X., Pan, H. and Zhong, S. (2021). "What Determines City's Resilience Against Epidemic Outbreak: Evidence from China's COVID-19 Experience", *Sustainable Cities and Society*, 70, 102892. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102892>
- Ciardiello, F. and Genovese, A. (2023). "A Comparison between TOPSIS and SAW Methods", *Annals of Operations Research*, 325:967-994. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05339-w>
- Delgado, A., Huamani, A. and Brillitt, B. (2018). "Applying Shannon Entropy to Analyse Health System Level by departments in Peru", *2018 IEEE XXV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, Lima, Peru, 1-4. <https://doi.org/10.1109/INTERCON.2018.8526435>
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G. and Papayannakis, L. (1995). "Determining Objective Weights in Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method", *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770.
- Ergun, H., Güllal, M. and Kılıçarslan, A. (2022). "Measurement of Transaction Performance of Companies in the Licensed Warehouse Industry by Multicriteria Decision Making Methods", *The Journal of Accounting and Finance*, 94, 105-132. <https://doi.org/10.25095/mufad.1054068>
- Feng, J., Guo, Z., Ai, L., Liu, J., Zhang, X., Cao, C., Xu, J., Xia, S., Zhou, X., Chen, J. and Li, S. (2022). "Establishment of an Indicator Framework for Global One Health Intrinsic Drivers Index Based on the Grounded Theory and Fuzzy Analytical Hierarchy-Entropy Weight Method", *Infectious Diseases of Poverty*, 11, 121. <https://doi.org/10.1186/s40249-022-01042-3>
- Garnier, S., Ross, N., Rudis, R., Camargo, P.A., Sciaini, M. and Scherer, C. (2024). "viridis (Lite). Colorblind-Friendly Color Maps for R", Viridis Package Version 0.6.5. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4679423>
- Guindo, L. A., Wagner, M., Baltussen, R., Rindress, D., Van Til, J., Kind, P. and Goetghebeur, M. M. (2012). "From Efficacy to Equity: Literature Review of Decision Criteria for Resource Allocation and Healthcare Decision Making", *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 10(1), 9. <https://doi.org/10.1186/1478-7547-10-9>
- Gupta, S., Vijayvargy, L. and Gupta, K. (2021). "Assessment of Stress Level in Urban Area's during COVID-19 Outbreak Using CRITIC and TOPSIS: A Case of Indian Cities", *Journal of Statistics and Management Systems*, 24(2), 411-433. <https://doi.org/10.1080/09720510.2021.1879470>

- Haldane, V., De Foo, C., Abdalla, S.M., Jung, A., Tan, M., Wu, S., Chua, A., Verma, M., Shrestha, P., Singh, S., Perez, T., Tan, S.M., Bartos, M., Mabuchi, S., Bonk, M., McNab, C., Werner, G.K., Panjabi, R., Nordström, A. and Legido-Quigley, H. (2021). "Health Systems Resilience in Managing the COVID-19 Pandemic: Lessons from 28 Countries", *Nature Medicine*, 27, 964-980. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01381-y>
- Hassanain, A.A., Eldosoky, M.A.A. and Soliman, A.M. (2022). "Evaluating Building Performance in Healthcare Facilities using Entropy and Graph Heuristic Theories", *Scientific Reports*, 12-8973. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13004-8>
- Hsu, M., Anen, C. and Quartz, S.R. (2008). "The Right and the Good: Distributive Justice and Neural Encoding of Equity and Efficiency", *Science*, 320(5879), 1092-1095. <https://doi.org/10.1126/science.11536>
- Huang, S.W., Liou, J.J.H., Chuang, H.H. and Tzeng, G.H. (2021). "Using a Modified VIKOR Technique for Evaluating and Improving the National Healthcare System Quality", *Mathematics*, 9(1349), 1-21. <https://doi.org/10.3390/math9121349>
- Keleş, N. (2023). "Evaluation of Health Performance of 81 Provinces of Türkiye with Current Decision-Making Methods", *Dumlupınar University Journal of Social Sciences*, (75), 120-141 <https://doi.org/10.51290/dpusbe.1134082>
- Kılıçarslan, A. (2023). "Financial Performance Analysis of Renewable Energy Sector Companies: An Application at Borsa Istanbul", *Kastamonu University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 25(1), 232-253. <https://doi.org/10.21180/iibfdkastamonu.1191441>
- Kılıçarslan, A. and Sucu, M.Ç. (2021). "Multi-Criteria Decision-Making Methods and Financial Performance Rankings: An Application on Portfolio Management Companies", *Erciyes Akademi*, 35(4), 1451-1480. <https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.994546>
- Kumar, R., Singh, S., Bilga, P. S., Jatin, N., Singh, J., Singh, S., Scutaru, M. and Pruncu, C. I. (2021). "Revealing the Benefits of Entropy Weights Method for Multi-Objective Optimization in Machining Operations: A Critical Review", *Journal of Materials Research and Technology*, 10:1471-1492. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.12.114>
- Lee, H.C. and Chang, C.T. (2018). "Comparative Analysis of MCDM Methods for Ranking Renewable Energy Sources in Taiwan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92:883-896. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.007>
- Lin, Y., Alshehri, Y., Alnazzawi, N., Abid, M., Khan, S.A., Jabeen, F. and Elwarfalli, I. (2023) RETRACTED ARTICLE: Social Media Analytics and Their Applications to Evaluate an Activity in Online Health Interventions Using CRITIC and TOPSIS Techniques", *Soft Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08004-3>
- Microsoft Corporation. (2018). "Microsoft Excel", <https://office.microsoft.com/excel>, (Accessed: 03.04.2024).
- Müller, K. and Wickham, H. (2023). "tibble: Simple Data Frames", R package version 3.2.1.
- Németh, B., Molnár, A., Bozóki, S., Wijaya, K., Inotai, A., Campbell, J. D. and Kaló, Z. (2019). "Comparison of Weighting Methods Used in Multicriteria Decision Analysis Frameworks in Healthcare with Focus on Low- and Middle-Income Countries", *Journal of Comparative Effectiveness Research*, 8(4), 195-204. <https://doi.org/10.2217/cer-2018-0102>
- Paradowski, B., Shekhovtsov, A., Baczkiewicz, A., Kizielewicz, B. and Sałabun, W. (2021). "Similarity Analysis of Methods for Objective Determination of Weights in Multi-Criteria Decision Support Systems", *Symmetry*, 13:1874. <https://doi.org/10.3390/sym13101874>
- Pebesma, E. and Bivand, R. (2005). "Classes and Methods for Spatial Data in R", *R News*, 5(2), 9-13.
- Pebesma, E. and Bivand, R. (2023). "Spatial Data Science: With applications in R", Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429459016>
- Peng, X., Krishankumar, R. and Ravichandran, K.S. (2021). "A Novel Interval-Valued Fuzzy Soft Decision-Making Method Based on CoCoSo and CRITIC for Intelligent Healthcare Management Evaluation", *Soft Computing*, 25, 4213-4241. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05437-y>
- Pourmohammadi, K., Shojaei, P., Rahimi, H. and Bastani, P. (2018). "Evaluating the Health System Financing of the Eastern Mediterranean Region (EMR) Countries Using Grey Relation Analysis and Shannon Entropy", *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 16, 31. <https://doi.org/10.1186/s12962-018-0151-6>
- Pramanik, P.K.D., Biswas, S., Pal, S., Marinković, D. and Choudhury, P. (2021). "A Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision-Making Methods for Resource Selection in Mobile Crowd Computing", *Symmetry*, 13, 1713. <https://doi.org/10.3390/sym13091713>
- R Core Team. (2024). "R: A Language and Environment for Statistical Computing", R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rizzo, M. and Szekely, G. (2022). "energy: E-Statistics: Multivariate Inference via the Energy of Data", R package version 1.7-11.
- Salehi, V., Moradi, G., Omidi, L. and Rahimi, E. (2023). "An MCDM Approach to Assessing Influential Factors on Healthcare Providers' Safe Performance during the COVID-19 Pandemic: Probing into Demographic Variables", *Journal of Safety Science and Resilience*, 4(3), 274-83. <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2023.05.002>
- Schauberger, P. and Walker, A. (2023). "openxlsx: Read, Write and Edit xlsx Files", R Package Version 4.2.5.2.

- Shamasunder, S., Holmes, S. M., Goronga, T., Carrasco, H., Katz, E., Frankfurter, R. and Keshavjee, S. (2020). "COVID-19 Reveals Weak Health Systems by Design: Why We Must Re-Make Global Health in This Historic Moment", *Global Public Health*, 15(7),1083-1089. <https://doi.org/10.1080/17441692.2020.1760915>
- 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>
- Shekhovtsov, A. (2021). "How Strongly Do Rank Similarity Coefficients Differ Used in Decision Making Problems?", *Procedia Computer Science*, 192, 4570-4577. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.235>
- Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M. and Tarokh, M.J. (2011). "A Fuzzy VIKOR Method for Supplier Selection Based on Entropy Measure for Objective Weighting", *Expert Systems with Applications*, 38, 12160-12167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.03.027>
- Song, M., Zhu, Q., Peng, J. and Santibanez Gonzalez, E.D.R. (2017). "Improving the Evaluation of Cross Efficiencies: A Method Based on Shannon Entropy Weight", *Computers & Industrial Engineering*, 112, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.07.023>
- Stanujkic, D., Popovic, G., Karabasevic, D., Meidute-Kavaliauskiene, I. and Ulutaş, A. (2023). "An Integrated Simple Weighted Sum Product Method-WISP", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(5), 1933-1944. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3075783>
- Szkely, G.J. and Rizzo, M.L. (2005). "A New Test for Multivariate Normality", *Journal of Multivariate Analysis*, 93, 58-80. <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2003.12.002>
- Tastan, H. (2024). "TRmaps: Map Data for Türkiye", R Package Version 0.0.0.9000.
- Taylor, J.M.G. (1987). "Kendall's and Spearman's Correlation Coefficients in the Presence of A Blocking Variable", *Biometrics*, 43(2), 409-416. <https://doi.org/10.2307/2531822>
- Top, M. and Bulut, T. (2022). "A New Multi-Criteria Decision Making Method: Bulut Index-Beta (BI-β)", *Verimlilik Dergisi*, 3, 393-414. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1031366>
- Turkish Ministry of Health (MoH). (2024). "Health Statistics Yearbook 2022", <https://www.saglik.gov.tr/TR-103184/saglik-istatistikleri-yilligi-2022-yayinlanmistir.html>, (Accessed: 15.05.2024).
- Turkish Statistical Institute (TURKSTAT). (2023). "Address Based Population Registration System Results, 2022", <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=The-Results-of-Address-Based-Population-Registration-System-2022-49685>, (Accessed: 15.05.2024).
- Vassoney, E., Mochet, A. M., Desiderio, E., Negro, G., Pilloni, M. G. and Comoglio, C. (2021). "Comparing Multi-Criteria Decision-Making Methods for the Assessment of Flow Release Scenarios From Small Hydropower Plants in the Alpine Area", *Frontiers Environmental Science*, 9:635100. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.635100>
- Wang, T. and Lee, H. (2009). "Developing a fuzzy TOPSIS Approach Based on SUBJECTIVE WEIGHTS and Objective Weights", *Expert Systems with Applications*, 36, 8980-8985. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.035>
- Wei, T. and Simko, V. (2021). "R Package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix", R Package Version 0.92.
- Wickham, H. (2016). "ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis", Springer-Verlag New York.
- Wickham, H. and Bryan, J. (2023). "readxl: Read Excel Files", R Package Version 1.4.3.
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K. and Vaughan, D. (2023). "dplyr: A Grammar of Data Manipulation", R Package Version 1.1.4.
- Wickham, H., Vaughan, D. and Girlich, M. (2024). "tidyr: Tidy Messy Data", R Package Version 1.3.1.
- World Health Organization (WHO). (2012). "Strengthening Health-System Emergency Preparedness: Toolkit for Assessing Health-System Capacity for Crisis Management: Part 1: User Manual", <https://iris.who.int/handle/10665/352566>, (Accessed: 15.05.2024).
- World Health Organization (WHO). (2024a). "Building Health System Resilience to Public Health Challenges: Guidance for Implementation in Countries", <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/377652/9789240094321-eng.pdf?sequence=1>, (Accessed: 15.05.2024).
- World Health Organization (WHO). (2024b). "Health System Resilience Indicators: An Integrated Package for Measuring and Monitoring Health System Resilience in Countries", <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/376071/9789240088986-eng.pdf?sequence=1>, (Accessed: 15.05.2024).
- Zamani-Sabzi, H., King, J.P., Gard, C.C. and Abudu, S. (2016). "Statistical and Analytical Comparison of Multi-Criteria Decision-Making Techniques under Fuzzy Environment", *Operations Research Perspectives*, 3(C), 92-117. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2016.11.001>
- Zavadskas, E.K., Stanujkić, D., Karabašević, D. and Turskis, Z. (2022). "Analysis of the Simple WISP Method Results Using Different Normalization Procedures", *Studies in Informatics and Control*, 31(1), 5-12. <https://doi.org/10.24846/v31i1y202201>

- Zhang, X. Y., Xu, H. Q., Wang, C. F., Shao, J., Wan, Y. H. and Tao, F. B. (2023). "Application of Entropy Weight TOPSIS Comprehensive Method in the Evaluation of Students' Physical Health Level", *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 57(7), 997-1003. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112150-20220712-00712>
- Zhao, L., Jin, Y., Zhou, L., Yang, P., Qian, Y., Huang, X. and Min, M. (2023). "Evaluation of Health System Resilience in 60 Countries Based on Their Responses to COVID-19", *Front Public Health*, 10, 1081068. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1081068>

APPENDIX

The NMV Method's Application Algorithm in R Programming Language

The `nmv()` function, which is the application algorithm of the NMV (Normalized Maximum Values) weighting method, was developed using the R programming language. The lack of a package for the application algorithm eliminates the need for installation in the R environment. Users can simply copy the application algorithm to the R environment and run it. The `nmv()` function in R can obtain weights for instant decision criteria in both large-scale and small-scale data sets. Here is the code block for the application algorithm:

```
nmv<-function(dm=NULL){
  colnames(dm)<-paste("C", 1:ncol(dm), sep="")
  rownames(dm)<-paste("A", 1:nrow(dm), sep="")
  dm2 <- dm
  for (r in 1:nrow(dm)){
    for (c in 1:ncol(dm)){
      dm2[r,c] <- dm[r,c]/ apply(dm[,c], 2, sum)
    }
  }
  rmax<-as.matrix(apply(dm2, 2, max))
  mean<-as.matrix(apply(dm2, 2, mean))
  sd<-as.matrix(apply(dm2, 2, sd))
  nv<-as.matrix((rmax-mean)/sd)
  colnames(nv)<-"Normalized Values"
  wj<-round(nv/sum(nv),4)
  colnames(wj)<-"weights"
  return(list(dm=as.matrix(dm), rm=as.matrix(dm2), nmv=nv, wj=wj))
}
```

The argument defined in `nmv()` function is `dm`. `dm` is defined as a decision matrix. The rows of `dm` contain alternatives, and columns contain decision criteria. On the other hand, the outputs that can be obtained from `nmv()` function are defined in list format within the function. The following outputs are defined in list format:

- `dm` shows decision matrix (DM) in the first stage.
- `rm` shows ratio matrix (RM) in the second stage.
- `nmv` shows normalised values based on maximum criterion values (NMV) in the third stage.
- `wj` shows weights of decision criteria in the fourth stage.

A Simple Exercise of the NMV Method on R Markdown

Data set

In the following example, a decision matrix (`dm`) with 4x5 dimensions, i.e., 4 rows and 5 columns, is produced.

```
```{r}
set.seed(1)
data<-rnorm(20, mean=0, sd=1)
dm<-matrix(data, nrow = 4, ncol=5)
dm
```
```

| | [,1] | [,2] | [,3] | [,4] | [,5] |
|------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| [1,] | -0.6264538 | 0.3295078 | 0.5757814 | -0.62124058 | -0.01619026 |
| [2,] | 0.1836433 | -0.8204684 | -0.3053884 | -2.21469989 | 0.94383621 |
| [3,] | -0.8356286 | 0.4874291 | 1.5117812 | 1.12493092 | 0.82122120 |
| [4,] | 1.5952808 | 0.7383247 | 0.3898432 | -0.04493361 | 0.59390132 |

`nmv ()` function

The outputs produced by the `nmv ()` function can be taken separately using the `$` sign.

```

####{r}
nmv(dm)
####

$dm
      C1      C2      C3      C4      C5
A1 -0.6264538  0.3295078  0.5757814 -0.62124058 -0.01619026
A2  0.1836433 -0.8204684 -0.3053884 -2.21469989  0.94383621
A3 -0.8356286  0.4874291  1.5117812  1.12493092  0.82122120
A4  1.5952808  0.7383247  0.3898432 -0.04493361  0.59390132

$rm
      C1      C2      C3      C4      C5
A1 -1.9771823  0.4484361  0.2650906  0.35379310 -0.00691074
A2  0.5796059 -1.1165978 -0.1406013  1.26125944  0.40287217
A3 -2.6373694  0.6633555  0.6960263 -0.64064199  0.35053451
A4  5.0349458  1.0048062  0.1794844  0.02558944  0.25350406

$nmv
Normalized values
C1  1.3755451
C2  0.8034763
C3  1.2934929
C4  1.2784641
C5  0.8394482

$wj
weights
C1  0.2461
C2  0.1437
C3  0.2314
C4  0.2287
C5  0.1502

```

The Shannon Entropy Method's Application Algorithm in R Programming Language

The entropy() function, which is an application algorithm of the entropy weighting method, was developed using the R programming language. The lack of a package for the application algorithm eliminates the need for installation in the R environment. Users can simply copy the application algorithm to the R environment and run it. The entropy() function in R can obtain weights for instant decision criteria in both large-scale and small-scale data sets. The following code block outlines the application algorithm:

```

entropy <- function(dm=NULL){
  colnames(dm)<-paste("C", 1:ncol(dm), sep="")
  rownames(dm)<-paste("A", 1:nrow(dm), sep="")
  ndm<-apply(dm, 2, function(x) x/sum(x))
  lndm<-apply(ndm, 2, function(x) x*log(x))
  ec<-1/log(nrow(dm))
  ej<-apply(lndm, 2, function(x) (-ec)*sum(x))
  ej<-ej
  dj<-1-ej
  wj<-dj/sum(dj)
  return(list(dm=dm, ndm=ndm, ej=ej, dd=dj, wj=wj))
}

```

The argument defined in the entropy() function is dm. dm is defined as a decision matrix. The rows of dm contain alternatives, and columns contain decision criteria. On the other hand, the outputs that can be obtained from entropy() function are defined in list format within the function. The outputs defined in list format are as follows: The entropy() function defines its outputs in list format. The following outputs are defined in list format:

- dm shows decision matrix in the first stage.
- ndm shows normalised decision matrix in the second stage.
- ej shows entropy values of the criteria in the third stage.
- dd shows degree of differentiation of information in the fourth stage.
- wj denotes weights of decision criteria in the fifth stage.

A Simple Exercise of the Shannon Entropy Method on R Markdown

Data set

In the following example, a decision matrix (dm) with 4x5 dimensions, i.e. 4 rows and 5 columns, is produced.

```
```{r}
set.seed(1)
data<-abs(rnorm(20, mean=0, sd=1))
dm<-matrix(data, nrow = 4, ncol=5)
dm
```
```

| | [,1] | [,2] | [,3] | [,4] | [,5] |
|------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| [1,] | 0.6264538 | 0.3295078 | 0.5757814 | 0.62124058 | 0.01619026 |
| [2,] | 0.1836433 | 0.8204684 | 0.3053884 | 2.21469989 | 0.94383621 |
| [3,] | 0.8356286 | 0.4874291 | 1.5117812 | 1.12493092 | 0.82122120 |
| [4,] | 1.5952808 | 0.7383247 | 0.3898432 | 0.04493361 | 0.59390132 |

entropy () function

The outputs produced by entropy () function can be taken separately using the \$ sign.

```
```{r}
entropy(dm)
```
```

```
$dm
      c1      c2      c3      c4      c5
A1 0.6264538 0.3295078 0.5757814 0.62124058 0.01619026
A2 0.1836433 0.8204684 0.3053884 2.21469989 0.94383621
A3 0.8356286 0.4874291 1.5117812 1.12493092 0.82122120
A4 1.5952808 0.7383247 0.3898432 0.04493361 0.59390132

$ndm
      c1      c2      c3      c4      c5
A1 0.19328989 0.1386975 0.2069076 0.15508508 0.006816525
A2 0.05666244 0.3453542 0.1097416 0.55287262 0.397379792
A3 0.25782997 0.2051702 0.5432602 0.28082518 0.345755655
A4 0.49221770 0.3107780 0.1400906 0.01121712 0.250048028

$ej
      c1      c2      c3      c4      c5
0.8502665 0.9589146 0.8477926 0.7384544 0.8039585

$dd
      c1      c2      c3      c4      c5
0.14973350 0.04108544 0.15220739 0.26154564 0.19604145

$wj
      c1      c2      c3      c4      c5
0.18702348 0.05131745 0.19011346 0.32668156 0.24486406
```

The CRITIC Method's Application Algorithm in R Programming Language

The critic() function, which is an application algorithm of the CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) weighting method, was developed using R programming language. The R environment does not require the installation of the application algorithm, as it does not come as a package. Users can simply copy the application algorithm to the R environment and run it. InThe critic () function in R can obtain weights for instant decision criteria in both large-scale and small-scale data sets. Below is the code block for the application algorithm:

```
critic<-function(dm=NULL, dc=NULL, nd=NULL){
  dm2 <- dm
  dc1=ifelse(dc=="max", 1, 0)
  for (r in 1:nrow(dm))
    for (c in 1:ncol(dm))
      if (dc1[c])
        {
```

```

        dm2[r,c] <- (dm[r,c]-min(dm[,c]))/(max(dm[,c])-min(dm[,c]))
    } else
    {
        dm2[r,c] <- (max(dm[,c])-dm[r,c])/(max(dm[,c])-min(dm[,c]))
    }
    ndm<-dm2
    if (nd==TRUE) {
    rcm<-cor(ndm)
    rownames(rcm)<-NULL
    } else if (nd==FALSE) {
    rcm<-cor(ndm, method = "spearman")
    rownames(rcm)<-NULL
    }
    rcm1<-1-rcm
    rownames(rcm1)<-NULL
    qj<-apply(ndm, 2, sd)
    cj<-qj*apply(rcm1, 2, sum)
    wj<-cj/sum(cj)
    return(list(dm=as.matrix(dm), ndm=as.matrix(ndm), rcm=as.matrix(rcm), cj=round(cj,4),
    wj=round(wj,4)))
}

```

The critic () function defines the following arguments:

- dm is defined as a decision matrix. The rows of dm contain alternatives, and columns contain decision criteria.
- dc indicates direction of criterion, which is defined as maximum or minimum in vector format. In other words, maximum is equal to "max", and minimum is equal to "min".
- nd shows whether values of decision criteria conform to normal distribution. nd takes 2 different logic vector values as TRUE and FALSE. If values of decision criteria are normally distributed, nd value will be TRUE.

The outputs that can be obtained from critic () function are defined in list format within the function. The outputs defined in list format are as follows:

- dm shows decision matrix in the first stage.
- ndm shows normalised decision matrix in the second stage.
- rcm shows relationship coefficient matrix in the third stage.
- cj indicates quantity of information in the fourth stage.
- wj denotes weights of decision criteria in the fifth stage.

A simple Application of CRITIC Method on R Markdown

Data set

The provided example generates a decision matrix (dm) with dimensions of 4x5, defined as 4 rows and 5 columns.

```

```{r}
set.seed(1)
data<-rnorm(20, mean=0, sd=1)
dm<-matrix(data, nrow = 4, ncol=5)
colnames(dm)<-paste("C", 1:ncol(dm), sep="")
dm

dc<-c("min", "max", "min", "min", "max")

nd<-FALSE
```

```

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| [1,] | -0.6264538 | 0.3295078 | 0.5757814 | -0.62124058 | -0.01619026 |
| [2,] | 0.1836433 | -0.8204684 | -0.3053884 | -2.21469989 | 0.94383621 |
| [3,] | -0.8356286 | 0.4874291 | 1.5117812 | 1.12493092 | 0.82122120 |
| [4,] | 1.5952808 | 0.7383247 | 0.3898432 | -0.04493361 | 0.59390132 |

critic () function

The outputs produced by critic () function can be taken separately using the \$ sign.

```
```{r}
critic(dm=dm, dc=dc, nd=nd)
```
```

```
$dm
      c1      c2      c3      c4      c5
[1,] -0.6264538  0.3295078  0.5757814 -0.62124058 -0.01619026
[2,]  0.1836433 -0.8204684 -0.3053884 -2.21469989  0.94383621
[3,] -0.8356286  0.4874291  1.5117812  1.12493092  0.82122120
[4,]  1.5952808  0.7383247  0.3898432 -0.04493361  0.59390132

$ndm
      c1      c2      c3      c4      c5
[1,] 0.9139520 0.7377350 0.5150867 0.5228636 0.0000000
[2,] 0.5807034 0.0000000 1.0000000 1.0000000 1.0000000
[3,] 1.0000000 0.8390449 0.0000000 0.0000000 0.8722795
[4,] 0.0000000 1.0000000 0.6174096 0.3502976 0.6354945

$rcm
      c1  c2  c3  c4  c5
[1,]  1.0 -0.2 -0.8 -0.4  0.0
[2,] -0.2  1.0 -0.4 -0.8 -0.4
[3,] -0.8 -0.4  1.0  0.8  0.4
[4,] -0.4 -0.8  0.8  1.0  0.2
[5,]  0.0 -0.4  0.4  0.2  1.0

$cj
      c1      c2      c3      c4      c5
2.4483 2.5684 1.6486 1.7468 1.6887

$wj
      c1      c2      c3      c4      c5
0.2424 0.2543 0.1632 0.1729 0.1672
```


Table A1. (Continued)

| Province | c1 | c2 | c3 | c4 | c5 | c6 | c7 | c8 | c9 | c10 | c11 | c12 | c13 | c14 | c15 |
|-----------|----------|------|-----|------|-----|------|----------|--------|--------|----------|-----------|----------|-------|-------|------|
| Tokat | 39763.6 | 37.6 | 5 | 2895 | 3.9 | 55 | 561632.8 | 2474.9 | 2329.9 | 297780.3 | 1028.4 | 302308.2 | 19882 | 12426 | 6.1 |
| Trabzon | 37182.9 | 41.4 | 5.7 | 2880 | 4.4 | 58.2 | 361797.0 | 2009.9 | 1947.7 | 254123.3 | 1134.6 | 253886.7 | 19477 | 11855 | 6.5 |
| Tunceli | 14061.0 | 17.8 | 2.7 | 2721 | 3.7 | 28.4 | 466.1 | 2008.7 | 3124.7 | 334.8 | 570.0 | 211.4 | 7031 | 2481 | 9.5 |
| Şanlıurfa | 108505.5 | 19.5 | 5.4 | 3100 | 3.6 | 72.5 | 819527.9 | 5452.5 | 2643.3 | 535037.0 | 2060883.2 | 585093.0 | 35576 | 18236 | 10.7 |
| Uşak | 53636.3 | 30.7 | 4.2 | 2910 | 3.5 | 50.1 | 631.0 | 1849.5 | 2289.4 | 354536.4 | 720.6 | 357575.2 | 19761 | 10147 | 5.5 |
| Van | 75249.9 | 26.8 | 5.9 | 2917 | 4.1 | 59.8 | 645368.2 | 3988.5 | 3319.9 | 362126.7 | 1650.2 | 405878.8 | 24016 | 14471 | 11.6 |
| Yozgat | 26152.6 | 30.1 | 3.8 | 2886 | 3.3 | 42.1 | 611.8 | 3487.0 | 2866.0 | 327932.6 | 1040.9 | 313439.7 | 16094 | 8047 | 4.1 |
| Zonguldak | 49042.5 | 39.3 | 6.3 | 2987 | 4.4 | 57 | 487177.2 | 2229.2 | 2204.2 | 302575.8 | 1213.4 | 343354.7 | 22635 | 12010 | 8 |
| Aksaray | 43305.5 | 25.8 | 4.3 | 3028 | 3.4 | 48.4 | 696.2 | 3331.2 | 2353.6 | 389788.5 | 1366.1 | 408928.2 | 17322 | 10071 | 7.7 |
| Bayburt | 84241.0 | 38 | 5.6 | 2553 | 3.8 | 31.8 | 577.0 | 3510.0 | 3008.6 | 319.1 | 1015.0 | 240.7 | 10530 | 2478 | 4.5 |
| Karaman | 43473.0 | 22 | 4.7 | 2746 | 4.7 | 64 | 624.0 | 2745.7 | 2248.6 | 366.3 | 1026.9 | 345.9 | 14491 | 6521 | 4 |
| Kırıkkale | 39578.0 | 45.3 | 6.5 | 2947 | 5 | 53 | 416.0 | 1583.1 | 2328.1 | 302.8 | 1029.9 | 204010.3 | 15391 | 7696 | 5.4 |
| Batman | 52874.3 | 28.8 | 7 | 3021 | 3.5 | 50.1 | 729.3 | 3822.2 | 2897.2 | 374773.2 | 1419.4 | 388781.3 | 23500 | 15107 | 8.8 |
| Şırnak | 79657.9 | 13.8 | 1.7 | 3186 | 2.6 | 38.5 | 906.7 | 5069.1 | 3954.6 | 615.5 | 2212.7 | 603.5 | 22304 | 12673 | 18 |
| Bartın | 50837.8 | 24.7 | 5.7 | 2676 | 4.4 | 54.2 | 694.0 | 3279.9 | 2259.5 | 374.5 | 1070.3 | 382.2 | 14525 | 7012 | 5.2 |
| Ardahan | 23120.3 | 23.2 | 2.8 | 2569 | 4.1 | 45.3 | 589.1 | 2890.0 | 3699.2 | 400.4 | 833.2 | 281.1 | 7114 | 2371 | 7.2 |
| İğdır | 50898.5 | 16 | 3.2 | 3181 | 2.4 | 54.5 | 789.1 | 3510.2 | 3231.7 | 495.4 | 1288.6 | 415.5 | 16966 | 7020 | 8.1 |
| Yalova | 42333.3 | 23.7 | 5.8 | 3256 | 2.8 | 68.9 | 588.0 | 2043.7 | 2409.2 | 432.6 | 1619.3 | 284388.7 | 18521 | 9878 | 6.4 |
| Karabük | 42009.7 | 29.8 | 5.2 | 2931 | 3.8 | 56.7 | 472.0 | 2032.7 | 2520.6 | 337.4 | 1033.0 | 289.7 | 14827 | 6633 | 6.2 |
| Kilis | 73959.5 | 42.6 | 7.9 | 3082 | 3.5 | 40.2 | 506.6 | 2207.7 | 2083.4 | 279.6 | 826.4 | 308.2 | 10566 | 3893 | 12 |
| Osmaniye | 55940.5 | 22.6 | 5.2 | 2840 | 2.9 | 60.5 | 794.6 | 2715.6 | 2159.9 | 469299.5 | 1185.2 | 340685.1 | 20719 | 11654 | 5.7 |
| Düzce | 45014.6 | 22.2 | 3.6 | 2894 | 2.8 | 55 | 486.4 | 3267.2 | 2873.3 | 431.9 | 1646.9 | 420.3 | 21323 | 9881 | 5.9 |




Table A2. WISP scores based on weighting methods

| <i>Alternatives</i> | <i>CRITIC-Based WISP</i> | | <i>Entropy-Based WISP</i> | | <i>NMV-Based WISP</i> | |
|---------------------|--------------------------|-------------|---------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| | <i>Overall Utility</i> | <i>Rank</i> | <i>Overall Utility</i> | <i>Rank</i> | <i>Overall Utility</i> | <i>Rank</i> |
| Tunceli | 4.0425 | 1 | 4.1154 | 1 | 4.0752 | 1 |
| Bayburt | 3.4594 | 2 | 3.4494 | 2 | 3.4563 | 2 |
| Kilis | 3.4513 | 3 | 3.4452 | 3 | 3.4179 | 4 |
| Sinop | 3.3631 | 4 | 3.4451 | 4 | 3.4247 | 3 |
| Gümüşhane | 3.2225 | 5 | 3.2674 | 6 | 3.2556 | 5 |
| Burdur | 3.1862 | 6 | 3.2371 | 8 | 3.2341 | 7 |
| Artvin | 3.1855 | 7 | 3.2594 | 7 | 3.2364 | 6 |
| Ardahan | 3.1794 | 8 | 3.2677 | 5 | 3.2315 | 8 |
| Karabük | 3.1508 | 9 | 3.2089 | 9 | 3.1929 | 11 |
| Kars | 3.1288 | 10 | 3.1240 | 16 | 3.1265 | 18 |
| Kırıkkale | 3.1228 | 11 | 3.0451 | 22 | 3.1936 | 10 |
| Erzincan | 3.1183 | 12 | 3.2079 | 10 | 3.1590 | 12 |
| Kırklareli | 3.1145 | 13 | 3.1567 | 12 | 3.1497 | 14 |
| Bilecik | 3.1015 | 14 | 3.1710 | 11 | 3.1554 | 13 |
| Bingöl | 3.0871 | 15 | 3.1006 | 18 | 3.1006 | 22 |
| Bartın | 3.0854 | 16 | 3.1451 | 14 | 3.1267 | 17 |
| Isparta | 3.0710 | 17 | 2.9022 | 34 | 3.2021 | 9 |
| Bolu | 3.0405 | 18 | 2.9375 | 31 | 3.1473 | 15 |
| Çankırı | 3.0401 | 19 | 3.1477 | 13 | 3.1173 | 20 |
| Karaman | 3.0322 | 20 | 3.1302 | 15 | 3.0953 | 23 |
| Giresun | 3.0308 | 21 | 2.9349 | 33 | 3.1354 | 16 |
| Hakkâri | 3.0225 | 22 | 3.0418 | 23 | 3.0036 | 37 |
| Nevşehir | 3.0162 | 23 | 3.1074 | 17 | 3.0618 | 26 |
| Elâzığ | 3.0157 | 24 | 2.8680 | 43 | 3.1253 | 19 |
| Düzce | 3.0042 | 25 | 3.0486 | 21 | 3.0276 | 32 |
| Sivas | 2.9981 | 26 | 2.8551 | 48 | 3.1038 | 21 |
| Siirt | 2.9920 | 27 | 3.0619 | 20 | 3.0199 | 35 |
| Kırşehir | 2.9906 | 28 | 3.0939 | 19 | 3.0398 | 28 |
| Yalova | 2.9775 | 29 | 2.9661 | 27 | 3.0370 | 29 |
| Bitlis | 2.9765 | 30 | 2.9407 | 30 | 3.0279 | 31 |
| Edirne | 2.9705 | 31 | 2.8757 | 40 | 3.0684 | 25 |
| Malatya | 2.9677 | 32 | 2.8565 | 47 | 3.0723 | 24 |
| İğdır | 2.9610 | 33 | 3.0294 | 24 | 2.9786 | 42 |
| Amasya | 2.9464 | 34 | 2.9493 | 28 | 2.9986 | 38 |
| Yozgat | 2.9404 | 35 | 2.8888 | 37 | 3.0457 | 27 |
| Muş | 2.9257 | 36 | 2.9950 | 25 | 2.9301 | 50 |
| Trabzon | 2.9242 | 37 | 2.8599 | 45 | 3.0230 | 34 |
| Çorum | 2.9199 | 38 | 2.8900 | 36 | 3.0297 | 30 |
| Niğde | 2.9184 | 39 | 2.9359 | 32 | 2.9840 | 41 |
| Ağrı | 2.9151 | 40 | 2.9932 | 26 | 2.9269 | 51 |
| Erzurum | 2.9131 | 41 | 2.8541 | 49 | 3.0132 | 36 |
| Kastamonu | 2.9110 | 42 | 2.8844 | 39 | 3.0275 | 33 |
| Batman | 2.8950 | 43 | 2.8732 | 42 | 2.9646 | 44 |
| Rize | 2.8903 | 44 | 2.8847 | 38 | 2.9959 | 39 |
| Eskişehir | 2.8837 | 45 | 2.8515 | 50 | 2.9865 | 40 |
| Uşak | 2.8837 | 46 | 2.8749 | 41 | 2.9685 | 43 |
| Kütahya | 2.8711 | 47 | 2.8920 | 35 | 2.9596 | 46 |
| Zonguldak | 2.8604 | 48 | 2.8231 | 52 | 2.9577 | 47 |
| Tokat | 2.8565 | 49 | 2.8149 | 53 | 2.9630 | 45 |
| Aksaray | 2.8520 | 50 | 2.8610 | 44 | 2.9406 | 48 |
| Osmaniye | 2.8427 | 51 | 2.8571 | 46 | 2.9349 | 49 |
| Şırnak | 2.8426 | 52 | 2.9467 | 29 | 2.8006 | 66 |
| Çanakkale | 2.8364 | 53 | 2.8289 | 51 | 2.9232 | 52 |
| Ordu | 2.8189 | 54 | 2.7982 | 55 | 2.9219 | 53 |
| Afyonkarahisar | 2.7915 | 55 | 2.8042 | 54 | 2.9137 | 54 |
| Samsun | 2.7840 | 56 | 2.7305 | 62 | 2.8737 | 56 |
| Kahramanmaraş | 2.7762 | 57 | 2.7878 | 56 | 2.8795 | 55 |

Table A2. (Continued)

| <i>Alternatives</i> | <i>CRITIC-Based WISP</i> | | <i>Entropy-Based WISP</i> | | <i>NMV-Based WISP</i> | |
|---------------------|--------------------------|-------------|---------------------------|---------------------|------------------------|-------------|
| | <i>Overall Utility</i> | <i>Rank</i> | <i>Overall Utility</i> | <i>Alternatives</i> | <i>Overall Utility</i> | <i>Rank</i> |
| Kayseri | 2.7667 | 58 | 2.7089 | 66 | 2.8579 | 57 |
| Denizli | 2.7471 | 59 | 2.7197 | 64 | 2.8304 | 60 |
| Aydın | 2.7396 | 60 | 2.7054 | 67 | 2.8266 | 61 |
| Adıyaman | 2.7386 | 61 | 2.7838 | 58 | 2.8544 | 58 |
| Manisa | 2.7350 | 62 | 2.6927 | 68 | 2.8314 | 59 |
| Van | 2.7280 | 63 | 2.7754 | 59 | 2.8069 | 64 |
| Tekirdağ | 2.7273 | 64 | 2.7701 | 60 | 2.8237 | 62 |
| Balıkesir | 2.7208 | 65 | 2.7143 | 65 | 2.8154 | 63 |
| Muğla | 2.7113 | 66 | 2.7873 | 57 | 2.8059 | 65 |
| Diyarbakır | 2.6939 | 67 | 2.6511 | 71 | 2.7637 | 69 |
| Gaziantep | 2.6906 | 68 | 2.6311 | 73 | 2.7461 | 70 |
| Hatay | 2.6837 | 69 | 2.6567 | 70 | 2.7764 | 67 |
| Sakarya | 2.6665 | 70 | 2.7675 | 61 | 2.7737 | 68 |
| Mersin | 2.6639 | 71 | 2.6828 | 69 | 2.7385 | 71 |
| Ankara | 2.6231 | 72 | 2.2988 | 76 | 2.5769 | 76 |
| Adana | 2.6121 | 73 | 2.4338 | 75 | 2.6504 | 74 |
| Kocaeli | 2.6116 | 74 | 2.6466 | 72 | 2.6841 | 73 |
| Mardin | 2.6056 | 75 | 2.7300 | 63 | 2.7007 | 72 |
| Konya | 2.6023 | 76 | 2.1397 | 80 | 2.6131 | 75 |
| Antalya | 2.5413 | 77 | 2.2728 | 77 | 2.5547 | 78 |
| İzmir | 2.4907 | 78 | 2.2126 | 78 | 2.4785 | 79 |
| Şanlıurfa | 2.4898 | 79 | 2.5485 | 74 | 2.5719 | 77 |
| İstanbul | 2.4755 | 80 | 2.1595 | 79 | 2.4535 | 80 |
| Bursa | 2.4136 | 81 | 2.0710 | 81 | 2.4208 | 81 |

Evaluation of Production Line Modelling in Qualified Cardboard Production with Reliability Analysis

Aykut Güteryüz¹ , Hüseyin Ünözkan² , Mehmet Yılmaz³ 

ABSTRACT

Purpose: To develop a new model for calculating the long-term production expectation of production lines and to show how this model can be used in production planning and control.

Methodology: The methodology leverages real-world data to assess mechanical unit performance and improvement efforts. By calculating transition probabilities and employing Markov Chain and reliability analysis, it predicts long-term production capacity for the production line.

Findings: It can predict long-term production expectations with high accuracy for a business with six production lines.

Originality: The proposed model and method in this current study are capable of effectively addressing any production line problem where regular data is maintained.

Keywords: Long-Term Expectation, Markov Chain, Production Line, Reliability Analysis, Transition Matrix.

JEL Codes: C13, C15, C44, L23.

Nitelikli Karton Üretiminde Üretim Hattı Modellemesinin Güvenilirlik Analizi ile Değerlendirilmesi

ÖZET

Amaç: Üretim hatlarının uzun vadeli üretim beklentisini hesaplamak için yeni bir model geliştirmek ve bu modelin üretim planlama ve kontrolünde nasıl kullanılabileceğini göstermektir.

Yöntem: Üretim hattında mekanik birimlerin değerlendirilmesi ve performans ölçümü üzerine odaklanarak iyileştirme çabalarını ölçmek için gerçek veri setlerinden yararlanarak geçiş olasılıklarının hesaplanması ve uzun vadeli üretim kapasitesinin belirlenmesini içermektedir. Bu hesaplamalar, Markov Zinciri ve güvenilirlik analizi gibi yöntemler kullanılarak yapılmaktadır.

Bulgular: Altı üretim hattına sahip bir işletme için uzun vadeli bir üretim beklentisini yüksek doğruluk oranı ile kestirebilmektedir.

Özgünlük: Çalışmada önerilen modelin ve metodun, düzenli verinin tutulduğu herhangi bir üretim hattı problemini etkili bir şekilde çözebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Uzun Vadeli Beklenti, Markov Zinciri, Üretim Hattı, Güvenilirlik Analizi, Geçiş Matrisi.

JEL Kodları: C13, C15, C44, L23.

¹ Haliç University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Eyüpsultan, İstanbul, Türkiye

² Fenerbahçe University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Ataşehir, İstanbul, Türkiye

³ Ankara University, Faculty of Science, Department of Statistics, Ankara, Türkiye

Corresponding Author: Hüseyin Ünözkan, huseyin.unozkan@fbu.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1465934

Research Article | Submitted: 05.08.2024 | *Accepted:* 04.11.2024

Cite: Güteryüz, A., Ünözkan, H. and Yılmaz, M. (2025). "Evaluation of Production Line Modelling in Qualified Cardboard Production with Reliability Analysis", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 167-184.

1. INTRODUCTION

Production lines include many different processes and in production lines, many different resources are scheduled, managed and planned in a continuous process. This result is commonly related to different components that make up the production lines (Duan et al., 2020).

In literature, reliability analysis is popular in production lines. Some of these studies are related to, reliability analysis and optimization with genetic algorithm (Duan et al., 2020), reliability analysis in yoghurt production lines with focus on time between failures (Tsarouhas and Arvanitoyannis, 2014), gaining effectiveness of maintenance processes in purifying systems in the crude oil industry (Savsar, 2016), reliability analysis of an automated pizza production line with descriptive and classical reliability analysis methods (Liberopoulos and Tsarouhas, 2005), analyzing a manufacturer company with reliability analysis included design of experiment and discrete event simulations (Imseitif et al., 2019).

In production lines, two factors are wanted to decrease. They are energy consumption and failure times of components. These two factors are strictly related to maintenance if the components are mechanical. Maintenance is of vital importance in a production line because companies commonly manage limited resources (Yang et al., 2021). The reliability of systems is generally related to equipment and mechanical components unless the biological components or labor force are taken into account.

Like mechanical components maintenance needs, biological components need training. Both component types have similar working conditions such as successfully working, working but not efficiently, and failing. Both component types need resources and consume energy. Administration departments spend time and resources on both types and schedule activities like maintenance, training, meeting, inactive time planning etc.

One of the most important issues for manufacturing companies' sustainability is good recorded data sets for all events in production lines. The data collection quality can increase the success of the studies which depend on these records (Zhang et al., 2019).

Insights from our study are on the evaluation of production line modeling in qualified cardboard production, focusing on reliability analysis. This research combines mechanical unit evaluations with personnel metrics to define performance measurement and ensure a successful production process. By analyzing real lifetime datasets, we uncover transition probabilities that help calculate long-term production capacity and address potential challenges in meeting order demands.

Reliability analysis emerges as a crucial tool in this context, enabling manufacturers to assess and improve the performance of their production lines. By analyzing reliability metrics, companies can identify vulnerabilities within their processes and implement informed maintenance strategies that enhance operational efficiency.

Accurate data collection is fundamental to the success of reliability analyses. High-quality datasets allow for a more precise understanding of production dynamics and facilitate better decision-making. This study aims to develop a comprehensive reliability analysis framework for production lines, utilizing transition probabilities derived from real-life datasets to model production capacity. It will consider both mechanical and personnel factors, recognizing their combined impact on overall reliability.

The findings of this research are significant for manufacturing companies, as they provide insights that can lead to improved production efficiency, reduced costs, and enhanced sustainability. By addressing the complexities of production line reliability, this study contributes to the ongoing efforts to optimize manufacturing operations in a competitive landscape.

In the results and discussion section, the preparation process for the analysis of a Markov chain structure is presented step by step. By using this preparation process, failure timetables are converted to transition probabilities in the transition matrix in the Markov chain. The results of the application in the results and discussion section provide a long-term production expectation for a company with 6 production lines. The results are 97% close to the real yearly productions.

This article initially reviews relevant literature in a dedicated section. Subsequently, the general context of manufacturing lines in qualified cardboard companies is outlined, covering material scope and methodological considerations. Probability and expectation measurement equations, crucial for this study,

are then presented. The subsequent application section details the analysis of a real-world dataset. Finally, conclusions drawn from the application are utilized to calculate long-term expectations, and the entire research, including findings and implications, is discussed in the conclusion section.

2. RELATED WORKS

Markov chain structure usage is very popular in manufacturing line modelling studies. In these studies, reliability is one of the most valuable sections of the analysis. The reason behind this comes from the robust probabilistic calculation of the Markov chain with which the transition matrix relies on situation probabilities. In one of these studies, authors proposed a stochastic model that depends on the Markov chain to improve the manufacturing quality of a sub-optimal control policy for vehicle doors (Kang et al., 2017).

Moreover, besides the robust stochastic structure of the Markov chain, new methodologies based on the Markov chain have been proposed by researchers to improve modelling capabilities. For instance, a semi-Markov model was proposed to model cycle time in the production lines (Karishma and Supachai, 2023).

In addition, Markov chain models have been proposed to be used for evaluating the production line's performance under the detected metrics (Zhao et al., 2017). Performance modelling with stochastic measurement improves reliability in manufacturing activities. With regard to this assessment power, Ballarini and Horvath proposed a discrete state Markov chain model to measure the line's performance by comparing it to the detected parameters (Ballarini and Horváth, 2021).

Hybrid Markov models have recently been common in manufacturing modelling, especially with using a statistical distribution's frequency as a transition probability in the matrix which gives another capability to improve calculation quality (Pérez-Lechuga et al., 2021).

Many different production lines have been studied by researchers in many different kinds of manufacturing industries. For instance, the authors studied a textile company to gain an intelligent worker assignment system (Akyol Özer et al., 2021). The authors used 3 different mathematical model outputs to create decisions.

For serial systems in the production lines, increasing the situational awareness for the biological (employees) and mechanical components, parametric reliability models can be used (Öz et al., 2023). Especially malfunctions' frequency and recovery times can be analyzed to increase the successfully working hours.

Another statistical model proposed by the author in a simulation-based study to predict reliable inferences for a key manufacturing company in Istanbul (Ergüt, 2019). The components in the production line are assessed lonely, and the working conditions are modeled by parametric models from statistical distributions.

By using the transition matrix, Markov chain models have been proposed in dynamic performance evaluation of the production lines (Alaouchiche et al., 2020), shipyard's fabrication line modelling (Hadžić et al., 2021), decision support tools in curve shaped production lines (Ágota, 2023), a system to improve maintenance quality and decrease failure costs (Kozłowski et al., 2023) and success assessment of production systems by utilizing failure signals (Kang et al., 2020).

Despite the widespread use of Markov chains and reliability analyses in modeling production line performance, existing studies have primarily focused on either mechanical components or isolated performance factors. Most research, such as studies on reliability in food production (Tsarouhas and Arvanitoyannis, 2014) or automated systems like pizza production (Liberopoulos and Tsarouhas, 2005), examines production reliability from a single component's perspective or applies to specific industries without a generalized model adaptable to different production scenarios. Additionally, while statistical models and simulation-based approaches are frequently employed to optimize performance and minimize component failure, these methods do not consistently integrate human and mechanical factors within a unified framework, limiting their applicability to complex production lines where these factors interact continuously (Akyol Özer et al., 2021; Öz et al., 2023).

This study addresses this gap by introducing a comprehensive model that combines both mechanical and personnel metrics to assess long-term production reliability in a broader manufacturing context. By utilizing real-world datasets and calculating transition probabilities through a Markov Chain approach, our model provides a high-accuracy, adaptable solution for various production lines, including those with diverse

mechanical and biological elements. This approach fills a critical need in the literature for a model that accounts for both equipment and workforce dynamics, enabling more precise reliability analysis and production planning in a wide range of manufacturing settings.

3. MATERIAL and METHODS

The company, manufactures a sub-product using two different raw materials. The manufactured product is cardboard which has a sealing specialty. The raw materials are cardboard and plastic. The company flows plastic raw material on the surface of a strip shaped cardboard with extruding methodology and the sealing process happens.

For this manufacturing process, company has 6 different production lines located at the factory building. The orders of the lines are given in terms of construction dates. The maximum production speeds of lines in meter/minute units are in the table which is below.

Table 1. Maximum speeds of lines

| <i>Lines</i> | <i>Speeds per minute</i> |
|--------------|--------------------------|
| Line 1 | 250 meters/minute |
| Line 2 | 200 meters/minute |
| Line 3 | 200 meters/minute |
| Line 4 | 400 meter/minute |
| Line 5 | 250 meters/minute |
| Line 6 | 200 meters/minute |

According to Table 1, company produces 1500 meters of cardboard in different wide and lengths with maximum capacity usage. The production line example was created by harmoniously combining many mechanical and electrical components. Each external machine is evaluated as an internal unit on the line. From the starting point of the production line, respectively listed as;

- Unwinder station
- Carton flow regulating station
- 1st surface treatment station
- Laminator station
- Extruder station
- Edge shaving station
- 2nd surface treatment station
- Rewinder station.

In Figure 1 the side view and in Figure 2 the front view are shown as a sample for production lines.

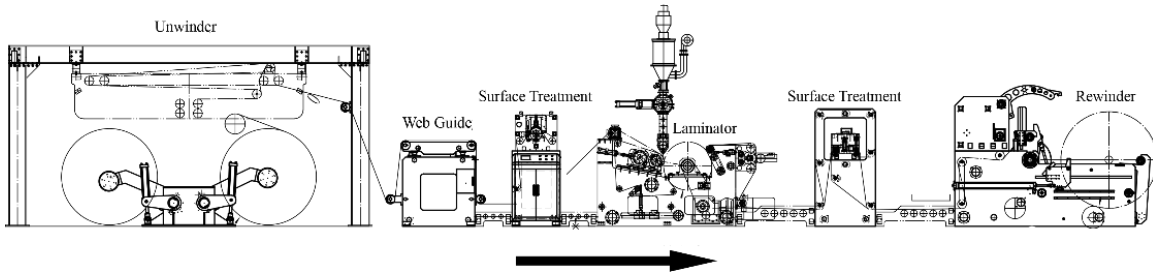


Figure 1. Side view of the sample production line

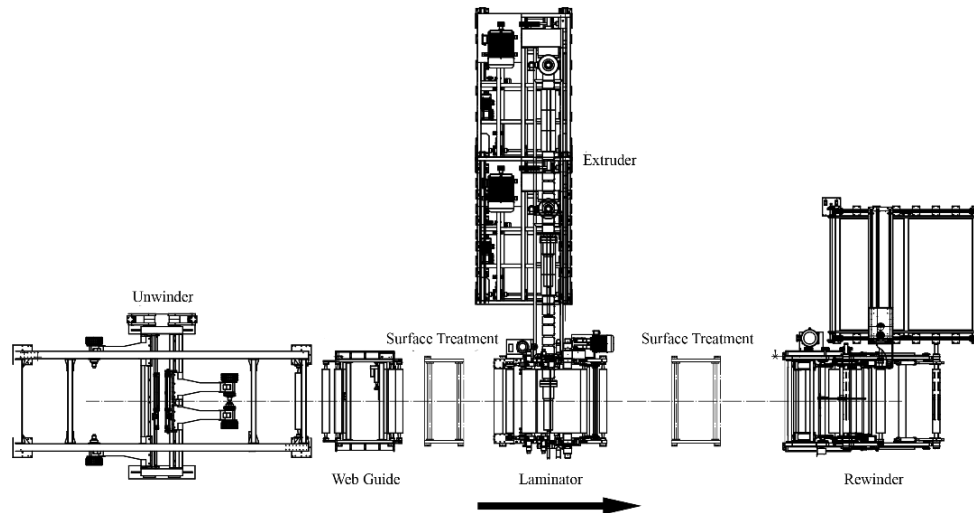


Figure 2. Side view of the sample production line

3.1 Tasks of Stations

Unwinder station: The station in which the coils are to be sealed and attached to the production line. There are two internal area stations for infinite loop production flows. Once the production continues on the coil attached to a station, on the other station the next coil is attached and an operator prepares an additional pass for automatic pass. Once the cardboard on the working line exhaust, the sensors send a comment to the system for additional glueing.

Carton flow regulating station: On the line from the starting point to the endpoint, the cardboard flows with stable strain and constant speed. The unit is combined with two parts in a row. In the lower part, the flow of cardboard is monitored, in the upper part, the two-dimensional correct position is determined with 4 balls.

1st surface treatment station: Just before the sealing process, to make fit the surface strain of the cardboard for plastic covering, the electron bombardment happens in this station. In this process, the surface of the cardboard opens with pores which can never be seen with the eyes without any damage to the cardboard.

Laminator station: The cardboard came from the surface treatment station and is sealed in this station. The laminator station is assessed as the center of the production lines. The components make up of the laminator are the cooling drum, clamping roller, additional cooling roller, idler roller that extends the contact time of the cardboard to the cooling drum, and carrier other idler rollers.

Extruder station: This station places near the laminator station. During the sealing process, the extruder station prepares the plastic material which will be used in covering. The components make up of the extruder are, Motor, Reducer, Feeding Funnel, Hive, Screw, Filter Zone, Transfer Pipe, Pattern and Heaters. A sample of the extruder station side and front views are in Figure 3.

Edge shaving station: In order to obtain smooth bobbin sections for the product produced at this station, the cardboard is trimmed from both sides with a circular knife. The section of the coil wound at the winder station must be smooth and straight.

2nd surface treatment station: This station does the same process as 1st surface treatment station on the other side of the cardboard. The aim of this process is to obtain enough strain on the cardboard surface before the printing press.

Rewinder station: After all the processes are completed, there left only one transaction that the coil, which is unwinded in the unwinder station, and needs to be rewind.

Communication between stations and basic requirements: Each station continually working as long as the operator feeds. There is an operator control panel in the system to provide stations to work compatible with each other.

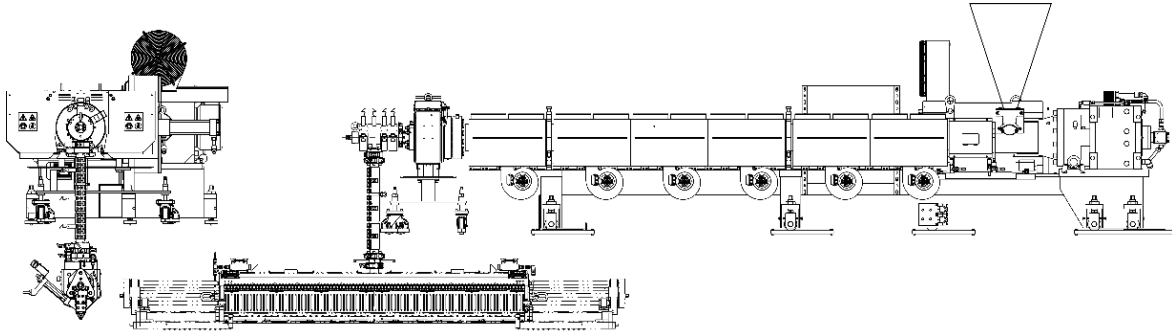


Figure 3. Extruder station views from two sides

3.2. Personnel Distribution on Production Lines

The most critical factor for successfully working of production lines is the optimum conscious labor force. The unit manager determines the personnel number in each shift on production lines. Personnel number optimization has vital importance in the prolific and continuous working of production lines. There are four segments in production lines which are determined operationally.

Point A – (Unwinder Station): The station operator takes cardboard coils from the forklift operator the same as the work plan published by the planning unit. The station operator forwards cardboard coils to internal area stations. Each coil has a serial number and the label of the coil which is sent to the internal area is recorded to the system.

Point B – (Laminator area (operator control panel)): The most important segment of the production line. They are responsible for the sealing process and whole the parameters of the process. The machine operator checks the cardboard coils flows at the same time. The operator informs each anomaly situation to the relevant unit as soon as possible.

Point C – (Edge shaving station): They check the final product quality and provide the production process with the correct size.

Point D – (Rewinder station): The personnel at this station performs the packaging, entering the system/preparing the coil label and transporting the wrapped cardboard coil to the shipping area after the coating process has been completed.

Company which includes 6 production lines which manufacture with different speed and capacity needs a different number of personnel. The personnel distribution on lines is in Table 2.

Table 2. Personnel distribution of lines

| | <i>Point A</i> | <i>Point B</i> | <i>Point C</i> | <i>Point D</i> |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Line 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Line 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Line 3 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Line 4 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| Line 5 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| Line 6 | 1 | 1 | 1 | 2 |

3.3. Reliability Analysis

The reliability function gives the probability of the systems working. The reliability function can be written as below (Equation 1).

$$S(t) = 1 - F(t) = P(T > t), t > 0 \quad (1)$$

$S(t)$ is the survival function and $F(t)$ is the failure function. When a system works only when all components are in working condition, this system is called a serial system. A simple serial system structure is presented in Figure 4.

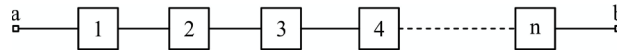


Figure 4. A block diagram for the serial system

When a system works when at least one component is in working condition, this system is called a parallel system. A simple parallel system structure is presented in Figure 5.

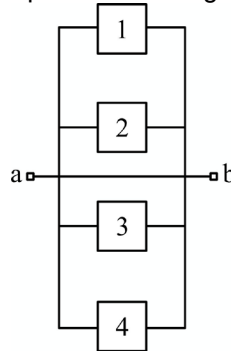


Figure 5. A block diagram for the parallel system

The structure function for the serial system can be written below.

$$\phi(x) = x_1 x_2 \cdots x_n = \prod_{i=1}^n x_i \tag{2}$$

The structure function for the parallel system can be written below.

$$\phi(x) = 1 - (1 - x_1)(1 - x_2) \cdots (1 - x_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - x_i) \tag{3}$$

Markov process with countable or finite event space called a Markov chain. This chain is commonly used for recursive situations. This special process gives an important capability with the transition matrix. This matrix can be used for multiple step calculations.

We can name the step transition probability matrix as a transition matrix. Assume $E = \{0, 1, 2, \dots, m\}$ is an event space, then the transition matrix can be written as below.

$$P = \begin{pmatrix} P_{00} & \cdots & P_{0m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{m0} & \cdots & P_{mm} \end{pmatrix} \tag{4}$$

Stochastic transactions change the statistical structure of the systems. The components' independency changes calculations in probabilities of the transactions (Ünözkan and Yılmaz, 2021).

Assume X and Y are random variables then the linear combination of expected values of these random variables have some specialties. One of them can be written as below.

$$E(X + Y) = E(X) + E(Y) \tag{5}$$

The proof can be shown below.

$$\begin{aligned} E(X + Y) &= \sum_{i,j} (x_i + y_j) P(X = x_i, Y = y_j) = \sum_j \sum_i (x_i + y_j) P(X = x_i, Y = y_j) \\ &= \sum_j \sum_i x_i P(X = x_i, Y = y_j) + \sum_j \sum_i y_j P(X = x_i, Y = y_j) \end{aligned} \tag{6}$$

A note;

$$\sum_j P(X = x_i, Y = y_j) = P(X = x_i) \text{ and } \sum_i P(X = x_i, Y = y_j) = P(Y = y_j) \tag{7}$$

Because,

$$\sum_j P(X = x_i) = \sum_i P(Y = y_j) = 1 \tag{8}$$

Therefore,

$$E(X + Y) = \sum_i x_i P(X = x_i) + \sum_j y_j P(Y = y_j) = E(X) + E(Y) \tag{9}$$

In this proof, X and Y do not need to be independent.

Based on the linear combination of expected values, expectation from event space with two results can be written as follows (Pinsky and Karlin, 2011).

$$E(S) = E(S_1) + E(S_2) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{\infty} P(N \geq i) + \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{\infty} P(M > i) \tag{10}$$

$$= \frac{1}{2} (P(N > 0) + P(N > 1) + \dots + P(M > 0) + P(M > 1) + \dots)$$

4. RESULTS and DISCUSSION

Under the information in the previous section and the tables in the Appendix, the lost times in the lines from company can be seen in Table 3.

Table 3. Average monthly production lost time table (minute)

| Line 1 | Line 2 | Line 3 | Line 4 | Line 5 | Line 6 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2451 | 2618 | 2435 | 2489 | 2293 | 2654 |

The breakdown information in the tables in Appendix can be calculated as personnel based or mechanical based. In Table 4, there are the values of personnel based and mechanical based lost times.

Table 4. Average monthly production lost time table-2 (minute)

| Line | Line 1 | Line 2 | Line 3 | Line 4 | Line 5 | Line 6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Personnel | 899 | 972 | 568 | 1037 | 966 | 481 |
| Mechanic | 1551 | 1646 | 1867 | 1451 | 1327 | 2137 |

By dividing each value by 1440 as daily work time (minute), we can find the lost day calculation on a daily basis. The (Equation 11) can be used to calculate the monthly average lost time in daily basis.

Line_{i,j}: ith line jth component monthly average lost time in daily basis

Lost_{i,j}: ith line jth component lost minutes

$$Line_{i,j} = \frac{Lost_{i,j}}{1440}, \quad i = 1,2, \dots, 6, \quad j = \text{personnel, mechanic} \tag{11}$$

The lost days gained with monthly average lost minutes are in Table 5-

Table 5. Average monthly production lost time table-3 (daily)

| Line | Line 1 | Line 2 | Line 3 | Line 4 | Line 5 | Line 6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Personnel | 0.62 | 0.68 | 0.39 | 0.72 | 0.67 | 0.33 |
| Mechanic | 1.08 | 1.14 | 1.30 | 1.01 | 0.92 | 1.48 |

Equation 12 can be used to calculate successful working probabilities by using values in Table 5.

Line_{i,j}: ith line jth component successful working probabilities

Lost_{i,j}: ith line jth component lost days

$$Line_{i,j} = \frac{(30 - Lost_{i,j})}{30}, \quad i = 1,2, \dots, 6, \quad j = \text{personnel, mechanic} \tag{12}$$

During these calculations we use 30 as constant because of monthly records. We can obtain the probability of successfully working condition by dividing the same constant.

Table 6. Minutely calculated successful working probability

| Line | Line 1 | Line 2 | Line 3 | Line 4 | Line 5 | Line 6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Personnel | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.99 |
| Mechanic | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.95 |

For Production Line Reliability Analysis, we can construct a system like in Figure 6 with the values in Table 6. In Figure 6 blue components represent personnel components, and green components represent

mechanical components.

The probability of production in the production line system in Figure 6, which means at least one line is working successfully, can be calculated by focusing on the successful working of both personnel and mechanical components probabilities in each production line. One line's successful work is enough for this situation.

In this issue, the successful working probability in each production line can be calculated below.

$$SLine(i) = SLine(i)_{personnel} * SLine(i)_{mechanic} \tag{13}$$

On the other hand, we can calculate the system's general successful working probability with a reliability approach.

$$SSystem = 1 - \prod(1 - SLine(i)) \tag{14}$$

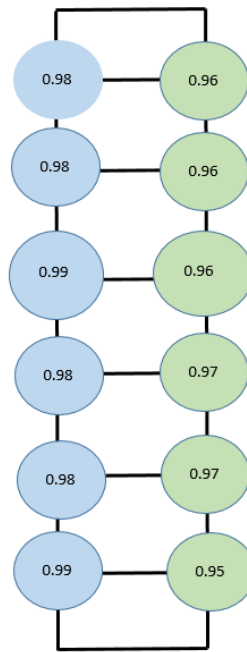


Figure 6. Production lines systematic view

When we gain the system's general successful working probability with a reliability approach, the probability is 0.999999967. This probability is an expectable value for a product line system which is constructed like the system we introduced. Not any company wants to tolerate completely breaking down the whole production system and in addition, does not want to lose the demands of customers.

When we would like to calculate the systems successful working without any halt, we need to take into account the successful working situations' probabilities in all lines. All lines' successful working probability at the same time without any halt is below (Equation 15).

$$SSystem = \prod SLine(i) = 0.704112188 \tag{15}$$

The average lost time for each failure is 32 minutes. (Line 6 is not added to the calculation because of new construction.). We can use this value for constructing a transition matrix. We need transition probabilities in the transition matrix and in our situation, we assume that with the 0.95 probability our failures turn into successful in 32 minutes. Therefore, we find that staying in the failure side probability is 0.91. This probability provides us to generate a transition matrix.

Transition matrix probabilities can be determined from equation (14) by using Figure 6 such as below.

For Line 1, Line 2, Line 3, Line 4 and Line 6;

$$\begin{matrix} \text{Success} & \text{Success} & \text{Failure} \\ \text{Failure} & \begin{bmatrix} 0.94 & 0.06 \\ 0.09 & 0.91 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

For Line 5;

$$\begin{matrix} \text{Success} & \text{Success} & \text{Failure} \\ \text{Failure} & \begin{bmatrix} 0.95 & 0.05 \\ 0.09 & 0.91 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

In the long run in which situation the system will be, can be understood with a recursive repeat of these matrices.

The second step transition matrix can be gained by the square of the first matrix.

For Line 1, Line 2, Line 3, Line 4 and Line 6;

$$\begin{matrix} \text{Success} & \text{Success} & \text{Failure} \\ \text{Failure} & \begin{bmatrix} 0.89 & 0.11 \\ 0.17 & 0.83 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

For Line 5;

$$\begin{matrix} \text{Success} & \text{Success} & \text{Failure} \\ \text{Failure} & \begin{bmatrix} 0.91 & 0.09 \\ 0.17 & 0.83 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

To achieve successful long-term expectations, we need to know in which step the transition matrix does not change with important values. Once we examine the fixed point of the transition matrix;

For Line 1, Line 2, Line 3, Line 4 and Line 6; after 15 steps which means in the 16th minute the matrix is fixed with the matrix below.

$$\begin{matrix} \text{Success} & \text{Success} & \text{Failure} \\ \text{Failure} & \begin{bmatrix} 0.63 & 0.37 \\ 0.56 & 0.44 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

For Line 5; after 16 steps which means in the 17th minute the matrix is fixed with the matrix below.

$$\begin{matrix} \text{Success} & \text{Success} & \text{Failure} \\ \text{Failure} & \begin{bmatrix} 0.67 & 0.33 \\ 0.59 & 0.41 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Both matrices tell us that for the long-term expectation, each production line stays on the working side. The long-term expectations for Line 1, Line 2, Line 3, Line 4 and Line 6 can be calculated as below.

$$\text{Probability of being on the working condition} = \frac{1}{2} * 0.63 + \frac{1}{2} * 0.56 = 0.6$$

The long term expected value for Line 5 can be calculated with the same method.

$$\text{Probability of being on the working condition} = \frac{1}{2} * 0.67 + \frac{1}{2} * 0.59 = 0.63$$

With these probabilities in the long-term expectation for lines, the expected values can be calculated as below. Expected values can be gained from equation (9) by using the transition matrix in equation (16) and equation (17). The results are presented in Table 7.

Table 7. Expected long term production

| Lines | Expectation |
|--------|-------------------|
| Line 1 | 150 meters/minute |
| Line 2 | 120 meters/minute |
| Line 3 | 120 meters/minute |
| Line 4 | 240 meters/minute |
| Line 5 | 158 meters/minute |
| Line 6 | 120 meters/minute |
| Total | 908 meters/minute |

The company's long term production lines' total expectation is below.

$$\sum_{i=1}^6 E_i = 150 + 120 + 120 + 240 + 158 + 120 = 908 \text{ meter/minute}$$

When this expected value is compared with the real manufacturing values yearly, we concluded that this value is 97% close to real manufacturing values.

5. CONCLUSION

Manufacturing companies aim for maximum output with minimum input for the sustainability of their commercial life. According to this aim, with constant improvement studies, they are always dealing with more productivity. With the simulated company's dataset, in this study, reliability analysis for production lines is studied. The dataset includes unplanned failure and breakdown times of 6 months in the company.

Other unplanned halt situations such as energy cuts, earthquakes and other natural disasters did not include the calculations. On the other hand, some precautions can protect production systems; such as Uninterruptable Power Supplies (UPS), generators, water evacuation poles against floods and firefighting systems.

One additional issue for protection is being insured situation of companies against unplanned issues. Thus, companies can be financially insured considering their structures. One of the most important applications in the fight against unplanned halt situations is maintenance.

Companies update their maintenance calendar constantly and planned maintenance times generally at least one-year period. The information about unplanned halt dates, halt periods, and the lifetime events of machines can be used in planning the maintenance times of production line machines.

In this study, a well-planned and working manufacturer company's 6-month production lines datasets were used in reliability analysis. The results of the reliability analysis for this company are very close to real production values.

The successfully working probabilities, the transition matrix, and the long-term expectation values for production lines are calculated. The components of the reliability system in this study are personnel-based components and mechanical based components. Thus, any improvement in the labor force or any maintenance in mechanical components can increase reliability in each manufacturer company.

The results of this study provide valuable insights into the reliability of production lines in the qualified cardboard manufacturing sector. Utilizing a comprehensive dataset that includes unplanned failures and breakdown times over a six-month period, we conducted a thorough reliability analysis. The findings indicate that the reliability metrics calculated for the production lines are remarkably close to the actual production values, achieving an accuracy of approximately 97%.

The analysis involved the conversion of failure time records into transition probabilities, which were then incorporated into a Markov chain model. This approach allowed us to effectively simulate the long-term production expectations for the company's six production lines. The transition matrix derived from the analysis illustrates the probabilities of various operational states, including successful operation, inefficiencies, and failures.

Additionally, the results highlight the critical role of both mechanical and personnel components in influencing overall reliability. Improvements in maintenance practices for mechanical components, alongside enhanced training and management of personnel, can lead to significant gains in production efficiency.

The study also emphasizes the importance of maintaining well-documented records of production events. High-quality data collection not only supports the reliability analysis but also enhances the overall understanding of production dynamics, enabling companies to make informed decisions regarding maintenance and operational strategies.

The dataset used in this study, spanning only six months and originating from a single manufacturing company, may limit the generalizability of the findings. Its specificity to certain industry conditions could constrain its applicability to diverse production environments. Moreover, the study exclusively focuses on mechanical and personnel-related factors, neglecting the influence of external factors like energy outages or natural disasters. The accuracy of predictions derived from the Markov chain model is contingent upon the quality and comprehensiveness of the dataset. Hence, larger and more diverse datasets could enhance the validity of the results.

Future research could bolster the generalizability of findings by employing more extensive and diverse datasets, encompassing data from multiple sectors and geographical locations. Integrating dynamic analysis techniques, such as machine learning algorithms, with the Markov chain model could improve its adaptability to evolving production conditions. Additionally, assessing the impact of external factors would provide a more comprehensive reliability analysis. Further research could explore the effects of emerging technologies on production process reliability. Such advancements could lead to more effective production line management, providing the industry with robust and adaptable solutions for optimizing operational efficiency.

In summary, the results of this study underscore the effectiveness of reliability analysis in predicting production outcomes and improving operational efficiency. By adopting the methodologies outlined in this research, manufacturing companies can better navigate the complexities of production line management and enhance their overall performance.

Author Contributions

Aykut Gülerüz: Literature Review, Conceptualization, Data Curation, Writing-original draft
Hüseyin Ünözkan: Methodology, Analysis, Modelling, Writing-original draft, Writing-review and editing
Mehmet Yılmaz: Literature Review, Modelling, Writing-review and editing

Conflict of Interest

No potential conflict of interest was declared by the author(s).

Funding

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Compliance with Ethical Standards

It was declared by the author(s) that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Ethical Statement

It was declared by the author(s) that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

REFERENCES

- Ágota, B. (2023). "Decision Making in Operator-Machine Assignment Problems: An Optimization Approach in U-Shaped Production Lines", *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 6(2), 620-638. <https://doi.org/10.31181/dmame622023808>
- Akyol Özer, E., Coşkun, E.E., Bulut, Ö., Toy, E.S. (2021). "Bir Tekstil Fabrikasında Montaj Hattı Dengeleme ve Performansa Dayalı İşçi Atama Problemi", *Endüstri Mühendisliği*, 32(2), 235-250. <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.868101>
- Alaouchiche, Y., Ouazene, Y. and Yalaoui, F., (2020). "Economic and Energetic Performance Evaluation of Unreliable Production Lines: An Integrated Analytical Approach," *IEEE Access*, 8, 185330-185345. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3029761>
- Ballarini, P. and Horváth, A., (2021). "Formal Analysis of Production Line Systems by Probabilistic Model Checking Tools", *26th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Vasteras, Sweden, 1-8. <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613494>
- Duan, W., Dai, W., Wang, Y. and Sun, J. (2020). "Reliability Analysis and Optimization of Production System for Production Scheduling", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1043, 032025. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1043/3/032025>
- Ergüt, Ö. (2019). "Üretim Sistemlerinde Bir Simülasyon Uygulaması", *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2), 244-258.
- Hadžić, N., Ložar, V., Opetuk, T.İ. and Cajner, H. (2021). "Improvability of the Fabrication Line in A Shipyard", *Brodogradnja*, 72(3), 13-28. <https://doi.org/10.21278/brod72302>
- Imseitif, J., Tang, H. and Smith, M. (2019). "Throughput Analysis of Manufacturing Systems with Buffers Considering Reliability and Cycle Time Using DES and DOE", *Procedia Manufacturing* 39, 814-823. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.423>
- Kang, N., Zhao, C., Li, J. and Zheng, L. (2017). "A Sub-Optimal Control Policy in a Two-Product Door Manufacturing Line with Geometric Reliability Machines", *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(1), 157-164. <https://doi.org/10.1109/LRA.2016.2582925>
- Kang, Y., Yan, H. and Ju, F. (2020). "Performance Evaluation of Production Systems Using Real-Time Machine Degradation Signals", *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 17(1), 273-283. <https://doi.org/10.1109/TASE.2019.2920874>
- Karishma, A. and Supachai, V., (2023). "A Hidden Semi-Markov Model for Predicting Production Cycle Time Using Bluetooth Low Energy Data", *Advances in Technology Innovation*, 8(4), 241–253.
- Kozłowski, E., Borucka, A., Oleszczuk, P. and Jałowiec, T., (2023). "Evaluation of the maintenance system readiness using the semi-Markov model taking into account hidden factors", *Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 25(4). <http://doi.org/10.17531/ein/172857>
- Liberopoulos, G. and Tsarouhas, P. (2005). "Reliability Analysis of An Automated Pizza Production Line", *Journal of Food Engineering*, 69, 79-96. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.07.014>
- Öz, D., Edizkan, R. and Yazici, A. (2023). "Seri Üretim Hatlarında Güvenilirlik Analizi İle Durumsal Farkındalığın Artırılması", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(2), 630-643. <https://doi.org/10.31796/ogummf.1192034>
- Pérez-Lechuga, G., Venegas-Martínez, F. and Martínez-Sánchez, J.F. (2021). "Mathematical Modeling of Manufacturing Lines with Distribution by Process: A Markov Chain Approach", *Mathematics*, 9(24), 3269. <https://doi.org/10.3390/math9243269>
- Pinsky, M.A. and Karlin, S. (2011). "An Introduction to Stochastic Modeling" (Fourth Edition), Elsevier.
- Savsar, M. (2016). "Reliability and Availability Analysis of A Manufacturing Line System", *Journal of Applied and Physical Sciences*. 2(3), 96-106. <https://doi.org/10.20474/japs-2.3.5>
- Tsarouhas, P.H. and Arvanitoyannis, I.S. (2014). "Yogurt Production Line: Reliability Analysis", *Production & Manufacturing Research*: 2(1), 11-23.
- Ünözkan, H. and Yılmaz, M. (2021). "A Stochastic Approach to a Combined Parallel System", *International Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 60(1), 81-87.

- Yang, Z., Li, J., Chen, C., He, J., Tian, H. and Yu, L. (2021). "A Study on Overall Line Efficiency (OLE) Centered Production Line Maintenance Prioritization Considering Equipment Operational Reliability", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 124, 3783-3794. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07547-9>
- Zhang, Y., Cheng, Y., Wang, X.V., Zhong, R.Y., Zhang, Y. and Tao, F. (2019). "Data-Driven Smart Production Line and Its Common Factors", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103, 1211-1223. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03469-9>
- Zhao, C., Li, J., Huang, N. and Horst, J.A., (2017) "Flexible Serial Lines with Setups: Analysis, Improvement, and Application," in *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(1), 120-127, <https://doi.org/10.1109/LRA.2016.2556078>

APPENDIX
Table A.1. Lost times in Line 1

| | | <i>Lost time</i> | <i>Times in</i> | <i>Total</i> |
|---------------------------------|--|------------------|-----------------|--------------|
| | | <i>/minute</i> | <i>month</i> | |
| Personnel lines | Transaction with wrong coil | 30 | 4.67 | 140.00 |
| | Not controlling deformations on the coil | 30 | 7.67 | 230.00 |
| | Incorrect insertion at the solvent station | 30 | 2.50 | 75.00 |
| | Entering an incorrect value on the control panel | 11 | 1.50 | 16.50 |
| | Incorrect position of the edge razor | 11 | 4.67 | 51.33 |
| | Incorrectly dimensioned bobbin at the winder station | 11 | 2.83 | 31.17 |
| | Insufficient glue | 30 | 3.00 | 90.00 |
| | Excess glue | 11 | 3.33 | 36.67 |
| Mechanical and electrical halts | Heater replacement | 300 | 1.00 | 300.00 |
| | Heating equipment replacement | 45 | 1.00 | 45.00 |
| | Print roller replacement | 120 | 1.50 | 180.00 |
| | Screen change in the filter area | 30 | 9.00 | 270.00 |
| | Bearing or roller replacement | 60 | 2.00 | 120.00 |
| | Edge razor replacement | 30 | 3.00 | 90.00 |
| | Edge limiter change in die | 30 | 4.00 | 120.00 |
| Labor lost | Staff absenteeism or momentary loss of workforce | 98 | 2.33 | 228.67 |
| Measure change | Pauses in work orders that cannot be directly accessed | 20 | 21.33 | 426.67 |
| Total Values | | 897 | 75.33 | 2451.00 |

Table A.2. Lost times in Line 2

| | | <i>Lost time</i> | <i>Times in</i> | <i>Total</i> |
|---------------------------------|--|------------------|-----------------|--------------|
| | | <i>/minute</i> | <i>month</i> | |
| Personnel lines | Transaction with wrong coil | 30 | 5.17 | 155.00 |
| | Not controlling deformations on the coil | 30 | 12.00 | 360.00 |
| | Incorrect insertion at the solvent station | 30 | 2.00 | 60.00 |
| | Entering an incorrect value on the control panel | 11 | 0.83 | 9.17 |
| | Incorrect position of the edge razor | 11 | 3.67 | 40.33 |
| | Incorrectly dimensioned bobbin at the winder station | 11 | 5.83 | 64.17 |
| | Insufficient glue | 30 | 4.00 | 120.00 |
| | Excess glue | 11 | 0.67 | 7.33 |
| Mechanical and electrical halts | Heater replacement | 300 | 1.00 | 300.00 |
| | Heating equipment replacement | 45 | 0.83 | 37.50 |
| | Print roller replacement | 120 | 2.17 | 260.00 |
| | Screen change in the filter area | 30 | 11.67 | 350.00 |
| | Bearing or roller replacement | 60 | 2.67 | 160.00 |
| | Edge razor replacement | 30 | 1.83 | 55.00 |
| | Edge limiter change in die | 30 | 5.67 | 170.00 |
| Labor lost | Staff absenteeism or momentary loss of workforce | 78 | 2 | 156.00 |
| Measure change | Pauses in work orders that cannot be directly accessed | 20 | 15.6667 | 313.33 |
| Total Values | | 877 | 77.67 | 2617.83 |

Table A.3. Lost times in Line 3

| | | <i>Lost time</i>
<i>/minute</i> | <i>Times in</i>
<i>month</i> | Total |
|---------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|---------|
| Personnel lines | Transaction with wrong coil | 30 | 0.83 | 25.00 |
| | Not controlling deformations on the coil | 30 | 4.67 | 140.00 |
| | Incorrect insertion at the solvent station | 30 | 3.00 | 90.00 |
| | Entering an incorrect value on the control panel | 11 | 0.67 | 7.33 |
| | Incorrect position of the edge razor | 11 | 2.83 | 31.17 |
| | Incorrectly dimensioned bobbin at the winder station | 11 | 5.67 | 62.33 |
| | Insufficient glue | 30 | 2.00 | 60.00 |
| | Excess glue | 11 | 2.00 | 22.00 |
| Mechanical and electrical halts | Heater replacement | 300 | 1.67 | 500.00 |
| | Heating equipment replacement | 45 | 1.67 | 75.00 |
| | Print roller replacement | 120 | 0.83 | 100.00 |
| | Screen change in the filter area | 30 | 6.67 | 200.00 |
| | Bearing or roller replacement | 60 | 3.83 | 230.00 |
| | Edge razor replacement | 30 | 3.17 | 95.00 |
| | Edge limiter change in die | 30 | 5.00 | 150.00 |
| Labor lost | Staff absenteeism or momentary loss of workforce | 78 | 1.66667 | 130.00 |
| Measure change | Pauses in work orders that cannot be directly accessed | 20 | 25.8333 | 516.67 |
| Total Values | | 877 | 72.00 | 2434.50 |

Table A.4. Lost times in Line 4

| | | <i>Lost time</i>
<i>/minute</i> | <i>Times in</i>
<i>month</i> | Total |
|---------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|---------|
| Personnel lines | Transaction with wrong coil | 30 | 1.50 | 45.00 |
| | Not controlling deformations on the coil | 30 | 4.33 | 130.00 |
| | Incorrect insertion at the solvent station | 30 | 5.17 | 155.00 |
| | Entering an incorrect value on the control panel | 11 | 0.67 | 7.33 |
| | Incorrect position of the edge razor | 11 | 1.83 | 20.17 |
| | Incorrectly dimensioned bobbin at the winder station | 11 | 2.00 | 22.00 |
| | Insufficient glue | 30 | 1.67 | 50.00 |
| | Excess glue | 11 | 0.17 | 1.83 |
| Mechanical and electrical halts | Heater replacement | 300 | 0.17 | 50.00 |
| | Heating equipment replacement | 45 | 0.67 | 30.00 |
| | Print roller replacement | 120 | 1.67 | 200.00 |
| | Screen change in the filter area | 90 | 4.17 | 375.00 |
| | Bearing or roller replacement | 50 | 2.00 | 100.00 |
| | Edge razor replacement | 20 | 1.83 | 36.67 |
| | Edge limiter change in die | 30 | 0.67 | 20.00 |
| Labor lost | Staff absenteeism or momentary loss of workforce | 158 | 3.83 | 605.67 |
| Measure change | Pauses in work orders that cannot be directly accessed | 20 | 32.00 | 640.00 |
| Total Values | | 997 | 64.33 | 2488.67 |

Table A.5. Lost times in Line 5

| | | <i>Lost time</i> | <i>Times in</i> | <i>Total</i> |
|---------------------------------|--|------------------|-----------------|--------------|
| | | <i>/minute</i> | <i>month</i> | |
| Personnel lines | Transaction with wrong coil | 30 | 1.83 | 55.00 |
| | Not controlling deformations on the coil | 30 | 2.67 | 80.00 |
| | Incorrect insertion at the solvent station | 30 | 5.00 | 150.00 |
| | Entering an incorrect value on the control panel | 11 | 2.83 | 31.17 |
| | Incorrect position of the edge razor | 11 | 2.83 | 31.17 |
| | Incorrectly dimensioned bobbin at the winder station | 11 | 8.67 | 95.33 |
| | Insufficient glue | 30 | 11.50 | 345.00 |
| | Excess glue | 11 | 1.33 | 14.67 |
| Mechanical and electrical halts | Heater replacement | 300 | 0.00 | 0.00 |
| | Heating equipment replacement | 45 | 2.17 | 97.50 |
| | Print roller replacement | 120 | 1.00 | 120.00 |
| | Screen change in the filter area | 20 | 7.83 | 156.67 |
| | Bearing or roller replacement | 60 | 2.17 | 130.00 |
| | Edge razor replacement | 30 | 1.83 | 55.00 |
| | Edge limiter change in die | 30 | 5.17 | 155.00 |
| Labor lost | Staff absenteeism or momentary loss of workforce | 98 | 1.67 | 163.33 |
| Measure change | Pauses in work orders that cannot be directly accessed | 20 | 30.67 | 613.33 |
| Total Values | | 887 | 89.17 | 2293.17 |

Table A.6. Lost times in Line 6

| | | <i>Lost time</i> | <i>Times in</i> | <i>Total</i> |
|---------------------------------|--|------------------|-----------------|--------------|
| | | <i>/minute</i> | <i>month</i> | |
| Personnel lines | Transaction with wrong coil | 30 | 0.67 | 20.00 |
| | Not controlling deformations on the coil | 30 | 5.67 | 170.00 |
| | Incorrect insertion at the solvent station | 30 | 1.33 | 40.00 |
| | Entering an incorrect value on the control panel | 11 | 0.33 | 3.67 |
| | Incorrect position of the edge razor | 11 | 0.33 | 3.67 |
| | Incorrectly dimensioned bobbin at the winder station | 11 | 2.00 | 22.00 |
| | Insufficient glue | 30 | 4.67 | 140.00 |
| | Excess glue | 11 | 0.33 | 3.67 |
| Mechanical and electrical halts | Heater replacement | 300 | 2.00 | 600.00 |
| | Heating equipment replacement | 45 | 2.00 | 90.00 |
| | Print roller replacement | 120 | 2.67 | 320.00 |
| | Screen change in the filter area | 30 | 10.67 | 320.00 |
| | Bearing or roller replacement | 60 | 1.33 | 80.00 |
| | Edge razor replacement | 30 | 1.67 | 50.00 |
| Labor lost | Edge limiter change in die | 30 | 11.33 | 340.00 |
| | Staff absenteeism or momentary loss of workforce | 78 | 1.00 | 78.00 |
| Measure change | Pauses in work orders that cannot be directly accessed | 20 | 18.67 | 373.33 |
| Total Values | | 877 | 66.67 | 2654.33 |

E-Çalışma Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması: İş-Yaşam Dengesi, Verimlilik, Örgütsel Güven ve Esneklik Bağlamında Bir İnceleme

Sertaç Ercan¹ 

ÖZET

Amaç: Uzaktan çalışma yöntemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte uzaktan çalışmanın sistematığını, bileşenlerini, çalışanlar ve işverenler üzerindeki etkilerini, verimliliğini, avantajlarını ve dezavantajlarını tespit edip ölçmenin önemi de artmaktadır. Bu amaçla, çalışmada uzaktan çalışan bireylerin uzaktan çalışmaya ilişkin algılarını ve uzaktan çalışmanın üzerlerindeki etkilerini ölçmeyi amaçlayan E-Çalışma Ölçeği Türkçeye uyarlanmıştır.

Yöntem: Çalışmaya konu olan ölçek, örgütsel güven, esneklik, iş-yaşam dengesi ve verimlilik olmak üzere çalışanların algı ve durumlarını dört alt boyutta ölçmektedir. Ölçeğin Türkçeye çeviri çalışmasında, beş aşamalı çeviri tekniğinden faydalanılmıştır.

Bulgular: Çeviri sonrası, saha çalışmasından elde edilen verilerle güvenilirlik analizleri ardından açılımcı ve doğrulayıcı faktör analizleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen verilere ilişkin fark testleri ile ölçek test edilmiştir. Fark testleri sonucunda, cinsiyet değişkeni ile örgütsel güven, iş-yaşam dengesi ve verimlilik; çalışma süresi ile verimlilik arasında anlamlı ve pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Özgünlük: E-Çalışma Ölçeği, bireylerin uzaktan çalışmaya ilişkin durumlarını ve algılarını ölçerek bireyler üzerinde farkındalık oluşturmayı hedeflerken aynı zamanda yönetici ve kurumlara uzaktan çalışmanın, çalışanlar, iş verimliliği ve iş performansı üzerindeki etkilerini tespit edip anlamalarına yardımcı olmaktadır. Ancak bu konuda sınırlı sayıda Türkçe ölçeğe bulunmaktadır. Dolayısıyla Türkçeye uyarlanan bu ölçek, Türkçe literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: İş-Yaşam Dengesi, Uzaktan Çalışma, Verimlilik.

JEL Kodları: J24, M10, M12.

Adaptation of E-Work Scale into Turkish: A Study on Software Sector in the Context of Work-Life Balance, Productivity, Organizational Trust and Flexibility

ABSTRACT

Purpose: With the widespread use of remote working methods, the importance of identifying and measuring the systematics, components, effects on employees and employers, efficiency, advantages and disadvantages of remote working is also increasing. For this purpose, the E-Work Scale, which aims to measure the perceptions of individuals working remotely regarding remote working and the effects of remote working on them, was adapted to Turkish.

Methodology: The scale measures the perceptions and situations of employees in four sub-dimensions: Organizational trust, flexibility, work-life balance and productivity. The five-stage translation technique was used in the translation study of the scale into Turkish.

Findings: After translation, reliability analyses were conducted with the data obtained from the field study, followed by exploratory and confirmatory factor analyses. Then, the scale was tested with difference tests on the obtained data. As a result of the difference tests, it has been determined that there is a significant and positive relationship between working hours and productivity and gender and organizational trust, work-life balance and productivity.

Originality: The E-Work Scale aims to raise awareness among individuals by measuring their status and perceptions regarding remote working, while also helping managers and institutions identify and understand the effects of remote working on employees, work efficiency and work performance. However, there are a limited number of Turkish scales on this subject. Therefore, this scale adapted to Turkish aims to fill an important gap in the Turkish literature.

Keywords: Work-Life Balance, Remote Working, Productivity.

JEL Codes: J24, M10, M12.

¹ Bandırma Onyeddi Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Sertaç Ercan, sercan@bandirma.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1537544

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 23.08.2024 | Kabul / Accepted: 17.12.2024

Atıf/Cite: Ercan, S. (2025). "E-Çalışma Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması: İş-Yaşam Dengesi, Verimlilik, Örgütsel Güven ve Esneklik Bağlamında Bir İnceleme", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 185-198.

EXTENDED ABSTRACT

Remote work has become an essential, and even indispensable, organizational tool for effective performance in an increasingly competitive global market (Kowalski and Slebarska, 2022: 1). The significance of this subject underscores the necessity of identifying and measuring the systematics, components, impacts, efficiency, advantages, and disadvantages of remote work on employees and employers. This study, driven by this need, aims to adapt the E-Work Scale (developed by Charalampous et al., 2023) into Turkish to measure the impacts of remote work on employees.

E-work positively influences productivity, introduces a novel approach to work-life through the flexibility it provides, contributes to reducing work-life conflicts, and thereby enhances employee job satisfaction (Baruch, 2000: 45-46; Fonner and Roloff, 2010: 357; Grant et al., 2013: 543). Studies indicate that the greater the flexibility individuals have regarding their work environment, the higher their levels of well-being and work-life balance (Ter Hooven and Zoonen, 2015: 238). However, E-work can also negatively affect employees' well-being (Barber and Santuzzi, 2015: 185; Fonner and Roloff, 2010: 358; Grant et al., 2013: 544).

These dynamics highlight the importance of monitoring and assessing employees' personality traits, motivations, and effectiveness in the context of remote work. This study contributes to understanding employees' status regarding work-life balance, productivity, organizational trust, and flexibility perceptions.

The scale was initially based on the work of Grant et al. (2013) and subsequently developed by the same team in 2019, with a revised version finalized in 2023 (Charalampous et al., 2023). The scale measures employees' perceptions and experiences of remote work across four dimensions: organizational trust, flexibility, work-life balance, and productivity. Within the scope of this research, the scale was adapted into Turkish. Pilot testing for the scale's contextual and sample suitability was conducted on remote workers in the software sector.

Reliability and validity analyses were conducted for the translated E-Work Scale. Reliability analyses showed that the scale is highly reliable overall ($\alpha = 0.84$). Subsequently, validity analyses were performed. Exploratory factor analysis revealed a total explained variance of 77.18%, indicating a strong explanatory power. Confirmatory factor analysis demonstrated that the factor loadings of the items were at satisfactory levels.

The study examined the relationship between remote work in the software sector and the subdimensions of the E-Work Scale: organizational trust, flexibility, work-life balance, and productivity. Significant statistical differences were identified across variables, such as gender. Male participants had higher average scores for e-work (3.98) than female participants (3.54), suggesting that men perceive remote work more positively than women.

In the organizational trust dimension, male participants (4.13) also scored higher than female participants (3.75), indicating stronger trust perceptions regarding remote work. Similarly, in the work-life balance dimension, male participants (3.68) outscored female participants (3.42), suggesting that men experience fewer negative effects on work-life balance due to remote work. Lastly, in the productivity dimension, male participants (4.01) scored significantly higher than female participants (3.25), indicating that men perceive remote work as more beneficial for productivity.

Statistical differences were also observed in the dimensions of e-work and productivity based on work experience. Participants with longer work experience viewed remote work more positively and perceived greater productivity benefits.

The scale is expected to assist organizations, employers, and managers in developing strategies to support and sustain the productivity and motivation of remote workers. Measuring remote work provides employers with insights to enhance both employee well-being and productivity.

Studies using the scale developed by Charalampous et al. (2023) have demonstrated significant relationships between its dimensions and variables such as mental health, disengagement, and techno-stress in remote workers. These findings can guide future research.

Although the Turkish literature contains numerous studies on remote work, there are limited tools to measure its impacts on employees and their perceptions. This adaptation of the scale into Turkish enhances its importance. The scale serves as a guide for businesses in Turkey to measure the motivation and productivity of their remote employees. It is suitable for all sectors and organizations utilizing remote work methods.

Finally, applying the scale across different samples and sectors will further strengthen its validity and reliability. Future studies integrating concepts such as agile management and techno-stress are anticipated to make significant contributions to the literature.

1. GİRİŞ

Uzaktan çalışma son dönemde popüler olsa da oldukça eski tarihli çalışmalarda da değinilen bir kavramdır. Örneğin, uzaktan çalışmayı ilk kez tanımlayan araştırmacılardan biri olan Nilles (1975) uzaktan çalışmayı “tele çalışma” şeklinde adlandırmış; Martino (1979) ile Giuliano (1981) ise çalışmalarında “uzaktan çalışma” ve “sanal ofis” kavramlarını kullanmışlardır. Şüphesiz ki bundan yaklaşık dört sene önce başlayan COVID-19 pandemisi uzaktan çalışma açısından bir dönüm noktası (Sullivan, 2020) olmuştur. Böylece uzaktan çalışma, rekabetin giderek arttığı küresel pazarda etkili performans için önemli ve hatta vazgeçilmez bir organizasyonel araç haline gelmiştir (Kowalski ve Slebarska, 2022: 1).

Uzaktan çalışma oranları incelendiğinde Avrupa Birliği ortalamasının %10,2 olduğu görülmektedir. Uzaktan çalışma oranının en yüksek olduğu ülke %25,3 ile İrlanda; en düşük olduğu ülke ise %1,4 ile Romanya’dır. Avrupa Birliği ülkeleri arasında en büyük ekonomiye sahip olan Almanya’da ise oran %14,5’tir (Statista, 2024). Yapılan araştırmalarda Türkiye’de bu konuyla ilgili resmi bir oran tespit edilememiştir. Ek olarak yapılan bir çalışmada, çalışanların %98’i kariyerlerinin bir bölümünde uzaktan çalışmayı istedikleri belirtilmektedir (Bump, 2024). Yine farklı bir çalışma ise 2028 yılına kadar örgütlerdeki tüm çalışma gruplarının %73’ünün uzaktan çalışma imkanlarına sahip olması beklendiğini ortaya koymaktadır (Upwork, 2019). Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu (TİSK) Özgür Burak Akkol’a göre (Yıldırım, 2024) “Türkiye’de esnek çalışma modellerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bundan 4 yıl önce uzaktan çalışmaya izin veren işveren oranı %1’in altında iken bugün büyük işletmelerin %78’i bu imkânı veriyor. Türkiye’de nüfusun %30’unun uzaktan çalışması mümkün.” Bu bilgiler ışığında birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de uzaktan çalışmanın önemli bir çalışma biçimi olduğu ve olacağı tahmin edilebilir.

Konunun bir başka yönünü ise uzaktan çalışmanın avantajlarından biri olan zaman tasarrufu oluşturmaktadır. Euronews’in (2023) verdiği bilgilere göre uzaktan çalışma sayesinde oluşan ortalama zaman tasarrufu 72 dakikadır (Araştırmanın yapıldığı 27 ülke ortalaması). Türkiye’de bu süre 69 dk’dır. En fazla zaman tasarrufu sağlayan ülkeler 102 dk. ile Çin, 100 dk. ile Japonya ve 99 dk. ile Hindistan; en az zaman tasarrufu ise 51 dk. ile Sırbistan, 54 dk. ile Polonya ve 55 dk. ile ABD’dedir. Dolayısıyla uzaktan çalışma, yalnızca işgücü ve işveren açısından değerlendirilmemeli, aynı zamanda ekonomiye olan katkıları da tartışılmalıdır. Böylece tasarruf edilen zamanı ailesi ve diğer kişisel işleri için ayıran birey, iş-yaşam dengesini sağlayabileceği belirtilmektedir (Jeffrey Hill ve diğerleri, 2004: 290-291).

Tüm bu veriler bizi uzaktan çalışmanın sistematüğünü, bileşenlerini, çalışanlar ve işverenler üzerindeki etkilerini, verimliliğini, avantajlarını ve dezavantajlarını tespit edip ölçmenin elzem olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada işte bu ihtiyaçtan yola çıkarak uzaktan çalışmanın çalışanlar üzerindeki etkilerini ölçmeyi hedefleyen, Charalampous ve diğerleri (2023) tarafından son hali verilen ölçeğin (E-Çalışma Ölçeği) Türkçeye kazandırılması hedeflenmektedir. Zira ilk bakışta, uzaktan çalışma verimliliği ve motivasyonu artırıcı bir yöntem gibi görünse de bu konuda aksini düşünen yöneticiler ve araştırmacılar da bulunmaktadır (Allen ve diğerleri, 2015; Charalampous ve diğerleri, 2019; Golden ve Gajendran, 2019). Tam da bu endişeler ve pozitif görüşler eşliğinde E-Çalışma Ölçeği’nin önemi artmaktadır. Böylece uzaktan çalışmanın bireyler üzerindeki bu pozitif ve negatif yönlerinin ilgili ölçekle tespit edilebileceği düşünülmektedir.

E-Çalışma Ölçeği, bireylerin uzaktan çalışmaya ilişkin durumlarını ve algılarını ölçerek bireyler üzerinde farkındalık oluşturmayı hedeflerken aynı zamanda yönetici ve kurumlara uzaktan çalışmanın, çalışanlar, iş verimliliği ve iş performansı üzerindeki etkilerini tespit edip anlamalarına yardımcı olmaktadır. Böylece Türkçeye uyarlanan bu ölçek, Türkçe literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Çizilen bu çerçeve kapsamında araştırmada, öncelikle e-çalışma ölçeğinin kavramsal altyapısına ve arkaplanına değinilmekte, çevirisi gerçekleştirilen çalışmanın çeviri süreci hakkında bilgi vermekte, ölçeğin test edilmesinde için gerçekleştirilen pilot çalışmadan bahsedilmekte ve bulgular paylaşılmaktadır. Son olarak ise sonuçlar yorumlanarak uygulama ve araştırmacılar için öneriler sunulmaktadır.

2. E-ÇALIŞMA ÖLÇEĞİ: KAVRAM ve ARKAPLAN

Bu araştırma kapsamında E-Çalışma, ülkemizde uzaktan çalışma, elektronik çalışma, esnek çalışma, evden çalışma; İngiltere’de e-çalışan/işçi (e-worker); ABD’de tele-working (çalışma) gibi şekillerde ifade edilen çalışma sistemini tanımlamak için kullanılmıştır. COVID-19 pandemi döneminden bu yana oldukça yaygınlaşan ve popüler hale gelen uzaktan çalışma yöntemleri, günümüzde, işletmelerin esnekliği ve karar alma hızları ile birleştirilerek çeviklik kavramıyla birlikte de anılmaktadır. İlk bakışta E-Çalışma, teknolojik imkanları kullanarak şirketin ofisleri veya üretim tesisleri dışında herhangi bir mekânda, çalışanın iş arkadaşlarıyla direkt temas kurmadan iletişim kurabilme olanağına sahip olduğu, esnek çalışma kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır (Di Martino ve Wirth, 1990: 529; Grant ve diğerleri, 2019: 17; Olson, 1983: 182). Nilles (1975: 1147) e-çalışmayı, bilgi teknolojilerini kullanarak işle ilgili seyahatlerin azaltılması, çalışanları şehir merkezine taşınması yerine işi çalışanların bulunduğu yere taşınması şeklinde tanımlamaktadır.

E-Çalışma verimliliği pozitif olarak etkilemekte, oluşturduğu esneklikle iş hayatına yeni bir yaklaşım getirmekte, iş-yaşam arasındaki çatışmaların azaltılmasına katkı sağlamakta ve böylece çalışanların iş tatmininin artırılmasına imkân sunmaktadır (Baruch, 2000: 45-46; Fonner ve Roloff, 2010: 357; Grant ve diğerleri, 2013: 543). Araştırmalar, bireyler çalışma mekânı konusunda ne kadar fazla esnekliğe sahip olurlarsa refah düzeylerinin o kadar fazla arttığı ve iş-yaşam dengesini sağladıklarını göstermektedir (Ter Hooven ve Zoonen, 2015: 238). Bununla birlikte E-Çalışma, çalışanların iyi oluş halini (well-being) negatif olarak da etkileyebilmektedir. Aşırı ve sürekli iletişim ile işyerinden gelecek baskılarla, iş verimliliği ve performansı üzerinde de olumsuz etkilere sebebiyet vermektedir (Barber ve Santuzzi, 2015: 185; Fonner ve Roloff, 2010: 358; Grant ve diğerleri, 2013: 544).

E-Çalışma'nın avantajlarının ve dezavantajlarının olduğu bir gerçektir. Gerçek ne olursa olsun, çalışanların %98'i kariyerlerinin bir döneminde uzaktan çalışmak istediklerini belirtmektedir. Bir tahmine göre 2025 yılına kadar ABD'de yaklaşık 32 milyon bireyin uzaktan çalışacağı ifade edilmektedir ki toplam işgücünün %22'sine (Haan, 2023) tekabül eden bu oran, yukarıda belirtilen Avrupa Birliği ortalamasının yaklaşık iki katıdır. Buradan yola çıkarak iş gücünde -ki uzaktan çalışanlar çoğunlukla iş gücünün kalifiye kısmını oluşturmaktadır- ciddi bir oranının uzaktan çalıştığı ve çalışmaya devam edeceği ortadadır. Bu durum, uzaktan çalışanların kişilik özelliklerini, motivasyonlarını ve etkinliğini izlenmesinin ve ölçülmesinin önemini göstermektedir. İşbu çalışma da bu amaç doğrultusunda çalışanların iş-yaşam dengesi, verimlilik, örgütsel güven ve esneklik algıları bağlamında buldukları durumu tespit etmeye katkı sunmaya çalışmaktadır.

3. E-ÇALIŞMA ÖLÇEĞİNDE ANAHTAR KAVRAMLAR

Bu araştırmada Türkçeye uyarlaması ve kısa bir pilot çalışması yapılan E-Çalışma Ölçeği, dört ana değişkenden oluşmaktadır: Örgütsel güven, esneklik, iş-yaşam dengesi ve verimlilik. Bu başlık altında bu kavramlara ilişkin açıklamalara ve uzaktan çalışmayla ilişkisine yer verilmektedir.

3.1. Örgütsel Güven

Araştırmalarda örgütsel güven ile E-çalışma arasında anlamlı ve pozitif ilişkiler olduğu, işletmelerin çalışanlarına uzaktan çalışma konusunda güven duymalarının işe olan bağlılık ve güveni arttırdığı keşfedilmiştir (Iqbaria ve Guimaraes, 1999: 158; Pyörä, 2011: 392). E-çalışma düzeninde, çalışanlar kendilerine güvenildiğini düşündüğü ve hissettiği durumlarda gurur, tatmin gibi olumlu duygular geliştirmekte ve bu durum performanslarına olumlu şekilde yansımaktadır. Ancak, çalışanların kurumu tarafından kendisine güven duyulmadığını hissetmesi durumunda uzaktan çalışmanın yansımaları negatif olmakta, iş performansını düşürmekte ve hatta işten ayrılmalara kadar varan tepkilere dönüşmektedir (Charalampous ve diğerleri, 2022: 349). Özellikle uzaktan çalışma yöntemlerinin benimsendiği durumlarda performans ve verimlilikten taviz vermeden güven ve kontrol dengesinin sağlanması daha fazla önem arz etmeye başlamıştır.

3.2. Esneklik

Zaman ve mekân kısıtlılıklarının ortadan kalkması (Charalampous ve diğerleri, 2023: 47) anlamında kullanılan esneklik kavramı, örgütsel bağlılığı ve çalışanın iyi oluş halini pozitif etkilemektedir (Richman ve diğerleri, 2008: 194; Ter Hoeven ve Van Zoonen, 2015: 238). Ancak esneklik de uzaktan çalışma kavramı gibi yeni bir kavram değildir. 2000'li yıllarda ABD'de çalışanların %43'ü (Shellenbarger, 2003), Almanya'da ise %29'u (Manpower Argus, 2000) esnek çalışma saatlerine sahipti. Günümüze geldiğimizde esneklik elbette çalışma saatlerinin ötesinde bir anlam içermektedir ve artık işletmeler için rekabet üstünlüğü açısından vazgeçilmez bir araca dönüşmüştür (Barney, 1991: 102; Kossek ve Lautsch, 2018: 38). Araştırmalar, çalışma zaman ve mekanındaki esnekliklerin çalışanların işe olan sadakatini artıracığını (O'Donnellan, 2024), iş-yaşam dengelerinin ve iş memnuniyetlerini iyileştireceğini (Haan, 2023) göstermektedir.

3.3. İş-Yaşam Dengesi

E-Çalışma ölçeğinin Türkçeye uyarlandığı çalışmanın aslında kavram iş-yaşam çatışması (work-life interference) şeklinde çevrilebilecek bir ifadeyle belirtilmiştir. Ancak kavramın gerek Türkçe literatürde iş-yaşam dengesi şeklinde yaygınlık kazanmış olması gerekse diğer olumlu değişkenlerin yanında olumsuz değişkenin anlamayı zorlaştırdığı ve sistematığı bozduğu kanaatinde "iş-yaşam dengesi" şeklinde kullanılması uygun görülmüştür. İş-yaşam dengesi, çalışanın zamanını, enerjisini ve sorumluluklarını toplumsal rolleri arasında eşit dağıtabilmesi (Brough ve diğerleri, 2020: 475; Felstead ve Henseke, 2017: 195-196; Kirchmeyer 2000. 80; Shirmohammadi ve diğerleri, 2022: 165) ve böylece iş içi ve iş dışı talepler arasındaki çatışmaların engellenmesi (Greenblatt, 2002: 179) olarak ifade edilebilir. Bununla birlikte uzaktan çalışmanın iş-yaşam dengesine katkılarının yanında, iş tatminini düşürerek iş-yaşam çatışmalarına sebebiyet verdiği (Blazhevski ve diğerleri, 2021: 32), işten kazanılan zamanın bir kısmının yine işe gitmesi ya da mesai kavramının muğlaklaşması sonucu iş yükünü arttırdığı (Başol ve Çömlekçi, 2021: 755),

işverenin aşırı takip, denetim arzusu gibi negatif durumlar (Grant ve diğerleri, 2013: 531) sebebiyle iş-yaşam dengesini olumsuz etkilediğini belirten çalışmalar da mevcuttur.

3.4. Verimlilik

E-Çalışmanın verimliliği pozitif etkilediği birçok araştırmada ortaya konmuştur (Arunmozhi ve diğerleri, 2021; O'Donnellan, 2024). Bireylerin evde daha uzun süre çalışma eğiliminde olması (Kelliher ve Anderson, 2010: 84-85), ofis ortamında uzakta olmanın getirdiği politik olaylardan uzak kalmanın sonucu olarak işe daha iyi odaklanma fırsatı (Fonner ve Roloff, 2010: 357) bu pozitif etkilerin bazılarını oluşturmaktadır. Bununla birlikte bazı araştırmalar da verimliliğin işin özelliklerine göre farklılaştığı ifade edilmektedir. Bireysel odaklanma gereken yazı, tasarım gibi bazı işler için uzaktan çalışma verimli olsa da ekip çalışması ve yaratıcı görevler gerektiren işler için verimliliği düşürebilmektedir (Boell ve diğerleri, 2016: 125). Ayrıca uzaktan çalışmanın bazı bireylerde tekno-strese (techno-stress) sebep olarak verimliliği azalttığı da belirtilmektedir (Taraftar ve diğerleri, 2010: 304). Sonuç olarak, destekleyici bir çalışma ortamı, doğru iletişim ve uygun teknolojik araçlar geliştirmek, uzak çalışmanın üretkenliği optimize etmek için çok önem göstermektedir (Singh ve diğerleri, 2024: 162-163).

4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

4.1. E-Çalışma Ölçek Çeviri Çalışması

Ölçek ilk kez Grant ve diğerlerinin (2013) yapmış oldukları çalışmaya dayandırılarak yine Grant ve diğerleri (2019) tarafından geliştirilmiş ve aynı ekip tarafından 2023 yılında revize edilerek son hali verilmiştir (Charalampous ve diğerleri, 2023). Ölçek, örgütsel güven, esneklik, iş-yaşam dengesi ve verimlilik olmak üzere çalışanların uzaktan çalışmaya ilişkin algı ve durumlarını dört alt boyutta ölçmeyi hedeflemektedir.

Çeviri çalışmasında, beş aşamalı çeviri tekniğinden faydalanılmıştır (Brislin ve diğerleri, 1973). Bu aşamalar şu şekildedir: (1) İlk çeviri (2) İlk çeviriyi değerlendirme (3) Geri çeviri (4) Geri çeviriyi değerlendirme (5) Uzman görüşü. Bu çerçevede, E-Çalışma Ölçeği, birinci aşamada üç uzman tarafından Türkçeye çevrilmiştir. Gerçekleştirilen ilk çeviriler yönetim ve strateji alanında uzman olan iki farklı araştırmacı tarafından incelenmiştir. İnceleme süreci ifadelerin alan yazınına uygunluğu ve anlaşılabilirliği bağlamında gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki aşamada ise ifadeler tekrar İngilizceye çevrilerek orijinal ilk haliyle karşılaştırılmıştır. Aşamalar tamamlandıktan sonra elde edilen çeviriler, son kez araştırmaya katkı veren uzmanlar tarafından tekrar incelenmiş ve çeviri çalışması tamamlanmıştır.

4.2. Örneklem ve Veri Toplama Yöntemi

Türkçeye uyarlama çalışması yapılan ölçeğin pilot ölçümleri, bağlam-örneklem uyumu için yazılım sektöründe uzaktan çalışanlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yazılım sektörünün işleyişi ve yapısı nedeniyle uzun zamandır uzaktan çalışma yöntemlerini kullanması ve son dönemde bu yöntemlerin yaygınlaşması bu sektörün tercih edilme sebebi olmuştur.

Veriler, basit rastlantısal örneklem yöntemiyle yazılım sektöründe faaliyet gösteren ve uzaktan çalışan iş gücünden, 2023 yılı haziran ila eylül ayları içerisinde online anket yöntemiyle toplanmıştır. Anket sektör temsilcilerinin bulunduğu sosyal medya platformlarından dağıtılmış olup toplamda 153 geri dönüş alınmıştır. Bu formlardan eksik ve hatalı olanlar ayıklandıktan sonra kalan 132 anket formu analizler için değerlendirilmiştir.

4.3. E-Çalışma Ölçeği

E-Çalışma Ölçeği, "örgütsel güven", "esneklik", "iş-yaşam dengesi" ve "verimlilik" olmak üzere dört alt boyuttan oluşmaktadır. Ölçek toplamda 20 maddeden oluşmaktadır. Boyutların dağılımı ise şu şekildedir: Örgütsel güven alt boyutu 1., 2., 3., 4. ve 5.; esneklik alt boyutu 6., 7., 8. ve 9.; iş-yaşam dengesi alt boyutu 10., 11., 12., 13., 14. ve 15.; verimlilik alt boyutu ise 16., 17., 18., 19. ve 20. maddelerden oluşmaktadır. Ölçeğin maddeleri "Hiç Katılmıyorum (1)" ile "Tamamen Katılıyorum (5)" şeklinde 5'li likert olacak şekilde düzenlenmiştir. 15. madde ters ifade olarak düzenlenmiştir. Tablo 1'de E-Çalışma Ölçeği'nin alt boyutları ve maddeleri yer almaktadır.

5. BULGULAR

Bu bölümde örnekleme dair açıklayıcı bulgulara, Türkçeye uyarlaması yapılan E-Çalışma Ölçeğinin güvenilirlik ve geçerlilik analizlerine yer verilmiştir. Aynı zamanda ölçek değişkenleri ve katılımcılara ait bazı demografik özellikler arasında fark testleri gerçekleştirilerek yazılım sektöründe e-çalışmaya ilişkin bazı tespitlerde bulunulmuştur.

Tablo 1. E-çalışma ölçeği

| Alt Boyut | No | İfade |
|------------------|----|--|
| Örgütsel Güven | 1 | Kurumum, uzaktan çalışırken görevlerimi en iyi şekilde yapacağım konusunda bana güvenir. |
| | 2 | Uzaktan verimli çalışmak için uygun olanakları sağlayacağı konusunda kurumuma güveniyorum. |
| | 3 | Uzaktan çalışırken yöneticim, yaptığım her işin ayrıntısını kontrol ederek beni yönetmeye çalışmaz. |
| | 4 | Uzaktan çalışırken bana kariyer geliştirme fırsatları sağlayacağı konusunda yöneticime güveniyorum. |
| | 5 | Uzaktan çalışırken göz önünde olmamama rağmen işlerimi en iyi şekilde yapacağım konusunda yöneticim bana güvenir. |
| Esneklik | 6 | İşim o kadar esnek ki istediğim zaman uzaktan çalışmaya kolayca ara verebilirim. |
| | 7 | Yöneticim, tüm işlerin tamamlanması koşuluyla kişisel ihtiyaçlarımı karşılamak için çalışma saatlerimi esnetmeme izin veriyor. |
| | 8 | İşimi en iyi şekilde tamamlamam koşuluyla uzaktan çalışırken herhangi bir mekânsal kısıtlama yoktur. |
| | 9 | İş ve iş dışı yükümlülüklerime uygun şekilde gün içinde çalışma saatlerimi bölerek esnek bir şekilde çalışabiliyorum. |
| İş-Yaşam Dengesi | 10 | Uzaktan çalışmak, ailem/arkadaşlarımla veya diğer iş dışı faaliyetlerle geçirmek istediğim zamanı engellemiyor. |
| | 11 | Uzaktan çalışırken çalışma saatlerim dışında işle ilgili sorunları pek düşünmem. |
| | 12 | Uzaktan çalışırken iş-yaşam dengemden memnunum. |
| | 13 | Uzaktan çalışma sebebiyle işe erişimimin sürekli olmasının çok yorucu olmadığını düşünüyorum. |
| Verimlilik | 14 | Uzaktan çalışırken, tekrar kendime gelebilmek için işe ne zaman ara vermem gerektiğini biliyorum. |
| | 15 | Uzaktan çalıştığımda sosyal ilişkilerim zarar görüyor.* |
| | 16 | Uzaktan çalışırken işime daha iyi konsantre olabiliyorum. |
| | 17 | Uzaktan çalışmak, işlerimi tamamlama ve hedeflerime ulaşma konusunda beni daha etkin kılıyor. |
| | 18 | Uzaktan çalışırken işlerim bölünse bile yöneticimin kalite beklentilerini karşılarım. |
| | 19 | Uzaktan çalışma imkânım sayesinde genel olarak iş üretkenliğimin arttığını düşünüyorum. |
| | 20 | Uzaktan çalıştığımda işyerinden gelen iş talepleriyle daha etkin bir şekilde baş edebiliyorum. |

*Ters ifade

5.1. Açıklayıcı Bulgular

Aşağıda yer alan Tablo 2'de yazılım sektöründe faaliyet gösteren katılımcıların bazı demografik özelliklerine yer verilmiştir.

Tablo 2. Katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin bulgular

| Özellikler | F | % |
|----------------------|-----|------|
| <i>Cinsiyet</i> | | |
| Kadın | 45 | 34,1 |
| Erkek | 87 | 65,9 |
| <i>Eğitim Durumu</i> | | |
| Lisans | 114 | 86,4 |
| Lisansüstü | 18 | 13,6 |

Tablo 2'de görüldüğü üzere katılımcıların %65,9'unu erkek katılımcılar oluşturmaktadır. Talent Grid (2021) tarafından hazırlanan rapora göre Türkiye'de çalışan yazılımcıların %88,2'sini erkekler oluşturmaktadır. Rapordan bugüne geçen zaman içerisinde bu oranın kadınlar lehine iyileştiği (NTV, 2022) göz önüne alındığında çalışmada örneklemindeki erkek-kadın oranının sektör dinamikleri ile uyumlu olduğu ifade edilebilir. Katılımcıların eğitim durumları incelendiğinde ise %86,4'ünün lisans seviyesinde eğitim aldığı görülmektedir. Tarafımızca, sektörde diplomadan ziyade yetenek ve becerilerin ön plana çıkması, örgün eğitimin ikinci planda kalmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3, katılımcılara iş hayatıyla ilgili sorulara verilen cevapları içermektedir. Buna göre, katılımcıların bir yazılımcı olarak ortalama çalışma süresi 8,44 yıl olarak tespit edilmiştir. Katılımcılar arasında iş hayatına yeni başlayanlar olduğu gibi 20 yıldan fazla faaliyet gösteren yazılımcılar da bulunmaktadır. Benzer şekilde

uzaktan çalışma sürelerine bakıldığında ise katılımcıların ortalama 3,12 yıldır uzaktan çalıştığı görülmektedir. Verilerin 2023 yılı altıncı ila dokuzuncu ayları arasında toplandığı göz önüne alındığında ortalama uzaktan çalışma süresinin hemen hemen Covid-19 pandemi dönemiyle eşleştiği söylenebilir. Yapılan birçok araştırma pandemiyle birlikte ülkemizde de uzaktan çalışma uygulamalarının hız kazandığını ve arttığını göstermektedir (Bilginoğlu, 2021: 1100; Baycık ve diğerleri, 2021: 1721). Bununla birlikte yazılım sektöründe belli alanlarda uzun süreden bu yana uzaktan çalışma yöntemlerinin uygulandığı bilinmekte ve elde edilen bulgulardan da böyle olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3. Katılımcıların çalışma hayatına ilişkin bulgular

| <i>İfade</i> | <i>Ort.</i> | <i>Maks.</i> |
|--|-------------|--------------|
| Yazılımcı olarak toplam çalışma süresi (yıl) | 8,44 | 26 |
| Yazılımcı olarak toplam uzaktan çalışma süresi (yıl) | 3,12 | 23 |
| Günlük ortalama uzaktan çalışma süresi (saat) | 7,59 | 12 |

5.2. Güvenilirlik Analizleri

E-Çalışma Ölçeği'nin çeviri sonrası güvenilirlik ve geçerlilik analizleri kapsamında öncelikle güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Güvenilirlik, ilgili ölçeğin farklı zaman, durum, örneklem ve konumda tekrar edildiğinde aynı sonuçları göstermesi olarak ifade edilmektedir (Gegez, 2010: 185). Güvenilirlik düzeyini ölçmede yaygın bir şekilde kullanılan yöntem Cronbach Alfa katsayı değerinin incelenmesidir. Verinin güvenilir sayılabilmesi için bu katsayının alması gereken değer aralıkları bulunmaktadır. Bu güven aralıkları için farklı referans değerleri bulunsun da en kabul gören değerler şu şekildedir (Kalaycı, 2016: 405; Hair ve diğerleri, 2000: 391):

- Ölçek güvenilirlik sınırlarının altında: $\alpha < 0.40$
- Düşük güvenilirlik düzeyi: $0.40 \leq \alpha < 0.60$
- Oldukça güvenilir düzey: $0.60 \leq \alpha < 0.80$
- Yüksek güvenilirlik düzeyi: $0.80 \leq \alpha < 1.00$

Ölçek ve alt boyutlara ilişkin Cronbach Alfa katsayıları hesaplanmıştır. Ölçek tutarlılığını arttırmak için güvenilirliği negatif etkileyen ifadeler ölçekten çıkarılmıştır. İfadeler çıkarıldıktan sonra tekrar gerekli analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 4'te paylaşılmıştır.

Tablo 4. Ölçeklere ait güvenilirlik katsayıları

| <i>Ölçek/Alt Boyut</i> | <i>İlk Aşama</i> | | <i>İkinci Aşama</i> | |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | <i>Değişken Sayısı</i> | <i>Cronbach's Alpha</i> | <i>Değişken Sayısı</i> | <i>Cronbach's Alpha</i> |
| E-Çalışma Ölçeği | 20 | 0,84 | 16 | 0,84 |
| 1.Alt Boyut: Örgütsel Güven | 5 | 0,79 | 4 | 0,81 |
| 2.Alt Boyut: Esneklik | 4 | 0,77 | 3 | 0,80 |
| 3.Alt Boyut: İş-Yaşam Dengesi | 6 | 0,58 | 4 | 0,65 |
| 4.Alt Boyut: Verimlilik | 5 | 0,91 | 5 | 0,91 |

Bulgulara göre E-Çalışma Ölçeği'nin Cronbach's Alpha güvenilirlik katsayı 0.84 olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla ölçek bir bütün olarak yüksek derecede güvenilir. Alt boyutlarda ise bazı revizyonlar gerçekleştirilmiştir. Örgütsel Güven alt boyutunda ORG2, Esneklik alt boyutunda ESN1, İş-Yaşam Dengesi alt boyutunda İYD1 ve İYD6 ifadeleri güvenilirliği negatif etkilediği için değişkenlerden çıkarılmıştır. Son durumda alt boyutlardan İş-Yaşam Dengesi değişkeni oldukça güvenilir, diğer tüm değişkenler ise yüksek derecede güvenilir olarak tespit edilmiştir. Tablo 5'te ise madde toplam puan bağıntı katsayıları gösterilmektedir.

Güvenilirliği düşüren maddeler ölçekten çıkartıldıktan sonra kalan tüm maddelerin korelasyon değerlerinin uygun sınırlar olarak kabul edilen değerlerin (0,20) üzerinde (Büyüköztürk, 2019: 183) olduğu belirlenmiştir.

5.3. Geçerlilik Analizleri

Güvenilirlik analizleri sonrası ölçeğe ilişkin geçerlilik analizleri (açımlayıcı ve doğrulayıcı faktör analizleri) gerçekleştirilmiştir. Bulgular aşağıda yer alan başlıklarda paylaşılmıştır.

5.3.1. Açımlayıcı Faktör Analizi

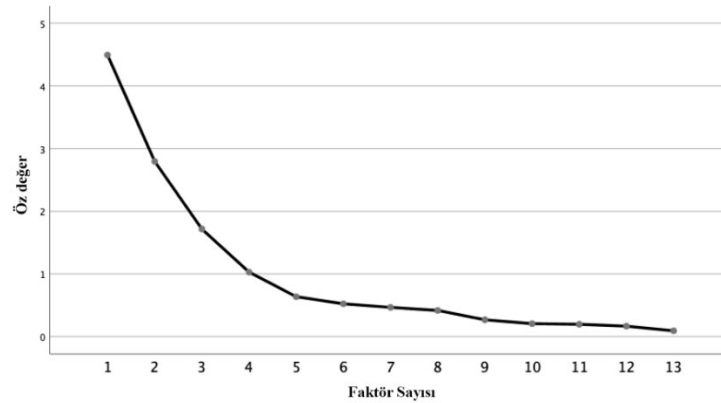
Verilerin faktör analizine uygunluğu Kaiser Meyer Olkin (KMO) katsayısı incelenerek ve Barlett (Sphericity) Küresellik analizi ile test edilebilmektedir (Büyüköztürk, 2019: 136). Faktör analizi için KMO katsayı değerinin 0.50'in üzerinde ve Barlett Sphericity testinin .05 düzeyinde anlamlı olması açımlayıcı faktör analizine devam etmek için yeterli olduğu ifade edilmektedir (Kalaycı, 2016: 322). E-Çalışma Ölçeği'ne ait

analiz sonuçlarına göre KMO katsayısı .77 ve Barlett Sphericity değerinin $\chi^2=1052,355$ ($p<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Bulgular verilerin faktör analizi için uygun değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Açımlayıcı faktör analizi sonuçlarına göre ölçek maddelerinin öz değeri (eigenvalue) 1'den büyük olan 4 faktör altında toplanmaktadır. Aşağıda yer alan Şekil 1'de faktör sayısı ve öz değer ilişkisi gösterilmiştir.

Tablo 5. Ölçeğin toplam madde korelasyonları

| Madde | Düzeltilmiş Madde Toplam Korelasyonu | Madde Çıkartıldığında Ölçeğin Cronbach Alfası | Madde | Düzeltilmiş Toplam Madde Korelasyonu | Madde Çıkartıldığında Ölçeğin Cronbach Alfası |
|-------|--------------------------------------|---|-------|--------------------------------------|---|
| ORG1 | 0,540 | 0,838 | İYD3 | 0,392 | 0,843 |
| ORG3 | 0,484 | 0,839 | İYD4 | 0,373 | 0,854 |
| ORG4 | 0,552 | 0,835 | İYD5 | 0,407 | 0,842 |
| ORG5 | 0,598 | 0,834 | VRM1 | 0,369 | 0,844 |
| ESN2 | 0,555 | 0,835 | VRM2 | 0,459 | 0,840 |
| ESN3 | 0,568 | 0,836 | VRM3 | 0,654 | 0,834 |
| ESN4 | 0,547 | 0,835 | VRM4 | 0,557 | 0,836 |
| İYD2 | 0,285 | 0,848 | VRM5 | 0,537 | 0,836 |

E-Çalışma Ölçeği Cronbach Alfa Katsayısı: 0.848



Şekil 1. Faktör sayısı ve öz değer ilişkisi

Açımlayıcı faktör analizi sonucunda toplam açıklanan varyans %77,18'dir. Bu değer bir faktör açıklayıcılığı için yeterli bir oran olarak belirtilmektedir (Büyüköztürk, 2019: 135). Dolayısıyla mevcut varyans değerinin yüksek bir açıklama gücüne sahip olduğu ifade edilebilir.

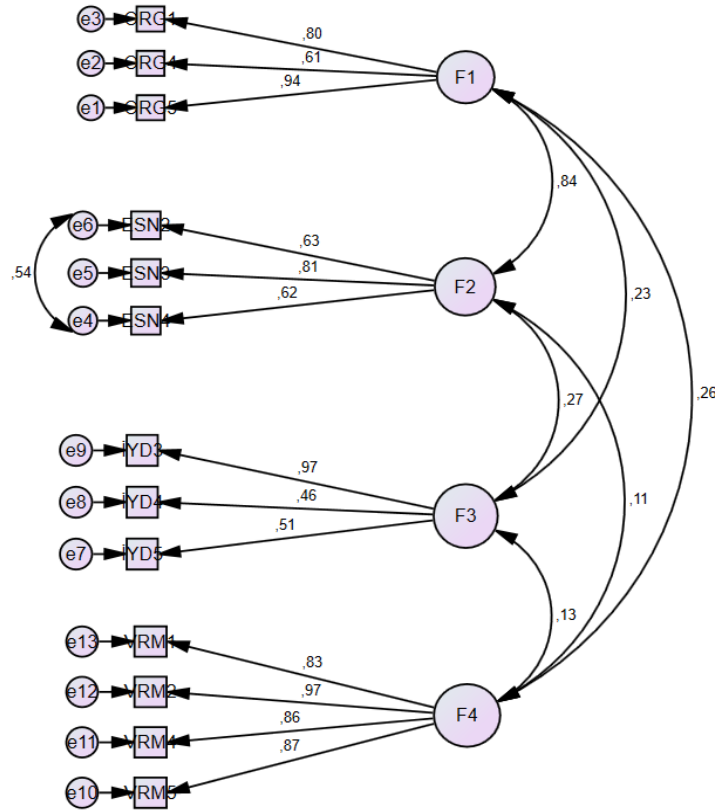
Tablo 6. Açımlayıcı faktör analizi sonuçları

| Faktör | İfade | Faktör Yüğü | Faktörün Açıklayıcılığı (%) |
|---|-------|-------------|-----------------------------|
| Örgütsel Güven | ORG1 | 0,782 | 34,56 |
| | ORG4 | 0,632 | |
| | ORG5 | 0,755 | |
| Esneklik | ESN2 | 0,903 | 7,91 |
| | ESN3 | 0,522 | |
| | ESN4 | 0,883 | |
| İş-Yaşam Dengesi | İYD3 | 0,837 | 13,20 |
| | İYD4 | 0,676 | |
| | İYD5 | 0,780 | |
| Verimlilik | VRM1 | 0,952 | 21,50 |
| | VRM2 | 0,955 | |
| | VRM4 | 0,826 | |
| | VRM5 | 0,882 | |
| Toplam | | | 77,18 |
| Kaiser - Meyer – Olkin Örneklem Yeterliliği | | | 0,79 |
| Bartlett's Küresellik Testi | | | Ki-kare değeri |
| | | | p değeri |
| | | | 1052,355 |
| | | | 0.000 |

Tablolarda yer alan bulgulardan da anlaşılacağı üzere açımlayıcı faktör analizi kapsamında örgütsel güven, iş-yaşam dengesi ve verimlilik alt boyutlarına ait birer ifade (ORG3, İYD2, VRM3) faktör yükü dağılımlarındaki tutarsızlık sebebiyle değişkenlerden çıkartılmıştır. Kalan ölçek maddelerinin faktör yükleri 0,52 ile 0,95 arasında tespit edilmiştir. Faktör yük değeri 0,30 üzerinde olması gerektiği belirtilmektedir (Büyüköztürk, 2019: 134). İlgili faktör ortak varyansı ve faktör yük değerleri Tablo 6'da yer almaktadır.

5.3.2. Doğrulayıcı Faktör Analizi

Yapı geçerliliğini test etmek için gerçekleştirilen doğrulayıcı faktör analizi sonuçlarının geçerli kabul edilebilmesi modele ait uyum indekslerinin yeterlilik göstermesine bağlıdır. Altta şeklide doğrulayıcı faktör analizi kapsamında kurulan yapıyı ve analiz sonuçlarına göre faktör dağılımları yer almaktadır.



Şekil 2. Doğrulayıcı faktör analiz modeli

Bulgular incelendiğinde ki-kare değerinin serbestlik derecesine oranının (2,754), RMSEA=0.04, NFI=0.86, RFI=0.80, CFI=0.90 ve IFI=0.90 olarak görülmektedir. Tespit edilen oran ve uyum değerlerinin kabul edilebilir ve yeterli bir uyum seviyesini göstermektedir (Çokluk ve diğerleri, 2010: 315). Dolayısıyla uyum indekslerine göre modelin yapı geçerliliğini sağladığı ifade edilebilir.

Tablo 7. Doğrulayıcı faktör analizi sonuçları

| Boyut | Değişken | F1 | F2 | F3 | F4 |
|------------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| Örgütsel Güven | ORG1 | 0,803 | | | |
| | ORG4 | 0,613 | | | |
| | ORG5 | 0,937 | | | |
| Esneklik | ESN2 | | 0,628 | | |
| | ESN3 | | 0,812 | | |
| | ESN4 | | 0,620 | | |
| İş-Yaşam Dengesi | İYD3 | | | 0,967 | |
| | İYD4 | | | 0,456 | |
| | İYD5 | | | 0,513 | |
| Verimlilik | VRM1 | | | | 0,832 |
| | VRM2 | | | | 0,971 |
| | VRM4 | | | | 0,858 |
| | VRM5 | | | | 0,869 |

Uyum Değerleri: $\chi^2/df=2,754$ CFI=0,90 NFI=0,86, RFI=0,80 RMSEA=0,04 IFI= 0,90

Tablo 7, doğrulayıcı faktör analizi sonrası maddelerin faktör yükü dağılımlarını göstermektedir. Uyum değerlerinin iyi düzeyde olduğu analizde faktör yüklerinin de yeterli dağılım gösterdiği görülmektedir.

5.4. Fark Testleri

Araştırma kapsamında yazılım sektöründeki uzaktan çalışma durumunun E-Çalışma Ölçeği alt boyutları bağlamında örgütsel güven, esneklik, iş-yaşam dengesi ve verimlilik değişkenleriyle ilişkisi araştırılmıştır.

Bu inceleme için gerekli olan fark testleri öncesi verilerin normal dağılım gösterip göstermediği incelenmiştir. Verilerin basıklık ve çarpıklık değerleri uygun aralıklarda olduğu için normal dağılım (Tabachnick ve Fidell, 2015: 79-83). gösterdiği için parametrik analizler için uygun olduğu kabul edilmiştir. Fark testleri için bağımsız örneklem t testi yapılmış ve bulgular paylaşılmıştır.

Tablo 8. Cinsiyete göre değişkenlere ilişkin fark testleri

| Değişken | Cinsiyet | N | Ort. | S.S. | t | p |
|------------------|----------|----|------|------|-------|-------|
| E-Çalışma | Erkek | 87 | 3,98 | ,43 | 4,585 | ,000* |
| | Kadın | 45 | 3,54 | ,67 | | |
| Örgütsel Güven | Erkek | 87 | 4,13 | ,66 | 2,581 | ,011* |
| | Kadın | 45 | 3,75 | 1,03 | | |
| Esneklik | Erkek | 87 | 4,09 | ,93 | 1,420 | ,158 |
| | Kadın | 45 | 3,84 | ,97 | | |
| İş-Yaşam Dengesi | Erkek | 87 | 3,68 | ,64 | 2,201 | ,030* |
| | Kadın | 45 | 3,42 | ,69 | | |
| Verimlilik | Erkek | 87 | 4,01 | ,72 | 4,816 | ,000* |
| | Kadın | 45 | 3,25 | 1,08 | | |

*p<0,05

Cinsiyete göre değişkenlere ilişkin farklılıklara bakıldığında e-çalışma, örgütsel güven, iş-yaşam dengesi ve verimlilik boyutlarında istatistiki olarak anlamlı (p<0,05) sonuçlar tespit edilmiştir (Tablo 8). E-Çalışma değişkeni incelendiğinde erkek katılımcıların ortalamalarının (3,98) kadın katılımcılara (3,54) göre yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre erkeklerin kadınlara göre uzaktan çalışma konusunda olumlu algılarının nispeten daha yüksek olduğu ifade edilebilir.

Örgütsel güven boyutuna bakıldığında yine erkek katılımcıların (4,13) kadın katılımcılara (3,75) daha yüksek ortalamaları, erkeklerin uzaktan çalışma bağlamında örgütsel güven algılarının daha yüksek olduğu söylenebilir.

İş-Yaşam dengesi boyutunda ise erkek katılımcılar (3,68) yine kadın katılımcılardan (3,42) daha yüksek ortalamalara sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu tespite göre erkekler açısından, uzaktan çalışmanın iş-yaşam dengesine negatif etkisinin daha az olduğu ifade edilebilir.

Son olarak verimlilik boyutunda yüksek bir farkla erkek katılımcılar (4,01) kadın katılımcılara (3,25) göre daha yüksek ortalamaya sahiptir. Bu bulgu da erkeklerin uzaktan çalışmanın verimliliğe katkısının pozitif olduğu algısına daha fazla sahip oldukları şeklinde yorumlanabilir. Kadın katılımcılar ise verimlilik konusunda neredeyse nötr sayılabilecek bir noktada bulunmaktadır.

Tablo 9. Çalışma süresine göre değişkenlere ilişkin fark testleri

| Değişken | Çalışma Süresi | N | Ort. | S.S. | t | p |
|------------------|----------------|----|------|------|--------|--------|
| E-Çalışma | Ort. Altı | 75 | 3,78 | 0,66 | -1,265 | 0,000* |
| | Ort. Üstü | 57 | 3,90 | 0,39 | | |
| Örgütsel Güven | Ort. Altı | 75 | 3,94 | 0,93 | -,974 | 0,063 |
| | Ort. Üstü | 57 | 4,08 | 0,64 | | |
| Esneklik | Ort. Altı | 75 | 4,05 | 0,90 | ,631 | 0,328 |
| | Ort. Üstü | 57 | 3,94 | 1,01 | | |
| İş-Yaşam Dengesi | Ort. Altı | 75 | 3,60 | 0,67 | ,030 | 0,780 |
| | Ort. Üstü | 57 | 3,59 | 0,66 | | |
| Verimlilik | Ort. Altı | 75 | 3,59 | 1,04 | -2,368 | 0,026* |
| | Ort. Üstü | 57 | 3,97 | 0,72 | | |

*p<0,05

Tablo 9, katılımcıların çalışma süresine göre değişkenlerin farklılaşıp farklılaşmadığını göstermektedir. Tabloya göre yalnızca e-çalışma ve verimlilik boyutlarında istatistiki olarak anlamlı farklılaşma tespit edilmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere katılımcıların ortalama çalışma süresi 8,44 yıldır. Bu tabloda belirtilen ortalama altı ifadesi bu ortalamadan daha az çalışanları, ortalama üstü ifadesi ise bu ortalamadan daha fazla çalışanları göstermektedir.

E-Çalışma değişkeni incelendiğinde ortalama üstü çalışma süresine sahip olan katılımcıların (3,90) ortalama altı çalışma süresine sahip katılımcılara (3,78) göre yüksek ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Buna göre daha uzun çalışma süresine sahip olan katılımcıların uzaktan çalışma algılarının daha olumlu olduğu ifade edilebilir.

Verimlilik boyutunda ise ortalama üstü çalışma süresine sahip olan katılımcıların (3,97) ortalama altı çalışma süresine sahip katılımcılara (3,59) göre yüksek ortalamaya sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu,

daha uzun çalışma süresine sahip olan katılımcıların uzaktan çalışmanın verimliliğe pozitif katkısının daha fazla olduğunu düşündükleri şeklinde yorumlanabilir.

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Uzaktan çalışma birçok araştırmaya farklı yönleriyle konu olmuştur. Örneğin, uzaktan çalışmanın artan önemi (Bilginoğlu, 2021; Franken ve diğerleri, 2021); uzaktan çalışmanın verimlilik ve etkinlik üzerindeki etkileri (Kowalski ve Slebarska, 2022; Pokojski ve diğerleri, 2022; Toscano ve Zappala, 2021) ve uzaktan çalışanların ruh hali, motivasyonları ve işe-işverene bakışı (Aslan ve diğerleri, 2021; Charalampous, 2019; Uşen, 2020). Uzaktan çalışma, akademik araştırmaların yanında pratik anlamda da karşılık bulmuş, her geçen gün yaygınlaşan ve dönüşen bir uygulama haline gelmiştir. Durum bu iken, uzaktan çalışmanın maliyeti, çalışanların verimliliği ve faaliyetlerin sürdürülebilirliği gibi nedenler uzaktan çalışmanın ölçümünü çok önemli kılmaktadır. Bu çalışma kapsamında Türkçeye kazandırılan E-Çalışma Ölçeği, bu ihtiyacın giderilmesi için önemli bir araç olma potansiyeli taşımaktadır. Ölçek sayesinde işletmeler ve yöneticiler, uzaktan çalışmaya ilişkin temel ihtiyaç, sorun ve gereklilikleri görebilecek ve stratejiler belirleyebileceklerdir. Ölçek, özellikle insan kaynakları profesyonelleri ve akademisyenler için iş verimliliği, esneklik ve iş-yaşam dengesi değişkenlerinin ölçümüne imkân sağlamaktadır (Grant ve diğerleri, 2019).

Ölçeğin, temelde, uzaktan çalışanların verimliliklerini ve motivasyonlarını sağlamak/desteklemek için kuruluşlara, işverenlere ve yöneticilere stratejiler geliştirmelerine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Uzaktan çalışmanın ölçülmesi, çalışanların iyi oluş halinin devamını sağlarken aynı zaman üretkenliklerinin artırılması için işverenlere destek sağlayacaktır. Tüm bunlarla birlikte Charalampous ve diğerlerinin (2023) geliştirdiği bu ölçekle yapılan araştırmalarda, ölçeğin her bir boyutuyla uzaktan çalışanın ruh sağlığı, işten kopuş ve tekno-stres arasında anlamlı ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, gelecek çalışmalar için araştırmacılara yol gösterici olabilir.

Uzaktan çalışma konusunda Türkçe literatürde birçok çalışma bulunsa da uzaktan çalışmanın çalışanlar üzerindeki etkilerini ve çalışanların uzaktan çalışma konusundaki algılarını ölçen sınırlı sayıda araca rastlanmıştır. Bu durum da çalışmanın önemini arttırmaktadır. Türkçeye uyarlanması yapılan ölçek özellikle Türkiye’de faaliyet gösteren işletmelerin uzaktan çalışan personelinin motivasyon ve verimliliklerini ölçmeleri için bir rehber niteliği taşımaktadır. Ek olarak, çalışmanın pilot incelemesinin yazılım sektöründe gerçekleştirilmiş olması diğer sektörlerde uygun olmadığı anlamına gelmemektedir. Ölçek, uzaktan çalışma yöntemlerini kullanan tüm sektör ve şirketler için uygun nitelikler taşımaktadır.

Son olarak, ölçeğin farklı örneklem ve sektörlerde kullanılması, değerlendirilmesi ve incelenmesi ölçeğin geçerlilik ve güvenilirliğini güçlendireceği düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda çevik yönetim, tekno-stres gibi farklı kavramlarla birlikte gerçekleştirilecek araştırmaların alan yazına önemli katkılar sunacağı ifade edilebilir.

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the author.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Bu çalışma için Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Etik Kurulu’nun 14.04.2023 tarihli ve 2023-4 numaralı kararı ile onay alınmıştır.
For this study, the approval of the Ethics Committee of Bandırma Onyedi Eylül University Social and Human Sciences Ethics Committee was obtained with the decision dated 14.04.2023 and numbered 2023-4.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the author(s) that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi’nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Allen, T.D., Golden, T.D. ve Shockley, K.M. (2015). "How Effective Is Telecommuting? Assessing the Status of Our Scientific Findings", *Psychological Science in the Public Interest*, 16(2), 40-68.
- Arunmozhi, M., Kumar, R.K. ve Srinivasa, B.A. (2021). "Impact of COVID-19 on Global Supply Chain Management. In Managing Supply Chain Risk and Disruptions: Post COVID-19", *Springer: Cham*, 1-18.
- Aslan, M., Karakuş Uysal Ş. ve Oğuzhan, Y.S. (2021). "Uzaktan Çalışma, İş Yaşam Dengesi, İş Doyumu ve Yaşam Doyumu Arasındaki İlişkilerin Teorik Perspektiften İncelenmesi", *5. International Paris Conference on Social Sciences*, 7-8 Şubat 2021, Fransa.
- Barber, K.L. ve Santuzzi, A.M. (2015). "Please Respond ASAP: Workplace Telepressure and Employee Recovery", *Journal of Occupational Health Psychology*, 20(2), 172-189.
- Barney, J. (1991). "Firm Resources and Sustained Competitive Advantage", *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Baruch, Y. (2000). "Teleworking: Benefits and Pitfalls as Perceived by Professionals and Managers", *New Technology, Work and Employment*, 15(1), 34-49.
- Başol, O. ve Çömlekçi, M. (2021). "Uzaktan Çalışmanın Sosyal ve Demografik Değişkenlerle İlişkisi", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 16(3), 755-776.
- Baycık, G., Yangın, D.D., Oğuzhan, Y.A.Y. ve Doğan, S. (2021). "Covid 19 Pandemisinde Uzaktan Çalışma: Tespit ve Öneriler", *Çalışma ve Toplum*, 3(70), 1683-1728.
- Bilginoğlu, E. (2021). "COVID-19 Pandemisi Sırasında Uzaktan Çalışmanın Artan Önemi: Bilinen Yanlışlar ve Doğruları", *Çalışma ve Toplum*, 2(69), 1099-1146.
- Blazhevski, S., Mileva, I. ve Bojadjev, M. (2021). "The Relationship Between Remote Work and Job Satisfaction: The Mediating Roles of Social Interaction and Work-Family Conflict", *16th Annual International Conference on European Integration*, Eylül 2021.
- Boell, S.K., Cecez-Kecmanovic, D. ve Campbell, J. (2016). "Telework Paradoxes and Practices: The Importance of the Nature of Work", *New Technology, Work and Employment*, 31, 114-131.
- Brislin, R. W., Brislin, R. W., Lonner, W. J. ve Thorndike, R. M. (1973). "Cross-Cultural Research Methods", J. Wiley, New York.
- Brough, P., Timms, C., Chan, X. W., Hawkes, A. ve Rasmussen, L. (2020). "Work-life Balance: Definitions, Causes, and Consequences", *Handbook of Socioeconomic Determinants of Occupational Health: From Macro-Level to Micro-level Evidence* (Editör: Theorell, T.), Springer, 473-487.
- Bump, P. (2024). "60 Remote Work Stats to Know in 2024", <https://blog.hubspot.com/marketing/remote-work-stats>, (Erişim Tarihi: 29.07.2024)
- Büyüköztürk, Ş. (2019). "Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı", Pegem Akademi, Ankara.
- Charalampous M., Grant C.A., Tramontano C. ve Michailidis E. (2019) "Systematically Reviewing Remote E-workers' Well-being at Work: A Multidimensional Approach", *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 28(1), 51-73.
- Charalampous, M., Grant, C.A. ve Tramontano, C. (2022). "It Needs to be the Right Blend": A Qualitative Exploration of Remote E-workers' Experience and Well-Being at Work", *Employee Relations*, 44(2), 335-355.
- Charalampous, M., Grant, C.A. ve Tramontano, C. (2023). "Getting the Measure of Remote E-working: A Revision and Further Validation of the E-work Life Scale", *Employee Relations: The International Journal*, 45(1), 45-68.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş. (2010). "Çok Değişkenli İstatistik SPSS ve LISREL Uygulamaları", Pegem Akademi Yayınları, Ankara.
- Di Martino, V. ve Wirth, L. (1990). "Telework: A New Way of Working and Living", *International Labour Review*, 129(5), 529.
- Euronews (2023). "Evden Çalışırken Zaman Tasarrufu", <https://tr.euronews.com/2023/01/30/uzaktan-calisma-turk-calisanlar-yoldan-tasarruf-ettikleri-69-dakikanin-27sini-yine-ise-har>, (Erişim Tarihi: 20.07.2024)
- Felstead, A. ve Henseke, G. (2017). "Assessing the Growth of Remote Working and Its Consequences for Effort, Well-being and Work-life Balance", *New Technology, Work and Employment*, 32(3), 195-212.
- Fonner, K.L. ve Roloff, M.E. (2010). "Why Teleworkers are More Satisfied with Their Jobs than are Office-based Workers: When Less Contact is Beneficial", *Journal of Applied Communication Research*, 38, 336-361.
- Franken, E., Bentley, T., Shafaei, A., Farr-Wharton, B., Onnis, L.A. ve Omari, M. (2021). "Forced Flexibility and Remote Working: Opportunities and Challenges in the New Normal", *Journal of Management & Organization*, 27(6), 1131-1149.
- Gegez, E. (2010). "Pazarlama Araştırmaları", Beta Yayınları, İstanbul.

- Giuliano, V.E. (1981). "Teleworking: A Prospectus - Part I", *Telephony*, 200(2), 67.
- Golden, T.D. ve Gajendran, R.S. (2019). "Unpacking the Role of A Telecommuter's Job in Their Performance: Examining Job Complexity, Problem Solving, Interdependence, and Social Support", *Journal of Business and Psychology*, 34(1), 55-69.
- Grant, C., Wallace, L. ve Spurgeon, P. (2013). "An Exploration of the Psychological Factors Affecting Remote E-Worker's Job Effectiveness, Well-Being and Work-Life Balance", *Employee Relations*, 35(5), 527-546.
- Grant, C.A., Wallace, L.M., Spurgeon, P.C., Tramontano, C. ve Charalampous, M. (2019). "Construction and Initial Validation of the E-Work Life Scale to Measure Remote E-working", *Employee Relations*, 41(1), 16-33.
- Greenblatt, E. (2002). "Work-life Balance: Wisdom or Whining", *Organisational Dynamics*, 31(2), 177-193.
- Haan, K. (2023). "Remote Work Statistics and Trends In 2024", https://www.forbes.com/advisor/business/remote-work-statistics/#sources_section, (Erişim Tarihi: 25.07.2024)
- Hair, J.F., Bush, R.P. ve Ortinau, D.J. (2000). "Marketing Research: A Practical Approach for the New Millennium", Irwin Professional Publishing.
- Igbaria, M. ve Guimaraes, T. (1999). "Exploring Differences in Employee Turnover Intentions and Its Determinants Among Telecommuters and Non-telecommuters", *Journal of Management Information Systems*, 16, 147-164.
- Jeffrey Hill, E., Martinson, V. ve Ferris, M. (2004), "New-concept Part-time Employment as a Workfamily Adaptive Strategy for Women Professionals with Small Children", *Family Relations*, 53(3), 282-292.
- Kalaycı, Ş. (2016). "SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri", Asil Yayın, Ankara.
- Kelliher, C. ve Anderson, D. (2010). "Doing More with Less, Flexible Working Practices and the Intensification of Work", *Human Relations*, 63(1), 83-106.
- Kirchmeyer, C. (2000). "Work-life Initiatives: Greed or Benevolence Regarding Workers' Time?", *Trends in Organizational Behavior: Time in Organizational Behavior*, Wiley, Chichester, 79-94.
- Kossek, E.E. ve Lautsch, B.A. (2018). "Work-life Flexibility for Whom? Occupational Status and Work-life Inequality in Upper, Middle, and Lower Level Jobs", *Academy of Management Annals*, 12(1), 5-36.
- Kowalski, G. ve Slebarska, K. (2022). "Remote Working and Work Effectiveness: A Leader Perspective", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15326.
- Manpower Argus (2000). "Flexitime Gains in Popularity in Germany", Eylül(4).
- Martino, J.P. (1979). "Telecommunications in The Year 2000", *Futurist*, 13(2), 95-103.
- Nilles, J. (1975). "Telecommunications and Organizational Decentralization", *IEEE Transactions on Communications*, 23(10), 1142-1147.
- NTV (2022). "Yazılım Endüstrisinde Kadın İstihdamı Artıyor", <https://www.ntv.com.tr/teknoloji/yazilim-endustrisinde-kadin-istihdami-artiyor.L-Y5LRUCGEGcYjss2eO4OA>, (Erişim Tarihi: 14 Şubat 2024).
- O'Donnellan, R. (2024). "Remote Working Statistics You Need to Know in 2024", <https://www.intuition.com/remote-working-statistics-you-need-to-know-in-2024/>, (Erişim Tarihi: 10.08.2024).
- Olson, M.H. (1983). "Remote Office Work: Changing Work Patterns in Space and Time", *Communications of the ACM*, 26 (3), 182-187.
- Pokojski, Z., Kister, A. ve Lipowski, M. (2022). "RemoteWork Efficiency from the Employers' Perspective-What's Next?" *Sustainability*, 14, 4220.
- Pyöriä, P. (2005). "The Concept of Knowledge Work Revisited", *Journal of Knowledge Management*, 9, 116-127.
- Richman, A.L., Civian, J.T., Shannon, L.L., Jeffrey Hill, E. ve Brennan, R.T. (2008). "The Relationship of Perceived Flexibility, Supportive Work-Life Policies, and use of Formal Flexible Arrangements and Occasional Flexibility to Employee Engagement and Expected Retention", *Community, Work and Family*, 11(2), 183-197.
- Shellenbarger, S. (2003). "Naitonal Study of the Changing Workforce", *Wall Street Journal*, September, 2.
- Shirmohammadi, M., Au, W.C. ve Beigi, M. (2022). "Remote Work and Work-life Balance: Lessons Learned from the Covid-19 Pandemic and Suggestions for HRD Practitioners", *Human Resource Development International*, 25(2), 163-181.
- Singh, B., Kaunert, C. ve Vig, K. (2024). "Harmonizing Productivity of Employees via Work-Life Balance in Remote Working : Projecting Sound Sleep, Health, and Well-Being for Boosting Organizational Performance", *Cases on Managing Dairy Productive Chains*, IGI Global, 162 – 178.
- Statista (2024). "Percentage of Employed People Usually Working from Home in Europe 2022, by Country", <https://www.statista.com/statistics/879251/employees-teleworking-in-the-eu/>, (Erişim Tarihi: 11.08.2024).

- Sullivan, B. (2020). "Coronavirus Could be a Tipping Point (Finally) for Telecommuting", <https://www.geekwire.com/2020/coronavirus-tipping-point-finally-telecommuting/>, (Erişim Tarihi 20.04.2024).
- Tabachnick, B.G. ve Fidell, L.S. (2015). "Çok Değişkenli İstatistiklerin Kullanımı", (Çev. Ed. Mustafa Baloğlu), Nobel, Ankara.
- Talent Grid (2021). "TR Yazılımda Kadın Raporu", https://talentgrid.io/wp-content/uploads/2021/02/TalentGrid_TR-Yaz%C4%B1%C4%B1mda-Kad%C4%B1n-Raporu_2021.pdf, (Erişim Tarihi: 14 Şubat 2024).
- Tarafdar, M., Tu, Q. ve Ragu-Nathan, T.S. (2010). "Impact of Technostress on End-user Satisfaction and Performance", *Journal of Management Information Systems*, 27(3), 303-334.
- Ter Hoeven, C.L. ve Van Zoonen, W. (2015). "Flexible Work Designs and Employee Well-being: Examining the Effects of Resources and Demands", *New Technology, Work and Employment*, 30, 237-255.
- Toscano, F. ve Zappalà, S. (2021). "Overall Job Performance, Remote Work Engagement, Living with Children, and Remote Work Productivity During the COVID-19 Pandemic", *European Journal of Psychology Open*.
- Upwork (2019). "Third Annual "Future Workforce Report" Sheds Light on How Younger Generations are Reshaping the Future of Work", <https://www.upwork.com/press/2019/03/05/third-annual-future-workforce-report/>, (Erişim Tarihi 13.04.2024).
- Uşen, Ş. (2020). "COVID-19 Salgını Döneminde "Zorunlu" Evden Çalışma: İş ve Özel Yaşama Etkileri", İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi İnsan Kaynakları Araştırma Merkezi, İstanbul.
- Yıldırım, Ö. (2024). "TİSK Yönetim Kurulu Başkanı Akkol: Türkiye'de çalışan nüfusun yüzde 30'u için uzaktan çalışma mümkün", <http://v.aa.com.tr/3205330>, (Erişim Tarihi: 25.07.2024).

Yeni Ekonomik Coğrafya Perspektifinden İhracat Yoğunlaşması: Avrupa Birliği Örneği*

Nihal Altun¹ , Aykut Şarkgüneşi² 

ÖZET

Amaç: Avrupa Birliği'nde ihracat yoğunlaşmasının varlığını araştırmak ve Yeni Ekonomik Coğrafya perspektifinden açıklanabilirliğini değerlendirmektir. Çalışma, ihracatın neden ve nasıl yoğunlaştığını, bu süreci etkileyen ekonomik ve coğrafi faktörleri incelemeyi hedeflemektedir.

Yöntem: Yeni Ekonomik Coğrafya teorik arka planı çerçevesinden 2005-2019 yılları aralığında ihracat yoğunlaşması 20 Avrupa Birliği ülkesi için Statik ve Dinamik Panel Veri yöntemleri kullanılarak analiz edilmektedir. İhracat yoğunlaşması lokasyon katsayısı ile hesaplandıktan sonra Yeni Ekonomik Coğrafya bileşenleri ile analiz edilmiştir.

Bulgular: Yeni Ekonomik Coğrafya bileşenleri Avrupa Birliği'nde, ihracat yoğunlaşmasını anlamlı şekilde açıklamaktadır. Bölgedeki işgücü verimliliği, bilgi dışsallıkları ihracat yoğunlaşmasını pozitif etkilerken, döviz kurları, ölçek ekonomileri, mesafe ve ortalama ücret ihracat yoğunlaşmasını negatif etkilemektedir.

Özgünlük: Literatürdeki çalışmalar, yığılmaları ihracat performansı ya da sektör yoğunlaşması olarak ele alırken bu çalışmada Avrupa Birliği'nde ihracatın yoğunlaşması ve Yeni Ekonomik Coğrafya teorik arka planının bu olguyu açıklayabilme kabiliyeti araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeni Ekonomik Coğrafya, Yığılmalar, İhracat Yoğunlaşması.

JEL Kodları: F15, R11, F19.

Export Concentration from the New Economic Geography Perspective: The Case of the European Union

ABSTRACT

Purpose: To investigate the existence of export concentration in the European Union and to assess its explainability from the perspective of New Economic Geography. The study aims to examine why and how exports are concentrated and the economic and geographical factors affecting this process.

Methodology: Within the framework of the New Economic Geography theoretical background, export concentration for the period 2005-2019 is analyzed using Static and Dynamic Panel Data methods for 20 European Union countries. Export concentration was calculated with the location coefficient and then analyzed with New Economic Geography components.

Findings: The New Economic Geography components significantly explain export concentration in the European Union. While labor productivity and knowledge externalities in the region positively affect export concentration, exchange rates, economies of scale, distance and average wage negatively affect export concentration.

Originality: While studies in the literature address agglomeration as export performance or sector concentration, this study investigates the ability of the theoretical background of export concentration in the European Union and New Economic Geography to explain this phenomenon.

Keywords: New Economic Geography, Agglomerations, Export Concentration.

JEL Codes: F15, R11, F19.

*Bu çalışma, Nihal Altun tarafından Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü'nde Doç. Dr. Aykut Şarkgüneşi danışmanlığında yürütülen "Yeni Ekonomik Coğrafya Perspektifinden İhracat Yoğunlaşmasının Analizi: Avrupa Birliği Örneği" başlıklı Doktora Tezi'nden türetilmiştir.

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Bursa, Türkiye

² Bülent Ecevit Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Nihal Altun, nihal.altun@btu.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1546901

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 19.09.2024 | Kabul / Accepted: 20.12.2024

Atıf/Cite: Altun, N. ve Şarkgüneşi, A. (2024). "Yeni Ekonomik Coğrafya Perspektifinden İhracat Yoğunlaşması: Avrupa Birliği Örneği", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 199-222.

EXTENDED ABSTRACT

New Economic Geography is a theory that explores the uneven spatial distribution of economic activities and the factors influencing this pattern. This theory elucidates the interactions between the general equilibrium model, increasing returns to scale, transportation costs, and the mobility of production factors. Designed with a simple yet explanatory structure, the model aims to address fundamental questions about the concept of space. It seeks to answer questions such as why the manufacturing industry tends to concentrate in certain regions while leaving others relatively underdeveloped.

According to Krugman (1991), for a region to experience economic concentration, the presence of externalities, increasing returns to scale, and imperfectly competitive markets is essential. Many economic activities are geographically concentrated in specific locations, as evidenced by the fact that a significant portion of the population and industries in developed countries are concentrated in certain regions.

New Economic Geography is a pivotal theoretical framework that explains the tendency of economic activities and population to concentrate in specific areas. It serves as a robust analytical tool for understanding the underlying causes of spatial inequalities and provides valuable insights for shaping regional development.

The primary motivation of this study is to investigate export concentration within the theoretical framework of New Economic Geography, building upon the theory's capacity to comprehensively explain the agglomeration of income, employment, and population, and thereby contribute to the literature. It is considered that examining how the components of New Economic Geography can be utilized to understand the spatial distribution of export activities in the European Union region and testing the validity of the theory in this context will provide significant academic contributions.

Although there are numerous studies in the literature examining the effects of agglomeration on export performance, research aimed at explaining export agglomerations remains limited. This limitation has been one of the key motivations for a comprehensive investigation of export concentration through the lens of NEG components. In this study, the components of New Economic Geography are collectively analyzed to provide an in-depth examination of export concentration in the European Union region.

In the study, after calculating the export concentration with the location coefficient for each country, the model was tested with static panel data analysis. After the static panel data analysis, Difference GMM and System GMM methods were used.

The hypotheses are structured as follows; H1: R&D affects export concentration, H2: Distance between countries affects export concentration, H3: GDP affects export concentration, H4: Labor productivity affects export concentration, H5: Average wage affects export concentration, H6: Exchange rates affect export concentration.

The findings indicate that the components of New Economic Geography significantly explain export concentration within the European Union. Specifically, labor productivity and knowledge externalities have a positive impact on export concentration, while factors such as exchange rates, economies of scale, distance, and average wages negatively influence this concentration. These results demonstrate that export concentration in European Union countries is closely linked to economic and geographical dynamics.

The research provides a comprehensive analysis to better understand the causes and consequences of export concentration in the European Union. The study contributes to the literature by analyzing the fundamental dynamics of export concentration through the lens of New Economic Geography. While many studies in the literature address the concept of agglomeration primarily in terms of export performance or sectoral concentration, this research focuses specifically on the concentration of exports in the European Union and examines the explanatory power of New Economic Geography in this context. In this regard, the study provides an innovative contribution to the literature, both theoretically and methodologically.

1. GİRİŞ

Yığılma ekonomileri, firmaların ve insanların şehirler veya sanayi bölgeleri gibi coğrafi bir mekânda yoğunlaşmaları ve birbirlerine yakın olması sayesinde oluşan tüm faydaları ifade etmektedir. Birbirine yakın firmaların bağlantı kurması daha kolaydır (Glaeser, 2010:1). Marshall (1890) "Principles of Economics" adlı eserinde yığılma ekonomileri kavramının teorik temellerini atmıştır. Marshall'dan sonra, Ohlin (1933) ve Hoover (1948) gibi araştırmacılar, ekonomik yoğunlaşmanın bir bölgedeki yığılma ekonomileri üzerindeki etkilerini vurgulamışlardır (Schmutzler, 1999; Sforzi ve Boix, 2015). Krugman (1991) aynı zamanda hem ulusal hem de uluslararası düzeydeki mekânsal dağılımları mikroekonomik temellere dayanarak anlatan bir model kurmuş ve ekonomik faaliyetlerin neden belirli bir bölgede yığıldığını ve yayıldığını genel denge modeli ile anlatmıştır.

Yerel ekonomik kalkınmanın önemli bir unsuru olan bölgesel yoğunlaşma ve yığılmalar, sektörde faaliyet gösteren tüm aktörler arasındaki etkileşimin güçlü olmasını ifade eder. Literatürde yapılan ilk çalışmalar, New-York ve Londra'da bulunan finansal kümeler, Hollywood'da yer alan medya kümesi, Silikon Vadisi'ndeki bilişim kümeleri, Güney Almanya ve Detroit'deki otomotiv kümeleri, Stockholm ve Finlandiya'da bulunan telekomünikasyon kümeleri ve Kuzey İtalya'daki tekstil ve moda kümeleri gibi uluslararası önemi olan ve dünyada pazar konumlarında lider olan kümeleri ele almaktadır. Kümeler, alanlarının değer zincirinin belirli bir aşamasında uzmanlaşmaları, belirli coğrafi alanlarda yoğunlaşmaları, seçilen müşteri ihtiyaçlarını veya pazar segmentlerini hedeflemeleri ile farklılaşır (Sövell ve diğerleri, 2008). Bir bölgede yoğunlaşmanın artması ile birlikte, ihracat artar ve gelir artışı yaşanır. Yaşanan gelir artışı, kalkınmaya olumlu bir etkide bulunur. Kentsel alanlarda ihracatın artması, teknolojik yeniliklerin takip edilmesi, kaynakların verimli kullanılması ve bilginin çoğalması ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir. Bir bölgedeki firmaların arasında bilgi alışverişinin olması ve uzman işgücü havuzunun oluşturulması gibi pozitif faktörler, şehirlerde yoğunlaşmanın olduğu sektörlerde verimliliği ve büyümeyi artırır (Ögel ve Avcı, 2023).

Yoğunlaşma kavramından hareketle ihracat yoğunlaşması ise, ihracat faaliyetlerinin belirli bölgelerde yoğunlaşması anlamına gelmektedir. Bir arada bulunmayı teşvik eden güçlerin yığılması sonucu meydana gelmektedir. Literatürde yığılma ekonomilerini inceleyen iki grup çalışma vardır. Birinci grup, yığılmaların etkilerini inceleyen çalışmalardır (Malmberg ve diğerleri, 2000; Bosker, 2007; Sun ve diğerleri, 2012; Martin ve diğerleri, 2011; Greenaway ve Kneller, 2008; Cainelli ve diğerleri, 2016; Campos ve diğerleri, 2023; Forte ve Sa, 2021). İkinci grup, yığılmaların belirleyicileri ve coğrafi yoğunlaşmayı inceleyen çalışmalardır (Rosenthal ve Strange, 2001; Alfaro ve diğerleri, 2019; Ramos ve Moral-Benito, 2017; Aiginger ve Pfaffermayr, 2004; Krenz, 2013; Ögel ve Avcı, 2023). Bu çalışmada ikinci grup literatürle uyumlu olarak, Yeni Ekonomik Coğrafya (YEC) perspektifinden ihracat yoğunlaşması araştırılmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle ihracat yoğunlaşma oranları hesaplanmıştır. Daha sonra Yeni Ekonomik Coğrafya (YEC) bileşenlerinin Avrupa Birliği Bölgesi'nde ihracat yoğunlaşmasını ne ölçüde açıklayabildiği test edilmiştir. Çalışmanın temel motivasyonu, YEC teorisinin gelirin, istihdamın ve nüfusun yığılmasını kapsamlı bir şekilde açıklama kapasitesinden yola çıkarak, bu teorik çerçevede ihracat yoğunlaşmasını araştırmak ve literatüre katkı sağlamaktır. YEC bileşenlerinin, Avrupa Birliği bölgesindeki ihracat faaliyetlerinin mekânsal dağılımını anlamada nasıl kullanılabileceğini ve bu bağlamda teorisinin geçerliliğini test etmenin önemli akademik katkılar sunacağı düşünülmektedir. Literatürde, yığılmaların ihracat performansı üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma (Forte ve Sa, 2021; Prim ve diğerleri, 2016; Sun ve diğerleri, 2012; Antonietti ve Cainelli, 2011) bulunmasına rağmen, ihracat yığılmalarını açıklamaya yönelik çalışmalar sınırlıdır. Bu durum, çalışmayı ihracat yoğunlaşmasını YEC bileşenleri üzerinden kapsamlı bir şekilde ele almaya yönlendiren temel motivasyonlardan biridir. Çalışmada, YEC bileşenleri topluca ele alınarak, Avrupa Birliği bölgesindeki ihracat yoğunlaşması kapsamlı bir şekilde incelenmiştir.

Bu çalışmanın en temel amacı dört önemli YEC bileşeninin (bilgi dışsallıkları, ölçek ekonomileri, ulaşım maliyetleri, verimlilik) Avrupa Birliği'nde ihracat yoğunlaşmasının açıklayıcı etkisini incelemektir. Bu etki statik ve dinamik panel veri analizleri kullanarak araştırılmıştır. Araştırma kapsamı, 2005-2019 yılları arasında 20 Avrupa Birliği üyesi ülkeden (Almanya, Avusturya, Belçika, Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Macaristan, İrlanda, İtalya, Hollanda, Polonya, Portekiz, Slovakya, İspanya, İsveç, Estonya, Slovenya, Letonya, Litvanya) oluşmaktadır.

Çalışmanın giriş bölümünü takip eden ikinci kısmında teorik arka plan olan YEC teorisi üzerinde durulmaktadır. İhracat yoğunlaşması ve YEC arasındaki ilişki açıklanmıştır. Üçüncü bölümde konu ile ilgili ampirik literatür incelenmekte, dördüncü bölümde çalışmada uygulanan yöntem ortaya koyulmakta, değişkenler ve veri seti tanımlanmakta ve çalışmanın analizi yapılarak bulgular ortaya konulmaktadır. Sonuç kısmında analizin sonuçlarına ve konu ile ilgili değerlendirmelere yer verilmektedir.

2. TEORİK ARKA PLAN: YENİ EKONOMİK COĞRAFYA

Uluslararası ticaret yüzlerce ülke ve on binlerce mal ve hizmetin ticaretin yapıldığı kompleks bir ortamdır. Dünya üzerinde farklı özelliklere sahip birçok ülkenin ve sayısız mal çeşidinin bulunması, karmaşık ticaret yapılarını tek bir teori ile açıklamaların güç olduğunu göstermektedir (Deviren, 2004). Uluslararası ticaret teorilerinin birbirini tamamlar nitelikte olması bu durumu kanıtlamaktadır. 1970'lerin ortalarına kadar, uluslararası ticaret ya arz tarafındaki teknolojik ve maliyet farklılıklarına ya da talep tarafındaki tercihlerdeki benzerlik ve farklılıklara dayanıyordu. Genel olarak, bu teoriler gelişmiş sanayi ülkeleri ile az gelişmiş tarım ve hammadde ülkeleri arasındaki farklı faktör donanımlarına sahip endüstriler arası ticareti anlamada önemli bir rol oynamaktadır. Fakat günümüzde uluslararası ticaretin çoğu benzer teknolojilere, tercihlere ve maliyet yapılarına sahip gelişmiş ülkeler arasında gerçekleştirilmektedir (Yüksel ve Sarıdoğan, 2011).

Günümüzde iki yüze yakın ülke arasındaki ticari ilişkileri; iki ülke, iki mal ve iki üretim faktörüne dayalı bir dış ticaret modeliyle açıklamak mümkün değildir. Uluslararası iktisatçılar 1960'lardan sonra dış ticareti açıklamak için yeni kuramlar geliştirmişlerdir. Yeni dış ticaret kuramlarının başlıcaları, nitelikli işgücü kuramı, monopolcü rekabet kuramı, endüstri içi ticaret kuramı, ölçek ekonomileri kuramı, tercihlerde benzerlik kuramı, teknoloji açığı kuramı, ürün dönemleri kuramı, ürün farklılaştırılması kuramı, rekabetçi üstünlükler kuramı olarak ele alınabilir (Öztürk, 2003).

1970'lerin ortasında Krugman, uluslararası ticaret teorilerine yeni bir bakış açısı kazandırarak önemli katkılar sunmuştur. Geliştirdiği modeller ve ekonomik coğrafyanın şekillenmesi üzerine yaptığı çalışmalar, uluslararası ticaretin yapısını anlamayı kolaylaştırmıştır (Yüksel ve Sarıdoğan, 2011). Krugman, Dixit ve Stiglitz'in geliştirdiği tekeli rekabet piyasası modelinin basit bir versiyonunu sunmuştur (Krugman, 1979). Bu model, YEC bağlamında önemli avantajlar sunmaktadır. Malların sürekliliğini varsayarak, model tesislerin ve konum kararlarının bütünselliğini dikkate alır ve aynı zamanda belirli bir bölgedeki üretim payı gibi sürekli değişkenlerin davranışlarını analiz etmeye olanak tanır. Böylece, Dixit-Stiglitz modeli hem bütünsel bir yaklaşım sunar hem de detaylı analizlere imkân verir (Krugman, 1998b). Krugman, 1980 yılında yazdığı makalesinde ise geliştirdiği uluslararası ticaret modeline ulaşım maliyetlerini eklemiştir (Krugman, 1980).

Isard (1956: 207) ticaret ve konum kavramlarını "aynı madalyonun iki yüzü" olduğunu söylerken iktisadi faaliyetleri mekândan bağımsız değerlendirmemiştir. Ticaret ve konum kavramının birleşmesi, dışsallıklar ve aksak rekabet piyasası kavramlarının eklenmesi YEC kuramı ile meydana gelmiştir (Brühlhart, 1998).

Neo-klasik iktisat tabanlı teorilere göre ekonomi, sabit getiriler, tam rekabet piyasası ve statik denge modelleri ile açıklanmaktadır (Çalışkan, 2014: 1). Neo-klasik iktisat bu katı varsayımlar ile birlikte yakın zamana kadar, ekonomik faaliyetlerin mekânsal analizine de çok az ilgi göstermiştir. Ancak 1990'ların başlarından bu yana ekonominin mekânsal faktörlerine ilişkin teorik ve ampirik çalışmalar farklı bir bakış açısı kazanmıştır.

Krugman (1991), ekonomik faaliyetlerin neden ve nasıl bir bölgede yığıldığı ile ilgili bir genel denge modeli oluşturmuştur. İktisadi faaliyetlerin belirli bölgelerde neden yoğunlaştığını, yerleşik iktisadın tam rekabeti içeren katı varsayımlarının ötesinde, eksik rekabete dayalı genel denge modellerini kullanarak açıklamaya çalışmaktadır (Fujita ve Krugman, 2004). Krugman, ulusal ve uluslararası düzeylerde hem mekânsal ekonomik yığılmaların hem de bölgesel dengesizliklerin mikro ekonomik temellerini açıklığa kavuşturmuştur (Fujita ve Thisse, 2009).

YEC, genel denge modeli ile ölçeğe göre artan getiriler, ulaşım maliyetleri, üretim faktörlerin hareketi arasındaki etkileşimi açıklamaktadır (Fujita, 2010). YEC modeli, mekân kavramı ile ilgili temel sorulardan birine ışık tutmak üzere tasarlanmış basit ve açıklayıcı bir modeldir. İmalat endüstrisinin neden birkaç bölgede yoğunlaşmış diğerlerini göreceli olarak geride bıraktığı gibi sorulara cevap aramıştır (Krugman, 1991; Scheuerer, 2019: 2).

Dünyada artan ticaret hacmi ve liberal iktisat politikaları, ekonomik faaliyetlerin arz ve talep koşullarında meydana gelen değişiklikler, bölgeler arasındaki eşitsiz gelir dağılımı belirli bölgelerde yoğunlaşmaları gündeme getirmiştir. Krugman (1991)'a göre bir bölgenin yoğunlaşabilmesi için dışsallıkların olması, ölçeğe göre artan getirilerin olması ve eksik rekabet piyasalarının olması gerekmektedir. YEC, iktisadi faaliyetlerin ve nüfusun belirli alanlarda neden ve nasıl yoğunlaştığını açıklarken aynı zamanda ülkelerin kendi içinde ve ülkeler arasında oluşan sanayi kuşakları ve tarım kuşakları arasındaki farklılıkları, şehirlerin varlığını ve endüstriyel yığılma alanlarını detaylı bir şekilde oluşum nedenleri ile birlikte analiz etmektedir (Özdemir ve Başkol, 2010). Birçok ekonomik faaliyet, coğrafi olarak belirli bir noktada yoğunlaşmaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki nüfusun çoğu ve pek çok endüstri coğrafi olarak yoğunlaşmış durumdadır. Coğrafi yoğunlaşmaya veya coğrafi yayılmaya sebep olan merkezci ve merkezkaç kuvvetler bulunmaktadır (Krugman, 1998a).

Ekonomik Coğrafya modeli genel anlamda, (i) yığılma ve yayılma faktörlerinin neden meydana geldiğini, (ii) farklı coğrafya ve sektörde yığılma ya da yayılma olgularının olup olmadığını, (iii) bölge ve şehirlerin neden farklı alanlarda uzmanlaştığı gibi konuları ele almaktadır (Fujita ve Thisse, 1996). Tablo 1’de yığılma ve yayılmayı etkileyen kuvvetler gösterilmektedir. Merkezci kuvvetler endüstrinin, sanayinin, kentlerin coğrafi bir alanda yoğunlaşmasına olanak sağlarken, merkezkaç kuvvetler coğrafi olarak yayılmayı sağlamaktadır.

Tablo 1. Coğrafi yoğunluğu/yayılmayı belirleyen etmenler

| <i>Merkezcil Kuvvetler</i> | <i>Merkezkaç Kuvvetler</i> |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Piyasa Büyüklüğü | Hareketsiz Faktörler |
| İş Gücü Hareketleri | Arazi Kiraları |
| Saf Pozitif Dışsal Ekonomiler | Saf Negatif Dışsal Ekonomiler |

Kaynak: Krugman (1998a)

1990’lı yıllarda ortaya çıkan YEC yaklaşımı, ölçek ekonomileri, artan getiriler, faktörlerin hareketliliği ve mekân kavramının önem kazanmasıyla şekillenmeye başlamıştır (Özdemir ve Başkol, 2010). Yaklaşım yıllar içerisinde değişim göstermiştir. Yaklaşımın ilk ortaya çıktığı yıllar olan 1990’lı yılların başındaki model, ilk dönem modeller olarak adlandırılmaktadır. Krugman ile birlikte, YEC teorisinin ortaya çıkması, uluslararası ticaret, ölçeğe göre artan getiriler, faktör hareketliliği ve mekân/coğrafya bileşenlerinin bir araya gelmesi ile merkez-çevre modelinin oluşmasını sağlamıştır. 1990’lı yılların ortalarından sonra ikinci dönem YEC modelleri olarak adlandırılmaktadır, modelde endüstriyel kümelenmelerin ortaya çıkması ile birlikte Krugman’ın bölgesel gelişme teorileri eklenmiş ve coğrafya kavramının önemi daha da artmıştır. Üçüncü dönem modellerde ise, modele teknoloji ve bilgi dışsallıkları eklenmiştir (Martin, 2011).

2.1. Yeni Ekonomik Coğrafya Perspektifinden İhracat Yoğunlaşması

İhracat yoğunlaşması, ihracatın belli bir ürün ya da bir bölgede yoğunlaşmasını ifade etmektedir (Çevirmez, 2021). İhracat faaliyetlerinin coğrafi olarak yoğunlaşması ise, ihracat yapanların bağlantılı iş ortaklarıyla birlikte toplanması anlamına gelmektedir. İhracat yapanlar, lojistik, ihracat danışmanlığı, pazarlama ve ihracat kredi sigortası gibi özel ihracat hizmetlerini mekânsal yakınlık içinde buldukları diğer firmalar ile paylaşarak birbirlerini yönlendirmektedirler. Uluslararası ticaret literatürü, firma verimliliğinin ve ölçek ekonomilerinin firmanın ihracat başarısı üzerindeki önemini vurgulamaktadır. Yığılma ekonomileri, firmalar aynı sektörden firmalar ile birlikte yakın konumlandıklarında verimlilikten, bilgi yayılmalarından ve diğer pozitif dışsallıklardan yararlanırlar. Ayrıca farklı bilgi ve problem çözme becerilerine sahip potansiyel olarak çok sayıda farklı işçi kaynağından da yararlanabilirler. Bu tür bir coğrafi alanda, firmaların ihracat yapabilmeleri için daha uygun ortamları vardır (Brunow ve diğerleri, 2019).

Geleneksel olarak firma ihracat eğilimi ve ihracat yoğunluğu üzerine yapılan araştırmalar firmaya özgü özellikler ve makroekonomik göstergeler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ancak, ihracat olasılığını ve ihracatçı bir firmanın satış payını belirleyen faktörler, sadece kendine özgü özellikler ve ulusal çevre ile değil, aynı zamanda firmanın bulunduğu ev sahibi bölgenin özellikleri ve coğrafi yapısı ile de ilişkilidir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerin ihracatını açıklamak için firmaların bulunduğu bölgelerin ve komşu bölgelerin özellikleri çok önemlidir. Firmalar nitelikli işgücü, bilgi yayılmaları gibi faktörel koşullar değerlendirildiğinde çevrelerindeki coğrafi sermaye ile yakından ilişkilidir. Ayrıca coğrafi konum firmaların, ihracat yapanların belirli ekonomik girdilere nasıl ulaşılacağını ve bununla birlikte ticaret rotalarını belirler. Altyapı kalitesinin iyi olması ve yığılma ekonomilerinin varlığı bir ülkenin ihracat potansiyelini doğrudan ve dolaylı şekilde etkileyebilir (Rodríguez-Pose ve diğerleri, 2013).

2.2. İhracat Yoğunlaşmasını Belirleyen Etmenler

İhracat eğilimi ve ihracat yoğunluğunu belirleyen etmenler firmaya özgü değişkenler ve makroekonomik değişkenler olmak üzere ikiye ayrılır (Forte ve Sa, 2021). Firmaya özgü nedenler uzun yıllardır araştırılıyor olmasına rağmen çevreye ve mekâna ait nedenler araştırmacıların son dönemlerde ilgisini çekmiştir. İhracat performansını ve potansiyelini etkileyen kontrol edilemeyen önemli değişkenler, endüstri yoğunluğu, firmanın bulunduğu bölgenin özellikleri ve firma lokasyonudur (Zhao ve Zou, 2002; Rodríguez-Pose ve diğerleri, 2013). İhracatçı firmanın kurulduğu bölge, tedarikçilere yakınlığı, bölgede bilginin ve teknolojinin yayılmış durumda olması önemli diğer etmenlerdendir.

YEC teorik arka planı ve ihracat yoğunlaşmasının ele alındığı bu bölümde, YEC bileşenleri ve ihracatı etkileyen etmenlerin kesişimine odaklanılacaktır. İhracat yoğunlaşmasını belirleyen faktörler aşağıda daha ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır.

i) Verimlilik: ihracat yapan firmaların, daha az kaynak kullanarak daha fazla ürün ve hizmet üretmeleri sonucunda maliyetlerin azalmasıdır. Düşük maliyetler, ihracat yapan firmaların yeni pazarlara girme eğilimlerini artırır. Firmalar ihracat yapabilmeleri için belirli sabit maliyetlere katlanmak durumundadır. Sabit

maliyetler arasında, firmaların dış pazarlar hakkında bilgi edinmesi, dağıtım ağları oluşturması, iş gücüne erişim sağlaması, tedarik zinciri yönetimi ve reklam gibi unsurlar bulunmaktadır (Antoniotti ve Cainelli, 2011). Yığılmalar, ihracat bölgelerinde sağladığı saf pozitif dışsal etkilerle sabit maliyetleri azaltabilir (Ramos ve Moral-Benito, 2017).

Adam Smith'in Mutlak Üstünlükler Teorisinden günümüze kadar gelişen süreçte verimliliğin ve ticaretin birbiri ile ilişkili olduğu birçok araştırmanın konusu olmuştur. Daha üretken firmaların ihracat pazarına girerken sabit maliyetlere ya da olası ekstrem bir duruma katlanabilme ve bunları yönetebilme kapasiteleri daha yüksektir. Bu nedenle verimlilik arttıkça, belirli bölgelerde ekonomik faaliyetlerin yoğunlaşması muhtemeldir (Blalock ve Gertler, 2004).

ii) Bilgi Dışsallıkları: bir arada bulunmayı teşvik eden bir güçtür. Ekonomik coğrafyanın en önemli bileşenlerinden biridir (Türkcan, 2014; OECD, 1996: 9). Bilgi aynı zamanda, temel bir kamu yararı olarak kabul edildiği için, küresel ekonomiye entegre olan bir firma, uluslararası alanda gerçekleşen öğrenme süreçlerinden kolaylıkla faydalanabilir (Grossman ve Helpman, 1994). Neoklasik İçsel Büyüme Modelleri ekonomik büyümeyi; bilgi, beşerî sermaye ve teknolojik gelişme olarak açıklamışlardır.

Bilgi yayımları, Romer (1986, 1989)'in çalışmaları ile büyüme modeline eklenmiştir. Ardından Grossman ve Helpman'ın çalışmaları ile araştırma geliştirme faaliyetlerinin bilgi yayımlarına sebep olduğu bulunmuştur. Ayrıca bilgi yayımlarının, ekonomik büyümeye de katkı sağladığını modellemişlerdir. Araştırmacılar, tüm bu teknolojik ilerleme biçimlerini uzun vadeli yenilik ve büyüme analizlerine dahil etmişlerdir (Grossman ve Helpman, 1990).

Coğrafi olarak bilginin bir mekânda yığılması, o bölgede bulunan firmalar için pozitif fayda sunmaktadır. Mekânda, bilgiye erişim maliyeti azaldığında verimlilik artabilir. Bilginin bir coğrafyada yayılması, ihracat için gerekli olan bilgiye kolay erişim sağlayarak ihracat potansiyelini arttırmaktadır. Bu da bölgede ihracat yoğunlaşmasını arttırabilir.

iii) Teknolojik Yığılmalar: belirli bir bölgedeki teknolojik gelişmelerin, inovatif yöntemlerin bölgeye rekabet avantajı sağlayarak teknolojinin o bölgede yoğunlaşmasıdır. Vernon'un Teknoloji Açığı Teorisi ile ortaya çıkan bu görüş, ülkelerin sahip olduğu teknoloji ve teknolojik yeniliklerin, kazançlarını ve verimliliklerini belirlediğini ve onlara üstünlük sağladığını vurgulamaktadır (Branstetter, 1998: 518).

Teknolojinin yayılması, üretim süreçlerinin de teknolojinin aktif kullanılması veya aktarılması konuları ile karıştırılan bir kavramdır. Esasında teknolojik yığılmalar Yeni Büyüme Teorisinin merkezinde yer almaktadır. Teknoloji yayımlarının en önemli yönü, YEC'in temelini oluşturan dışsallıklardır (Koo, 2005).

iv) Ulaşım Maliyetleri: ihracat yapan firmalar için önemli bir maliyet kalemidir. Ulaşımında ölçek ekonomilerinin oluşturulması ihracatçılar için önem arz etmektedir. İhracat yapan firmalar bir alanda yığıldığı/yoğunlaştığında sevkiyatlar aynı varış noktasına giden ihracatçılar ile birlikte planlandığında taşımacılıkta ölçek ekonomisi elde edilebilir. İhracat yapan firmaların aynı coğrafi mekânda yer alması, firmaların maliyetlerini azaltıp karlılığını arttıracaktır (Cassey ve Schmeiser, 2012; Zhao ve Zou, 2002).

v) Dışsal Ölçek Ekonomileri: bir firma ya da endüstrinin üretim miktarı arttıkça ortalama maliyetlerinin düşmesi anlamına gelmektedir (Sunay, 2022). Ölçek ekonomileri, üretim miktarındaki artışla birlikte üretim faktörlerinin verimliliğinde artışa yol açarak uzun vadeli avantajlar sağlamaktadır. Maliyetlerin azaltılması ve üretkenliğin artırılması için üretimin genişletilmesi gerekmektedir. Bu genişleme, firmaların karşılaştığı piyasa koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. Dışsal ölçek ekonomileri, firmanın kapasitesinin sabit kalmasına rağmen sektördeki firma sayısının artmasıyla ortaya çıkan verimliliği ifade eder. Dışsal ölçek ekonomisinin hâkim olduğu endüstrilerde, rekabetçi ve çok sayıda küçük firma bulunmaktadır (Krugman ve diğerleri, 2017: 147-148). Ölçek ekonomilerinin ihracat üzerinde pozitif etkisi bulunmaktadır. Ayrıca, ölçek ekonomilerinin ortaya çıkmasıyla birlikte verimlilik meydana gelmekte ve bu durumun da ihracatı arttırabileceği savunulmaktadır (Uçak ve Arısoy, 2011).

Firmalar ihracat için belirli sabit maliyetlere katlanmak zorundadır. Bu maliyetler; piyasaya giriş maliyetleri, reklam maliyetleri, yeni pazarlama yöntemleri, piyasa talep durumuna ilişkin fizibilite etütleri, lojistik sistemleri hakkında detaylı bilgiye sahip olmak olarak sıralanabilir. İhracat yapan firmaların, başarılı olmaları için en önemli koşullardan bir tanesi maliyetlerin düşürülmesidir. Melitz (2003)'e göre, ihracat pazarında karlılığın yüksek olması başarı getirme potansiyelinin fazla olmasıdır. Dolayısıyla ihracat yapan firmalar karlılığı maksimum tutup maliyetleri minimuma indirmek durumundadır. Yığılma ekonomilerinde belirli bir sektörün bir bölgede yığılması, bilgi yayılması ve işgücü piyasalarının bu bölgede yığılması ile gerçekleşmektedir. Bilginin ve iş gücünün coğrafi bir mekânda yığılması bölgede dışsal ölçek ekonomilerinin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Lovely ve diğerleri, 2005). İhracat yapan firmaların coğrafi bir alanda toplanması/yığılması bilgi aktarımını kolaylaştıracağı için, firmanın ihracat performansını dolaylı olarak etkileme potansiyeline sahiptir (He ve diğerleri, 2012). Ayrıca firmaların ihracat kazanımları salt

kullanılan teknoloji ve bilgiyle değil, ölçek ekonomileri ile de alakalıdır. Firmalar bölgesel yığılma etkilerinden faydalandıklarında daha fazla üretken olabilirler (Brunow ve diğerleri, 2019).

3. AMPİRİK LİTERATÜR

Literatürde, YEC unsurlarının ihracat yoğunlaşması üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. İhracat yoğunlaşmasını doğrudan analiz eden çalışmalar kısıtlı olmasına rağmen, ekonomik coğrafya, ticaret ve endüstriyel yoğunlaşmanın ihracat performansı üzerindeki etkilerini ele alan çalışmalar mevcuttur. Shin ve diğeleri (2006), kentsel yığılmaların ve endüstri dönüşümlerinin ihracat performansı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yoğunlaşmanın ekonomik coğrafyanın bir sonucu olarak şekillendiği ve yerel büyüme üzerinde belirleyici olduğunu bulmuştur. Disdier ve Head (2008), Mesafenin ticaret üzerindeki etkisini araştırmış ve mesafe arttıkça ticaretin azaldığını bulmuştur. Bosker ve Garretsen (2010), ticaret maliyetlerinin ihracat yoğunlaşmasının önemli bir belirleyicisi olduğunu öne sürmektedir. Haaland ve diğeleri (1998), Avrupa Birliği'ndeki endüstrilerin coğrafi yoğunluğunu analiz etmiş ve harcamaların yerleşmesinin ekonomik coğrafyanın en önemli belirleyicisi olduğunu Krenz (2013), Avrupa Birliği'ndeki hizmet sektörlerinin coğrafi yoğunlaşmasını inceleyen çalışma, dışsallıkların ve bilgi yığılmalarının hizmet sektörlerinin yoğunlaşmasını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Bilgi dışsallıkları ve teknoloji benzerlikleri, bu yoğunlaşmanın altında yatan temel nedenlerdir.

Literatürde YEC'in teorik arkaplanı olan yığılma ekonomilerine kapsamlı şekilde değinilmektedir. Yığılma ekonomilerini inceleyen çalışmalar iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grup yığılmaların etkilerini inceleyen çalışmalardır. İkinci grup, yığılma ekonomilerinin belirleyicilerini ve coğrafi yoğunlaşmayı inceleyen çalışmalardır. Konu, ilk dönemlerden itibaren çeşitli göstergeler üzerinden (üretim, nüfus, istihdam, yatırım, ortalama ücret, katma değer, inovasyon, üretkenlik, ar&ge harcamaları) incelenmiştir. Bu çalışmada, literatürden farklı olarak yığılma kuvvetlerinin YEC ekseninde ihracat yoğunlaşmasını açıklayabilirliği test edilmiştir.

Yığılma ekonomilerinin etkilerini ele alan çalışmalar şu şekilde sıralanabilir; Malmberg ve diğeleri (2000), yığılma ekonomisinin İsveç ihracat firmalarının performansı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Kentleşme ekonomileri ve geleneksel ölçek ekonomilerinin ihracat performansı üzerinde büyük bir etkisi olduğunu bulmuştur. Bosker (2007), yığılmanın ekonomik büyüme üzerindeki etkisini Avrupa bölgesel düzeyinde değerlendirmiştir. 1977-2002 yılları arasında 16 ülkede 208 bölgeden oluşan bir veri seti kullanılarak, panel veri yöntemi ile tahmin etmiştir. Daha yoğun bölgelerin diğer bölgelerden daha yavaş büyüdüğünü bulmuştur. Yığılmanın net negatif etkisine işaret etmektedir. Fakat bununla birlikte, büyüyen bölgelere yakın konumlanan diğer bölgelerin ekonomik gelişmelerini olumlu yönde etkilediğini bulmuştur. Greenaway ve Kneller (2008), 1988-2002 yılları arasında Birleşik Krallık'taki imalat firmalarının ihracat davranışının yığılma ile ilişkisini araştırmışlardır. Yığılmaların, ihracat pazarına giriş olasılığını artırabileceğine dair kanıtlar bulmuşlardır. Ayrıca pazara giriş gerçekleştiğinde ek verimlilik faydaları sağlanabileceğine dair kanıtlar bulmuşlardır. Brühlhart ve Sbergami (2009), ülke içi ekonomik faaliyetin mekânsal yoğunlaşmasının ülke düzeyindeki büyüme üzerindeki etkisini, kesitsel OLS ve dinamik panel GMM tahminini kullanarak araştırmışlardır. Yığılmanın, GSYİH büyümesini yalnızca belirli bir ekonomik kalkınma düzeyine kadar artırdığını bulmuşlardır. Antonietti ve Cainelli (2011), İtalyan imalat firmalarının 1998-2003 yılları arasında, ihracatta mekânsal yığılmanın oynadığı rolü araştırmışlardır. Yapısal bir model kullanarak yenilik, üretkenlik ve ihracat performansı modelini tahmin etmişlerdir. Yığılma ekonomilerinin inovasyon, verimlilik ve ihracat performansı arasındaki ilişkiyi şekillendirmede önemli rol oynadığını bulmuşlardır. Martin ve diğeleri (2011), 1996-2004 yılları arasında Fransız firmalarının verilerini kullanarak, faaliyetlerin mekansal yığılmasının firma düzeyindeki üretkenlik üzerindeki etkisini GMM modeliyle analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda, Fransız fabrikalarının yerleşme ekonomilerinden yararlandığını bulmuşlardır. Sun ve diğeleri (2012), 1998-2007 yılları arasında Çin için yığılmaların, heterojen firmaların ihracat davranışları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Analizlerinde yığılmaların, firmaların ihracat olanakları ve satışları üzerinde olumlu etkiye sahip olduğunu bulmuştur. Ayrıca, daha yüksek verimliliğe sahip firmaların yığılmalardan daha pozitif etkilendiği sonucuna varmıştır. Cainelli ve diğeleri (2016), yığılma ekonomilerinin, İtalyan ihracat firmalarının performansını etkileyip etkilemediğini analiz etmiştir. Araştırmada, yerel sistemlerin ihracat performansı üzerinde daha fazla büyük bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. İlgili çeşitliliğin rolünün ihmal edilebilir olduğunu, uzmanlaşmanın ise ihracat yoğunluğunu olumsuz etkilediğini sonucuna varılmıştır. Prim ve diğeleri (2016), bölgesel kümelenmenin firmaların ihracat performansı üzerindeki rolünü araştırmıştır. 100 tane üretim endüstrisinde faaliyet gösteren ihracat şirketini örneklem almıştır. Sonuçlar, kümelenme ekonomilerinin, ihracat performansının belirleyici faktörleri ve firmalar tarafından yenilik üretmek için önemli bir kaynak olduğunu ortaya koymaktadır. Forte ve Sa (2021), firma lokasyonu ve yığılma ekonomilerinin, firma ihracat eğilimini etkileyip etkilemediğini araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçları, lokasyon ve yığılma ekonomilerinin firmanın ihracat eğilimini belirlemede önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Campos ve diğeleri (2023), Brezilya'daki 137 mezo bölge için, 2008-2021 yılları arasında bölgesel bilgi ve

yığılma ekonomilerinin bölgesel ihracatı mekansal ekonometrik yöntemler kullanarak nasıl açıkladığını analiz etmiştir. Sonuçlar ihracat ve Ar-Ge harcamaları arasında bir otokorelasyon olduğunu göstermektedir.

Yığılma ekonomilerinin belirleyicilerini ve coğrafi yoğunlaşmayı ele alan çalışmalar şu şekilde sıralanabilir; Rosenthal ve Strange (2001), yığılma ekonomilerinin, endüstrinin mekansal yoğunlaşmasını ne ölçüde açıkladığını analiz etmişlerdir. Yığılmalar, bilgi yayılımı, işgücü piyasası havuzlanması, girdi ve ürün nakliye maliyetlerini etkileyen avantajlar gibi önemli faktörleri temsil eden çeşitli endüstri özellikleriyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca nitelikli işgücünün de yığılmayı pozitif şekilde etkilediğini bulmuşlardır. Brühlhart (2001), 1972-1996 yılları arasında 13 Avrupa ülkesi için, 32 tane imalat sektörünün coğrafi yoğunlaşmasını analiz etmiştir. Geleneksel düşük teknoloji sektörlerin coğrafi olarak en yoğunlaşmış sektörler olduğunu bulmuştur. Ayrıca, YEC bağlamında yığılma ekonomilerinin AB'nin endüstriyel yapısını şekillendirmede giderek daha önemli hale gelebileceğini tespit etmiştir. Aiginger ve Pfaffermayr (2004), 1993-1998 yılları arasında, Avrupa Birliği üye ülkelerindeki 99 üretim endüstrisinin faaliyetlerinin coğrafi yoğunlaşmasını değerlendirmişlerdir. Coğrafi yoğunluğun, endüstriyel dinamiklerin yanı sıra ekonomik coğrafya ve ticaret teorisinin öne sürdüğü bazı hipotezlerle uyumlu olduğunu bulmuşlardır. Krenz (2013), Avrupa Birliği'ndeki hizmet sektörlerinin yoğunlaşmasını araştırmıştır. Bu çalışmada, 14 Avrupa ülkesini ve 22 hizmet sektörünü kapsayan veriler kullanılmıştır. Perakende ticaret, su taşımacılığı ve sigorta ve emeklilik fonlaması gibi bazı sektörler hariç, diğer finansal aracılık sektörlerinde yoğunlaşmanın belirgin bir şekilde arttığını bulmuştur. Rodríguez-Pose ve diğerleri (2013), firma düzeyinde ve mekansal olarak ihracat eğilimi ve yoğunluğundaki farklılıkları incelemiştir. Sonuçlar, firma ihracat eğilimi ve yoğunlaşması üzerinde hem iç hem de dış faktörlerin önemli olduğunu göstermektedir. Bir firmanın bulunduğu eyaletin ve komşu eyaletlerin koşulları, firma ihracatını şekillendirmektedir. Yığılma etkileri, eğitim ve ulaşım altyapısının donanımı, Endonezya firmalarının ihracat eğiliminde özellikle önemli bir rol oynamaktadır. Ramos ve Moral-Benito (2017), İspanyol ihracatçıları arasında ihracatçıların nihai varış noktasına göre yığılma ekonomilerinin varlığını araştırmışlardır. Uluslararası ticarete dışsallığın var olduğunu, yığılmaların sabit maliyetleri azalttığı bulgusuna varmışlardır. Ayrıca ihracat hedeflerine göre yoğunlaşma örüntüsü, ihracatçılardan potansiyel giriş yapanlara bilgi akışını kolaylaştırmanın işe yarayabileceğini öngörmüşlerdir. Alfaro ve diğerleri (2019), Avrupa'daki endüstrilerin yığılma modellerini karakterize etmiş ve Euro Bölgesi ülkeleri ile ABD'yi karşılaştırmıştır. Mikro düzeyde bir endeks kullanarak, endüstriyel faaliyetlerin coğrafi yoğunlaşma derecesini ölçmüştür. Coğrafi dağılımda net bir merkez ve bağlantı yapısını olduğunu bulmuştur ayrıca daha büyük ve daha üretken tesislerin daha küçük ve daha az üretken tesislerden daha merkezleşmiş durumda olduğunu bulmuştur. Eğitim ve teknoloji dahil olmak üzere farklı ekonomik gelişme seviyelerine sahip bölgelerin, belirgin yığılma oluşturdıklarını bulmuştur. Brunow ve diğerleri (2019), Alman firmalarının yerleşme ve kentleşme dışsallıkları ile işgücü çeşitliliğinin, işgücü piyasası havuzlanması sonucunda daha fazla ihracat yapıp yapmadığını, çeşitli kuruluş özelliklerini kontrol ederek araştırmıştır. Araştırma, dışsallıkların özellikle bilgi yayılımı yoluyla daha fazla kullanıldığını ortaya koymuştur. Ögel ve Avcı (2023), Gaziantep'te faaliyette bulunan firmaların, sanayi faaliyetlerinin coğrafi yoğunlaşmasını Lokasyon Katsayısı yöntemini kullanarak araştırmışlardır. Sektörel bazda incelendiğinde gıda ürünleri imalatı, tekstil ürünleri imalatı, kimyasal ürünler imalatı, kâğıt ürünleri imalatı, plastik ve deri ürünleri imalatı sektörlerinde yoğunlaşma ve uzmanlaşma düzeylerinin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Yığılma kuvvetleri, iktisadi faaliyetlerin belirli bölgelerde toplanması ve bu toplanma sayesinde belirli avantajların meydana gelmesini ifade etmektedir. Bu avantajlar, bilginin mekânda yayılması, işgücü piyasalarının genişlemesi ve piyasa büyüklüğü olarak sıralanabilir. Avrupa Konseyi olmak üzere bazı teorik ve ampirik çalışmaların yığılma yönünde etkilerinin olduğu görülmektedir. Teorik ve ampirik literatürde, YEC bileşenlerinin bölgesel yığılma süreçleri üzerinde etkili olduğu, bazı yazarlar tarafından ele alınmıştır. Bu konu ihracat yoğunlaşması açısından değerlendirildiğinde, YEC bileşenlerinin bölgelerde yığılma ve yoğunlaşma yarattığını vurgulayan çalışmalar bulunmaktadır (Cainelli ve diğerleri, 2016; Brühlhart, 2001; Aiginger ve Pfaffermayr, 2004; Antonietti ve Cainelli, 2011).

4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Teorik ve ampirik literatürün incelenmesi ile YEC ve ihracat yoğunlaşması arasındaki ilişki temel alınarak çalışmanın modeli oluşturulmuştur. Modelin bağımlı değişkeni olan ve Avrupa coğrafyasında mevcut ihracat yoğunlaşmasını gösterecek olan Lokasyon Katsayısı (LQ) çalışma kapsamında hesaplanmıştır. Çalışmanın amacı ve veri setinin yapısına uygun olarak literatüre uygun şekilde seçilen tahmin yöntemi bu bölümde ele alınmıştır. YEC perspektifinden ihracat yoğunlaşmasını açıklayabilmek için statik ve dinamik panel veri analizi yapılmıştır.

4.1. Değişkenler ve Veri Seti

Araştırmanın örneklemini, Avrupa Birliği ülkeleridir. YEC teorik arka planına dayanarak ekonomik bir entegrasyon olan Avrupa Birliği'nde ihracat yoğunlaşmasının açıklanması amaçlanmıştır. Birlikte 27 ülke olmasına rağmen tüm değişkenlere ait verilere ulaşabildiğimiz 20 ülke (Almanya, Avusturya, Belçika,

Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Macaristan, İrlanda, İtalya, Hollanda, Polonya, Portekiz, Slovakya, İspanya, İsveç, Estonya, Slovenya, Letonya, Litvanya) bulunmaktadır. Modelin bağımlı değişkeni ihracat yoğunlaşması iken bağımsız değişkenler ise, bilgi dışsallıkları, işgücü verimliliği, ulaşım maliyetleri, ölçek ekonomileri gibi YEC tabanlı değişkenler ve modelin sağlamlığını test etmek için ihracat yoğunlaşmanın genel kabul görmüş, bölgesel rekabet gücünü temsil eden belirleyicilerinden kur ve ortalama ücrettir. Tablo 2'de değişkenler, kısaltmaları ve verinin alındığı kaynak listelenmektedir.

Tablo 2. Değişkenler, değişkenlerin gösterimi ve kaynak

| <i>Değişkenler</i> | <i>Gösterimi</i> | <i>Kaynak</i> |
|--|------------------|--|
| Lokasyon Katsayısı
(Bağımlı Değişken) | LQ | Dünya Bankası (2023a) |
| GSYİH içinde Ar&Ge'ye ayrılan pay
(Bağımsız Değişken) | AR&GE | Dünya Bankası (2023b) |
| İşgücü Verimliliği
(Bağımsız Değişken) | ISGUCU | OECD (2023a) |
| GSYİH
(Bağımsız Değişken) | GSYIH | Dünya Bankası (2023c) |
| Mesafe
(Bağımsız Değişken) | MSF | https://tr.distance.to/ (2023) |
| Nominal Kur
(Kontrol Değişken) | KUR | OECD (2023b) |
| Ortalama Ücret
(Kontrol Değişken) | ORTUCRT | OECD (2023c) |

YEC bileşenlerini test etmek için, Krugman (1991) tarafından yapılan teorik ve ampirik çalışmalara dayanarak, YEC ve yığılma kuvvetlerini temsil ettiğini varsaydığımız değişkenlerle ampirik model tanımlanmaya çalışılmıştır. Değişkenler, araştırmanın konusuna ve amacına bağlı olarak YEC teorik arka planından seçilmiştir.

Bağımlı değişken olan lokasyon katsayısı ihracat yoğunlaşmasını ölçmek üzere hesaplanmış ve Avrupa genelinde ihracat yoğunlaşma oranları bulunmuştur. Yoğunlaşma ölçüm yönteminin alternatifleri, Gini Katsayısı, Herfindahl-Hirschman Endeksi (HHI), Entropi Endeksi ve Lokasyon Katsayısı olarak sayılabilir.

Gini Katsayısı, her bir sektör için ayrı ayrı hesaplanabilmekte ve bir sektörün bir bölgedeki nispi dağılımına karşı, aynı sektörün diğer bölgelerdeki dağılımını ölçmektedir. Herfindahl-Hirschman Endeksi, bir il ya da bölgedeki herhangi bir sanayi dalının uzmanlaşmasını ya da sanayi çeşitliliğini ölçmektedir (Karaalp ve Erdal, 2012). Herfindahl ve Krugman endeksleri farklı bölgesel düzeylerde mutlak ve göreceli ekonomik uzmanlaşmayı değerlendirmek için daha işlevseldir (Goschin, 2020). Lokasyon Katsayısı ise, belirli bir bölgenin belirli bir sektördeki yoğunlaşmasını ulusal veya global ortalamalara göre ölçmektedir. Lokasyon Katsayısı (LQ) coğrafi bir göstergedir ve mekânsal analiz karşılaştırmalarda sıklıkla kullanılır (Cromley ve Hanink, 2012). Isard (1960)'ın çalışmasına dayanan, yaygın olarak bilinen bir coğrafi endekstir. Bölgedeki ve ulusal ekonomideki her sektörün paylarını karşılaştırarak bölgesel yoğunlaşmayı ölçer. Ekonomik coğrafyacılar ve bölgesel çalışan ekonomistler tarafından kullanılan bir endekstir. 1940 yılından beri, istihdam oranları gibi yerel alan özelliklerinin ulusal özelliklerle karşılaştırılmasına imkân sağlayan bir yöntemdir. Katsayının formülü Eşitlik 1'deki gibidir (Isard, 1960: 124).

$$LQ (\text{üretim}) = \frac{\left(\frac{e_{ir}}{E_r}\right)}{\left(\frac{E_{in}}{E_n}\right)} \quad (1)$$

Burada e_{ir} , i sektörünün r bölgesindeki üretimini; E_r , r bölgesindeki toplam milli geliri; E_{in} , i sektörünün n referans bölgedeki üretimi, E_n , referans n bölgedeki toplam milli geliri ifade etmektedir.

LQ, bir ülkenin ekonomik faaliyetlerdeki yoğunlaşma düzeyini ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Örneğin, ihracat yoğunlaşmasını ölçen LQ, bir Avrupa Birliği ülkesinin ihracatının milli gelirine oranının, AB genelindeki toplam ihracatın toplam milli gelire oranına bölünmesiyle hesaplanır. Katsayının formülü Eşitlik 2'deki gibidir.

$$LQ (\text{ihracat}) = \frac{(\text{Avrupa Birliği'ndeki } i \text{ ülkenin ihracatı} / i \text{ ülkenin milli geliri})}{(\text{Avrupa Birliği Toplam İhracatı} / \text{Avrupa Birliği Toplam Milli Geliri})} \quad (2)$$

LQ, birçok çalışma alanında giderek artan şekilde kullanılan bir yöntem olmuştur. Karşılaştırmalı analizlerde istatistiksel olarak sapmasız raporlanmaktadır (Moineddin vd., 2003: 256). Çeşitli şekillerde adlandırılan bir nicelik olan lokasyon katsayısının hesaplanmasında, araştırmacılar, incelenen bölge ve alan için önemli olduğunu düşündüğü herhangi bir veriyi kullanıp oranı hesaplayabilir (Isard, 1960: 124).

Mesafe verisi için, Brüksel Avrupa Birliği'nin merkezi kabul edilip, ülkelerin Brüksel'e uzaklığı km cinsinden hesaplanmıştır. Mesafe arttıkça maliyetler artacağı için yoğunlaşma azalacaktır.

Ölçek ekonomileri etkisini ölçmek için, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) verisi kullanılmıştır. Ölçek ekonomileri etkisi, üretim sürecine daha fazla kaynak eklendiğinde ortaya çıkan maliyet avantajlarını ifade etmektedir. Ölçek ekonomi etkisi, üretim girdilerinin artırılmasıyla birlikte marjinal maliyetin azalması durumudur. Başka bir deyişle, bir mal veya hizmetin üretimini artırmak için maliyetlerin aynı oranda artması gerekmiyorsa, bu durumda ölçek ekonomisi etkisinden söz etmek mümkündür (Polat ve Akyıldırım, 2022). GSYİH, bir ülkenin belirli bir dönemde ürettiği nihai mal ve hizmetlerin piyasa değerini ifade eden makroekonomik bir göstergedir. Bu kavram, ekonomik faaliyetlerin genel kapsamını yansıttığı için, bir ülkenin ekonomik büyüklüğünü ve üretim kapasitesini ölçmek ile performansını değerlendirmek için önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Usanmaz, 2022). Ölçek ekonomileri, üretim sürecinde maliyet avantajlarını ortaya çıkarırken, bu etkinin bir ülkenin genel ekonomik performansını değerlendirmedeki en kapsamlı göstergelerinden biri olan GSYİH verileri üzerinden analiz edilmesi mümkündür.

Ücretler, maliyet argümanını temsil eden ve yoğunlaşmayı açıklayan önemli bir değişkendir (Hildebrandt ve Wörz, 2004). Ücret etkisini ölçmek için OECD veri tabanından ortalama ücret verisi alınmıştır.

Bir birim yabancı para ile alınabilen yerel para miktarı döviz kuru olarak adlandırılır. Nominal kurun artması ihracatı arttırırken, nominal kurun düşmesi ise ihracatı azaltmaktadır (Uslu, 2018). Döviz kuru etkisini ölçmek için nominal döviz kuru kullanılmıştır. OECD veri tabanından alınmıştır.

Ortalama ücret ve kur değişkenleri kontrol değişkenlerdir. Bağımsız değişkenlerle birlikte teorik beklenti Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Bağımsız değişkenlerin beklenen işaretleri

| Bağımsız Değişken | Beklenen İşaret | Nedeni |
|-----------------------------------|-----------------|---|
| AR&GE | + | YEC kuramına göre, AR&GE'nin ihracat yoğunlaşmasını (+) etkilemesi beklenir. |
| ISGUCU | + | İşgücü verimliliğinin yüksek olduğu bölgelerde ihracat yoğunlaşmasının (+) etkilemesi beklenir. |
| GSYİH | +/- | Yığılma güçleri etkin gelirse ihracat yoğunlaşmasını (+) etkilemesi beklenir.
Yayımla güçleri etkin gelirse ihracat yoğunlaşmasının (-) etkilemesi beklenir. |
| MSF | - | Merkez-çevre modellerinde firmalar arasında mesafe arttıkça ihracat yoğunlaşmanın (-) etkilenmesi beklenir. |
| NOMİNAL KUR
(kontrol değişken) | + | Nominal kurun artması ihracatı (+) etkilemesi beklenir. |
| ORTUCRT
(kontrol değişken) | - | Ücretin coğrafi bir mekanda artması ile birlikte ihracat yoğunlaşmasının (-) etkilenmesi beklenir. |

YEC teorik temeline dayalı ihracat yoğunlaşmasına ilişkin kurulan hipotezler aşağıdaki gibidir. Seçilen bağımsız değişkenler YEC modeli ile uyumluluk göstermektedir. Dışsallıklar, ölçek ekonomileri, verimlilik ve mesafe YEC modelinin bileşenleridir. Bu ekseninde hipotezler aşağıdaki gibi kurgulanmıştır.

Hipotez 1: AR&GE ihracat yoğunlaşmasını etkilemektedir.

Hipotez 2: Ülkeler arasındaki mesafe ihracat yoğunlaşmasını etkilemektedir.

Hipotez 3: GSYİH ihracat yoğunlaşmasını etkilemektedir.

Hipotez 4: İş gücü verimliliği ihracat yoğunlaşmasını etkilemektedir.

Hipotez 5: Ortalama ücret ihracat yoğunlaşmasını etkilemektedir.

Hipotez 6: Döviz kurları ihracat yoğunlaşmasını etkilemektedir.

Bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 4'te yer almaktadır.

Çalışmanın birim boyutu 20 ve zaman boyutu 15 olmak üzere, çalışmada toplam 300 gözlem yer almaktadır. İhracat yoğunlaşması verisi lokasyon katsayısı ile her ülke için hesaplanmıştır ve verinin, maksimum değeri 3,4044 iken min. değeri 0,6187'dir. Verinin ortalaması 1,3913'tür. Verileri tek bir formata getirmek ve ölçek farklılığını gidermek için analize başlamadan önce bağımlı değişken dışındaki tüm değişkenlerin logaritması alınmıştır. Çalışma ilk önce statik model ile tahmin edilmiştir.

Tablo 4. Tanımlayıcı istatistikler

| Değişkenler | Gözlem Sayısı | Ortalama | Standart Sapma | Minimum Değer | Maksimum Değer |
|-------------|---------------|----------|----------------|---------------|----------------|
| LQ | 300 | 1,3913 | 0,5779 | 0,6187 | 3,4044 |
| lnGSYIH | 300 | 26,3926 | 1,4309 | 23,3699 | 29,0109 |
| lnISGUCU | 300 | 3,8891 | 0,3176 | 3,1743 | 4,6282 |
| lnAR&GE | 300 | 8,6625 | 1,5403 | 5,2758 | 11,7902 |
| lnKUR | 300 | 0,4982 | 1,4748 | 0,3857 | 5,6721 |
| lnORTUCRT | 300 | 10,6048 | 0,3604 | 9,8082 | 11,1141 |
| lnMSF | 300 | 6,9224 | 1,0675 | 3,0012 | 7,9183 |

4.2. Statik Model İçin Tahmin ve Sonuçları

YEC teorik arka planından seçilen değişkenlerin statik panel tahminin denklemi Eşitlik 3'teki gibidir.

$$LQ_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln(GSYIH_{it}) + \beta_2 \ln(ISGUCU_{it}) + \beta_3 \ln(AR\&GE_{it}) + \beta_4 \ln(KUR_{it}) + \beta_5 \ln(ORTUCRT_{it}) + \beta_6 \ln(MSF_{it}) + \epsilon_{it} \quad (3)$$

LQ_{it} , ihracat yoğunlaşmasını; $GSYIH_{it}$, ölçek ekonomilerini; $ISGUCU_{it}$, işgücü verimliliğini; $AR\&GE_{it}$, bilgi dışsallıklarını; KUR_{it} , döviz kurlarını; $ORTUCRT_{it}$, ortalama ücreti; MSF_{it} , ulaşım maliyetlerini ve ϵ_{it} ise hata terimini ifade etmektedir.

Statik panel veri modelinde, bağımlı değişkenin herhangi bir değeri açıklayıcı olarak kullanılmamaktadır. Model; klasik havuzlanmış EKK, sabit etkiler (FE) ve tesadüfi etkiler (RE) tahmincileri ile tahmin edilmektedir. Birimlerin kendilerine özgü nitelikleri olmadığında klasik havuzlanmış EKK modeli kullanılmaktadır. Birime özgü, zamana özgü ve hem birim hem de zamana özgü niteliklerin varlığı durumunda sabit veya tesadüfi etkili modeller tercih edilmektedir. Modelin yalnızca zaman etkilerine sahip olduğu durumlarda ve modelin her iki etkiyi bir arada taşıdığı iki yönlü model yapılarında sabit veya tesadüfi etkiler kullanılır. Birim veya zaman etkilerinin olmadığı durumlarda ise klasik model kullanılmaktadır. Uygun tahminci ile devam etmek için bazı testlerin yapılması gerekmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2018: 37-40).

Ftesti, Olabilirlik Oranı Testi (LR), Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı ve Düzeltilmiş Lagrange Çarpanı Testleri, Score Testi ve Wooldridge'in Testi ile birim veya zaman etkilerinin olup olmadığı belirlenmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2018: 165-183).

Yapılan testler sonucunda, modelde birim ve/veya zaman etkilerinin olduğu belirlenmişse, bu etkilerin sabit etkiler mi tesadüfi etkiler mi oldukları belirlenmelidir. Birim etkiyle bağımsız değişkenler arasında korelasyon yoksa tesadüfi etkiler modeli geçerlidir. Birim etki ile bağımsız değişkenler arasında korelasyon olduğu durumda ise sabit etkiler geçerlidir (Uluyol ve Türk, 2013). Hangi tahmincinin kullanılacağına karar vermek için öntestler uygulanmalıdır. Bunlar; Wald, t ve F ve Hausman testidir (Yerdelen Tatoğlu, 2018: 194). Tablo 5'te Olabilirlik Oranı test sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. Olabilirlik oranı (LR) testi sonuçları

| Test Adı | LR Test İstatistiği | Olasılık Değeri |
|---------------------|---------------------|-----------------|
| Birim ve Zaman Etki | 718,98 | 0,000 |
| Birim Etki | 693,83 | 0,000 |
| Zaman Etki | 0,000 | 1,000 |

Klasik modelin uygun olup olmadığını belirlemeye yarayan hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 = Klasik model uygundur.

H_1 = Klasik model uygun değildir.

Hipotezler yukarıdaki gibidir. H_0 hipotezi reddedilirse; birim/zaman veya hem birim hem zaman etkilerinin olduğuna yani klasik modelin uygun olmadığına karar verilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2008: 165-183).

Tablo 5'e göre, Olabilirlik Oranı (LR) testi sonuçlarına göre modelde sadece birim etkinin olduğu, zaman etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bir sonraki adım birim etkinin sabit mi yoksa tesadüfi mi olduğunu yani bağımsız değişkenle ilişkili olup olmadığını belirlemektir.

Tablo 6. Hausman test sonuçları

| Test Adı | Test İstatistiği | Olasılık Değeri |
|----------|------------------|-----------------|
| Hausman | 8,83 | 0,1832 |

Hausman testi, açıklayıcı değişkenler ile birim (zaman) etkileri arasında bir korelasyon olup olmadığını belirlemeye yönelik bir testtir (Hausman ve Taylor, 1981). Tablo 6'da Hausman test sonuçları verilmiştir.

Hangi modelin uygun olduğunu (tesadüfi etkiler veya sabit etkiler) belirlemeye yarayan hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 = Tesadüfi etkiler modeli uygundur.

H_1 = Sabit etkiler modeli uygundur.

Tablo 6'ya göre; H_0 hipotezi reddedilemez. Bu durumda, tesadüfi etkiler tahmincisi geçerlidir.

Tablo 7. Levene, Brown ve Forsythe' nin test sonuçları

| Test Adı | Test İstatistiği | Olasılık Değeri |
|----------|------------------|-----------------|
| W0 | 8,3295 | 0,000 |
| W50 | 6,6393 | 0,000 |
| W10 | 8,2086 | 0,000 |

Tablo 7'de Heteroskedasite test sonuçları verilmiştir. Tesadüfi etkiler tahmincisinin eşit varyanslı olduğu varsayımına uyup uymadığı sınınanmaktadır. Bu sınınanma için, Levene, Brown ve Forsythe' nin test istatistikleri (W0, W50, W10) kullanılmaktadır. Test istatistiklerine ait hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 = Heteroskedasite yoktur.

H_1 = Heteroskedasite vardır.

Levene, Brown ve Forsythe' nin test istatistikleri (W0, W50, W10)'ne göre H_0 reddedilmektedir. Dolayısıyla modelde heteroskedasite vardır.

Tablo 8. Durbin-Watson ve Baltagi-Wu'nun LBI test sonuçları

| Test Adı | Olasılık değeri |
|----------------|-----------------|
| Durbin-Watson | 0,7673 |
| Baltagi-Wu LBI | 0,9309 |

Tablo 8'de Durbin-Watson ve Baltagi-Wu tarafından geliştirilen otokorelasyon test istatistikleri yer almaktadır. Modelde otokorelasyonun olup olmadığını sınanan test istatistiklerinin hipotezleri aşağıdaki gibidir.

$H_0: \rho = 0$ Otokorelasyon yoktur.

$H_1: |\rho| < 1$ Otokorelasyon vardır.

Baltagi-Wu'nun test hipotezleri

H_0 : Otokorelasyon yoktur.

H_1 : Otokorelasyon vardır.

Tablo 8'e göre, testlerin ikisi için de test istatistik değeri, 2'den küçüktür. Dolayısıyla modelde otokorelasyon vardır.

Tablo 9. Pesaran test sonuçları

| | Test İstatistiği | Olasılık değeri |
|------------|------------------|-----------------|
| Pesaran CD | 6,659 | 0,000 |

Modelin birimler arası korelasyonsuz olup olmadığı Pesaran testi ile sınınanmıştır. Hipotezleri ise aşağıdaki gibidir.

H_0 : Birimler arası korelasyon yoktur.

H_1 : Birimler arası korelasyon vardır.

Tablo 9' a göre, olasılık değeri, 0,05'ten küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmektedir. Birimler arası korelasyon vardır.

Tablo 10. Normal Dağılım test sonuçları

| | Test İstatistiği | Olasılık Değeri |
|------------------------------|------------------|-----------------|
| Birleşik test (U_{it}) | 1,23 | 0,5395 |
| Birleşik test (μ_{it}) | 5,88 | 0,0529 |

Hipotez testlerinin geçerliliği ve güvenilirliği için hata terimlerinin normal dağılım göstermesi gereklidir. Bu varsayımı test etmek için kullanılan hipotezler aşağıdaki gibidir.

H₀: Kalıntılar normal dağılmaktadır.

H₁: Kalıntılar normal dağılmamaktadır.

Tablo 10'a göre, her iki teste ait olasılık değerleri 0,05'ten büyüktür. Bu doğrultuda H₀ hipotezi reddedilememektedir. Hata terimleri normal dağılmaktadır.

Tablo 11. Ramsey RESETF1 test sonuçları

| | Test İstatistiği | Olasılık Değeri |
|-----------------|------------------|-----------------|
| Ramsey RESET F1 | 23,645 | 0,000 |

Tablo 11'de yer alan Ramsey RESETF1 testi, modelde spesifikasyon hatalarının varlığını belirlemenin yanı sıra, modelin yapısının doğru bir şekilde oluşturulup oluşturulmadığını değerlendiren bir yöntemdir. Bu varsayımı test etmek için kullanılan hipotezler aşağıdaki gibidir.

H₀: Spesifikasyon hatası yoktur.

H₁: Spesifikasyon hatası vardır.

Reset F1 testine göre H₀ reddedilir. Modelde spesifikasyon hatası vardır. Bağımlı değişkeni etkileyen değişken(ler) modele dahil edilmemiştir. Spesifikasyon hatası, modele bağımlı değişkenin gecikmeli değerini ekleyince giderilmiştir.

Tablo 12. Driscoll – Kraay (1998) tahmincisi ve nihai model

| LQ | Katsayı Değerleri | Dirençli Standart Hatalar | t istatistikleri | P > t |
|------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|-------|
| lnGSYIH | -0,3103 | 0,0670 | -4,62 | 0,000 |
| lnISGUCU | 2,0894 | 0,2370 | 8,81 | 0,000 |
| lnAR&GE | -0,0128 | 0,0586 | -0,22 | 0,830 |
| lnKUR | -0,2559 | 0,0550 | -4,65 | 0,000 |
| lnORTUCRT | -1,2295 | 0,2459 | -5,00 | 0,000 |
| lnMSF | -0,1494 | 0,0289 | -5,16 | 0,000 |
| Sabit Katsayı | 15,7679 | 1,9305 | 8,17 | 0,000 |
| Gözlem Sayısı:300 | Wald Testi: 559,14*** | | | |
| R ² :0,1988 | rho: 0,9593 | | | |

*: %10 anlamlılık düzeyini, **: %5 anlamlılık düzeyini, ***%1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Heteroskedastisite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon durumlarında, hata teriminin varyans-kovaryans matrisi (Ω) birim matrise eşit değildir. Bu durum, varyanslar ve dolayısıyla standart hatalar, R², t istatistikleri ve güven aralıklarının doğruluğunu etkiler. Bu nedenle, modelde heteroskedastisite, otokorelasyon veya birimler arası korelasyon gibi sorunlar varsa, parametre tahminlerini değiştirmeksizin standart hataların düzeltilmesiyle daha sağlam tahminler elde edilmeli ya da bu tür problemleri gidermek için uygun tahmin yöntemleri kullanılmalıdır (Driscoll ve Kraay, 1998). Modelde heteroskedastisite ve otokorelasyon ve birimler arası korelasyon olduğu için, dirençli hatalar üretebilen Driscoll-Kraay tahmincisi kullanılmıştır.

Tablo 12'ye göre, modelin Wald Testi sonucunda elde edilen olasılık değeri, modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Belirginlik katsayısı (R²) yaklaşık %20'dir. lnAR&GE dışında tüm değişkenler anlamlıdır. Ancak modelde spesifikasyon hatası olduğu için dışlanmış değişken olduğu anlaşılmaktadır.

Statik modelde, eksik (dışlanmış) değişken olduğu için modele bağımlı değişkenin gecikmeli değerinin eklenmesi düşünülmüştür. Bu şekilde kurulan model için yapılan Reset F1 testine göre, ihracat yoğunlaşmasının bir önceki dönem değerini modele ilavesiyle spesifikasyon hatasının giderildiği anlaşılmıştır. Bu nedenle dinamik panel veri model sonuçlarının da değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

4.3. Dinamik Model İçin Tahmin ve Sonuçları

Kurulan modele ilişkin GMM denklemi aşağıda yer almaktadır.

$$LQ_{it} = \alpha + \beta_0 LQ_{it-1} + \beta_1 \ln(GSYIH_{it}) + \beta_2 \ln(ISGUCU_{it}) + \beta_3 \ln(AR\&GE_{it}) + \beta_4 \ln(KUR_{it}) + \beta_5 \ln(ORTUCRT_{it}) + \beta_6 \ln(MSF_{it}) + \mu_i + u_{it} \quad (4)$$

LQ_{it}, ihracat yoğunlaşmasını, LQ_{it-1}, ihracat yoğunlaşmasının bir önceki dönem değerini; GSYIH_{it}, ölçek ekonomilerini; ISGUCU_{it}, işgücü verimliliğini; AR&GE_{it}, bilgi dışsallıklarını; MSF_{it}, ulaşım maliyetlerini; KUR_{it}, döviz kurlarını; ORTUCRT_{it}, ortalama ücreti, μ_i, birim etkiyi ve u_{it} hata terimini ifade etmektedir.

Sağlıklı sonuçların elde edilebilmesi için, modelin uygun bir tahminciyle sınanması gerekmektedir. Yukarıda da bahsedildiği gibi modele ihracat yoğunlaşmasının bir önceki dönem değerinin eklenmesiyle birlikte spesifikasyon hatasının giderildiği anlaşılmıştır. Bu nedenle dinamik panel veri analiz yöntemlerinden olan Arellano ve Bond (1991) tarafından geliştirilen Genelleştirilmiş Momentler Metodu kullanılmıştır.

Genelleştirilmiş Momentler Tahmincisi (GMM) aynı zamanda gecikmeli bağımlı değişkenin tek bir araç değişken olarak ifade edilmesini sağlamak üzere bir araç değişken seti sunmaktadır (Blundell ve Bond, 2000). İki aşamalı olan modelde, ilk önce birinci fark modeli araç değişken matrisi kullanarak dönüştürülmüştür. İkinci aşamasında ise, dönüştürülmüş olan bu model genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmiştir. Birinci farkı alınmış bağımlı değişkenle birlikte araç değişken kullanılması yanlış tahminleri ortadan kaldıracaktır (Baltagi, 2021:192).

GMM ile tahmin edilen modelin üç varsayımı sağlaması beklenmektedir.

- Araç değişken sayısının n'den küçük olması gerekmektedir.
- Birinci mertebeden otokorelasyon AR (1) olabilmesine rağmen ikinci mertebeden otokorelasyon AR (2) olmamalıdır.
- Araç değişkenler ile kurulan modelde dışsallık sağlanmalıdır.

Tablo 13. GMM sonuçları

| <i>Değişken</i> | <i>Fark GMM</i> | <i>Sistem GMM</i> |
|----------------------|---------------------|--------------------|
| LQ (-1) | 0,4012
(0,000) | 0,6648
(0,000) |
| lnGSYİH | -0,3802
(0,000) | -0,7573
(0,000) |
| lnISGUCU | 1,0937
(0,000) | 0,2419
(0,610) |
| lnAR&GE | 0,0370
(0,000) | 0,2126
(0,001) |
| lnMSF | -37,7382
(0,016) | 1,1280
(0,003) |
| lnKUR | -0,4814
(0,000) | -0,7442
(0,000) |
| lnORTUCRT | -0,2284
(0,000) | 1,0923
(0,000) |
| AR (1) | -2,0624
(0,0392) | -1,250
(0,212) |
| AR (2) | -0,9226
(0,3562) | -0,680
(0,495) |
| Sargan | 13,1598
(0,3575) | 5,26
(0,628) |
| Wald Testi | 6442,65
(0,000) | 1142,23
(0,000) |
| Araç Değişken Sayısı | 19 | 14 |
| Kesit Sayısı | 20 | 20 |
| Zaman Boyutu | 15 yıl | 15 yıl |

Sistem GMM ve Fark GMM yöntemleri, dinamik panel veri analizi için kullanılan yöntemlerdir. Ancak, hangi yöntemin tercih edileceği, modelin özellikleri, ekonometrik teorisi, değişkenlerin yapısı ve zaman boyutuna bağlıdır. Her iki yöntemde de kontrol değişkenler anlamlıdır ve bu durum, modelin sağlamlığı açısından önemlidir. Ayrıca, her iki yöntem için Sargan testi geçerli bulunmuş ve otokorelasyon tespit edilmemiştir. Dolayısıyla model, ekonometrik açıdan anlamlı ve uygundur. Bununla birlikte, veri yapısına ve modelin teorik çerçevesine uygunluğu göz önüne alınarak analizlerde Fark GMM yöntemi ile devam edilmiştir.

Fark GMM Tahmincisinin sonuçları yukarıdaki tablodaki gibidir. Wald Testi modelin anlamlı olduğunu göstermektedir, modeldeki tüm katsayılar anlamlıdır. Otokorelasyon testine göre, 1. mertebeden negatif otokorelasyon varken 2. mertebeden otokorelasyon yoktur. Sargan testi sonuçlarına göre araç değişkenler geçerlidir (Araç değişken sayısı =19 < 20). Bu sonuçlara göre model tahmincinin gerekli varsayımlarını karşılamaktadır.

İhracat yoğunlaşması ile işgücü verimliliği, AR&GE arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki vardır. İhracat yoğunlaşması ile GSYİH, kur, ortalama ücret ve mesafe arasında negatif ve anlamlı bir ilişki vardır.

Nominal döviz kuru ve ortalama ücret değişkenleri literatür tarafından ihracat yoğunlaşmasının belirleyicisi olarak büyük oranda kabul görmüş değişkenlerdir ve modele kontrol değişkeni olarak eklenmiştir. Bu değişkenlerin anlamlı çıkması modelin sağlamlığını göstermektedir. Nominal döviz kuru, ihracat yoğunlaşmasını negatif ve anlamlı şekilde etkilemektedir. Ortalama ücret de anlamlı ve negatif şekilde etkilemiştir.

Modelde ortalama ücret arttıkça yoğunlaşma azalmaktadır. Ortalama ücretlerdeki artış, maliyetleri arttıracığı için ihracat yoğunlaşmasını negatif etkileyebilir. Yüksek maliyetler, ihracatın maliyetini arttırabilir bu durumda yoğunlaşmayı negatif etkileyebilir. Maliyet avantajı sağlayan bölgelerde yoğunluk artmaktadır.

Avrupa Birliği'nde, GSYİH verilerindeki artış, ülkelerin coğrafi ihracat yoğunlaşmasını negatif yönde etkilemektedir. Bu bulgu, Hesse (2009), Imbs ve Wacziarg (2003) ve Meilak (2008) gibi araştırmacıların çalışmaları ile tutarlıdır. Yani, Avrupa Birliği'ndeki ülkelerde GSYİH arttıkça, ihracat yoğunlaşması negatif etkilenmekte ve ülkeler daha geniş coğrafi pazarlara yayılmaktadır. Bu durum, daha küçük ülkelerde daha yüksek coğrafi ihracat yoğunluğunun gözlemlendiğini ve ülke büyüklüğü ile ihracat yoğunluğu arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Mesafe verisi, ihracat yoğunlaşmasını negatif ve anlamlı etkilemektedir. Teorik literatürde mesafe ve yoğunlaşma arasında negatif bir ilişki vardır. Modelde AB üyesi ülkelerde mesafe arttıkça ihracat yoğunlaşmasının negatif etkilediği gözlemlenmektedir. Thünen'den Krugman'a kadar mesafenin yığılma ekonomilerini açıklamadaki önemi, Avrupa Birliği için de geçerli olduğu görülmektedir.

Ar&Ge'deki artış ihracat yoğunlaşmasını pozitif ve anlamlı şekilde etkilemektedir. Teorik literatür dışsallıkların maliyet avantajı sağlayarak yoğunlaşma meydana getirdiğini göstermektedir. Artan bilgi dışsallığı sayesinde, ülkelerin yeni teknolojileri, yenilikçi ürünleri kullanma kapasitesi artar. Bu yenilik ve teknolojik gelişmelerin artmasından dolayı ihracat yoğunlaşmasını arttırabilir. Artan bilgi sayesinde, bilgiye erişim maliyeti azalabilir. Bu da daha yoğun iş birlikleri ve daha yoğun bir piyasa yaratabilir. Çalışmada Avrupa Birliği için bunun ampirik kanıtlarını görülmektedir.

İşgücü verimliliğinin de ihracat yoğunlaşmasını pozitif ve anlamlı şekilde etkilediği görülmektedir. İşgücü verimliliğindeki artış maliyetleri düşürebilir. Maliyetlerin azalması, iş süreçlerinin daha verimli olması ve teknolojik gelişmeler dış piyasalarda rekabeti sağlar ve ihracat yoğunlaşmasını arttırabilir.

İhracat yoğunlaşmasının bir önceki dönem değerindeki artış, cari dönemde ihracat yoğunlaşmasını arttırmaktadır. Bu modelde, ihracat yoğunlaşmasının bir önceki dönemdeki gecikmesinin, cari dönemde istatistiksel olarak pozitif ve anlamlı bir şekilde etkilediği görülmektedir. Bu durum, kümülatif nedensellik çerçevesinde değerlendirildiğinde, geçmiş dönem ihracat yoğunluğunun, mevcut dönem yoğunluğunu etkileyen bir süreç olduğunu göstermektedir. Kaldor (1970) kümülatif nedenselliğe bağlı ihracata dayalı büyüme modeli geliştirmiştir. Kaldor'un teorisine göre, ihracattaki ilk artış ekonomik gelirden bir artışa yol açar ve bu artış, tüm mal ve hizmetlere olan talebin yükselmesine sebep olur. Kaldor'un modelinde, ihracatın ilk artışının ekonomik büyümeyi destekleyen bir etki yaratarak sürekli bir döngü oluşturduğuna vurgu yapılır. Dolayısıyla, bu bağlamda, geçmiş dönem ihracat değerlerinin cari dönemdeki ihracat değerlerini nasıl etkilediği, Kaldor'un kümülatif nedensellik çerçevesinde anlaşılabilir.

5. SONUÇ

YEC iktisadi faaliyetlerin coğrafi dağılımını açıklayan bir teoridir. İstihdamın, nüfusun ve gelirin coğrafi yığılmasını ele alan bu teori, ekonomik faaliyetlerin belirli bölgelerde yığılma eğiliminde olduğunu ve bunun nedenlerini ve mekanizmalarını detaylı bir şekilde açıklamaktadır (Krugman,1991). Krugman'a göre, ölçek ekonomileri, ulaşım maliyetleri, dışsallıklar ve verimlilik, ekonomik faaliyetlerin belirli bölgelerde yoğunlaşmasını sağlayan yığılmanın temel belirleyicileridir. Bu faktörler, firmaların ve iş gücünün bir araya gelerek maliyet avantajları yaratmasını ve üretkenliği arttırmasını sağlamaktadır. Ülkeler arasındaki ekonomik entegrasyonun artmasıyla, endüstrilerin ve belirli sektörlerin belli bölgelerde yoğunlaşması, YEC'i önemli hale getirmektedir. YEC, küresel ölçekte entegre olmuş dünyayı anlamamıza teorik bir altyapı sağlamaktadır. Bölgelerin gelişme süreçlerini, yığılma ve yoğunlaşmaları anlamamız için olanak tanımaktadır. YEC, üretim ve ticaretin belirli bölgelerde yoğunlaşmasının nedenlerini açıklamaktadır.

YEC teorisi, ekonomik faaliyetlerin mekânsal dağılımını ve yoğunlaşmasını genel denge modeli çerçevesinde ele almakta ve bu süreçte ölçek ekonomileri, ulaşım maliyetleri ve üretim faktörlerinin hareketliliği gibi unsurların karşılıklı etkileşimlerine vurgu yapmaktadır (Fujita, 2010:24). YEC'in temel unsurları, firmaların coğrafi olarak birbirine yakın konumlanarak maliyet avantajı sağlaması, bu yakınlığın bilgi dışsallıkları ve yenilikler aracılığıyla karşılıklı fayda yaratması ve ölçek ekonomilerinin verimliliği arttırması gibi faktörlerden oluşmaktadır. Bu kapsamda, YEC teorik altyapısını Avrupa Birliği Ekonomik Entegrasyonunda test etmek amacıyla yapılan bu çalışmada YEC bileşenleri belirlenmiş ve ihracat

yoğunlaşması üzerindeki etkileri incelenmiştir. Literatürde yığılma kuvvetleri ve ihracat ile ilgili birçok çalışma olmasına rağmen ihracat yoğunlaşmasını ele alan çalışmalar oldukça az sayıdadır.

Bu çalışma, Avrupa Birliği coğrafyasındaki ihracat yoğunlaşmasını YEC teorik çerçevesiyle ele alarak, bu alanda literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır.

Elde edilen bulgular, YEC teorisinin geçerliliğini desteklemekte ve Avrupa Birliği'ndeki coğrafi ihracat yoğunlaşmasının dinamiklerinin anlaşılmasına ışık tutmaktadır. Çalışmada, ihracat yoğunlaşmasının işgücü verimliliği ve Ar&Ge ile pozitif; GSYİH, döviz kuru, ortalama ücret ve mesafe gibi faktörlerle ise negatif ve anlamlı ilişkileri olduğu tespit edilmiştir.

YEC bileşenlerinden olan dışsallıklar, yoğunlaşma için pozitif etki yaratıp bilgiye erişim maliyetlerini azaltırlar. Avrupa Birliği Bölgesi için de mekânda meydana gelen bilgi yayılmalarının ihracat yoğunlaşmasını arttırdığı bulgusuna varılmıştır. Modelde işgücü verimliliğindeki artışın da ihracat yoğunlaşmasını arttırdığı görülmüştür. Bölgedeki verimlilik, bilgi yayılmaları ihracat yoğunlaşmasını artırırken; döviz kurundaki artış, ölçek ekonomileri ihracat yoğunlaşmasını azaltmaktadır. Bu bağlamda araştırmanın sonuçları, Avrupa Birliği Coğrafyasında çalışma kapsamındaki yıllar için YEC teorik arka planı ile uyumlu şekilde ihracat yoğunlaşmasının açıklanabilirliğine dair önemli katkılar sunmaktadır. Bu sonuçlardan yola çıkarak şu şekilde önermelerde bulunulabilir; Firmalar, endüstriler yığılma kuvvetlerinden faydalanarak maliyetlerini düşürüp, verimliliklerini arttırabilmektedir. Dışsallıklar yoğunlaşma için pozitif etki yaratıp bilgiye erişim maliyetlerini azaltmaktadır. Ar&Ge, bölgede biriken bilgi ve teknolojinin yayılmasıyla verimliliği arttıran önemli bir unsurdur. Uluslararası ticarete dışsallıkların önemine dikkat çekilmekte ve özellikle bilgi dışsallıklarının ihracatla ilişkisi, ihracat ve Ar&Ge arasındaki bağlantının önemi vurgulanmaktadır. Bu durum endüstri bölgeleri, uzmanlaşma alanları gibi firmaları bir araya getiren uygulamaların devamı, belirli coğrafi bölgelerde birçok firmanın veya endüstrinin kullanabileceği maliyet düşürücü alt yapı yatırımların (büyük ölçekli laboratuvarlar, inovasyon merkezleri, enerji tesisleri, lojistik ağları vb.) artırılmasının rekabet avantajı açısından faydalı olabileceğini göstermektedir. Ulaşım maliyetlerinin ihracat yoğunlaşmasına etkisi görüldüğünden ihracat potansiyelini arttırmak isteyen bölgeler ulaştırma alt yapısına daha fazla kaynak ayırmalıdır.

Politika önerilerini ise şu şekilde sıralamak mümkündür; işgücü verimliliğinin artırılması için inovatif eğitim programları uygulanabilir. Bu sayede, istihdam edilen personelin yetkinlikleri geliştirilerek verimlilik düzeyi yükseltilebilir. Bu bağlamda bilgi yığılmalarını teşvik etmek ve bilgiye erişim maliyetlerini azaltmak amacıyla inovasyon merkezleri ve bilişim vadileri gibi yapılar oluşturulabilir. Bu tür girişimler, bilginin coğrafi mekânda daha etkin bir şekilde yayılmasını sağlayabilir. Ayrıca, istihdam edilen personelin ve vatandaşların güvenilir bilgiye kolay erişimini sağlamak için de eğitim programları düzenlenebilir. Öte yandan ulaşım maliyetlerini düşürmek için ulaşım altyapısının geliştirilmesi kritik öneme sahiptir. Bunun yanı sıra, dijitalleşme ve otomasyon süreçlerinde yapılacak iyileştirmeler, lojistik maliyetlerini azaltarak ekonomik verimliliği artırabilir. Ölçek ekonomilerinin ihracat yoğunlaşmasını olumsuz yönde etkilemesi sıkışma maliyetlerinde artışının bir göstergesi olabilir. Bunu azaltacak tedbirler, bölgenin ihracat avantajlarını arttıracaktır.

Araştırmanın örnekleminde yer alan yatay kesit birimleri AB ülkelerini kapsamakla birlikte, veri eksiklikleri nedeniyle yedi ülke (Bulgaristan, Malta, Lüksemburg, Güney Kıbrıs Rum Yönetimi, Hırvatistan, Romanya ve Yunanistan) analiz dışında bırakılmıştır. Çalışmanın bir diğer kısıtlayıcı unsuru ise analiz döneminin sınırlı olmasıdır. Zaman aralığının genişletilmesi ve farklı metodolojik yaklaşımların kullanılması, konuya ilişkin daha genelleştirilebilir ve kapsamlı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Bu çalışma, YEC teorisi ile ilgili büyük ölçüde destekleyici kanıtlar sunmaktadır. Gelecekteki araştırmalarda, veri setinin genişletilmesi, analiz döneminin uzatılması ve metodolojik çeşitliliğin artırılmasıyla konunun daha derinlemesine ve kapsamlı bir şekilde ele alınması sağlanabilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Nihal Altun: Literatür Taraması, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Aykut Şarkgüneşi:* Modelleme, Metodoloji, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Nihal Altun: Literature Review, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Aykut Şarkgüneşi:* Modelling, Methodology, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir. *It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.*

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır. *The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.*

KAYNAKÇA

- Arellano, M., ve Bond, S. (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations". *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297.
- Arrow, K.J. (1962). "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention," in Richard R. Nelson, ed., *The rate and direction of inventive activity*. Princeton, NJ: Princeton University Press. 609-26.
- Aiginger, K., ve Pfaffermayr, M. (2004). "The Single Market and Geographic Concentration in Europe", *Review of International Economics*, 12(1), 1-11.
- Alfaro, L., Chen, M.X. ve Fadinger, H. (2019). "Spatial Agglomeration and Superstar Firms: Firm-Level Patterns from Europe and US". *ECB Forum on Central Banking, 17-19 June 2019, Sintra, Portugal: 20 years of European Economic and Monetary Union: Conference Proceedings*, Frankfurt.
- Altıntaş, H. ve Mercan, M. (2015). "Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: OECD Ülkeleri Üzerine Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Panel Eşbütünlük Analizi", *Ankara Üniversitesi Sbf Dergisi*, 70(2), 345-376.
- Antonietti, R. ve Cainelli, G. (2011). "The Role of Spatial Agglomeration in a Structural Model of Innovation, Productivity and Export: A Firm-Level Analysis", *The Annals of Regional Science*, 46, 577-600.
- Audretsch, D.B. ve Feldman, M.P. (1996). "R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production", *The American Economic Review*, 86(3), 630-640.
- Baltagi, B.H., (2021). "Econometric Analysis of Panel Data Springer", 6. Basım, Nature, Switzerland
- Blalock, G. ve Gertler, P.J. (2004). "Learning from Exporting Revisited in a Less Developed Setting", *Journal of Development Economics*, 75(2), 397-416.
- Blundell, R. ve Bond, S. (2000). "GMM Estimation with Persistent Panel Data: An Application to Production Functions", *Econometric Reviews*, 19(3), 321-340.
- Bosker, M. (2007). "Growth, Agglomeration and Convergence: A Space-Time Analysis for European Regions", *Spatial Economic Analysis*, 2(1), 91-100.
- Bosker, M. ve Garretsen, H. (2010). "Trade Costs in Empirical New Economic Geography", *Papers in Regional Science*, 89(3), 485-512.
- Branstetter, L.G. (1998). "Looking for International Knowledge Spillovers A Review of The Literature with Suggestions for New Approaches", *The Economics and Econometrics of Innovation*, 495-518.
- Brunow, S., Pestel, L. ve Partridge, M. (2019). "Exports of Firms and Diversity: An Empirical Assessment for Germany", *Empirica*, 46(1), 151-175.
- Brülhart, M. (2001). "Evolving Geographical Concentration of European Manufacturing Industries", *Weltwirtschaftliches Archiv*, 137(2), 215-243.
- Brülhart, M. ve Sbergami, F. (2009). "Agglomeration and Growth: Cross-Country Evidence", *Journal of Urban Economics*, 65(1), 48-63.
- Brülhart, M. (1998). "Trading places: Industrial Specialization in the European Union". *JCMS. Journal of Common Market Studies*, 36(3), 319-346.
- Cainelli, G., Di Maria, E. ve Ganau, R. (2017). "Does Agglomeration Affect Exports? Evidence from Italian Local Labour Markets", *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 108(5), 554-570.
- Campos, A.C., Lopes, L. ve Carreira, C. (2023). "Spatial Location and Agglomeration Economies in Exports: Empirical Evidence by Technological Intensities in Brazil", *Journal of Applied Economics*, 26(1), 2272112.
- Cassey, A.J. ve Schmeiser, K.N. (2012). "The Agglomeration of Exporters by Destination", *The Annals of Regional Science*, 51(2), 495-513.
- Ciccone, A., Hall, R.E. (1993). "Productivity and The Density of Economic Activity", *The American Economic Review*, 86(1), 54-70.
- Cromley, R.G. ve Hanink, D.M. (2012). "Focal Location Quotients: Specification and Applications". *Geographical Analysis*, 44(4), 398-410.
- Çalışkan, E.T. (2014). "Yeni Ekonomik Coğrafya Yaklaşımının Uluslararası Ticareti Açıklayıcılığı Üzerine Ampirik Bir Analiz". Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Çevirmez, E.O. (2021). "Türkiye'nin İhracatında Bölgesel ve Sektörel Yoğunlaşma", *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 13(1), 1-15.
- Deviren, V.N. (2004). "Yeni Dış Ticaret Teorileri", *Mevzuat Dergisi*, 7(81).
- Disdier, A.C. ve Head, K. (2008). "The Puzzling Persistence of The Distance Effect on Bilateral Trade", *The Review of Economics and Statistics*, 90(1), 37-48.

- Driscoll, J.C. ve Kraay, A.C. (1998). "Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data", *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549-560.
- Dünya Bankası. (2023a). <https://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.CD?locations=EU>, (Erişim Tarihi: 15.04.2023).
- Dünya Bankası. (2023a). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.MKTP.CD>, (Erişim Tarihi: 15.04.2023)
- Dünya Bankası. (2023b). <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=EU>, (Erişim Tarihi: 15.04.2023).
- Dünya Bankası. (2023c). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=EU>, (Erişim Tarihi: 15.04.2023).
- Forte, R.P. ve Sá, A.R. (2021). "The Role of Firm Location and Agglomeration Economies on Export Propensity: The Case of Portuguese SMEs" *Euromed Journal of Business*, 16(2), 195-217.
- Fujita, M. (2010). "The Evolution of Spatial Economics: From Thünen to The New Economic Geography", *Japanese Economic Review*, 61(1),1-32.
- Fujita, M. ve Thisse, J.F. (2009). "New Economic Geography: an Appraisal on the Occasion of Paul Krugman's 2008 Nobel Prize in Economic Sciences", *Regional Science and Urban Economics*, 39(2), 109-119.
- Fujita, M. ve Krugman, P. (2004). "The New Economic Geography: Past, Present And The Future", *Fifty Years of Regional Science*, 139-164.
- Fujita, M. ve Thisse, J.F. (1996). "Economics of Agglomeration", *Journal of the Japanese and International Economies*, 10(4), 339-378.
- Glaeser, E.L. (2010). "Agglomeration Economics", University of Chicago Press.
- Goschin, Z. (2020). "Economic Specialization of Romanian Regions and Counties. Insights Drawn from Static and Dynamic Location Quotients", *Revista Romana de Economie*, 50(1(59)), 84-112.
- Greenaway, D. ve Kneller, R. (2008). "Exporting, Productivity and Agglomeration", *European Economic Review*, 52(5), 919-939.
- Grossman, G.M. ve Helpman, E. (1990). "Trade, Innovation, and Growth", *The American Economic Review*, 80(2), 86-91.
- Grossman, G.M. ve Helpman, E. (1994). "Technology and Trade", *Handbook of International Economics*, 3, 1279-1337.
- Haaland, J.I.M., Kind, H.J., Midelfart, K.H. ve Torstensson, J. (1998). "What Determines the Economic Geography of Europe?", CEPR Discussion paper no. 2072.
- Hausman, J.A. ve Taylor, W.E. (1981). "Panel Data and Unobservable Individual Effects", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1377-1398.
- He, C., Ye, X. ve Wang, J. (2012). "Industrial Agglomeration and Exporting in China: What Is the Link?", *Regional Science Policy & Practice*, 4(3),317-333.
- Hesse, H. (2009). Export Diversification and Economic Growth, *Breaking Into New Markets: Emerging Lessons for Export Diversification*, (Editörler: R. Newfarmer, W. Shaw, P. Walkenhorst), 55-80, Dünya Bankası, Washington.
- Hildebrandt, A. ve Wörz, J. (2004). "Determinants of Industrial Location Patterns", CEECs (No. 32). WIIW Working Paper.
- Hoover, E. (1948). *The Location of Economic Activity*, Mc-Graw-Hill, New York.
- Imbs, J. ve Wacziarg, R. (2003). "Stages of Diversification", *American Economic Review*, 93(1): 63-86.
- Isard, W (1956). "Location and Space-Economy", Wiley, New York.
- Isard, W. (1960). "Methods of Regional Analysis: An Introduction to Regional Sciences". The M.I.T. Press, Cambridge.
- Kaldor, N. (1970). "The Case for Regional Policies", *Scottish Journal of Political Economy*, 17(3), 337-348.
- Karaalp, H.S. ve Erdal, F. (2012). "Sanayileşmenin Bölgesel Yığılması ve Komşu İllerin Büyümesi Gelir Farklılıklarını Artırır mı? Türkiye için Bir Beta Yakınsama Analizi", *Ege Akademik Bakış*, 12 (4), 475-486.
- Koo, J. (2005). "Technology Spillovers, Agglomeration, and Regional Economic Development", *Journal of Planning Literature*. 20 (2),99-115.
- Krenz, A. (2013). "Services Sectors' Concentration: the European Union and the New Economic Geography", *Applied Econometrics and International Development*, 13(2), 29-44.
- Krugman, P. (1980). "Scale Economies, Product Differentiation, and The Pattern of Trade", *American Economic Review*, 70(5), 950-959.
- Krugman, P. (1991). "Increasing Returns and Economic Geography". *Journal of Political Economy*. 99(3),483-499.

- Krugman, P. (1998a). "The Role of Geography in Development", *International Regional Science Review*, 22(2) 142-161.
- Krugman, P. (1998b). "What's New about the New Economic Geography?", *Oxford Review of Economic Policy*, 14(2), 7-17.
- Krugman, P.R. (1979). "Increasing Returns, Monopolistic Competition, and International Trade", *Journal of International Economics*, 9(4), 469-479.
- Krugman, P., Obstfeld, M. ve Melitz, M. (2017). "Uluslararası İktisat", Çev. Ed. Onur Özsoy, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Lovely, M.E., Rosenthal, S.S. ve Sharma, S. (2005). "Information, Agglomeration, and the Headquarters of US Exporters", *Regional Science and Urban Economics*, 35(2), 167-191.
- Malmberg, A., Malmberg, B. ve Lundequist, P. (2000). "Agglomeration and Firm Performance: Economies of Scale, Localisation, and Urbanisation among Swedish Export Firms", *Environment and Planning*, 32 (2), 305-321.
- Marshall, A. (1980). "Principles of Economics", McMillan and Co., Limited, London.
- Martin, P., Mayer., T. ve Mayneris, F. (2011). "Spatial Concentration and Plant-Level Productivity in France", *Journal of Urban Economics*, 69(2), 182-195.
- Martin, R. (2011). "The "New Economic Geography": Credible Models of The Economic Landscape". *The SAGE Handbook of Economic Geograph*, 53-71.
- Meilak, C. (2008). "Measuring Export Concentration: The Implications for Small States", *Bank of Valletta Review*, 37(3), 35-48.
- Melitz, M.J. (2003). "The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity", *Econometrica*, 71(6), 1695-1725.
- Moineddin, R., Beyene, J. ve Boyle, E. (2003). "On The Location Quotient Confidence Interval", *Geographical Analysis*, 35(3), 249-256.
- OECD. (1996). "The Knowledge-Based Economy", OECD Publishing, Paris.
- OECD. (2009a). "How Regions Grow? Trend and Analysis", OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264039469-en>, (Erişim Tarihi: 15.04.2023).
- OECD. (2023a). https://www.oecd-ilibrary.org/employment/data/oecd-productivity-statistics_pdtvy-data-en, (Erişim Tarihi: 15.04.2023).
- OECD. (2023b). <https://data-explorer.oecd.org/?tm=exchange%20rate&pg=0&snb=52>, (Erişim Tarihi: 15.04.2023).
- OECD. (2023c). https://www.oecd-ilibrary.org/employment/average-wages/indicator/english_cc3e1387-en, (Erişim Tarihi: 15.04.2023).
- Ohlin, B. (1933) *Interregional and International Trade*, Harvard University Press. Cambridge, MA.
- Ögel, C. ve Avcı, S. (2023). "Gaziantep İmalat Sanayinin Yoğunlaşma Katsayısı ile Analizi", *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(2), 1000-1016.
- Özdemir, M. ve Başkol, M.O. (2010). "Thünen'den Krugman'a: Yeni Ekonomik Coğrafya (Gerçekten) Yeni Mi?", *TÜCAUM VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu*, 3-5 Kasım 2010, Ankara.
- Öztürk, N. (2003). "Dış Ticaret Kuramında Yeni Yaklaşımlar", *Öneri Dergisi*, 5(19), 109-126.
- Polat, M. ve Akyıldırım, A. (2022). "İşbirliği Destek Programının KOBİ'ler Üzerindeki Etkisinin Ölçek Ekonomisi Bağlamında Değerlendirilmesi", *Düzce İktisat Dergisi*, 3(1), 8-29.
- Prim, A. L., Amal, M. ve Carvalho, L. (2016). "Regional Cluster, Innovation and Export Performance: an Empirical Study". *BAR-Brazilian Administration Review*, 13, e160028.
- Ramos, R. ve Moral-Benito, E. (2017). "Agglomeration by Export Destination: Evidence from Spain". *Journal of Economic Geography*. 18 (3),599-625.
- Rodríguez-Pose, A., Tselios, V., Winkler, D. ve Farole, T. (2013). "Geography and the Determinants of Firm Exports in Indonesia". *World Development*. 44, 225-240.
- Rosenthal, S.S. ve Strange, W.C. (2001). "The Determinants of Agglomeration". *Journal of Urban Economics*, 50(2), 191-229.
- Romer, P.M. (1986). "Increasing Returns and Long-Run Growth". *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P.M. (1990). "Endogenous Technological Change". *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71-S102.
- Scheuerer, J. (2019). "The Role of Agglomeration for Firms' Export Behavior: Evidence from India", Doktora Tezi, Christian-Albrechts University of Kiel.



- Schmutzler, A. (1999). "The New Economic Geography", *Journal of Economic Surveys*, 13(4), 355-379.
- Sforzi, F. ve Boix, R. (2015). "What about Industrial District(s) in Regional Science?", *Investigaciones Regionales- Journal of Regional Research*, (32), 61-73.
- Shin, M.E., Agnew, J., Breau, S., ve Richardson, P. (2006). "Place and the Geography of Italian Export Performance". *European Urban and Regional Studies*, 13(3), 195-208.
- Sölvell, Ö., Ketels, C. ve Lindqvist, G. (2008). "Industrial Specialization And Regional Clusters in The Ten New EU Member States. Competitiveness Review", *An International Business Journal*, 18(1/2), 104-130.
- Sun, C., Yu, Z. ve Zhang, T. (2012). "Agglomeration and Trade with Heterogeneous Firms". *MPRA Paper 49001*, 1-47.
- Sunay, E.B. (2022). "Yığılma Ekonomileri: Teorik Bir İnceleme". *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi* (10), 96-104.
- Türkcan, B. (2014). "Kavramsal Olarak Bilgi Dışsallıkları ve Bilgi Dışsallıklarının İktisadi Etkileri". *İktisat ve Toplum*, 50, 47-52.
- Uçak, H. ve Arısoy, İ. (2011). "Türkiye Ekonomisinde Verimlilik, İhracat ve İthalat Arasındaki Nedensellik İlişkisinin Analizi", *Ege Akademik Bakış*, 11(4), 639-651.
- Uluyol, O. ve Türk, V.E. (2013). "Finansal Rasyoların Firma Değerine Etkisi: Borsa İstanbul (Bist)'da Bir Uygulama", *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(2), 365-384.
- Usanmaz, D. (2022). "Türkiye'de Gayrisafi Milli Hasıla Doğrudan Yabancı Yatırımlar ve Enflasyon Arasındaki İlişkinin İncelenmesi", *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, 14(2), 202-223.
- Uslu, H. (2018). "Marshall-Lerner Koşulu Çerçevesinde Reel Döviz Kuru Değişimlerinin Türkiye'nin Dış Ticaret Performansına Etkileri: Yapısal Kırılmalı Bir Analiz", *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD)*, 3(2), 792-820.
- Yerdelen Tatoğlu F. (2018). "Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı", Beta Basım Yayım, İstanbul.
- Yüksel, E. ve Sarıdoğan, E. (2011). "Uluslararası Ticaret Teorileri ve Paul R. Krugman'ın Katkıları", *Öneri Dergisi*, 9(35), 199-206.
- Zhao, H. ve Zou, S. (2002). "The Impact of Industry Concentration and Firm Location on Export Propensity and Intensity: An Empirical Analysis of Chinese Manufacturing Firms", *Journal of International Marketing*, 10(1), 52-71.

EK

Tablo A1. Avrupa Birliği ülkeleri ihracat yoğunlaşması oranları

| Yıl | Almanya | Avusturya | Belçika | Çekya | Danimarka | Finlandiya | Fransa | Macaristan | İrlanda | İtalya |
|------|---------|-----------|----------|---------|-----------|------------|----------|------------|----------|----------|
| 2005 | 1,007 | 1,301 | 1,958 | 1,730 | 1,257 | 1,071 | 0,709 | 1,780 | 2,451 | 0,656 |
| 2006 | 1,030 | 1,283 | 1,915 | 1,749 | 1,267 | 1,079 | 0,693 | 1,989 | 2,279 | 0,659 |
| 2007 | 1,047 | 1,290 | 1,894 | 1,732 | 1,256 | 1,071 | 0,670 | 2,065 | 2,293 | 0,670 |
| 2008 | 1,050 | 1,278 | 1,910 | 1,622 | 1,296 | 1,085 | 0,666 | 2,051 | 2,357 | 0,656 |
| 2009 | 1,029 | 1,248 | 1,865 | 1,730 | 1,288 | 0,984 | 0,670 | 2,142 | 3,091 | 0,619 |
| 2010 | 1,041 | 1,268 | 1,863 | 1,767 | 1,240 | 0,946 | 0,653 | 2,123 | 3,063 | 0,627 |
| 2011 | 1,026 | 1,256 | 1,882 | 1,800 | 1,231 | 0,905 | 0,647 | 2,113 | 2,963 | 0,629 |
| 2012 | 1,021 | 1,217 | 1,774 | 1,825 | 1,206 | 0,872 | 0,645 | 2,024 | 2,908 | 0,641 |
| 2013 | 1,003 | 1,204 | 1,749 | 1,835 | 1,201 | 0,855 | 0,649 | 1,987 | 2,774 | 0,648 |
| 2014 | 0,995 | 1,187 | 1,740 | 1,959 | 1,173 | 0,804 | 0,646 | 2,031 | 2,891 | 0,648 |
| 2015 | 0,986 | 1,153 | 1,649 | 1,860 | 1,156 | 0,754 | 0,644 | 1,976 | 3,404 | 0,643 |
| 2016 | 0,978 | 1,140 | 1,712 | 1,846 | 1,135 | 0,754 | 0,645 | 1,932 | 3,241 | 0,636 |
| 2017 | 0,968 | 1,146 | 1,732 | 1,760 | 1,133 | 0,789 | 0,636 | 1,881 | 3,191 | 0,642 |
| 2018 | 0,949 | 1,161 | 1,706 | 1,688 | 1,141 | 0,794 | 0,642 | 1,807 | 3,281 | 0,643 |
| 2019 | 0,932 | 1,149 | 1,679 | 1,624 | 1,188 | 0,819 | 0,639 | 1,729 | 3,400 | 0,647 |
| Yıl | Polonya | Hollanda | Portekiz | İspanya | İsveç | Estonya | Slovenya | Letonya | Litvanya | Slovakya |
| 2005 | 0,943 | 1,783 | 0,733 | 0,676 | 1,185 | 1,831 | 1,612 | 1,159 | 1,497 | 1,980 |
| 2006 | 0,982 | 1,736 | 0,790 | 0,650 | 1,170 | 1,693 | 1,661 | 1,031 | 1,472 | 2,113 |
| 2007 | 0,978 | 1,705 | 0,788 | 0,653 | 1,133 | 1,664 | 1,704 | 0,967 | 1,318 | 2,103 |
| 2008 | 0,934 | 1,774 | 0,783 | 0,638 | 1,148 | 1,695 | 1,648 | 0,962 | 1,440 | 1,973 |
| 2009 | 1,058 | 1,786 | 0,779 | 0,649 | 1,172 | 1,733 | 1,607 | 1,089 | 1,398 | 1,888 |
| 2010 | 1,038 | 1,757 | 0,775 | 0,657 | 1,085 | 1,978 | 1,625 | 1,315 | 1,605 | 1,950 |
| 2011 | 1,034 | 1,770 | 0,818 | 0,702 | 1,036 | 2,132 | 1,663 | 1,398 | 1,754 | 2,040 |
| 2012 | 1,045 | 1,815 | 0,873 | 0,716 | 0,994 | 2,030 | 1,671 | 1,397 | 1,823 | 2,085 |
| 2013 | 1,089 | 1,818 | 0,907 | 0,749 | 0,940 | 1,958 | 1,699 | 1,368 | 1,817 | 2,127 |
| 2014 | 1,100 | 1,812 | 0,914 | 0,748 | 0,943 | 1,875 | 1,711 | 1,359 | 1,628 | 2,057 |
| 2015 | 1,098 | 1,795 | 0,897 | 0,723 | 0,933 | 1,702 | 1,711 | 1,301 | 1,534 | 2,019 |
| 2016 | 1,182 | 1,774 | 0,897 | 0,735 | 0,923 | 1,714 | 1,732 | 1,298 | 1,525 | 2,089 |
| 2017 | 1,193 | 1,773 | 0,919 | 0,738 | 0,903 | 1,633 | 1,779 | 1,297 | 1,604 | 2,034 |
| 2018 | 1,193 | 1,762 | 0,923 | 0,727 | 0,928 | 1,570 | 1,784 | 1,295 | 1,609 | 2,018 |
| 2019 | 1,196 | 1,740 | 0,922 | 0,720 | 0,958 | 1,557 | 1,756 | 1,253 | 1,653 | 1,944 |

Türkiye’de Materyal Verimliliğinin Belirleyicileri

Uğur Coşkun¹ , Semiha Aytemiz¹ 

ÖZET

Amaç: Verimlilik, ülkelerin etkin iktisadi büyüme sürecinde büyük öneme sahiptir. Materyal verimliliği ülkelerin verimliliklerinin belirlenmesinde ve geliştirilmesinde incelenen alanlardan biridir. Bu çalışmada, Türkiye’nin materyal verimliliğinin belirleyicilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

Yöntem: Çalışmada yer alan değişkenlerin ampirik analizinde zaman serisi modelleri kullanılmaktadır. Değişkenlerin durağanlık düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan ADF ve PP birim kök testlerine göre farklı düzeyde durağanlık elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda ARDL sınır testi ile kısa dönemde ortaya çıkan dengeden sapma ve uzun dönemli sonuçlar elde edilmiştir.

Bulgular: ARDL sınır testi sonuçlarına göre Türkiye’de 1990-2022 veri döneminde kişi başına düşen gelirden ve cari işlemler dengesinde %1’lik artış materyal verimliliğini sırasıyla %0,03 ve %0,02 oranında artırırken işsizlikteki %1’lik artış materyal verimliliğini %0,03 oranında azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Özgünlük: Literatürde materyal verimliliğine yönelik çalışmaların son yıllarda arttığı görülmektedir. Türkiye’de materyal verimliliği çalışmalarının kısıtlı olmasının yanı sıra materyal verimliliğinin belirleyicilerine ilişkin çalışma yok denecek kadar azdır.

Anahtar Kelimeler: Verimlilik, Materyal Verimliliği, ARDL Sınır Testi.

JEL Kodları: D24, Q32, Q56, C22.

Determinants of Material Productivity in Türkiye

ABSTRACT

Purpose: Productivity is crucial for a country's effective economic growth paths. Material productivity is one of the areas examined in determining and improving a country's productivity. This study aims to examine the determinants of Türkiye's material productivity.

Methodology: Time series models are used in the empirical analysis of the variables in the study. ADF and PP unit root tests are used to determine the stationarity levels of the variables. Since stationarity is obtained at different levels, the ARDL bounds test method is applied. These results show short-run deviation from equilibrium, and long-run results are obtained using the ARDL bounds test.

Findings: According to the ARDL bounds test results, a %1 increase in per capita income and current account balance increases material productivity by %0.03 and %0.02, respectively, while a %1 increase in unemployment decreases material productivity by %0.03 in the 1990-2022 data period in Türkiye.

Originality: The literature has increased in recent years with studies on material productivity. In addition to the limited number of material productivity studies in Türkiye, almost no evaluation of the determinants of material productivity exists.

Keywords: Productivity, Material Productivity, ARDL Bounds Test.

JEL Codes: D24, Q32, Q56, C22.

¹ Mersin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Mersin, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Uğur Coşkun, ugurrrcoskun@gmail.com

DOI: 10.51551/verimlilik.1525423

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 31.07.2024 | Kabul / Accepted: 25.12.2024

Atf/Cite: Coşkun, U. ve Aytemiz, S. (2025). "Türkiye’de Materyal Verimliliğinin Belirleyicileri", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 223-234.

EXTENDED ABSTRACT

Natural resources such as fossil fuels, minerals, metals, water and land form the backbone of economic production and consumption systems. The major environmental problems such as resource depletion, climate change and ecosystem degradation are caused by the production and consumption of resources (Bahn-Walkowiak and Steger, 2015). Nowadays, increasing demand for natural resources such as climate change, biodiversity loss, desertification and degradation of the ecosystem has increased the problems that can occur in economies. The material resources mainly consist of four main groups: fossil fuels, metal minerals, non-metallic minerals and biomass fuel and subgroups. The inputs of countries into production are broadly defined as resource use. In the narrow sense, resources are called material resources. The definition is also used in this study. Material resources refer to the extraction of inputs from the environment by humans and human-controlled technology (Eurostat, 2001: 17).

Productivity, the mathematical expression of the relationship between inputs and output, is commonly defined as a ratio of a volume measure of output to a volume measure of input use (OECD, 2001: 11). The productivity debate, which finds its basis in Solow's influential papers (1956, 1957), has significantly shaped our understanding of this concept. Material productivity, the ratio of income to material consumption, is a key aspect of this debate. It shows the value added that is created with one unit of material consumption (Krausmann, et. al. 2017) and is extensively used as an indicator of environmental sustainability (Steinberger and Krausmann, 2011). The relationship between the environment and the consumption of material resources necessitates more rational decision-making due to resource scarcity, and underscores the importance of material productivity. Material productivity, due to its relationship with material resource use, income, and human activities, is a key socioeconomic indicator in addition to being a measure of sustainability.

This study investigates determinants of material productivity. The impact of current account balance, per capita income and unemployment on the determination of material productivity is investigated. In the literature, the studies on this subject are quite limited. In this regard, the study is intended to contribute to the literature. The data set used in this study is a time series analysis covering variables such as material productivity, income per capita, current account balance and unemployment for Türkiye; the period of this analysis is 1990-2022 years. The variables were subjected to the unit root test analysis, which obtained different levels of stationarity. Therefore, the ARDL bounds test was applied to the variables in the analysis. The ARDL bounds test, a crucial tool, is used to determine the existence of a long-run relationship between variables, specifically a cointegration relationship. Our analysis has revealed a robust long-run relationship between these variables. The long-run coefficient results of the ARDL test indicate that a 1% increase in per capita income and current account results in a 0.03% and 0.02% increase in material productivity, respectively. Conversely, a 1% rise in the unemployment rate leads to a 0.03% decrease in material productivity. These findings, while not significant, open up avenues for further research, inspiring future studies on the influence of these variables on material productivity in Türkiye. This study has revealed results that align with the variables included in the analysis of material productivity determinants in Türkiye. Future studies, incorporating additional variables and methodologies, have the potential to significantly impact the development of this field and our understanding of material productivity determinants.

1. GİRİŞ

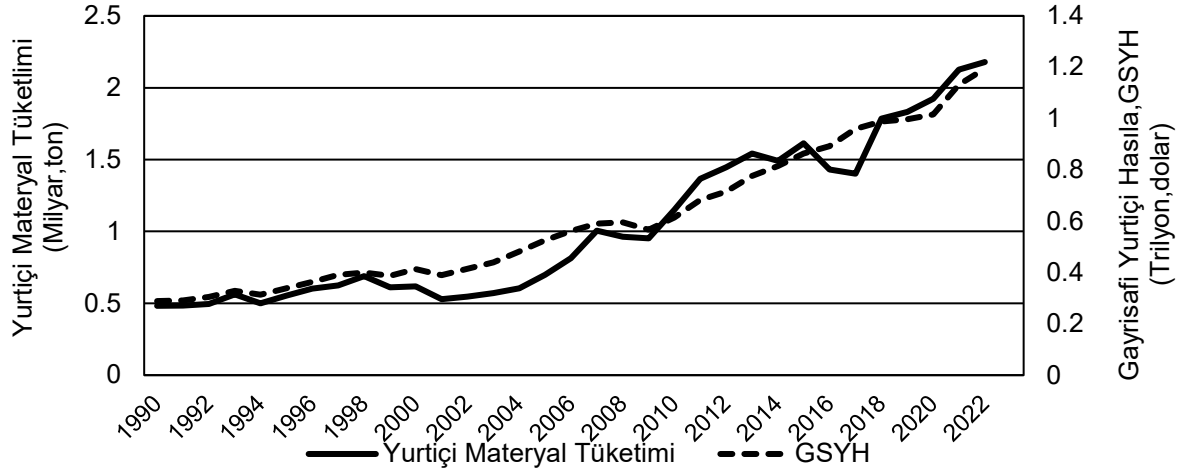
Fosil yakıtlar, mineraller, metaller, su ve toprak gibi doğal kaynaklar iktisadi üretim ve tüketim sistemlerinin omurgasını oluşturmaktadır. Kaynakların tükenmesi, iklim değişikliği, ekosistemin bozulması gibi önemli çevresel problemler kaynakların üretimi ve tüketimi sonucu ortaya çıkmaktadır (Bahn-Walkowiak ve Steger, 2015). Doğal kaynakların kontrolü, çıkarılması ve kullanımı tarih boyunca insanlığın üretiminin ve tüketiminin hizmetinde olmuştur. Ancak, günümüzde, doğal kaynaklara yönelik talebin artması iklim değişikliği, biyoçeşitliliğin yok olması, çölleşme ve ekosistemin bozulması gibi çevresel problemler ekonomilerde ortaya çıkacak sorunları artırmıştır. 2050 yılına kadar dünya ekonomisinin dört katına ulaşması ve nüfusun da 9,5 milyarı aşması beklenmektedir (OECD, 2015: 45). Ortalama gelirdeki artış ile birlikte artan nüfus daha fazla yiyecek, endüstriyel ürün, enerji ve su ihtiyacı gerektirmekte, bu da doğal kaynaklar ve çevre üzerinde daha fazla baskı yaratmaktadır.

Verimlilik, çıktı elde etmek için kullanılan girdi arasındaki ilişkinin matematiksel ifadesidir. OECD (2001: 11), verimliliği çıktı miktarının girdi miktarına oranı olarak tanımlamaktadır. Üretimde meydana gelen toplam artış olan büyümeye, girdi ve girdi dışındaki etken olan verimlilik değişiminin ne kadar katkıda bulunduğu sorusu büyüme muhasebesinin konusudur (Ateş, 2012). Toplam faktör verimliliği ele alınarak incelenen verimlilik tartışmalarının temelinde Solow'un (1956, 1957) makaleleri yer almaktadır. Solow artışı da denilen teknik değişimin çıktıda yarattığı etki verimlilik olgusunun temelini oluşturmaktadır. Toplam faktör verimliliği artışı da buradan ortaya çıkmıştır. Ancak, bu çalışmada kısmi faktör verimliliği ele alınmaktadır. Kısmi faktör verimliliği emek, sermaye, enerji ve materyal verimliliği gibi tek faktör girdisinin çıktıya oranıdır (Hannula, 2002). Ülkelerin üretime konu olan girdileri geniş anlamda kaynak kullanımı olarak tanımlanmaktadır. Dar anlamda ise bu çalışmanın da ele aldığı girdi/kaynak kullanımı, materyal kaynaklardır. Materyal kaynaklar, çevreden elde edilen girdilerin insan ve insan kontrolündeki teknoloji ile çıkarılması anlamına gelmektedir (Eurostat, 2001: 17). Materyal verimliliği (MV) ise gelirin (Gayrisafi Yurtiçi Hasıla, GSYH) materyal tüketimine (MT) oranıdır ($MV=GSYH/MT$). Aynı zamanda, bir birim materyal tüketimi ile yaratılan katma değeri de göstermektedir (Krausmann, ve diğerleri, 2017). Materyal verimliliği, aynı zamanda yaygın bir çevresel sürdürülebilirlik göstergesi olarak kullanılmaktadır (Steinberger ve Krausmann, 2011). Materyal verimliliğini artırırken materyal tüketimini azaltmak, materyal kullanımı sonucunda ortaya çıkan çevresel etkileri de sınırlandırmaktadır. Bu da materyal kullanımını içeren iktisadi faaliyetlerin çevresel sonuçları olduğunu göstermektedir (OECD, 2019: 26).

Bir ülke ekonomisindeki materyal kaynakların üretimi, tüketimi, ticareti, verimliliği ve doğa ile olan ilişkisi materyal akım analizi çerçevesinde incelenmektedir. Materyal akım analizi çerçevesinde materyal kaynaklar başlıca fosil yakıtlar, metal madenler, metal içermeyen mineraller ve biyokütle yakıt olmak üzere dört ana grup ve alt gruplardan oluşmaktadır (CSIRO, 2024). Materyal akım analizinin ana amacı, bir ülke ekonomisinin çevre ve dünyanın geri kalanı ile olan fiziki etkileşimini açıklamaktır. Bir ülke ekonomisinin materyal akım analizi, ekonomiden çevreye ve çevreden ekonomiye olmak üzere çift taraflı etkileşimi içermektedir (Eurostat, 2018: 14). Brigenzu ve Moriguchi (2002: 79), materyal akım analizini materyallerin çıkarılması veya toplanması, kimyasal dönüşümü, üretimi, tüketimi, geri dönüşümü ve yok edilmesini içeren işlem zincirlerinin analiz edilmesi olarak açıklamaktadır. Çevre ve materyal kaynak tüketimi arasındaki ilişki kaynakların kıt olmasından dolayı gittikçe daha rasyonel karar alma zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Bu da materyal kaynakların verimliliğini gerektirmektedir. Materyal verimliliği, kaynak kullanımı, gelir ve beşerî faaliyetler gibi birbirleri ile ilişkili olan unsurları içerdiğinden sosyoekonomik bir gösterge niteliği de taşımaktadır. UNEP (2016: 31)'e göre 1970-2010 döneminde ekonomik büyüme ve nüfus artışı hızı yavaşlamasına rağmen küresel materyal kullanımı artış göstermiştir. Küresel ölçekte, kişi başına düşen gelirden ve tüketimde artış materyal kullanımının en büyük itici gücü olmuştur. Bu durum, günümüzde materyal verimliliğinin önemini daha da artırmaktadır.

Dünya son yıllarda güçlü ekonomik gelişmelere tanık oldu. Küresel ekonomik büyüme materyal kaynakların yüksek düzeyde kullanımı ile desteklenmiştir. Materyal kaynaklar enerji, inşaat ve imalat sanayi sektörlerinin yanı sıra neredeyse ekonominin tüm alanlarında kullanılmakta ve söz konusu sektörlerin de büyümesi için materyal kaynakların artması gerekmektedir (OECD, 2019: 18). Materyal kaynak tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki doğrudan ya da dolaylı olarak birbirini etkileyebilir. Bu durumun analizi ekonominin gelişim sürecinin de daha iyi tahlil edilmesine olanak sağlayabilir. Şekil 1'de Türkiye'nin 1990-2022 dönemine ait Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) ve yurtiçi materyal tüketimi yer almaktadır. Sol ekseninde Global Material Flow Database veri terminalinden temin edilen yurtiçi materyal tüketimine ait ton cinsinden değerler yer alırken, sağ ekseninde Dünya Bankası veri terminalinden elde edilen 2015 baz yılı sabit fiyatlarla dolar cinsinden gelire ait değerler yer almaktadır. Yurtiçi materyal tüketimi verisi, yurtiçinde üretilen materyaller ve ithal edilen materyallerin toplamından ihraç edilen materyallerin çıkarılması ile elde edilmektedir (CSIRO, 2024). Grafikte yer alan veri dönemine göre Türkiye'nin yurtiçi materyal tüketimi yaklaşık 4,5 kat artarken, gelir 4,13 kat artış göstermiştir. Materyal tüketimi ile GSYH arasındaki veri dönemdeki seyir genelde birbirine benzemektedir. Ancak, bazı dönemlerde materyal tüketimi gelirden ayrılmaktadır. Materyal tüketiminin gelirden ayrıştığı dönemler, Türkiye'nin yaşadığı ekonomik kriz ve kur

şokları ile aynı zaman dilimine denk geldiği görülmektedir. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye için gelir artışı ile materyal kaynak tüketimi arasındaki ilişki iktisadi büyüme süreci açısından dikkat edilmesi gereken alanlardan biri olabilir. Çünkü, materyal kaynaklar üretim faaliyetlerinde kullanılan temel girdileri içermektedir. Steinberger, ve diğerleri (2013), gelişmekte olan ülkeler için materyal kaynakların ekonomik büyüme için büyük önem taşıdığını belirtmektedirler. Materyal kaynak tüketimi, üretim sürecinin önemli bileşenlerinden biridir. İktisadi faaliyet sonucu gelirin yaratılması ya da mevcut gelire üretim artışı için materyal kaynak tüketimi artması, materyal tüketimi-gelir ilişkisinin varlığı ülke ekonomisi için önemli bir bileşen olarak kabul edilebilir.



Şekil 1: Türkiye'nin materyal tüketimi ve GSYH 1990-2022 (Kaynak: Dünya Bankası, 2024)

İktisadi verimlilik çalışmaları Solow'un (1957) ortaya koyduğu toplam faktör verimliliğinden günümüze kadar birçok çalışmanın konusu olmuştur. Ülkelerin büyüme ve kalkınma süreçlerinin etkin bir şekilde olması ve süreklilik kazanması için kaynakların nasıl değerlendirildiğine dair ilgi gittikçe artmaktadır. Kaynakların kıtlığı, kaynakların kullanımının çevre üzerindeki etkileri, kaynakların hem iktisadi açıdan hem de çevresel sonuçlarından dolayı sürdürülebilirliğe dair çıkarımlar yapmaya olanak sağlaması bu ilginin nedenlerini oluşturmaktadır. Toplam, kısmi, emek ve sermaye verimlilikleri üzerine yapılan analizler literatürde oldukça geniş bir yer kaplamaktadır. Materyal kaynaklar ise içerdikleri bileşenler itibarıyla üretim faaliyetlerinde kullanılan ham madde ve enerji gibi temel girdilerden oluşmaktadır. Dolayısıyla, materyal verimliliği ülke ekonomilerinin değerlendirilmesinde ve geleceğe yönelik çıkarımlar yapılmasında önemli bir göstere olabilir. Son yıllarda, materyal verimliliğine yönelik çalışmaların arttığı görülmektedir. Bu çalışma, materyal verimliliğinin belirleyicilerini ele almaktadır. Literatürde, verimliliğin belirleyicileri konusunda birçok görüş bulunmakta ve verimliliğin belirlenmesinde farklı açıklayıcı değişkenler kullanılmaktadır. Verimlilik kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. İktisadi faaliyetlere konu olan kaynakların kısıtlı, tükenbilir olması ve çevre üzerinde baskı yaratması hem ülke hem de firma ölçeğinde verimli kaynak kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Kaynak kullanımının daha etkin bir duruma gelmesi aynı zamanda rekabeti de etkilemektedir. Bir yandan kişi başına düşen gelir, cari işlemler hesabı, işsizlik oranı, ücretler, ar-ge ve küresel rekabetçilik endeksi gibi veriler materyal verimliliğinin belirleyicileri olarak ele alınırken, diğer yandan söz konusu değişkenler materyal verimliliğinde rekabetçiliğin ölçümünde açıklayıcı değişkenler olarak analizlerde kullanılmaktadır. Burada cari işlemler hesabı verisi fiyat rekabetçiliğini temsil etmektedir (Flachenecker, 2018; Dechezleprêtre ve Sato, 2017; Siggel, 2006). Cari işlemler hesabı mal ve hizmet ihracatını-ithalatını içerdiğinden fiyat hareketini içermektedir. Bunun yanı sıra işsizlik ve kişi başına düşen gelir verileri de verimlilik değişiminin yol açtığı iktisadi sonuçların gözlemlendiği değişkenlerdir. Bu çalışma Türkiye'nin materyal verimliliğinin belirlenmesinde nelerin etkili olduğunu zaman serisi analiziyle açıklamaktadır. Bu nedenle, çalışmanın analizinde 1990-2022 dönemi için bağımlı değişken materyal verimliliği, açıklayıcı değişkenler olarak da kişi başına düşen gelir, cari işlemler dengesi ve işsizlik oranı alınmıştır. Analizde kullanılan değişkenler ve veri dönemi ele alınan zaman aralığı veri bütünlüğü dikkate alınarak belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Materyal verimliliği ile kişi başına düşen gelir, cari işlemler hesabı ve işsizlik arasındaki ilişkinin varlığı literatürde kısıtlı olmasından dolayı bu bölümde materyal verimliliği ile bu değişkenlerin yanı sıra verimlilik ile kişi başına düşen gelir, cari işlemler hesabı ve işsizlik arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalara da yer verilmektedir. Flachenecker (2018), materyal verimliliği ile makro rekabetçilik değişkenleri arasındaki ilişkiyi panel veri yöntemi ile 2000-2014 veri döneminde 28 Avrupa Birliği ülkesi için analiz etmektedir. Makro

rekabetçilik çerçevesinde, ele alınan altı değişkenden materyal verimliliğinin cari işlemler dengesi ile olan ilişkisine dair materyal verimliliğinin cari işlemler üzerinde pozitif etkiye sahip olduğunu ve nedensellik ilişkisinin bulunduğunu belirtmektedir. Diğer değişkenlerden kişi başına düşen gelir ve işsizlik, materyal verimliliği değişiminden önemli derecede etkilenmemektedir. Flacheneker (2018), materyal verimliliği artışının makro ekonomik rekabetçiliği de artıracığı iddiasının doğru olmayabileceğini de ifade etmektedir.

Bianchi ve diğerleri (2021), materyal verimliliği ile sosyoekonomik belirleyicileri arasındaki ilişkiyi incelemektedirler. Çalışmada sosyoekonomik belirleyiciler olarak kişi başına düşen gelir, nüfus yoğunluğu ve GSYH içindeki ar-ge harcamaları analizde ele alınmıştır. 2006-2015 yıllarını kapsayan bu çalışma panel veri analizi ile Avrupa’da NUTS-2 sanayi, hizmet, tarım ve ara malları sektörlerine göre sınıflandırılmış 280 Avrupa bölgesini ele almaktadır. Çalışmada, materyal kaynakların yoğun olduğu bölgelerde gelir artışı, hizmet sektörünün yoğun olduğu bölgelere göre daha yüksek materyal verimliliği artışına yol açmaktadır. Çalışmada yoğun nüfuslu bölgelerde kentleşmenin artması, materyal verimliliğinin artışı için önemli bir itici güç oluşturduğu sonucuna da ulaşılmıştır.

Ülkeler arasındaki materyal verimliliği eşitsizliğini, materyal verimliliğini belirleyen değişkenler üzerinden inceleyen Fernández-Herrero ve Duro (2019), regresyon analizi yöntemiyle 1990, 2000 ve 2010 yıllarını 94 ülke için analiz etmişlerdir. Çalışmada gelir, tarım sektöründeki katma değer gelir içindeki payı, nüfus yoğunluğu, ticaret açıklığı değişkenleri kullanılmaktadır. Materyal verimliliği eşitsizliğini Lorenz eğrisi ile gösteren çalışmada veri alınan yıllara göre materyal verimliliği eşitsizliğinin giderek arttığı sonucu elde edilmektedir. Materyal verimliliği eşitsizliğinin belirlenmesinde kullanılan değişkenlerden, tarımın gelir içindeki payı en yüksek değeri alırken nüfus yoğunluğunun da eşitsizliğin belirlenmesinde etkili olduğu ancak daha düşük değere sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Gelir ve ticaret açıklığının ise materyal verimliliği eşitsizliğinin belirlenmesinde olumlu ve en düşük değere sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Bräuning ve Panenberg (2002), 1960-1990 yılları arasında 13 OECD ülkesi için verimlilik ve işsizlik arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında, panel veri analizi yöntemiyle ulaştıkları sonuçlara göre, işsizlik fiziki ve beşerî sermayede azalışa yol açmaktadır. Bunun sonucunda tasarruflar, yaparak öğrenme ve eğitim harcamalarında da düşüşe neden olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, üretimde ve tüketimde azalışa neden olan işsizliğin, uzun dönemde verimlilik ve verimlilik artışı üzerinde olumsuz etki yarattığı vurgulanmıştır. Chen ve Semmler (2018) tarafından Amerika’da verimliliğin işsizlik üzerine kısa ve uzun dönemli etkisinin 1960-2010 dönemi için Granger nedensellik analiz yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada, kısa dönemde verimlilik artışının işsizliği artırırken uzun dönemde azalttığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Verimlilik değişimleri gelir üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Ülkelerin gelir artışı sağlamlasında verimlilik artışı önemli katkı sağlamaktadır. Toplam faktör verimliliğinin kişi başına düşen gelir üzerindeki etkisini geliştirmekte olan ve gelişmiş 41 ülkeyi 1971-1992 dönemi için inceleyen Kumar (2006), regresyon analizi sonucuna göre kişi başına düşen gelirin daha yüksek olduğu ülkelerde verimliliğin de daha yüksek düzeyde olduğunu belirtmektedir. Steinberger ve Krausmann (2011), materyal verimliliği ve kişi başına düşen gelir arasındaki ilişkiyi 94 ülke için incelemiştir. Analize konu olan ülkelerin 2000 yılına ait verileri ile elde edilen sonucu göre materyal verimliliği yüksek ülkelerin daha yüksek gelir elde ettiklerini belirtmektedirler. Yüksek gelir artışı aynı zamanda fosil ve biyokütle yakıt tüketimleri ile doğru orantılıdır.

Verimlilik düzeyi ile cari işlemler hesabı arasındaki ilişkiyi inceleyen Cuñado ve Gracia (2005), 15 Avrupa ülkesini 1960-2000 veri dönemi için analiz etmiştir. Toplam faktör verimliliğinin ele alındığı çalışmanın analizinde zaman serisi analizi kullanılmaktadır. Çalışmada ele alınan ülkelere bazılarının verimlilik düzeyi ile cari işlemler arasında ters yönlü ilişki bulunurken bazı ülkelerde de cari işlemler hesabı o ülkelerin verimlilik düzeyinde meydana gelen değişime tepki vermemektedir. Pivoňka (2014), verimliliğin ülkeye özgü ve küresel şokların cari işlemler üzerindeki etkisini 7 gelişmiş ülke için 1960-1990 döneminde analiz etmektedir. Verimliliğin cari işlemler üzerindeki etkisi ülkeye özgü verimlilik şoklarında, bu şokların ülkede kalıcı etki yaratması durumunda cari işlemler hesabının kötüleşmesine yol açarken (tüketimin yavaşlamasından dolayı); global verimlilik şoklarında ise cari işlemler üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu sonucu elde edilmiştir.

3. VERİ SETİ ve YÖNTEM

Türkiye ekonomisinde materyal verimliliği ile kişi başına düşen gelir, cari işlemler dengesi ve işsizlik arasındaki ilişkiyi analiz eden bu çalışmada 1990-2022 dönemi yıllık veri kullanılmıştır. Analizde yer alan verilerden kişi başına düşen gelir (kişi başına GSYH büyüme oranı), cari işlemler dengesi (GSYH’ya oranı) ve işsizlik verisi Dünya Bankası’ndan; materyal verimliliği hesaplanmasında kullanılan materyal tüketimi verisi Global Material Flow Database (International Resource Panel) veri terminalinden temin edilmiştir. Modelde bağımlı değişken olan materyal verimliliği düzey değer ve logaritmik formda yer alırken; bağımsız değişkenler olan kişi başına düşen gelir, cari işlemler dengesi ve işsizlik verileri oran olarak yer almaktadır.

Bu nedenle analizde yarı logaritmik bir ekonometrik model tercih edilmiştir. Modele ilişkin denklem Eşitlik 1'deki gibidir. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikleri Tablo 1'de yer almaktadır:

$$\lnmp_t = \beta_0 + \beta_1 gdp_{pc,t} + \beta_2 cab_t + \beta_3 unemp_t + u_t \quad (1)$$

Tablo 1. Tanımlayıcı istatistikler

| Değişken Tanımı | Ortalama | Standart Sapma | Jarque-Bera Olasılık Değeri |
|-----------------|----------|----------------|-----------------------------|
| lnmp | 6,4139 | 0,1253 | 0,4940 |
| gdppc | 3,3057 | 4,4952 | 0,1142 |
| cab | -2,7223 | 2,5736 | 0,8570 |
| unemp | 9,8049 | 1,9500 | 0,8132 |

Değişkenlerin sınaması yukarıda yer alan model doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Zaman serisi analizlerinde değişkenlerin durağan yani ortalama ve varyanslarının zaman içinde değişmediği varsayımı, analizler için etkin ve tutarlı tahminler ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Sevüktekin, 2015). Buradan hareketle, değişkenlerin Augmented Dickey-Fuller (ADF) (1981) ve Phillips-Perron (PP) (1988) birim kök testleriyle durağanlık sınaması yapılmıştır. Değişkenlerin durağanlıklarının farklı seviyelerde olması durumunda analize olanak sağlayan ARDL sınır testi Pesaran, ve diğerleri (2001) tarafından geliştirilmiştir. Eşitlik 1'de yer alan yarı logaritmik modelin ARDL sınır testi ile değişkenler arasındaki uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisini gösteren bağımlı ve bağımsız değişkenlerin yer aldığı denklem Eşitlik 2'deki gibidir:

$$\Delta \lnmp_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} \Delta \lnmp_{t-i} + \sum_{i=0}^l \beta_{2i} \Delta gdppc_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta cab_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{4i} \Delta unemp_{t-i} + \beta_5 \lnmp_{t-1} + \beta_6 gdppc_{t-1} + \beta_7 cab_{t-1} + \beta_8 unemp_{t-1} + \mu_t \quad (2)$$

Yukarıda yer alan denklemde eğim katsayısı β_0 ve değişkenlerin birinci dereceden farkı Δ ile gösterilmektedir. Değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişki $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ve β_4 ; uzun dönemli ilişki ise $\beta_5, \beta_6, \beta_7$ ve β_8 katsayıları ile açıklanmaktadır. ARDL sınır testinde otokorelasyonun sorunun olmadığı gecikme uzunluklarının belirlenmesinde Akaike (AIC) ve Schwartz (SC) bilgi kriterlerinden yararlanılmaktadır. Analizde uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi için sınaması yapılan hipotezler şu şekildedir:

$$H_0: \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8$$

$$H_1: \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7 \neq \beta_8$$

Yukarıda yer alan hipotezler ARDL sınır testinin geçerliliğinin sınamasında, değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin olduğuna ya da olmadığına karar verilmesinde kullanılmaktadır. Pesaran ve diğerlerine (2001) göre hesaplanan F istatistik değerinin üst kritik değerden büyük olması durumunda temel hipotez reddedilerek değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olduğu sonucuna ulaşırlar. ARDL sınır testi değişkenler arasında uzun dönemde ilişkinin varlığını açıklamasının yanı sıra kısa döneme ilişkin sonuçlar da ortaya koymaktadır. Değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişkinin açıklanmasında ARDL sınır testinin hata terimini içeren denklemden yararlanılmaktadır (Eşitlik 3):

$$\Delta \lnmp_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} \Delta \lnmp_{t-i} + \sum_{i=0}^l \beta_{2i} \Delta gdppc_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} \Delta cab_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{4i} \Delta unemp_{t-i} + \delta ecm_{t-1} + \mu_t \quad (3)$$

Eşitlik 3'te yer alan ecm (error correction model) hata düzeltme terimini, δ ise hata düzeltme katsayısını göstermektedir. Denklemde yer alan bağımlı ve bağımsız değişkenler modele farkları alınarak dahil edilmiştir. Hata düzeltme modelinin anlamlılığı için hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiki olarak anlamlı olması gerekmektedir.

4. BULGULAR

Çalışmada değişkenlerin durağanlık düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan ADF ve PP birim kök testleri sonucu Tablo 2'de yer almaktadır. Değişkenlerden *gdppc* ve *cab* düzeyde durağan I(0) iken *lnmp* ve *unemp* birinci farkta durağan I(1) olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ARDL sınır testine ilişkin tanısalsal test sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır. Tabloda olasılık değerlerinin 0,05'ten büyük olduğu görülmektedir. Buna göre değişkenlerde otokorelasyon, değişen varyans sorunun olmadığı ve değişkenlerin normal dağılıma sahip olduğu sonuçları elde edilmiştir. Ramsey testi sonucu da modelde herhangi bir spesifikasyon hatası olmadığını göstermektedir.

Tablo 2: ADF ve PP Birim Kök Test Sonuçları

| Değişkenler | Düzy | | Birinci Fark | | |
|-------------|-------|----------------|--------------|----------------|-----------|
| | Sabit | Trend ve Sabit | Sabit | Trend ve Sabit | |
| ADF | lnmp | -1,7071* | -1,9295* | -5,3372* | -5,2577* |
| | | -2,9571** | -3,5577** | -2,9604** | -3,5628** |
| | | (0,4182) | (0,6160) | (0,0001) | (0,0009) |
| | gdppc | -5,8661* | -5,9928* | -9,4988* | -9,3058* |
| | | -2,9571** | -3,5577** | -2,9604** | -3,5628** |
| | | (0,000) | (0,0001) | (0,000) | (0,000) |
| cab | | -3,5798* | -4,2026* | -9,0445* | -8,8913* |
| | | -2,9571** | -3,5577** | -2,9604** | -3,5628** |
| | | (0,0120) | (0,0118) | (0,000) | (0,000) |
| | unemp | -1,8531* | -2,4830* | -4,7109* | -4,6289* |
| | | -2,9571** | -3,5577** | -2,9604** | -3,5628** |
| | | (0,3492) | (0,3337) | (0,0007) | (0,0044) |
| PP | lnmp | -1,9118* | -2,0471* | -5,3379* | -5,2583* |
| | | -2,9571** | -3,5577** | -2,9604** | -3,5628** |
| | | (0,3229) | (0,5543) | (0,0001) | (0,0009) |
| | gdppc | -6,1170* | -8,3475* | -31,2374* | -29,9577* |
| | | -2,9571** | -3,5577** | -2,9604** | -3,5628** |
| | | (0,0000) | (0,0000) | (0,0001) | (0,0000) |
| cab | | -3,6442* | -4,3098* | -13,1452* | -14,2159* |
| | | -2,9571** | -3,5577** | -2,9604** | -3,5628** |
| | | (0,0102) | (0,0092) | (0,0000) | (0,0000) |
| | unemp | -1,8373* | -2,2843* | -5,5691* | -5,4042* |
| | | -2,9571** | -3,5577** | -2,9604** | -3,5628** |
| | | (0,3564) | (0,4300) | (0,0001) | (0,0006) |

Not: * t-istatistiğini, ** %5 anlamlılık değerini ve parantez içindeki değerler olasılığı göstermektedir.

Tablo 3. Tanısal (Diagnostik) test sonuçları

| Testler | Olasılık Değer |
|---------------------------------------|----------------|
| Breusch-Godfrey LM Otokorelasyon | 0,6611 |
| Breusch-Pagan-Godfrey Değişen Varyans | 0,8472 |
| Jarque-Bera Normallik | 0,8186 |
| Ramsey Reset | 0,6952 |
| R-Squared | 0,9080 |

ARDL sınır testi sonucu değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünlüşme ilişkisinin olup olmadığını göstermektedir. Tablo 4'te yer alan ARDL sınır testi sonucuna göre modelin gecikme uzunluğu Akaike (AIC) bilgi kriteri ile (2, 4, 4, 4) olarak belirlenmiştir. F-istatistiği değerinin %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerden büyük olması değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Buna göre, Türkiye için 1990-2022 veri döneminde materyal verimliliği, kişi başına düşen gelir, cari işlemler dengesi ve işsizlik arasında eşbütünlüşme ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 4. ARDL (2, 4, 4, 4) modeli sınır testi sonuçları

| F-istatistiği | Model 3: Kısıtsız sabit ve trend yok | |
|---------------|--------------------------------------|-------|
| | Kritik Değerler* | |
| | I(0) | I(1) |
| 5.1805 | 3,615 | 4,913 |

Not: Analizde gecikme uzunluğu Akaike (AIC) bilgi kriterine göre belirlenmiştir. *, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir (Pesaran, ve diğerleri, 2001).

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin iktisadi ve istatistiki olarak tanımlanabilmesi için Tablo 5' te yer alan ARDL uzun dönem katsayı sonuçlarından yararlanılmaktadır. Sonuçlara göre bağımsız değişkenlerin olasılık değerlerinin 0.05'ten küçük olması, değerlerin istatistik açısından anlamlı olduğunu göstermektedir. Bağımsız değişkenler olan kişi başına düşen gelirden ve cari işlemler dengesinde %1'lik artış materyal verimliliğini sırasıyla %0,03 ve %0,02 oranında artırırken işsizlikteki %1'lik artış materyal verimliliğini %0,03 oranında azaltmaktadır. Kişi başına düşen gelirden ve cari işlemler dengesinde oluşan bir iyileşmenin materyal verimliliğini artırması iktisadi açıdan olumlu olarak değerlendirilir. Cari işlemler dengesinde meydana gelen iyileşme, materyal verimliliğini artırmaktadır. Fiyat rekabetçiliğini ifade eden cari işlemler dengesinin bu veri döneminde materyal verimliliğini artırması, verimlilik açısından rekabetçiliği de yükselttiği görülmektedir. Fakat Türkiye özelinde bunu yorumladığımızda cari açığın yurtiçi hasılaya

oranındaki artışlar materyal verimliliğini artırmaktadır. Bu, materyal üretiminde gereken materyal kaynak ithalatı artışı ile açıklanabilir. Daha yüksek gelir düzeyleri daha yüksek kaynak verimliliğine yol açmaktadır. Gelir düzeyi, ulusal ekonomik kalkınmanın bir özelliğidir ve büyük ölçüde ulusal teknolojik gelişmeyle ilişkilidir. Dolayısıyla, bu durum kaynak verimliliği ile yüksek düzeyde uyum göstermektedir (Gan ve diğerleri, 2013). Analizde çıkan sonuca göre Türkiye'de de gelir arttıkça materyal verimliliği de artmaktadır. Bu da bize görece olarak kaynakların daha etkin bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. İşsizliğin artması iktisadi açıdan ülke ekonomisinde olumsuz sonuçlar barındırmaktadır. İşsizlik, istihdamda azalma ve bu da gelir düzeyinde düşüşe sebep olacağından materyal verimliliğinde olumsuz etkilemesi beklenebilir. Analizde elde edilen sonuca göre işsizliğin artması materyal verimliliğinin azalmasına yol açmaktadır.

Tablo 5. ARDL (2, 4, 4, 4) uzun dönem katsayı sonuçları

| Değişken | Katsayı | Standart hata | t-istatistiği | Olasılık |
|----------|---------|---------------|---------------|----------|
| gdppc | 0,0308 | 0,0088 | 3,4815 | 0,0051* |
| cab | 0,0239 | 0,0097 | 2,4601 | 0,0317* |
| unemp | -0,0345 | 0,0117 | -2,9391 | 0,0135* |

Not: *, %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

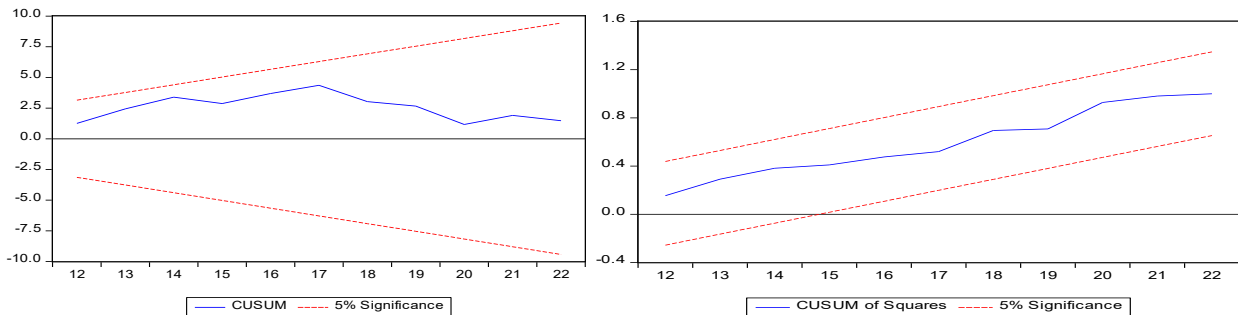
ARDL sınır testi sonuçlarından kısa dönemli katsayılara ve hata düzeltme terimine Tablo 6'da yer verilmektedir. Bu sonuçlarda, modele ilişkin hata düzeltme terimi olan cointeq(-1) değişkenin istatistiki olarak anlamlı ve katsayısının negatif değerli olması beklenmektedir. Kısa dönemde, kişi başına düşen gelirden %1'lik artış materyal verimliliğini ilk gecikmede %0,01 artırırken daha sonraki gecikmelerde %0,01 oranında azaltmaktadır. Cari işlemler dengesindeki %1'lik artış materyal verimliliğini gecikmelere göre sırasıyla %0,01, %0,05, %0,06 ve %0,03 azaltmaktadır. İşsizlikteki %1'lik artış ise materyal verimliliğini sırasıyla %0,07, %0,10, %0,06 ve %0,04 artırmaktadır. Hata düzeltme terimi katsayı değeri (-1,26) negatif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Hata düzeltme terimi modelin etkin olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre kısa dönemde meydana gelen sapma sonrası yaklaşık 9,5 ay ($1/1,26570=0,79$, yıllık veri ile çalışıldığından ($0,79*12=9,48$ ay)) sonra düzelen uzun dönem dengeye ulaşılmaktadır.

Tablo 6. ARDL (2, 4, 4, 4) hata düzeltme terimi ve kısa dönem katsayıları

| Değişkenler | Katsayı | Standart Hata | t-istatistiği | Olasılık |
|--------------|-----------|---------------|---------------|----------|
| c | 8,474361 | 1,649365 | 5,137954 | 0,0003* |
| d(lnmp(-1)) | 0,325401 | 0,171520 | 1,897159 | 0,0844** |
| d(gdppc) | 0,013486 | 0,004228 | 3,189271 | 0,0086* |
| d(gdppc(-1)) | -0,014558 | 0,004905 | -2,968056 | 0,0128* |
| d(gdppc(-2)) | -0,017390 | 0,005389 | -3,226953 | 0,0081* |
| d(gdppc(-3)) | -0,012791 | 0,004340 | -2,947462 | 0,0133* |
| d(cab) | -0,016771 | 0,007996 | -2,097321 | 0,0599** |
| d(cab(-1)) | -0,056239 | 0,015829 | -3,552996 | 0,0045* |
| d(cab(-2)) | -0,060645 | 0,018295 | -3,314829 | 0,0069* |
| d(cab(-3)) | -0,035414 | 0,014526 | -2,437933 | 0,0329* |
| d(unemp) | 0,071160 | 0,017116 | 4,157465 | 0,0016* |
| d(unemp(-1)) | 0,103178 | 0,025626 | 4,026241 | 0,0020* |
| d(unemp(-2)) | 0,066923 | 0,021872 | 3,059713 | 0,0109* |
| d(unemp(-3)) | 0,042264 | 0,016514 | 2,559374 | 0,0265* |
| cointeq(-1)* | -1,265773 | 0,246473 | -5,135551 | 0,0003* |

Not: Olasılık değerlerinde yer alan * işareti %5 anlamlılık düzeyini, ** işareti %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Şekil 2'de yer alan Cusum ve Cusum Square sonuçlarına göre çalışmada yer alan ARDL modeline ait değişkenlerin, modele göre katsayıları anlamlı ve tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, modelin kritik değer olan %5 anlamlılık düzeyini aşmadığı ve yapısal kırılmanın olmadığı görülmektedir.



Şekil 2. Cusum ve Cusum Square test sonuçları

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Materyal kaynakların elde edilmesi, üretim sürecine dahil edilmesi ve kaynak kullanımı sonucunda çevreye olan etkisiyle birlikte iktisadi ve çevresel boyutu olan bir süreci temsil etmektedir. Materyal akım analizi çerçevesinde materyal kaynak kullanımı ormansızlaşma, biyoçeşitliliğin azalması ve su kıtlığı gibi yerel ve bölgesel sürdürülebilirlik tartışmalarının yanı sıra arazi kullanımı çatışmaları ve bölgeler arası eşitsiz kalkınma ve benzeri sosyal konular arasındaki ilişkinin daha da anlaşılmasına yardımcı olabilir (Krasumann ve diğerleri, 2017). Materyal verimliliğinin geliştirilmesi ve materyallerin etkin bir şekilde iktisadi süreçte yer alması hem çevresel hem de iktisadi açıdan kritik önem taşımaktadır. Materyal verimliliğinin ekonomiden, ticaret, inovasyon, teknolojik gelişmeler, doğal kaynaklar ve çevre yönetimi, insan sağlığına kadar birçok politika alanını kapsayan kararlara yönelik etkisi vardır (OECD, 2015: 46). Materyal verimliliği de bu doğrultuda üretim sürecine konu olan materyal kaynakların daha etkin yönetilmesi için incelenmesi gereken bir değişken niteliği taşımaktadır. Hem iktisadi hem de çevreye yönelik sonuçları içeren materyal verimliliği, günümüzde bir sürdürülebilirlik göstergesi niteliği taşımaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye için 1990-2022 döneminde cari işlemler hesabı, kişi başına düşen gelir ve işsizlik verilerinin materyal verimliliğine etkisinin analizi yapılmıştır. Zaman serisi analizi yöntemlerinden yararlanılan analizde ADF ve PP birim kök test sonuçlarına göre farklı düzeyde durağanlık seviyeleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, ARDL sınır testi yöntemi ile değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olduğu yani değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. ARDL sınır testi uzun dönemli katsayı sonuçlarına göre kişi başına düşen gelirden ve cari işlemler hesabında meydana gelen %1 oranında artış materyal verimliliğinde %0,03 ve %0,02 oranında artışa yol açmaktadır. İşsizlik oranındaki %1’lik artış ise materyal verimliliğinde %0,03 oranında azalışa neden olmaktadır. Analizde elde edilen sonuçlara göre Türkiye’de materyal verimliliğinin belirleyicisi olan değişkenlerin, materyal verimliliği üzerinde önemli boyutta olmasa da etkisi olduğu görülmektedir. Literatürde yer alan çalışmalara bakıldığında, Bianchi ve diğerleri (2021), gelir artışının materyal verimliliği artışında önemli olduğu sonucunu elde etmiştir. Ülkeler arasındaki materyal verimliliği eşitsizliğini, materyal verimliliğini belirleyen değişkenler üzerinden inceleyen Fernández-Herrero ve Duro (2019), gelirin materyal verimliliği üzerinde olumlu etki yarattığı sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmanın da ortaya koyduğu sonuç doğrultusunda, gelirin materyal verimliliği üzerinde önemli ve pozitif bir etkisi olduğu görülmektedir. İşsizlik ve verimlilik arasındaki ilişkiyi analiz eden Bräuning ve Panenberg (2002), işsizliğin verimlilik üzerinde olumsuz etkileri olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmada da işsizliğin materyal verimliliği üzerinde olumsuz etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Cari işlemler hesabı ile verimlilik arasındaki sonuçlara bakıldığında, farklı ülkeleri ele alan Cuñado ve Gracia (2005) bu iki değişken arasında bazı ülkelerde ters yönlü ilişki ve bazı ülkelerde ise cari işlemlerin verimliliğe yönelik bir tepkisinin olmadığı sonucuna ulaşırken; Flachenecker (2018), cari işlemler ile materyal verimliliği arasında pozitif bir ilişki olduğunu elde etmiştir. Bu çalışmada da cari işlemler hesabında meydana gelen bir artışın materyal verimliliğini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, Türkiye’deki cari işlemler hesabının ele alınan dönem itibarıyla sürekli açık vermesi ve açığın GSYH’ya oranının artması materyal verimliliğini artırmaktadır. Bu ise materyal kaynak üretiminde kullanılan materyallerin ithalatındaki artışla açıklanabilir.

Literatürde emek, sermaye ve toplam faktör verimliliğinin belirleyicileri üzerine çok sayıda çalışma yer almaktadır. Ancak, materyal verimliliğinin belirleyicilerine yönelik yapılan çalışma oldukça kısıtlıdır. İktisadi ve çevresel sürdürülebilirlik niteliği taşıyan materyal verimliliğine ilişkin çalışmaların son yıllarda arttığı görülmektedir. Ancak, materyal verimliliğinin belirleyicilerine ilişkin literatür oldukça sınırlıdır. Bu çalışma, söz konusu eksikliği göz önünde bulundurarak literatüre katkı yapmayı amaçlamaktadır. Materyal verimliliğinin belirleyicilerinin neler olduğunun ortaya konması, sürdürülebilirliğe yönelik çıkarımların ve geleceğe yönelik projeksiyonların daha etkin bir şekilde yapılmasına olanak sağlayabilir. Bu doğrultuda, uygulanacak iktisat politikalarının materyal verimliliği yüksek sektörleri teşvik edici yönde olması kaynak verimliliğinin artırılmasında olumlu etki yaratacaktır. Materyal verimliliğinin belirleyicilerini açıklamaya yönelik başka değişkenler ve yöntemlerle yapılacak gelecekteki çalışmalar, bu alanın gelişmesine ve materyal verimliliğini belirleyen etkenlerin neler olduğu sorusunun anlaşılmasına daha çok katkı sağlayacaktır. Materyal verimliliğinin belirleyicilerine ilişkin literatürün gelişmesi hem materyal verimliliği hem de sürdürülebilirlik tartışmalarına katkı sağlayacaktır.

Yazar Katkıları /Author Contributions

Uğur Coşkun: Literatür Taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı- orijinal taslak *Semiha Aytemiz:* Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Uğur Coşkun: Literature Review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Semiha Aytemiz:* Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı /Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the author(s).

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the author(s) that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the author(s) that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Ateş, Sanlı (2012). “Türkiye İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği ve Uzun Dönem Büyüme İlişkileri”, *Turkish Economic Association*, Discussion Paper, No. 2012/70, Ankara.
- Bahn-Walkowiaki B. ve Steger, S. (2015). “Resource Targets in Europe and Worldwide: An Overview”, *Resources*, 4, 597-620. <https://doi.org/10.3390/resources4030597>
- Bianchi, M., Valle, I. ve Tapia, C. (2021). “Material Productivity, Socioeconomic Drivers and Economic Structures: A Panel Study for European Regions”, *Ecological Economics*, 183, 106948. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106948>
- Bräuninger M. ve Panenberg, M. (2002). “Unemployment and Productivity Growth: An Empirical Analysis within An Augmented Solow Model”, *Economic Modelling*, 19, 105-120.
- Brigenzu, S. ve Moriguchi, Y. (2002). “Material Flow Analysis”, *A Handbook of Industrial Ecology*, (Editors: R.U. Ayres ve L.W. Ayres), Edward Edgar Publishing.
- Chen, P. ve Semmler, W. (2018). “Short and Long Effects of Productivity on Unemployment”, *Open Economies Review*, 29, 853-878. <https://doi.org/10.1007/s11079-018-9486-z>
- CSIRO (2024). “Technical Annex for Global Material Flows Database”, *CSIRO Australia’s National Science Agency*.
- Cuñado, J. ve Gracia, F.P. (2005). “Current Account and Productivity: Evidence for Some European Countries”, *Journal of Policy Modeling*, 27(1), 75-89. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2004.12.007>
- Dechezleprêtre, A. ve Sato, M. (2017). “The Impacts of Environmental Regulations on Competitiveness”, *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(2), 183-206.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1981). “Likelihood Ratio Statistic For Autoregressive Time Series with A Unit Root”, *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Dünya Bankası. (2024). <https://databank.worldbank.org/home>, (Erişim Tarihi: 25.06.2024).
- Eurostat (2001). “Economy-Wide Material Flow Accounts and Derived Indicators A Methodological Guide”, European Commission, Luxembourg.
- Eurostat (2018). “Economy-Wide Material Flow Accounts Handbook”, European Union, Luxembourg.
- Fernández-Herrero, L. ve Duro, J.A. (2019). “What Causes Inequality in Materail Productivity Between Countries?”, *Ecological Economics*, 162, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.04.007>
- Flacheneker, F. (2018). “The Causal Impact of Material Productivity on Macroeconomic Competitiveness in the European Union”, *Environmental Economics and Policy Studies*, 20, 17-46. <https://doi.org/10.1007/s10018-016-0180-3>
- Gan, Y., Zhang, T., Liang, S., Zhao, Z. ve Li, N. (2013). “How to Deal with Resource Productivity Relationships Between Socioeconomic Factors and Resource Productivity”, *Journal of Industrial Ecology*, 17(3), 440-451. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00547.x>
- Global Material Flows Database. (2024). <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database>, (Erişim Tarihi: 25.06.2024).
- Hannula, M. (2002). “Total Productivity Measurement Based on Partial Productivity Ratios”, *International Journal of Production Economics*, 78, 57-67. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00186-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00186-9)
- Krausmann, F., Schandl, H., Eisenmenger, N., Giljum, S. ve Jackson, T. (2017). “Material Flow Accounting: Measuring Global Material Use for Sustainable Development”, *Annual Review of Environment and Resources*, 42, 647-675. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060726>
- Kumar, S. (2006). “Environmentally Sensitive Productivity Growth: A Global Analysis Using Malmquist-Luenberger Index”, *Ecological Economics*, 56, 280-293. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.02.004>
- OECD. (2019). “Global Material Resource Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences”, OECD Publishing, Paris.
- OECD. (2001). “Measuring Productivity Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth”, OECD Publishing, Paris.
- OECD. (2015). “Material Resources, Productivity and the Environment”, *OECD Green Growth Studies*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190504-en>
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, J.R. (2001). “Bounds Testing Approaches To The Analysis of Level Relationships”, *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- Phillips, P.C.B. ve Perron, P. (1988), “Testing for a Unit Root in Time Series Regression”, *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Pivoňka, T. (2014). “The Impact of Productivity on Current Account in Central Europe Countries”, *Procedia Economics and Finance*, 14, 471-480.

- Sevüktekin, M. ve Çınar, M. (2015). "Ekonometrik Zaman Serileri Analizi Eviews Uygulamalı", Dora Yayıncılık, Bursa.
- Siggel, E. (2006). "International Competitiveness and Comparative Advantage: A Survey and a Proposal for Measurement", *Journal of Industry, Competition and Trade*, 6, 137-159. <https://doi.org/10.1007/s10842-006-8430-X>
- Solow, R.M. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R.M. (1957). "Technical Change and the Aggregate Production Function", *The Review of Economics and Statics*, 39(3), 312-320.
- Steinberger, J.K. ve Krausmann, F. (2011). "Material and Energy Productivity", *Environmental Science&Technology*, 45,1169- 1176. <http://dx.doi.org/10.1021/es1028537>
- Steinberger, J.K., Krausmann, F., Getzner, M., Schandl, H. ve West, J. (2013). "Development and Dematerialization: An International Study", *PLoS ONE*, 8 (10), e70385. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070385>
- UNEP. (2016). "Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel, Paris.

Çalışanların Örgütsel Çatışmaları Çözme Yöntemlerinin Sinik Davranışlara Etkisi: Otel İşletmelerinde Bir Araştırma*

Ayşenur Kayacı¹ , Aziz Gökhan Özkoç² 

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, otel çalışanlarının yöneticileriyle yaşadıkları örgütsel çatışmalarda tercih ettikleri çatışma çözme yöntemlerinin örgütsel sinizme olan etkisini tespit etmek ve çatışmaya uygun olarak çalışanların sinik davranışlarının tetiklenmeyeceği şekilde uygulamaları gereken çatışma çözme yöntemlerinin ampirik olarak ortaya konulması amaçlanmıştır.

Yöntem: Araştırma, nicel yöntemle yürütülmüş olup; araştırmanın verileri, Ankara'da bulunan turizm işletme belgeli 4 ve 5 yıldızlı otel işletmelerindeki 402 çalışandan anket yoluyla elde edilmiştir. Araştırma hipotezlerinin çözümlenmesine ilişkin faktör analizi, güvenilirlik, normallik testleri, tanımlayıcı istatistikler, korelasyon ve çoklu regresyon analizleri yapılmıştır.

Bulgular: Araştırmanın bulgularına göre, örgütsel çatışmayı çözme yöntemlerinin, örgütsel sinizmin duygusal ve davranışsal alt boyutlarını anlamlı yönde etkilediği tespit edilirken, örgütsel sinizmin bilişsel alt boyutu üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Özgünlük: İlgili literatürdeki araştırmalar, çatışma türlerinden iş-aile, iş-iş dışı ve kişilerarası çatışmaların örgütsel sinizme olan etkisi üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Ancak bu araştırmalarda, çatışmaların örgüt içindeki yerlerine göre yaşanan çatışmalar boyutunda ele alınmadığı görülmektedir. Dolayısıyla bu araştırma, çalışanların yöneticileriyle yaşadığı örgütsel çatışma durumlarında tercih ettikleri çatışmayı çözme yöntemlerinin sinik tutumlarını hangi düzeyde etkileyeceğini tespit etmek açısından ve araştırmanın turizm sektörü üzerinde değerlendirilmiş olması yönünden özgün bir değer taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Örgütsel Çatışma Çözme Yöntemleri, Örgütsel Sinizm, Otel İşletmeleri, Ankara.

JEL Kodları: M1, L8, L83.

The Impact of Employees Organizational Conflict Resolution Methods on Their Cynical Behaviors: A Study in Hotel Businesses

ABSTRACT

Purpose: The aim of this research is to empirically determine the effects of conflict resolution methods used by hotel employees in conflicts with their managers on organizational cynicism and conflict resolution methods that will not trigger employees cynical behavior.

Methodology: The research was conducted quantitatively with survey data applied to 402 4 and 5 star hotel employees in Ankara. For the analysis of the research hypotheses, factor analysis, reliability, normality tests, descriptive statistics, correlation and multiple regression analyzes were performed.

Findings: According to the findings of the research, it was determined that organizational conflict resolution methods significantly affect the emotional and behavioral subdimensions of organizational cynicism, but it was concluded that does not have a significant effect on the cognitive subdimension of organizational cynicism.

Originality: The studies in the relevant literature focus on the effect of conflict types such as work-family, work-outside and interpersonal conflicts on organizational cynicism. However, it has been observed that these conflicts are not analyzed in terms of conflicts according to their place in the organization. Therefore, this study holds unique value in identifying the extent to which employees, preferred conflict resolution methods in organizational conflicts with their managers affect their cynical attitudes, as well as in its focus on the tourism sector.

Keywords: Organizational Conflict Resolution Methods, Organizational Cynicism, Hotel Businesses, Ankara.

JEL Codes: M1, L8, L83.

* Bu çalışma, Ayşenur Kayacı tarafından Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde Prof. Dr. Aziz Gökhan Özkoç danışmanlığında yürütülen "Çalışanların Örgütsel Çatışmaları Çözme Yöntemlerinin Sinik Davranışlara Etkisi: Otel İşletmelerinde Bir Araştırma" başlıklı Yüksek Lisans Tezi'nden türetilmiştir.

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Turizm İşletmeciliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Ayşenur Kayacı, aysenurkayaci06@gmail.com

DOI: 10.51551/verimlilik.1485726

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 17.05.2024 | Kabul / Accepted: 26.12.2024

Atıf/Cite: Kayacı, A. ve Özkoç, A.G. (2024). "Çalışanların Örgütsel Çatışmaları Çözme Yöntemlerinin Sinik Davranışlara Etkisi: Otel İşletmelerinde Bir Araştırma", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 235-252.

EXTENDED ABSTRACT

Conflict, which has existed since the dawn of humanity, constitutes an integral part of daily life. As long as individuals are required to coexist and collaborate under interdependent conditions, the occurrence of conflicts becomes inevitable (Earnest and McCaslin, 2000; Eidson, 2003). Due to their labor-intensive nature, hotel enterprises are organizations where employees with a wide range of personality traits coexist. Employees who have been educated and trained in diverse environments and cultures exhibit differing perspectives, beliefs, goals, and interests (Peker & Aytürk, 2002). Similarly, differences within groups, between groups, and across departments similarly hinder consensus on decisions, making organizational conflict inevitable in hotel enterprises (Topaloğlu, 2005). In connection with this, individuals acquire knowledge, skills, attitudes, and values through their interactions with their environment. By continuously evaluating these interactions, individuals develop cognitive, emotional, and behavioral responses (Özden, 2002; Üngüren, 2008). Therefore, it can be asserted that hotel employees are capable of developing cognitive, affective, and behavioral responses to their organizational interactions.

Conflicts within organizations that are poorly managed lead to various negative outcomes, such as psychological, verbal, and physical violence (Kağan, 2021), the prevalence of organizational silence (Kâhya, 2018), and an increase in turnover intentions (Akman, 2018; Tanrıverdi et al., 2016). Furthermore, such conflicts adversely affect motivation (Çobanoğlu and Yüksel, 2020), job performance, job satisfaction (Kale, 2018), and organizational citizenship behaviors (Özçakal and Demirhan, 2023). Therefore, the aim of this research is to empirically determine the effects of conflict resolution methods used by hotel employees in conflicts with their managers on organizational cynicism and conflict resolution methods that will not trigger employee's cynical behavior. A review of the relevant literature reveals that empirical studies examining the relationship between types of organizational conflict and cynicism predominantly focus on work-family and work-life conflicts (Wang et al., 2012; Reichl et al., 2014; Yıldırım and Acar, 2018; Yasim, 2019). However, there is a noticeable lack of quantitative research investigating cynical attitudes arising during conflict management processes. Moreover, prior studies have explored the relationship and impact of variables such as job demands (of which conflict is a subdimension) (Monareng, 2018; O'Brien, 2019), role stressors (Idris et al., 2014; Thomas et al., 2020), and interpersonal conflict (Toksoy, 2017) on cynicism. Nevertheless, the interaction of the concepts addressed in this study has not previously been examined in the context of the tourism sector, highlighting another significant aspect of the research.

The research was conducted quantitatively with survey data applied to 402 4 and 5 star hotel employees in Ankara. For the analysis of the research hypotheses, factor analysis, reliability, normality tests, descriptive statistics, correlation and multiple regression analyzes were performed. According to the findings of the research, it was determined that organizational conflict resolution methods significantly affect the emotional and behavioral subdimensions of organizational cynicism, but it was concluded that does not have a significant effect on the cognitive subdimension of organizational cynicism.

When the findings of the first hypothesis developed within the framework of the research model examining the interaction between the sub-dimensions of conflict resolution methods and the sub-dimensions of organizational cynicism are evaluated, it is seen that the methods of integration, obliging, domination, compromise and avoidance applied by employees during a possible conflict do not have an effect on the levels of cognitive cynicism. The second hypothesis tested the effects of the subdimensions of conflict resolution methods on the affective dimension of organizational cynicism. The findings indicate that integration and obliging methods reduce cynicism levels, while domination and avoidance methods increase affective cynicism. Additionally, the compromising method was found to have no significant effect on affective cynicism. In the third hypothesis, the effects of the subdimensions of conflict resolution methods on the behavioral dimension of organizational cynicism were investigated. The findings reveal that integration and compromise methods do not impact behavioral cynicism levels. However, the obliging method reduces behavioral cynicism, whereas the domination and avoidance methods were found to increase behavioral cynicism levels.

The conflict resolution methods preferred by employees reflect managerial decisions. To elaborate, it is argued that managerial approaches to conflict significantly influence the conflict resolution methods employees adopt in conflicts with their supervisors. The results indicate that while employees predominantly adopt integrative and compromise methods when resolving conflicts with their supervisors, their moderate preference for obliging and avoidance methods cannot be overlooked. Therefore, it is recommended that managers in hotel enterprises adopt an open and transparent communication policy with employees during organizational conflicts. They should also engage in information sharing and exchange of ideas, thereby employing an integrative and compromise strategy. The literature review reveals that conflict resolution methods and organizational cynicism have not been sufficiently studied, especially in the tourism sector and other industries. Accordingly, future research should address these concepts in both contexts, and examining them across different countries or larger samples would improve the generalizability of the results.

1. GİRİŞ

İnsanlığın başlangıcından beri var olan çatışma, günlük yaşamın bir parçasını oluşturmaktadır. İnsanlar, birbirine bağlı koşullar içerisinde birlikte yaşamak ve çalışmak zorunda kaldığı müddetçe çatışmaların yaşanması kaçınılmazdır (Earnest ve McCaslin, 2000: 1; Eidson, 2003: 36-37). Otel işletmeleri gibi farklı alanlarda çalışan birçok çalışanın bir arada bulunduğu örgütlerde çalışanların farklı amaç ve beklentilerinden kaynaklanan anlaşmazlık durumları örgütsel çatışmaya yol açabilmektedir. Bu anlaşmazlıklar, örgüt içerisindeki yönetici ve çalışan tarafından sağlıklı bir şekilde çözümlenemediği takdirde çalışanlar üzerinde bilişsel, duyuşsal ve davranışsal olarak olumsuz tutumları ifade eden örgütsel sinizme neden olabilmektedir.

Otel işletmeleri emek-yoğun yapısı itibarıyla diğer örgütlere kıyasla iş gücünün daha fazla olduğu, dolayısıyla da birçok farklı kişilik özelliğine sahip çalışanın bir arada bulunduğu örgütlerdir. Otel işletmelerindeki çalışanlar farklı ortam ve kültürlerde eğitilmiş ve yetiştirilmiş olmalarından dolayı farklı kişilik ve karakter yapısına sahiptirler. Bu sebeple, her çalışan farklı görüş, inanç, hedef ve çıkarlara sahiptir (Peker ve Aytürk, 2002: 240). Otel işletmeleri de diğer tüm örgütlerde olduğu gibi yaşanan bu farklılıkların yönetildiği yerlerdir. Çalışanlar, örgütün amaçları ve amaçlara ulaşmada kullanılması gereken araçlar arasındaki farklılıklar vb. birçok farklılıklarla, örgüt içerisinde bir arada bulunurlar. Çalışanların, algı ve kişilik özelliklerinin farklı olması, yine benzer şekilde, örgütte grup içinde, gruplar arasında ve departmanlar arasındaki farklılıklar aynı seçenekte ya da kararda bütünlük sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum, otel işletmelerinde örgütsel çatışmayı kaçınılmaz bir sonuç olarak beraberinde getirmektedir (Topaloğlu, 2005:6). Bununla bağlantılı olarak bireyler, çevreleri ile etkileşim sürecinin sonucunda bilgiye, beceriye, tutumlara ve değerlere sahip olurlar. Birey, sürekli bir şekilde çevresi ile kendisi arasındaki etkileşimleri değerlendirerek, bunun sonucunda düşünsel, duyuşsal ve davranışsal tepkiler geliştirmektedir (Özden, 2002: 72; Üngüren, 2008: 902). Dolayısıyla, otel çalışanları da örgüt içerisinde deneyimledikleri olay ve durumlar karşısında, kendi iç dünyalarında kurdukları etkileşimlere dair değerlendirmelerde bulunarak bilişsel, duyuşsal ve davranışsal tepkiler geliştirme olanağına sahip oldukları söylenebilir.

Günlük yaşamın bir parçası olan çatışma örgütsel yaşantının da kaçınılmaz bir parçası haline gelmektedir. Örgütlerde yaşanan ve iyi yönetilemeyen çatışmalar örgütte psikolojik, sözel, fiziksel şiddet türlerine (Kağan, 2021: 95-96), örgütsel sessizliğin hâkim olmasına (Kâhya, 2018: 962), işten ayrılma niyetinin artışına neden olmakta (Akman, 2018: 159; Tanrıverdi ve diğerleri, 2016: 121) ve motivasyonu (Çobanoğlu ve Yüksel, 2020: 360), iş performansını, iş tatminini (Kale, 2018: 174) ve örgütsel vatandaşlık davranışlarını (Özçakal ve Demirhan, 2023: 2371) olumsuz yönde etkileyen sonuçlara neden olmaktadır. Dolayısıyla bu araştırmada amaç, otel çalışanlarının örgütsel çatışma sürecinde tercih ettikleri çatışma çözme yöntemlerinin, sinik davranış eğilimlerini hangi düzeyde etkileyeceğini tespit etmek ve çalışanların olası bir çatışma durumunda sinik tutumlarının tetiklenmeyeceği biçimde uygulamaları gereken çatışma çözme yöntemlerini ortaya koymaktır. İlgili literatür incelendiğinde, örgütlerde yaşanan çatışma türlerinin sinizm ile olan ilişkisi ve etkisini inceleyen ampirik araştırmaların büyük çoğunluğunun iş-aile çatışması ve iş-iş dışı çatışma üzerinde yoğunlaştığı (Wang ve diğerleri, 2012; Reichl ve diğerleri, 2014; Yıldırım ve Acar, 2018; Yasim, 2019), çatışmaları yönetme sürecinde oluşan sinik tutumların kantitatif araştırmalara konu olmadığı görülmektedir. Aynı zamanda, ilgili literatürde alt boyutları arasında çatışmanın yer aldığı iş talebi (Monareng, 2018; O'Brien, 2019), rol stresörleri (Idris ve diğerleri, 2014; Thomas ve diğerleri, 2020) ve kişilerarası çatışma (Toksoy, 2017) değişkenlerinin sinizm ile ilişki ve etkisini inceleyen çalışmalara da ulaşılmıştır. Bununla birlikte, araştırmaya konu olan kavramların etkileşimi daha önce turizm sektörü açısından incelenmemiş olması ise çalışmanın bir diğer önemli yönünü ortaya koymaktadır.

Araştırma yedi bölümden oluşmaktadır. Öncelikle giriş yapılarak araştırmanın amacına ve önemine değinilmiştir. Araştırmanın temel amacı doğrultusunda, ikinci bölümde örgütsel çatışma, üçüncü bölümde örgütsel sinizm, dördüncü bölümde ise örgütsel sinizm açısından çatışmaları yönetmenin önemi ilgili literatürde yer alan çalışmalar doğrultusunda açıklanarak, konuya ilişkin kavramsal çerçeveye yer verilmiştir. Araştırmanın beşinci bölümünde, örgütsel çatışmanın örgütsel sinizme olan etkisinin ortaya konması amacıyla geliştirilen araştırma modeli ve hipotezlerine yer verilerek, araştırmanın evren ve örnekleme, veri toplama yöntemi ve aracı, verilerin analizinde kullanılan istatistiksel yöntemleri kapsayan araştırmanın yöntemi tüm aşamaları ile açıklanmıştır. Devamında, ilgili literatür ışığında geliştirilen hipotezler istatistiksel testler aracılığıyla analiz edilerek elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Son olarak, araştırma sonuçlarına yer verilerek, araştırmanın teorik ve pratik katkılarına değinilmiş ve önerilere yer verilmiştir.

2. ÖRGÜTLERDE ÇATIŞMA ve ÇATIŞMAYI YÖNETME BİÇİMLERİ

Çatışmalar bireysel bazda yaşanabildiği gibi insan unsurunun yoğun olduğu örgütlerde de meydana gelebilmektedir. Şimşek ve diğerleri (2011 :353), örgütsel çatışma kavramını "Örgütte, iki veya daha fazla kişi veya grup arasındaki kıt kaynakların paylaşımı veya faaliyetlerin tahsisi ile yine bu kişi veya gruplar

arasındaki statü, amaç, değer ve algılama farklılıklarından kaynaklanan anlaşmazlık ya da uyuşmazlık” şeklinde tanımlamışlardır. Eren (2004 :553) örgütsel çatışmayı, “bir örgütte bireyler veya grupların birlikte çalışma sorunlarından kaynaklanan ve faaliyetlerin aksamasına neden olan olaylar” şeklinde tanımlamıştır. Bu tanımda çatışmanın, örgütün faaliyetlerini aksattığı yönüne dikkat çekilmiştir (Topaloğlu, 2005). Dolayısıyla, örgütlerin çatışmanın olumsuz sonuçlarından etkilenmemesi için çatışmaların örgütün amaçlarına uygun olarak etkili bir biçimde yönetilmeleri önem taşımaktadır.

Bireylerin çatışma durumunda belirli davranış biçimleriyle kendilerini ifade etme şekli, çatışma yönetim yaklaşımlarını oluşturmaktadır (Gümüşeli, 1994: 22). Çatışma yönetimi ile ilgili önemli çalışmaları olan Rahim (2002: 217), yapmış olduğu çalışmada çatışma yönetim yaklaşımını beş farklı boyutta ele almıştır. Bunlar; “bütünleştirme, kaçınma, hükmetme, ödün verme ve uzlaşma” şeklindedir.

Bütünleştirme Yöntemi; Çatışmaya taraf olan bireylerin karşı karşıya gelerek esas sorunu ve bu konuda neler yapılabileceğini, güven ve açık bir iletişimle müzakere etmelerini ifade etmektedir (Karip, 2021: 64). *Kaçınma Yöntemi*; geri çekilme, pes etme, kaçma ve kötüyü görmeme, kötüyü duymama, kötü konuşmama gibi tutumlarla ilişkilendirilmiştir (Rahim, 2001: 29). *Hükmetme Yöntemi ise*, bireyin kendi pozisyonunu koruyabilmesi için zorlayıcı davranışlarda bulunması olarak tanımlanır (Karip, 2021:66-67). *Ödün Verme Yönteminde* birey, karşı tarafın beklentilerini tatmin etmek amacıyla farklılıkları önemsiz kılar, ortak noktalar üzerinde durur, karşı taraftaki bireyin çıkarlarına uyum sağlamak için kendi beklentilerinden ödün verir (Rahim, 2002). Son olarak *Uzlaşma Yöntemi ise*, çatışmaya taraf olanların karşılıklı olarak kabul edilebilir bir çözüm yoluna ulaşmak için bazı şeylerden karşılıklı bir biçimde taviz vermesini ifade eder (Robbins ve Judge, 2013: 454).

Örgütlerde etkili bir şekilde yönetilen çatışmaların bireysel açıdan fiziksel, psikolojik, sözel şiddet türlerini azalttığı (Konaklıoğlu ve Yapıcı, 2016: 12; Kağan, 2021: 98) görülürken, yöneticiye duyulan güveni ve (Toprak ve diğerleri, 2017: 127), görev performansını artırarak (Kale, 2018: 174), motivasyon ve bireysel iyi oluşu (Çobanoğlu ve Yüksel, 2020: 361; Sert, 2023: 103) olumlu yönde etkilemektedir. Bu bağlamdaki çatışmaların kariyer ve iş tatminini, iş performansını ve örgüte bağlılığı da (Jung ve Yoon, 2018: 504), olumlu yönde etkileyerek işten ayrılma niyetinin azalmasını (Akman, 2018: 155; Şanlı, 2020: 131) sağladığı görülmektedir. Bununla birlikte, etkili yönetilen çatışmaların örgüt açısından, örgüt sağlığının olumlu yönde etkilemesine (Çelik ve Tosun, 2019: 115) ve böylece örgütsel mutluluğun sağlanmasına (Beyaz ve diğerleri, 2022: 32) yönelik katkısı olduğu bilinmektedir.

Örgütsel çatışmalar etkili bir şekilde yönetilmediği takdirde çatışmaya taraf olan çalışanların liderlerine yönelik temel liderlik becerileri hakkında olumsuz düşüncelere sahip olmalarına (Xin ve Pelled, 2003: 36), çalışanlar arasında sevgi ve saygının azalmasına (Topaloğlu, 2005: 2), örgüt içinde gerginlik, öfke, düşmanlık besleme, engellenmiş hissetme gibi duyguların artmasına (Wall ve Callister, 1995: 523) neden olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, olumsuz duyguların artması sonucu ilişkilerin yara almasına (Sharpe ve Johnson, 2004: 10), örgütte gruplar arasındaki duygusal bağlılığın azalması (Amason ve Schweiger, 1994: 239), bazı çalışanların kendilerini yenilmiş hissetmesine ve çalışanlar arasındaki mesafenin artmasına (Ojo ve Abolade, 2014: 128) neden olduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte, çatışmanın sürecine ve yoğunluğuna bağlı olarak çalışanlar, endişe, bunalım, hayal kırıklığı, küsme, kızma, gücenme gibi duygular hissetmelerine, küçümseme, sözlü sataşma, tehdit, aşağılama ve ani çıkış gibi düşmanlık ve saldırganlık boyutunda davranışlar geliştirmelerine (Ayoko ve diğerleri, 2003: 285; Bruk Lee ve Spector, 2012: 7; Nelson ve Quick, 2018: 220) ve çatışan taraflar arasındaki iletişimin zedelenmesine (Gibson ve diğerleri, 2012: 273) yol açabilmektedir. Buna bağlı olarak, çalışanlar arasında iş birliğinin azalmasına, tarafların moralinin düşmesine, kaygı, stres, tükenmişlik ve memnuniyetsizliklerinin artmasına, iş doyumunu verimliliklerinin azalmasına, örgütsel bağlılığın, sağlığın, huzurun ve mutluluğun olumsuz etkilenmesine (Stroh ve diğerleri, 2001: 121; Hoffman, 2007: 1; McShane ve Glinow, 2017: 305), neden olabilmektedir. Dolayısıyla da çalışanların, güveninin sarsılması ve kaderci bir yaklaşımın benimsenmesi (Tekarslan ve diğerleri, 1989: 229) gibi bilişsel, duyuşsal ve davranışsal tutumlara neden olduğu ifade edilmiştir.

3. ÖRGÜTLERDE SİNİZM ve SİNİK DAVRANIŞLAR

Bireylerin sadece kendi çıkarlarını önemseydiğine inanan ve bu nedenle diğer herkesi çıkarıcı olarak değerlendiren kimseye “sinik” ve bu düşüncüyü açıklayan felsefi yaklaşıma ise “sinizm” denmektedir (Erdost ve diğerleri, 2007: 1). Örgütsel sinizme yönelik literatürde birçok tanım yer almaktadır ancak en sık kullanılan tanımın Dean ve diğerleri (1998: 354)’e ait olduğu bilinmektedir. Bu tanımlamaya göre örgütsel sinizm, “bireyin çalıştığı örgüte karşı geliştirdiği bilişsel, duyuşsal ve davranışsal boyutları kapsayan olumsuz yargılar” içermektedir. Barefoot ve diğerleri (1989: 48) sinizmi, bireyin başkaları hakkında kötü ve olumsuz düşüncelere sahip olması şeklinde ifade etmiştir. Bateman ve diğerleri (1992: 768) sinizmi, otoriteye karşı beslenen olumsuz ve güvenli olmayan tutumlar şeklinde ifade etmektedir. Bir başka tanıma göre sinizm, “başkalarının niyetlerine güvenmeme ve muhatapların gerçek karakterlerini yansıtmadıkları inancı” şeklinde tanımlanmıştır (Helvacı ve Çetin, 2012: 1476). İlgili literatür incelendiğinde sinizm üç

boyutta açıklandığı görülmektedir. Sinizm, bilişsel (inanç), duyuşsal (duygu) ve davranışsal (davranış) boyutlardan oluşan tutumlar olarak açıklanmaktadır (Kalağan ve Güzeller, 2010: 84).

Bilişsel boyut, örgütte gözlem, algılama ve deneyim yoluyla örgüt hakkında bilgi edinerek inançlar geliştiren ve düşünce ve deneyimleri bu inançlar doğrultusunda şekillendiren çalışanların oluşturduğu sinizmdir (Naus, 2007: 31). Örgütsel sinizmin duyuşsal boyutu, öfke, küçümseme, utanç ve sıkıntı gibi yoğun duyguların hissedilmesi şeklinde açıklanmaktadır (Naus, 2007: 31; Pelletier ve Bligh, 2008: 832). Örgütsel sinizmin son boyutunu örgüte karşı inançlar ve duygularla tutarlı olarak örgüte ya da örgüt yönetimine karşı aşağılayıcı ve eleştirel davranış gösterme eğilimini ortaya koyan davranışsal boyut oluşturmaktadır (Kutanis ve Çetinel, 2010: 188).

Otel işletmelerinde yapılan araştırmalar, örgütsel sinizmin ortaya çıkmasında birçok unsurun etkili olduğunu göstermektedir. Bu unsurlar, otel işletmelerinde yaşanan örgütsel sinizmin öncülünü oluşturmaktadırlar. Otel işletmelerinde sinizmin öncülünü oluşturan nedenler arasında; mobbing ve kayırmacılık/nepotizmin varlığı, (Abubakar ve diğerleri, 2017: 135; Gün, 2016: 216; Pelit ve Pelit, 2014: 46), lider-üye etkileşiminin düşüklüğü (Çetin ve Kaptangil, 2016: 1782), yöneticinin kullandığı güç kaynakları (Liceli ve Hassan, 2018: 433), çalışanların duyuşsal zekâsı (Dellaloğlu, 2020: 62; Pelit ve Ayana, 2016: 65), psikolojik sözleşme ihlalleri (Erdoğan, 2015: 145; Tükeltürk ve diğerleri, 2009: 691), bütünlükten yoksun örgüt kültürü (Yıldırım, 2019: 377), zayıf etik iklim (Doğantekin, 2016: 62), adil olmayan örgüt yapısı ve dağıtımsal adaletsizliğin olması (Ağina ve diğerleri, 2023: 15; Orhan ve Ünüvar, 2019:459), örgütsel destek faaliyetlerinin yetersizliği (Ortaköylü, 2022: 100), örgütsel dışlanmanın (Soybalı ve Pelit, 2019: 1237) ve örgütsel sessizliğin hakim olduğu bir örgüt yapısının (Altınöz ve diğerleri, 2017: 77; Lee ve diğerleri, 2023: 8) yer aldığı görülmektedir. Bununla birlikte, otelcilik sektörünün yanı sıra diğer sektörlerde yapılan araştırmalarda ise örgütsel yabancılaşmanın, örgütsel sessizliğin, örgütsel yalnızlığın (Kayaalp ve Özdemir, 2020: 109), duyuşsal tükenmenin ve örgüte güvenin (Atalay ve diğerleri, 2022: 12) sinizme neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4. ÖRGÜTSEL SINİZM AÇISINDAN ÇATIŞMALARIN YÖNETMENİN ÖNEMİ

İlgili literatür incelendiğinde, otel işletmelerinde çatışmanın olumsuz sonuçlara yol açtığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Otel işletmelerinde, kültürel zekâ düzeyi düşük olan çalışanların çatışma yönetim sürecinde yıkıcı sonuçlar doğurabilen hükmedici bir yaklaşıma eğilim gösterdiklerini ortaya koymuştur. Dolayısıyla, kültürel zekâ seviyesi düşük olan çalışanların, otel misafirleriyle çatışma yaşama ihtimali olan bölümlerde çalıştırılmasının sakıncalı olduğu öne sürülmektedir (Şanlı, 2020: 129). Bununla birlikte, Ghanem (2021: 125) yapmış olduğu araştırmada, otel işletmelerinde örgütsel çatışmanın iş tükenmişliği üzerinde pozitif yönlü etkisi olduğunu saptamıştır. Bu sonuç, oteldeki örgütsel çatışmaların çalışanların iş tükenmişlik düzeyini artırdığını göstermektedir. Örgütsel çatışmanın, iş tükenmişliğine yol açması çalışanlar üzerinde verimliliğin ve üretkenliğin azalması gibi diğer olumsuz sonuçları da beraberinde getirebileceğinden, otel yönetiminin olası çatışmaları kontrol altında tutmak için çabalaması gerektiği belirtilmiştir. Buna ek olarak, otel işletmelerindeki çatışmaların yönetim sürecinde kullanılan stratejilerin görev performansına negatif yönlü etkisi olduğu tespit edilmiştir. Kale (2018: 174) yapmış olduğu çalışmada, çatışmayı yönetme sürecinde kaçınmacı bir yaklaşımın benimsenmesiyle sorunlara çözüm getirilemediğinden, bireysel performansı negatif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra, örgütsel çatışmanın, otel işletmelerinde iş performansı ve işletmenin genel performansı üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Otel çalışanlarının iş performanslarına olan en büyük etkisi, işe olan bağlılığın azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, örgütün hizmet kalitesini ve müşteri memnuniyetini olumsuz olarak etkilemektedir. Sonuç olarak, örgüt performansının düşmesine, çalışan memnuniyetinin azalmasına ve işten ayrılma oranlarının artmasına neden olmaktadır (Chigozie, 2017: 60). Benzer şekilde, Tanrıverdi ve diğerleri (2016: 121), otel işletmelerinde yapmış oldukları araştırmada, liderlerin çatışma yönetim stratejilerinin, çalışanların işten ayrılma niyetleri üzerinde etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Otel işletmelerinde, liderlerin çatışma yönetim sürecinde rekabetçi bir yaklaşım sergilemeleri, çalışanların düşük düzeyde de olsa işten ayrılma niyetlerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Örgüt içinde zamanla oluşması muhtemel çatışmaları yönetebilmek amacıyla geliştirilen yöntemlerin uygulanması sürecinde, ilgili taraflar yoğun bir biçimde psikolojilerini dengede tutma ve olumsuz tutumlardan kaçınma mücadelesi verirler. Ancak her çatışmayı çözme yöntemi olumlu veya olumsuz tutum ve davranışların oluşmasını aynı düzeyde etkilemeyecektir. Özellikle çatışmaların çalışanlarda neden olabileceği olumsuz yargıları ifade eden sinik davranışlar, sadece bireyi veya çalışma gruplarını değil aynı zamanda örgütün genel olarak sağlığını tehdit edebilecek sonuçlar doğurabilir.

Turizm sektörü dahil olmak üzere birçok alanda çalışanların sinik tutum ve davranışlar sergilemelerinde etkili olan unsurlar arasında çeşitli çatışma türlerinin bulunduğuna yönelik ampirik çalışmalar ilgili literatürde yer almaktadır. Yıldırım ve Acar (2018: 276) tarafından otel işletmelerindeki çalışanlar üzerinde yapılan araştırma, iş-aile çatışma düzeyinin örgütsel sinizme olan etkisini ve bu etkide yaşam doyumunun aracılık rolünü ortaya koymaktadır. Araştırmada, iş-aile çatışması ile yaşam doyumu arasında negatif yönlü anlamlı

bir etki tespit edilirken, iş-aile çatışması ile örgütsel sinizm arasında pozitif yönlü anlamlı bir etki olduğu saptanmıştır. Araştırmanın bulguları, otel işletmelerindeki çalışanların iş-aile çatışma düzeyleri arttıkça yaşam doyumlarının azaldığı, örgütsel sinizm tutumlarının ise artış gösterdiği sonucunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Wang ve diğerleri, (2012: 238) tarafından sağlık sektöründe yapılan araştırmada, iş-aile çatışması ve aile-iş çatışmasının, tükenmişliğin alt boyutları olan duygusal tükenme ve sinizm ile pozitif yönlü ilişkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmada, iş-aile çatışması ve aile-iş çatışmaları arttıkça sinizmin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Yasım (2019: 127) bankacılık sektöründe kadın çalışanlar üzerinde yapmış olduğu araştırmada, iş-aile yaşam çatışması ile örgütsel sinizm arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Araştırmada, iş-aile yaşam çatışması ile örgütsel sinizm arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır. Bu sonuç, iş-aile yaşam çatışması arttıkça, örgütsel sinizmin artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Araştırmanın sonucunda, iş-aile yaşam çatışması ile örgütsel sinizm arasındaki ilişkinin döngüsel olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca, Reichl ve diğerleri (2014: 1) tarafından yapılan araştırmada, meta-analiz yöntemiyle iş-iş dışı çatışma ile tükenmişliğin alt boyutları olan duygusal tükenme ve sinizm arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Yapılan araştırmanın sonucuna göre, iş-iş dışı çatışmasının her iki yönünün de duygusal tükenme ve sinizm ile arasında güçlü bir ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, örgütteki çalışanların iş ve özel hayattaki sürekli çatışma hallerinin duygusal tükenmeye ve sinik davranışlara neden olmasıyla bağlantılıdır.

Toksoy (2017: 121) yaptığı araştırmada, kişilerarası çatışma ile örgütsel sinizm arasında pozitif yönlü anlamlı bir etki olduğu sonucuna ulaşmıştır. Araştırmanın sonucuna göre, kişilerarası çatışma düzeyinin artması ile örgütteki çalışanların örgütsel sinizm düzeylerinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer biçimde, O'Brien (2019: 29) teknoloji sektöründeki çalışanlar üzerinde yapmış olduğu araştırmada, dört iş talebi (rol belirsizliği, kişilerarası çatışma, iş- aile çatışması, bilişsel talepler) ile tükenmişlik (tükenme, sinizm, mesleki yeterlik) arasındaki ilişkileri incelemiştir. Araştırmanın sonucuna göre, dört iş talebinden kişilerarası çatışmanın tükenmişliğin alt boyutu olan sinizm ile orta düzeyde ilişkili olduğu görülmüştür. Yapılan araştırmada, örgütte yaşanan kişilerarası çatışma sonucunda örgütteki çalışanların daha fazla sinik tutumlara maruz kalabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Idris ve diğerleri (2014: 408), rol çatışması ve sinizm arasındaki ilişkiye gerilimin önemli ölçüde aracılık ettiğini tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Thomas ve diğerleri (2020: 495), rol stresörlerinden rol çatışmasının tükenmişliğin alt boyutu sinizm ile önemli ölçüde ilişkili olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu sonuç, sürücülerin rol çatışması seviyelerinin artmasıyla sinik davranışlarının da artış gösterebileceği şeklinde açıklanmaktadır.

İlgili literatürde görüldüğü üzere, otel çalışanları çalıştıkları örgüt içerisinde çatışmalar yaşayabilir ve yaşadıkları çatışma sonucunda mevcut durumu değerlendirerek bilişsel, duyuşsal veya davranışsal tepkide bulunabilirler. Dolayısıyla, otel işletmelerinde yaşanan çatışmalar sonucunda çalışanlar, çalıştığı örgüte yönelik sinik davranışlar geliştirebilir ve böylece örgütte örgütsel sinizmin ortaya çıkmasına neden olabilirler. Araştırma kapsamında geliştirilen araştırma modeli ve hipotezleri, otel çalışanları açısından söz konusu sorunun kaynağını çözümlenmeye yöneliktir.

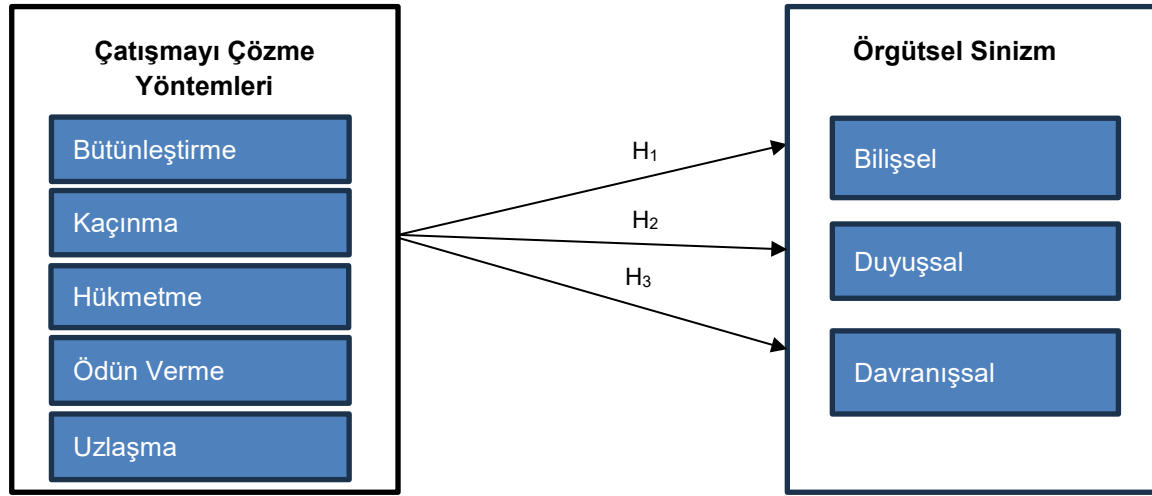
5. YÖNTEM

Araştırmada yapılan literatür tarama süreci sonucunda, belirlenen ilişkisel önermeler bağlamında söz konusu değişkenler dikkate alınarak bir araştırma modeli geliştirilmiştir. Bu araştırma modeli, araştırmanın sonucunda ulaşılmak istenen amaca uygun bir biçimde şekillendirilmiş olup; nicel verilerin sağlıklı ve rasyonel bir şekilde analiz edilmesini sağlayacaktır (Şekil 1). Sebep-sonuç ilişkisini ortaya koyan bu araştırma modelinde, araştırmanın bağımlı değişkeni örgütsel sinizm, araştırmanın bağımsız değişkeni ise çatışmayı çözme yöntemleridir.

Araştırmanın modeli, araştırmaya konu olan iki değişken arasındaki etkileşime yönelik literatürdeki teorik çerçeve bağlamında geliştirilmiştir. Modele göre, örgütte yaşanan çatışmaların çalışanlar tarafından çeşitli yöntemler ile dengelenmesinin, çalışanların sinizm düzeylerini etkileyebileceği varsayılmaktadır. Bu nedenle, çatışmayı çözme yöntemlerinin çalışanların örgütsel sinizme yönelik tutumları üzerindeki etkisi ölçülecektir.

Araştırmanın evrenini, Ankara ilinde faaliyet gösteren turizm işletme belgeli 4 ve 5 yıldızlı otel işletmelerindeki otel çalışanları oluşturmaktadır. Evrenin Ankara ilindeki 4 ve 5 yıldızlı otel işletmeleri olarak belirlenmesinin nedeni, bu bölgede kurumsal şehir otellerinin yapısal ve işlevsel yönden araştırmanın uygulanma amacına imkân tanınmasıdır. Ankara İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü'nün 2023 yılı verilerine göre Ankara ilinde 26 adet beş yıldızlı, 51 adet dört yıldızlı otel işletmesi bulunmaktadır (AKTM, 2024). Turizmin mevsimsellik özelliği, sektördeki işgören devir hızının yüksek olması ve araştırma evreninin sayısal olarak tespit etme imkanı olmaması dolayısı ile araştırma evreninin büyüklüğü sonsuz kabul edilerek, örneklem hacmi sonsuz evrene tekabül eden 384 rakamı olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen anket çalışması neticesinde toplam 402 anket analize dahil edilmiştir. Dolayısıyla, belirlenen maksimum örneklem

hacminden daha büyük bir katılımcı sayısına ulaşılmıştır. Araştırmada olasılığa dayalı olmayan kolayda örnekleme tekniği tercih edilmiştir. “Kolayda örnekleme tekniğinde esas, ankete cevap veren herkesin örneğe dahil edilmesidir. En kolay bulunan denek en ideal olanıdır. Denek bulma işlemi arzu edilen örnek büyüklüğüne ulaşılan kadar devam eder” (Altunışık ve diğerleri, 2019: 168-169). Dolayısıyla, araştırmanın örneklemini Ankara ilinde faaliyet gösteren 4 ve 5 yıldızlı otellerdeki 402 çalışan oluşturmaktadır.



Şekil 1. Araştırma modeli

Ankete katılım sağlayan katılımcılar cinsiyet değişkeni açısından değerlendirildiğinde, 402 çalışanın %44'ü (n:177) kadın, %56'sı (n:225) erkek çalışandan oluşmaktadır. Katılımcıların büyük çoğunluğunu erkek katılımcılar oluşturmaktadır. Katılımcıların medeni durum değişkeni açısından değerlendirildiğinde, %60,2'sinin evli, %39,8'inin ise bekâr olduğu görülmektedir. Araştırmaya katılan çalışanların büyük çoğunluğunu 30-39 yaş aralığındaki katılımcılar oluşturmaktadır. Katılımcılar eğitim durumu değişkeni açısından değerlendirildiğinde ise büyük çoğunluğun lise ve önlisans eğitimi alan çalışandan oluştuğu görülmektedir. Araştırmaya katılan katılımcıların büyük çoğunluğunun halihazırdaki işletmede 1-5 yıl aralığında çalıştığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, araştırmaya katılan katılımcılar çalışılan işletmenin yıldızı değişkeni üzerinden değerlendirildiğinde, %52,5'inin 5 yıldızlı otelde, %47,5'inin ise 4 yıldızlı otelde çalıştıkları sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmaya katılan katılımcıların büyük çoğunluğunu 5 yıldızlı otel çalışanlarının oluşturduğu görülmüştür. Katılımcıların sektörde deneyim süresi değişkeni incelendiğinde, %28,6'sının 1-5 yıl, %24,6'sının 6-10 yıl, %19,9'unun turizm sektöründe deneyimli oldukları görülmektedir. Katılımcıların görev yaptıkları departmanlara bakıldığında, %21,9'u önbüro, %23,9'u yiyecek içecek, %23,1'i kat hizmetleri departmanlarında çalıştıkları görülmektedir.

Örgütsel Çatışmayı Çözme Yöntemleri Ölçeği: Araştırma dahilinde otel çalışanlarının örgütsel çatışmaları yönetme stratejilerini tespit etmek amacıyla Uluslararası literatürde ROCI-II (The Rahim Organizational 49 Conflict Inventory- II) olarak da bilinen ve Rahim (1983) tarafından geliştirilen ölçek kullanılmıştır. Örgütsel çatışmayı çözme yöntemleri ölçeği A, B ve C olmak üzere üç formdan oluşmaktadır. A Formu üst konumundaki çalışanların üst konumdaki çalışanları değerlendirdiği, B formu üst konumdaki çalışanların astlarını değerlendirdiği ve C formu ise akranlarla (aynı statüde çalıştıkları kişilerle) yaşanan çatışma durumlarında tercih edilen çatışma çözme yöntemlerini ölçmektedir. Bu araştırmada ise A Formu kullanılmıştır. Örgütsel çatışmayı çözme yöntemleri ölçeği, Yağcıoğlu (1997) tarafından Türkçe'ye uyarlanmış ve geçerlilik, güvenilirlik çalışması yapılmıştır. Ölçek birçok araştırmada (Karcıoğlu ve Kâhya, 2011; Kocaman ve diğerleri, 2012; Ayan, 2018; Kenar, 2018; Şanlıöz, 2019) kullanılmış ve güvenilirliği yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda ölçeğin güvenilir olduğu söylenebilir. Ölçek bütünleştirme boyutu (7 ifade), ödün verme boyutu (6 ifade), hükmetme boyutu (5 ifade), uzlaşma boyutu (4 ifade), kaçınma boyutu (6 ifade) olmak üzere 5 alt boyuttan ve 28 ifadeden oluşmaktadır. Ölçek, “Kesinlikle Katılmıyorum” (1), “Katılmıyorum” (2), “Kararsızım” (3), “Katılıyorum” (4), “Tamamen Katılıyorum” (5) şeklinde sıralanan 5'li likert tipi derecelendirme ölçeğinden oluşmaktadır.

Örgütsel Sinizm Ölçeği: Örgütsel Sinizm ölçeği Brandes ve diğerleri (1999) tarafından geliştirilmiştir. Ölçeğin, Kalağan (2009) tarafından Türkçe'ye uyarlanmış ve geçerlik, güvenilirlik çalışması yapılmıştır. Ölçek birçok araştırmada (Erdoğan, 2015; Gün, 2016; Çetin ve Kaptangil, 2016; Altınöz ve diğerleri, 2017; Dellaloğlu, 2020; Ortaköylü, 2022) kullanılmış ve güvenilirliği yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda ölçeğin güvenilir olduğu söylenebilir. Ölçek bilişsel boyut (5 ifade), duygusal boyut (4 ifade), davranışsal boyut (4 ifade) olmak üzere 3 alt boyuttan ve 13 ifadeden oluşmaktadır. Ölçek, “Kesinlikle Katılmıyorum” (1), “Katılmıyorum” (2), “Kararsızım” (3), “Katılıyorum” (4), “Tamamen Katılıyorum” (5)

şeklinde sıralanan 5'li likert tipi derecelendirme ölçeğinden oluşmaktadır. Araştırma hipotezlerinin çözümlenmesinde ise geçerlilik, güvenilirlik analizleri, normallik testleri, tanımlayıcı istatistikler, korelasyon ve çoklu regresyon analizleri yapılmıştır.

Araştırmada kullanılan örgütsel çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizm ölçeklerine ilişkin güvenilirlikleri test edilmiştir. Bu araştırmada, likert tipi ölçeklerin güvenilirliğinin ölçülmesinde en yaygın olarak kullanılan Cronbach Alfa kat sayısı dikkate alınmıştır. Cronbach Alfa değeri, 0 ile 1 arasında değerler almaktadır ve kabul edilebilir değerden bahsedebilmek için bu değer en az 0.70'den büyük olması arzu edilir" (Altunışık ve diğerleri, 2019). Analiz sonuçlarına göre, 28 ifadeden oluşan çatışmayı çözme yöntemleri ölçeğinin güvenilirlik katsayısı $\alpha=0,82$; 13 ifadeden oluşan örgütsel sinizm ölçeğinin güvenilirlik katsayısı ise $\alpha=0,85$ olarak tespit edilmiştir.

Araştırmada değişkenler arası ilişkilerin analizinden önce kullanılan veri setinin normal dağılım özelliğini taşıyıp taşımadığı incelenmiştir. Normallik dağılımını inceleyebilmek için grafiksel yöntemler, aralık yöntemi, kolmogorov-smirnov testi ve shapiro-wilks normallik testleri uygulanmaktadır. Tabachnick ve Fidell (2013:79) çarpıklık ve basıklık değer aralığının $\pm 1,5$ güven aralığı içerisinde olması durumunda normal dağılımın sağlanabildiğini belirtmiştir. Değişkenlere ilişkin çarpıklık ve basıklık değerlerine bakıldığında çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizm değişkenlerinin çarpıklık ve basıklık değerlerinin $+1,5$ ile $-1,5$ arasında değer aldığı görülmektedir (Bkz. Tablo 1).

Tablo 1. Çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizm davranışı alt boyutlarına ilişkin çarpıklık ve basıklık katsayıları

| | Çarpıklık | | Basıklık | |
|----------------------------|------------|---------------|------------|---------------|
| | İstatistik | Standart Hata | İstatistik | Standart Hata |
| Çatışmayı Çözme Yöntemleri | -0,353 | 0,122 | 0,540 | 0,243 |
| Örgütsel Sinizm | -0,177 | -0,122 | -0,357 | 0,243 |

Araştırmada veri toplama amacıyla kullanılan ölçeklere açımlayıcı faktör analizi uygulanmış olup her iki ölçeğin de modelde belirtilen boyutlara uygun olarak yapılandığı görülmüştür. Analiz sonucunda ölçeklerin kendi içinde tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Ek).

6. BULGULAR

Aşağıda araştırmanın modeli ve hipotezlerine, evren ve örneklemine, veri toplama yöntem ve aracı ile verilerin analizinde kullanılan istatistiksel yöntemlerle ilgili açıklamalara yer verilmiştir.

6.1. Açıklayıcı ve İlişkisel Analizler

Çatışmayı çözme yöntemlerine ilişkin genel ortalamalara bakıldığında, çalışanların örgüt içinde uyguladıkları çatışmayı çözme yöntemlerinin her birini belirli düzeylerde uyguladıkları görülmektedir. Araştırma bulgularına göre, otel işletmesindeki çalışanların örgütte yaşadıkları çatışma sürecinde sırasıyla bütünleştirme (ort=4,26), uzlaşma (ort=4,22), kaçınma (ort=3,46), ödün verme (ort=3,42), hükmetme (ort=3,38) stratejilerini tercih ettikleri görülmektedir. Bu doğrultuda, otel işletmelerindeki çalışanların yaşadıkları çatışmalarda en çok bütünleştirme (ort=4,26) ve uzlaşma (ort=4,22) stratejisini, en az ise hükmetme (ort=3,38) stratejisini tercih ettikleri söylenebilir (Tablo 2).

Örgütsel sinizme ilişkin genel ortalama ve standart sapma değerlerine bakıldığında ise çalışanların verdikleri yanıtlar değerlendirildiğinde örgütsel sinizm düzeyi ortalamalarının orta düzeye yakın olduğu görülmektedir (genel ort=2,73; ss=0,71). Dolayısıyla, araştırmaya dahil olan çalışanların örgütsel sinizm düzeylerinin ölçek orta değere yakın olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmanın bulgularına göre, otel işletmesindeki çalışanların örgütsel sinizm ortalamalarının bilişsel (ort=2,74), duyuşsal (ort=2,35), davranışsal (ort=3,09) olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda, otel işletmelerindeki çalışanların en fazla davranışsal (ort=3,09) boyutta ve en az ise duyuşsal (ort=2,35) boyutta sinik davranışlara eğilimli oldukları söylenebilir (Tablo 2).

Otel işletmelerinde çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizm düzeyleri arasındaki ilişkinin şiddeti ve yönünü belirleyen korelasyon analizi sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır. Çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizmi oluşturan alt boyutlar korelasyon analizine tabi tutulmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucuna göre, birtakım çatışmayı çözme yöntemleri ile örgütsel sinizm boyutları arasında anlamlı ilişkilerin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Korelasyon analizinden elde edilen bulgulara göre, bütünleştirme yöntemi ile sinizmin duyuşsal boyutu arasında ($r= -,101$; $p=,043<0,05$) zayıf ancak negatif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Çalışanların çatışma sürecinde bütünleştirme yöntemini tercih ettikçe duyuşsal sinizm düzeyleri azalmaktadır. Ödün verme yöntemi ile sinizmin duyuşsal ($r= -,148$; $p=,003<0,01$) ve davranışsal ($r= -,149$; $p=,003<0,01$) boyutu

arasında zayıf ancak negatif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Çalışanların çatışma sürecinde ödün verme yöntemini tercih ettikçe duyuşsal ve davranışsal sinizm düzeyleri azalmaktadır. Hükmetme yöntemi ile sinizmin duyuşsal ($r = ,218$; $p = ,000 < 0,01$) ve davranışsal ($r = ,200$; $p = ,000 < 0,01$) boyutu arasında zayıf ancak pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Çalışanların çatışma sürecinde hükmetme yöntemini tercih ettikçe duyuşsal ve davranışsal sinizm düzeyleri artış göstermektedir. Çalışanların çatışma sürecinde uzlaşma yöntemini tercih etmeleri ile sinizm tutumları arasında bir ilişki olmadığı görülmektedir. Kaçınma yöntemi ile sinizmin davranışsal ($r = -,120$; $p = ,016 < 0,05$) boyutu arasında zayıf ancak pozitif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Çalışanlar, çatışma sürecinde kaçınma yöntemini tercih ettikçe, davranışsal sinizm düzeylerinin artış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 2. Değişkenler arası ilişkilere yönelik korelasyon katsayıları (N=402)

| | Ort. | Std. Sapma | | | | | | | | |
|------------------|------|------------|---|---------|---------|---------|---------|--------|----------|----------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. Bütünleştirme | 4,26 | 0,50 | 1 | 0,195** | 0,155** | 0,644** | 0,240** | -0,092 | -0,101* | 0,050 |
| 2. Ödün Verme | 3,42 | 0,71 | | 1 | 0,018 | 0,145** | 0,499** | -0,067 | -0,148** | -0,149** |
| 3. Hükmetme | 3,38 | 0,73 | | | 1 | 0,098* | 0,094 | 0,059 | 0,218** | 0,200** |
| 4. Uzlaşma | 4,22 | 0,47 | | | | 1 | 0,136** | -0,006 | -0,059 | 0,069 |
| 5. Kaçınma | 3,46 | 0,78 | | | | | 1 | -0,026 | -0,001 | 0,120* |
| 6. Bilişsel | 2,74 | 0,84 | | | | | | 1 | 0,450** | 0,367** |
| 7. Duyuşsal | 2,35 | 0,88 | | | | | | | 1 | 0,590** |
| 8. Davranışsal | 3,09 | 0,09 | | | | | | | | 1 |

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır (2-uçlu), ** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır (2-uçlu)

6.2. Regresyon Analizi Bulguları ve Hipotez Testleri

Otel işletmelerindeki çalışanların çatışmaları çözme yöntemlerinin sinik davranışlar üzerindeki etkisini incelemek için araştırma kapsamında daha önce belirlenen üç hipotezi (H_1 , H_2 , H_3) test etmek amacıyla çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Araştırma kapsamında oluşturulan ilk çoklu regresyon modeli, örgütsel çatışmaları çözme yöntemlerinin alt boyutlarının örgütsel sinizmin bilişsel alt boyutuna olan etkisini ölçmeyi amaçlamaktadır. Otel işletmelerinde çatışmayı çözme yöntemlerinin çalışanların bilişsel sinizm tutumlarına olan etkisi H_1 hipotezini oluşturmaktadır.

Araştırma kapsamında oluşturulan birinci çoklu regresyon modelinin test edilmesi sonucunda elde edilen verilere göre, çatışmayı çözme yöntemlerinin alt boyutlarının örgütsel sinizmin bilişsel boyutunun açıklamada modelin anlamlı olmadığı görülmektedir ($F = 1,770$; $Sig. = 0,118$). Bu nedenle, araştırmadaki bağımsız değişkenlerin; bütünleştirme ($p = ,019 < 0,05$), ödün verme ($p = ,270 > 0,05$), hükmetme ($p = ,149 > 0,05$), uzlaşma ($p = ,148 > 0,05$), kaçınma ($p = 0,682 > 0,05$) yöntemlerinin, araştırmanın bağımlı değişkeni olan bilişsel sinizm üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla, araştırma kapsamında geliştirilen H_1 hipotezinin mevcut veriler ışığında reddedildiğini ortaya koymaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Çatışmayı çözme yöntemlerinin alt boyutlarının örgütsel sinizmin bilişsel alt boyutuna yönelik çoklu regresyon analizi bulguları

| Bağımsız Değişkenler | Beta | t | Sig. (p) | F | Sig. | R | R ² |
|----------------------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|----------------|
| Bütünleştirme | -0,157 | -2,352 | 0,019 | 1,770 | 0,118 | 0,148 | 0,022 |
| Ödün Verme | -0,064 | -1,105 | 0,270 | | | | |
| Hükmetme | 0,073 | 1,447 | 0,149 | | | | |
| Uzlaşma | 0,094 | 1,449 | 0,148 | | | | |
| Kaçınma | 0,024 | 0,410 | 0,682 | | | | |

* Değer 0,05 düzeyinde anlamlıdır

** Değer 0,01 düzeyinde anlamlıdır

Araştırmada oluşturulan ikinci çoklu regresyon modelinde ise, çatışmayı çözme yöntemleri alt boyutlarının örgütsel sinizmin duyuşsal alt boyutuna olan etkisinin ölçülmesi amaçlanmaktadır. Otel işletmelerinde çatışmayı çözme yöntemlerinin çalışanların duyuşsal sinizm tutumlarına olan etkisi H_2 hipotezini oluşturmaktadır. İkinci çoklu regresyon modelinin test edilmesi sonucunda elde edilen verilere göre, modelin anlamlı olduğu ($F = 7,729$; $Sig. = 0,000$) ve çatışmayı çözme yöntemleri alt boyutlarının örgütsel sinizmin duyuşsal boyutunun yaklaşık %9'unu açıkladığı görülmektedir. Bütünleştirme yönteminin, duyuşsal sinizmi azalttığı görülmektedir (Beta: -0,138; $Sig. = 0,032$). Ödün verme yöntemi, duyuşsal sinizmi azaltmaktadır (Beta: -,175; $Sig. = ,002$). Hükmetme yöntemi, duyuşsal sinizmin artmasına neden olmaktadır (Beta: 0,231; $Sig. = 0,000$). Uzlaşma yöntemi, duyuşsal sinizmi etkilememektedir ($p = ,754 > 0,05$). Kaçınma yönteminin, duyuşsal sinizmi artışına neden olduğu görülmektedir (Beta: 0,095; $Sig. = 0,053$). Örgütsel sinizmin duyuşsal boyutunu en çok açıklayan bağımsız değişkenin hükmetme yöntemi olduğu saptanmıştır (Beta: 0,231; $Sig. = 0,000$). Kaçınma yöntemi ise, duyuşsal sinizmi en çok açıklayan ikinci bağımsız değişken

olmuştur (Beta: 0,095; Sig: 0,053). Elde edilen bulgulara göre, araştırma kapsamında geliştirilen H₂ hipotezinin mevcut veriler ışığında kısmen desteklendiği görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizmin duyuşsal alt boyutuna yönelik çoklu regresyon analizi bulguları

| Bağımsız Değişkenler | Beta | t | Sig. (p) | F | Sig. | R | R ² |
|----------------------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|----------------|
| Bütünleştirme | -0,138 | -2,147 | 0,032* | 7,729 | 0,000 | 0,298 | 0,089 |
| Ödün Verme | -0,175 | -3,144 | 0,002** | | | | |
| Hükmetme | 0,231 | 4,752 | 0,000** | | | | |
| Uzlaşma | 0,020 | 0,313 | 0,754 | | | | |
| Kaçınma | 0,095 | 1,683 | 0,053* | | | | |

*, 0,05 düzeyinde anlamlıdır; **, 0,01 düzeyinde anlamlıdır

Araştırmada oluşturulan üçüncü çoklu regresyon modelinde ise, çatışmayı çözme yöntemleri alt boyutlarının örgütsel sinizmin davranışsal alt boyutuna olan etkisinin ölçülmesi amaçlanmaktadır. Otel işletmelerinde çatışmayı çözme yöntemlerinin çalışanların davranışsal sinizm tutumlarına olan etkisi H₃ hipotezini oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında oluşturulan üçüncü çoklu regresyon modelinin test edilmesi sonucunda elde edilen verilere göre, modelin anlamlı olduğu (F= 9,751; Sig. 0,000) ve çatışmayı çözme yöntemleri alt boyutlarının örgütsel sinizmin davranışsal boyutunun %11'ini açıkladığı görülmektedir. Bütünleştirme yönteminin, davranışsal sinizmi etkilemediği görülmektedir (p=,613>0,05). Ödün verme yöntemi, davranışsal sinizmi azaltmaktadır (Beta: -0,276; Sig: 0,000). Hükmetme yöntemi, davranışsal sinizmin artmasına neden olmaktadır (Beta: 0,180; Sig: 0,000). Uzlaşma yöntemi, davranışsal sinizmi etkilememektedir (p=0,200>0,05). Kaçınma yöntemi, davranışsal sinizmin artmasına neden olduğu görülmektedir (Beta: 0,238; Sig: 0,000). Örgütsel sinizmin davranışsal boyutunu en çok açıklayan bağımsız değişkenin kaçınma yöntemi olduğu saptanmıştır (Beta: 0,238; Sig: 0,000). Hükmetme yöntemi ise, davranışsal sinizmi en çok açıklayan ikinci bağımsız değişken olmuştur (Beta: 0,180; Sig: 0,000). Elde edilen bulgulara göre, araştırma kapsamında geliştirilen H₃ hipotezinin mevcut veriler ışığında kısmen desteklendiği görülmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizmin davranışsal alt boyutuna yönelik çoklu regresyon analizi bulguları

| Bağımsız Değişkenler | Beta | t | Sig. (p) | F | Sig. | R | R ² |
|----------------------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|----------------|
| Bütünleştirme | -0,032 | -0,506 | 0,613 | 9,751 | 0,000 | 0,331 | 0,110 |
| Ödün Verme | -0,276 | -5,012 | 0,000** | | | | |
| Hükmetme | 0,180 | 3,744 | 0,000** | | | | |
| Uzlaşma | 0,080 | 1,283 | 0,200 | | | | |
| Kaçınma | 0,238 | 4,272 | 0,000** | | | | |

*, 0,05 düzeyinde anlamlıdır; **, 0,01 düzeyinde anlamlıdır

Sonuç itibarıyla, kuramsal çerçeve kapsamında geliştirilen ve ilgili istatistiksel testler ile analizleri gerçekleştirilen araştırma hipotezlerinden H₁ reddedilmiş olup, H₂ ve H₃ hipotezleri bu araştırma kapsamında desteklenmiştir. Hipotezlere ilişkin sonuçlar Tablo 6'da özet olarak yer almaktadır.

Tablo 6. Hipotezlere ilişkin kabul veya ret tablosu

| Hipotezler | Bulgu (F/Sig.) | Sonuç |
|----------------------------|----------------------|--------------|
| H ₁ : ÖÇ → BİLS | F= 1,770; Sig. 0,118 | Ret |
| H ₂ : ÖÇ → DUYS | F= 7,729; Sig. 0,000 | Kısmen Kabul |
| H ₃ : ÖÇ → DAVS | F= 9,751; Sig. 0,000 | Kısmen Kabul |

ÖÇ: Örgütsel çatışma, BİLS: Bilişsel sinizm, DUYS: Duyuşsal Sinizm, DAVS: Davranışsal sinizm

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Turizm endüstrisinde yer alan otel işletmelerinde çalışanların yaşadıkları örgütsel çatışma sonucunda örgütsel sinizm düzeylerinin belirlenebilmesi amacıyla, yürütülen bu araştırmada; örgütsel çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizm arasındaki ilişki incelenmiş aynı zamanda çalışanların örgütsel çatışmayı çözme yöntemlerinin örgütsel sinizm tutumlarına olan etkisi ampirik olarak test edilmiştir. Bu doğrultuda, araştırmanın sonucunda elde edilen bulgular teorik açıdan literatüre, pratik açıdan ise uygulamacılara önemli katkılar sağlamıştır.

Araştırma kapsamında elde edilen veriler ışığında otel işletmelerindeki çalışanların, örgütte yaşadıkları çatışma sürecinde sırasıyla bütünleştirme, uzlaşma, kaçınma, ödün verme ve hükmetme yöntemlerini tercih

ederek çatışmaları yönetmeye çalıştıkları sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla sonuçlar, çalışanların örgüt içerisinde yaşadıkları çatışma sürecinde sırasıyla en yüksek düzeyde yapıcı bir yaklaşım olan bütünleştirme, ardından uzlaşma yöntemini tercih ettiğini gösterse de orta düzeyde yıkıcı sonuçlara neden olabilecek kaçınma ve ödün verme yöntemini tercih ettikleri sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, örgütsel çatışma kavramını ele alan diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Beyaz yakalı kamu çalışanları (Kenar, 2018), tekstil sektöründeki çalışanlar (Demiralp, 2018) ve turist rehberleri (Ak, 2023) üzerinde yapılan çalışmalarda, çalışanların çatışma sürecinde sırasıyla bütünleştirme, uzlaşma, kaçınma, ödün verme ve hükmetme yöntemlerini tercih ettikleri görülmektedir. Bu sonuç, araştırmada elde edilen sonuçlar ile örtüşmektedir. Diğer taraftan, Özdemir (2019) yapmış olduğu çalışmada, belediye çalışanlarının en çok uzlaşma, bütünleştirme ve kaçınma yöntemlerini tercih ettiklerini saptamıştır. Bu sonuç, araştırmada elde edilen bulgular ile sırasıyla en fazla tercih edilen yöntemlerin benzerlik göstermesi yönünden araştırmanın sonuçlarıyla örtüşmektedir. Bununla birlikte, kamu kurumu çalışanları (Ayan, 2018), özel eğitim okulundaki öğretmenler (Demir, 2019), üniversite yönetici ve çalışanları (Şanlıöz, 2019) ve okul müdürleri (Alkan, 2022) üzerinde yapılan çalışmalarda, araştırmanın sonuçlarıyla benzer olarak bütünleştirme, uzlaşma ve kaçınma yöntemlerinin tercih edilme düzeyleriyle örtüştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Otel işletmeleri, işgücünün yoğun olduğu örgüt yapısına sahiptir ve yüksek koordinasyon gerektiren örgütlerdir. Birçok farklı kişilik özelliğine sahip çalışanın bir arada bulunduğu otel işletmelerinde yaşanan anlaşmazlıklar çatışmaları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, otel işletmesi yönetici ve çalışanlarının çatışmaya yönelik benimsedikleri yaklaşımlar önem taşımaktadır. Dolayısıyla, otel çalışanlarının anlaşmazlıklardan doğan çatışmalar konusunda eğitimler düzenlenmesi önerilebilir. Böylece, çatışmanın türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak, çatışma durumuna uygun çözüm yöntemlerinin uygulanarak çatışmaların sağlıklı bir şekilde çözülmesi konusunda yararlı olabilir.

Otel çalışanlarının örgütsel sinizm düzeyleri incelendiğinde ise, sinizm algılarının orta düzeye yakın olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, örgütteki çalışanların en fazla davranışsal boyutta, en az ise duyuşsal boyutta sinik tutumlar sergilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, oteldeki çalışanların yaşadıkları örgütsel çatışma sonucunda örgüt veya çalışanlardan bahsedildiğinde birlikte çalıştıkları çalışanlarla anlamlı bakışmalar, örgütte yaşanan durumlar hakkında şikâyet etme, örgütte yürütülen işler hakkında alaycı konuşmalar yapmak ve örgütün faaliyet ve politikalarını eleştirme gibi sinik tutumlara sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, çalışanların değer beklentilerinin karşılanmaması durumunda, çalıştıkları örgüte, örgütün faaliyetleri veya yöneticilerine karşı sıkıntı, endişe, gerilim ve öfke gibi sinik tutumlara sahip oldukları söylenebilir. İlgili literatürde örgütsel sinizm kavramını ele alan çalışmaların araştırmanın bulgularıyla benzerlik gösterdiği görülmektedir. (Erdoğan, 2018, Alici, 2020, Aşık, 2020). Bununla birlikte, ortaokul öğretmenleri (Abaslı, 2018), otel çalışanları (Liceli ve Hassan, 2019), lise öğretmenleri (Görgülü, 2022) üzerinde yapılan çalışmalar, çalışanların sırasıyla en fazla davranışsal en az ise duyuşsal boyutta sinik tutumlara sahip olduklarını göstermektedir.

Araştırma kapsamında ayrıca örgütsel çatışmayı çözme yöntemleri alt boyutları ile örgütsel sinizmin alt boyutları arasındaki ilişkiler tespit edilmiştir. Örgütsel çatışmayı çözme yöntemleri alt boyutlarının örgütsel sinizmin alt boyutları ile ilişkisi incelendiğinde, bütünleştirme yöntemi ile sinizmin duyuşsal boyutu arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu sonuç, çalışanların çatışmada bütünleştirme yöntemini kullandıkça, duyuşsal sinizm düzeylerinin azaldığını göstermektedir. Ödün verme yöntemi ile sinizmin duyuşsal ve davranışsal boyutu arasında negatif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu durum, çalışanların çatışmada ödün verme yöntemini kullandıkça, duyuşsal ve davranışsal sinizm düzeylerinin azaldığını göstermektedir. Yine hükmetme yöntemi ile sinizmin duyuşsal ve davranışsal boyutu arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Dolayısıyla çalışanlar çatışmaları yönetmede hükmetme yöntemini kullandıkça, duyuşsal ve davranışsal sinizm düzeylerinde artışa neden olmaktadır. Son olarak kaçınma yöntemi ile sinizmin davranışsal boyutu arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Çalışanların çatışmada kaçınma yöntemini kullandıkça, davranışsal sinizm düzeylerinde artışa neden olduğunu göstermektedir.

İlgili literatür incelendiğinde, çatışma türlerinden; iş talebi değişkeni alt boyutlarından kişilerarası çatışmanın (O'Brien, 2019) iş-iş dışı çatışma (Reichl ve diğerleri, 2014), iş-aile çatışması ve iş-aile yaşam çatışması (Yıldırım ve Acar, 2018; Yasim, 2019) türlerinin sinizm ile pozitif yönlü ilişkilerinin olduğu görülmektedir. Ancak ilgili literatürde, örgütsel çatışmayı çözme yöntemleri ile örgütsel sinizm arasındaki ilişkiye yönelik doğrudan ampirik bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Dolayısıyla, örgütsel bazda yaşanan çatışma türlerinin sinizm ile ilişkili olduğu sonuçları dikkate alındığında, araştırmada elde edilen birtakım örgütsel çatışmayı çözme yöntemlerinin literatürdeki çalışmalarda olduğu gibi sinizm ile anlamlı yönde ilişkilerin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özetle, literatürde öne sürülen çatışma türleri ile örgütsel sinizm arasındaki anlamlı ilişki ve etkiler (Wang ve diğerleri, 2012; Reichl ve diğerleri, 2014; Idris ve diğerleri, 2014; Toksoy, 2017; Monareng, 2018; Yıldırım ve Acar, 2018; O'Brien, 2019; Yasim, 2019; Thomas ve diğerleri, 2020) de olduğu gibi bu araştırma kapsamında, örgütsel çatışma sürecinde çalışanların uyguladıkları çatışmayı çözme yöntemlerinin önceki çalışmalarla benzer olarak sinizmi etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, örgütsel çatışmalarda uygulanan çatışma çözme yöntemleri tükenmişliğin ve işten ayrılma niyetinin artması, görev performansının olumsuz etkilenmesi, motivasyonun düşmesi, fiziksel, psikolojik, sözel şiddet türlerinin artması gibi olumsuz sonuçlar doğurduğu bilinmektedir. Bu araştırmanın sonuçları, örgütsel çatışma çözme yöntemlerinin doğurduğu olumsuz sonuçlardan birinin de örgütsel sinizm olduğunu ortaya koymuştur.

Araştırmanın literatüre teorik açıdan sağladığı önemli katkılardan biri otel işletmelerinde çatışmayı çözme yöntemleri ile örgütsel sinizm arasındaki etkiye yönelik ortaya konulan sonuçlardır. Bu bağlamda öncelikle, çatışmayı çözme yöntemlerinin bütünleştirme, ödün verme, hükmetme, uzlaşma, kaçınma alt boyutlarının örgütsel sinizmin bilişsel, duyuşsal, davranışsal alt boyutları üzerindeki doğrudan etkisi analiz edilmiştir. İki değişken arasındaki etkileşime yönelik oluşturulan araştırma modeli kapsamında üç ana hipotez belirlenmiştir. Bu hipotezlerden ilki, çatışmayı çözme yöntemlerinin örgütsel sinizmin bilişsel alt boyutuna olan etkisini ölçmeye yöneliktir. Araştırmada, çatışmayı çözme yöntemleri alt boyutlarının, örgütsel sinizmin alt boyutlarından bilişsel sinizme etkisi incelendiğinde, çalışanların olası bir çatışma sırasında uyguladığı bütünleştirme, ödün verme, hükmetme, uzlaşma ve kaçınma yöntemlerinin bilişsel sinizm düzeyleri üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

İkinci hipotezde, çatışmayı çözme yöntemleri alt boyutlarının örgütsel sinizmin duyuşsal boyutuna ilişkin etkiler test edilmiştir. Bütünleştirme ve ödün verme yöntemleri sinizm düzeyini azaltırken, hükmetme ve kaçınma yöntemleri duyuşsal sinizm düzeylerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, uzlaşma yönteminin duyuşsal sinizm üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Çalışanlar çatışma sırasında bütünleştirme ve ödün verme yöntemlerini tercih ettiklerinde örgüte ve yöneticisine karşı duyduğu olumsuz duyguları azaltmaktadır. Hükmedici ve kaçınmacı bir yaklaşım sergilediklerinde ise örgüte veya yöneticisine karşı duyduğu hayal kırıklığı, güvensizlik, kızgınlık, öfke vb. olumsuz duyguların yaşanmasına neden olmaktadır. Çatışmada uzlaşma yönteminin tercih edilmesi durumunda ise duyuşsal sinizm düzeyi etkilenmemektedir. Araştırmanın sonucuna göre, duyuşsal sinizmin artış göstermesinde en fazla hükmedici yöntem, ikinci olarak ise kaçınma yönteminin neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmanın üçüncü hipotezinde çatışmayı çözme yöntemleri alt boyutlarının örgütsel sinizmin davranışsal boyutuna ilişkin etkileri incelenmiştir. Bütünleştirme yöntemi ve uzlaşma yöntemlerinin davranışsal sinizm düzeyini etkilemediği görülmektedir. Ödün verme yöntemi ise davranışsal sinizm düzeyini azaltmaktadır. Ancak, hükmetme yöntemi ve kaçınma yönteminin davranışsal sinizm düzeyinin artmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, çalışanların çatışma sırasında uyguladığı bütünleştirici ve uzlaşmacı bir yaklaşımın davranışsal sinizm düzeylerine etkisi olmadığını göstermektedir.

Çalışanların çatışmada, ortak noktalara odaklanması amacıyla kendi çıkarlarından ödün verici bir yaklaşım sergilemeleri durumunda örgüte ve yöneticisine karşı olumsuz tutumlarının azaldığı görülmektedir. Bu durum, çalışanların çatışmaya ilişkin konulara yeterince hâkim olmadığı veya karşı taraf için konunun önem taşıması durumunda, mevcut ilişkilerini korumak için ödün verici bir yaklaşım eğiliminde oldukları söylenebilir. Ayrıca, çalışanların çatışma sırasında karşı tarafın istek ve beklentilerini yok sayarak hükmedici yöntemi tercih ettiklerinde ve örgütte gerilimin yüksek olduğu durumlarda çatışmanın ötelenmesi amacıyla kaçınma yöntemini tercih ettikleri durumlarda, çatışmaya neden olan konuların üzerine tam olarak düşülmediğinden, taraflar arasında çatışmaya neden olan soruna çözüm sağlanamaz. Bu durumun, örgütte gerilimin artmasına ve çalışanların aşağılayıcı ve eleştirel davranışlar sergilemesine neden olabileceği söylenebilir. Araştırmanın sonucuna göre, davranışsal sinizmin artışına neden olan en etkili çatışma yönteminin kaçınma yöntemi olduğu, ikinci en etkili yöntemin ise hükmetme yöntemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Otel işletmeleri yönetici ve çalışanları arasında gerçekleşen çatışmaların işlevsel boyutta yaşanabilmesi için iletişim kanallarının güçlendirilerek çatışmaya neden olan konular hakkında açık bir iletişim politikası izlenebilir. Bununla birlikte, ortak iş birliği gerektiren projeler yürütülebilir. Buna ek olarak, çalışanlar için geri bildirim mekanizmalarından (memnuniyet değerlendirmeleri, anketler, şikâyet kutuları) yararlanılarak gerekli önlemler alınabilir. Ayrıca, işletme içerisinde yapılacak sosyal etkileşim gerektiren faaliyetlerin çalışanların bir araya gelmesine, iş birliğinin ve aktif iletişimin sürdürülmesi konusunda yardımcı olacağı öngörülmektedir.

Çalışanların çatışmayı çözmede tercih ettikleri yöntemler, yöneticilerin aldığı kararların bir sonucudur. Bu durumu açıklamak gerekirse, yöneticilerin çatışmaya yönelik yaklaşımlarının, çalışanların yöneticisi ile yaşadıkları çatışmalarda uyguladıkları çatışma çözme yöntemlerinde belirleyici olacağı düşünülmektedir. Araştırmanın sonuçları, çalışanların yöneticileriyle yaşadıkları çatışma çözme yöntemlerinde daha çok

bütünleştirici ve uzlaşmacı bir yöntem izlediklerini gösterse de orta düzeyde ödün verici ve kaçınma yöntemini tercih etmelerinin önemli olduğunu göstermektedir ve bu durum göz ardı edilemez. Dolayısıyla, otel işletmelerinde yaşanan örgütsel çatışmalarda, yöneticiler çalışanlarına karşı açık ve şeffaf bir iletişim politikası benimsemeli, bilgi paylaşımı ve fikir alışverişinde bulunarak bütünleştirici ve uzlaşmacı bir strateji izlemeleri önerilebilir.

İlgili literatür incelendiğinde özellikle örgütsel çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizm konularının hem diğer sektör hem de turizm sektörü açısından gerektiği kadar araştırılmadığı saptanmıştır. Dolayısıyla, gelecek araştırmalarda söz konusu kavramların turizm sektörü ve diğer sektörler açısından değerlendirilmesi, araştırma sonuçlarının genellenebilir olması yönünden farklı ülkelerde ya da daha fazla örneklem üzerinde araştırmaların gerçekleştirilmesi önerilebilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Ayşenur Kayacı: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Aziz Gökhan Özkoç:* Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme.

Ayşenur Kayacı: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Aziz Gökhan Özkoç: Modelling, Writing-review and editing*

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Bu çalışma için Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Etik Kurulu'nun 18.10.2023 tarihli ve 102280 numaralı kararı ile onay alınmıştır.

For this study, the approval of the Ethics Committee Sakarya University of Applied Sciences was obtained with the decision dated 18.10.2023 and numbered 102280.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Abaslı, K. (2018). "Örgütsel Dışlanma, İşe Yabancılaşma ve Örgütsel Sinizm İlişisine Yönelik Öğretmen Görüşleri", Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Abubakar, A.M., Namin, B.H., Harazneh, I., Arasli, H. ve Tunç, T. (2017). "Does Gender Moderates the Relationship between Favoritism/Nepotism, Supervisor Incivility, Cynicism and Workplace Withdrawal: A Neural Network and SEM Approach", *Tourism Management Perspectives*, 23, 129-139. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2017.06.001>
- Agina, M.F., Khairy, H.A., Abdel Fatah, M.A., Manaa, Y.H., Abdallah, R.M., Aliane, N., Afaneh, J. ve Al-Romeedy, B.S. (2023). "Distributive Injustice and Work Disengagement in the Tourism and Hospitality Industry: Mediating Roles of the Workplace Negative Gossip and Organizational Cynicism", *Sustainability*, 15, 15011. <https://doi.org/10.3390/>
- Ak, S. (2023). "Turist Rehberlerinde Çatışma Yönetimi ve Duygusal Zekâ İlişisinde Algılanan Stresin Rolü", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Akman, A. (2018). "Çatışma Yönetimi, İş Tatmini, Kariyer Tatmini, İş Performansı ve İşten Ayrılma Niyeti Üzerine Bir Araştırma", Doktora Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Osmaniye.
- Alici, İ. (2020). "Algılanan Örgütsel Destek ile Örgütsel Sinizmin Örgütsel Performansa Olan Etkisinde Pozitif Psikolojik Sermayenin Aracılık Etkisi", Doktora Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat.
- Alkan, E. (2022). "Okul Müdürlerinin Çatışma Yönetimi Stilleri ile Öğretmen Performansı ve Okul Mutluluğu Arasındaki İlişki", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Altınöz, M., Çakıroğlu, D., Çöp, S. ve Kahraman, E. (2017). "Örgütsel Sessizliğin Örgütsel Sinizm Üzerine Etkisi: Bir Alan Araştırması". *Electronic Journal Of Vocational Colleges*, 7(2), 73-79.
- Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S. ve Yıldırım, E. (2019). "Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri: SPSS Uygulamalı", Sakarya Yayıncılık, Sakarya.
- Amason, A.C. ve Schweiger, D.M. (1994). "Resolving the Paradox of Conflict, Strategic Decision Making, and Organizational Performance", *International Journal of Conflict Management*, 5(3), 239-253.
- Aşık, N. (2020). "İşyerinde Dışlanma ve Örgütsel Sinizmin İşten Ayrılma Niyetine Etkisi: Otel İşletmelerinde Bir Araştırma", *Journal of International Social Research*, 13(75), 735-747.
- Atalay, M.O., Aydemir, P. ve Acuner, T. (2022). "The Influence of Emotional Exhaustion on Organizational Cynicism: The Sequential Mediating Effect of Organizational Identification and Trust in Organization". *SAGE Open*, 12(2). <https://doi.org/10.1177/2158244022109334>
- Ayan, B. (2018). "Örgütsel Çatışma ve Yönetimi: Kamu Örgütlerinde Bir Araştırma", Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ayoko, O.B., Callan, V.J. ve Härtel, C.E. (2003). "Workplace Conflict, Bullying, and Counterproductive Behaviors", *The International Journal of Organizational Analysis*, 11(4), 283-301.
- Barefoot, J.C., Dodge, K.A., Peterson, B.L., Dahlstrom, W.G. ve Williams Jr, R B. (1989). "The Cook-Medley Hostility Scale: Item Content and Ability to Predict Survival", *Psychosomatic Medicine*, 51(1), 46-57.
- Bateman, T.S., Sakano, T. ve Fujita, M. (1992). "Roger, Me, and My Attitude: Film Propaganda and Cynicism Toward Corporate Leadership", *Journal of Applied Psychology*, 77(5), 768.
- Beyaz, B., Güner, A., Irmak, S. ve Toruk, B. (2022). "Okul Yöneticilerinin Çatışma Yönetimi Stillerinin Örgütsel Mutluluğa Etkisi", *Academic Social Resources Journal*, 33(33), 25-35.
- Brandes, P., Dharwadkar, R. ve Dean, J. W. (1999). "Does Organizational Cynicism Matter? Employee and Supervisor Perspectives on Work Outcomes Eastern Academy of Management Proceedings", *Outstanding Empirical Paper Award*, 150-153.
- Bruk-Lee, V. ve Spector, P.E. (2012). "Interpersonal Conflict and Stress at Work: Implications for Employee Health and Well-Being", *Coping and Prevention*, (Editörler: A.M. Rossi, P.L. Perrewe ve A.M. James), Information Age Publishing, Charlotte, US, 3-22.
- Chigozie, N.E. (2017). "Impact of Organizational Conflict on Employee Job Performance in Selected Hotels (in Lagos Nigeria)", *Turizam*, 21(1), 45-64. <http://dx.doi.org/10.18421/TRZ21.01-04>
- Çelik, K. ve Tosun, A. (2019). "Okul Yöneticilerinin Çatışma Yönetim Stilleri İle Örgütsel Sağlık Arasındaki İlişki", *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 9(1), 99-121. <http://dx.doi.org/10.17984/adyuebd.456709>
- Çetin, H. ve Kaptangil, K. (2016). "The Effect of Leader-Member Exchange (Lmx) on Organizational Cynicism: A Case Study of Hotel Enterprises in Turkey", *Journal of International Social Research*, 9(43), 1776-1785.
- Çobanoğlu, F. ve Yüksel, Y.M. (2020). "Çatışma Yönetim Stilleri: Öğretmen Motivasyonu Açısından İncelenmesi", *Journal of International Social Research*, 13(74), 348-363.
- Dean, W.J., Brandes, P. and Dharwadkar, R. (1998). "Organizational Cynicism." *The Academy of Management Review*, 23(2), 341-352.

- Dellaloğlu, M. (2020). "Örgütsel Sinizm Algısına Duygusal Zekânın Etkisi: Konaklama İşletmelerinde Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Demir, Ö. (2019). "Özel Eğitim Okulları Yöneticilerinin Çatışma Yönetimi Stratejileri ile Öğretmenlerin Psikolojik Yıldırma Eylemlerine Maruz Kalma Düzeyleri Arasındaki İlişki", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Demiralp, B. (2018). "Yöneticilerin Liderlik Özellikleri ile Çatışma Yönetimi Tarzları Arasındaki İlişki: Görgül Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Doğantekin, A. (2016). "Örgütsel Etik İklim ve Örgütsel Sinizm İlişkisinin Belirlenmesi: Konaklama İşletmelerinde Bir Uygulama", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Earnest, G.W. ve McCaslin, N L. (1994). "Extension Administrators Approach to Conflict Management: A Study of Relationships between Conflict Management Styles and Personality Type", *Journal of Agricultural Education*, 35(3), 18-22.
- Eidson, J.P. (2003). "A Gender Comparison of Conflict Management Style Preferences within the Space Exploration Industry: Assertiveness versus Cooperativeness", Doctoral Dissertation, Capella University, Minneapolis, USA.
- Erdoğan, M. (2015). "Psikolojik Sözleşme İhlali Algısının Örgütsel Sinizm ve Örgütsel Bağlılık Üzerine Etkisi: Konaklama İşletmelerinde Bir Uygulama", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Erdoğan, P. (2018). "Pozitif Psikolojik Sermayenin Örgütsel Vatandaşlık Davranışı, Örgütsel Sinizm ve Tükenmişlik Üzerine Etkisi: Sağlık Sektöründe Bir Uygulama", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Erdost, H.E., Karacaoğlu, K. ve Reyhanoğlu, M. (2007). "Örgütsel Sinizm Kavramı ve İlgili Ölçeklerin Türkiye'deki Bir Firmada Test Edilmesi", *15. Ulusal Yönetim ve Organizasyon Kongresi Bildiriler Kitabı*, Sakarya Üniversitesi Türkiye, 514-524.
- Eren, E. (2004). "Yönetim ve Organizasyon", Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Folger, J.P., Poole, M.S. ve Stutman, R.K. (2013). "Çatışma Yönetimi (Working Through Conflict)", (Çeviren: F. Akkoyun), Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Ghanem, A. (2021). "Organizational Conflict and Job Burnout of Egyptian Hotels Employees", *Journal of Association of Arab Universities for Tourism and Hospitality*, 20(3), 117-129.
- Gibson, J.L., Ivancevich, J.M., Donnelly, J.H., Jr. ve Konopaske, R. (2012). "Organizations: Behavior, Structure, Processes", Fourteenth Edition, McGraw-Hill.
- Görgülü, H. (2022). "Algılanan Örgütsel Destek ve Örgütsel Adaletin Örgütsel Sınırcılık, Örgütsel Bağlılık ve İş Doymu Üzerindeki Etkisi", Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Gümüşeli, A. İ. (1994). "İzmir Ortaöğretim Okulları Yöneticilerinin Öğretmenler İle Aralarındaki Çatışmaları Yönetme Biçimleri", Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Gün, G. (2016). "Otel İşletmelerinde Mobbing ve Örgütsel Sinizm İlişkisi: Bitlis İlinde Bir Çalışma", *International Journal of Social Science*, 52, 201-219. <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS4855>
- Helvacı, M.A. ve Çetin, A. (2012). "İlköğretim Okullarında Görev Yapan Öğretmenlerin Örgütsel Sinizm Düzeylerinin Belirlenmesi (Uşak İli Örneği)", *Turkish Studies (Elektronik)*, 7(3), 1475-1497. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.3454>
- Hoffman, M. (2007). "Does Sense of Humor Moderate the Relationship between Leadership Style and Conflict Management Style", Doctoral Dissertation, University of Nebraska-Lincoln, Human Sciences, Lincoln, USA.
- Idris, M.K., O'Driscoll, M.P. ve Anderson, M.H. (2011). "Longitudinal Mediation Effects of Strain on the Relationships between Role Stressors and Employees' Withdrawal Responses", *Stress and Health*, 27(5), 403-412.
- Jung, H.S. ve Yoon, H.H. (2018). "Improving Frontline Service Employees' Innovative Behavior Using Conflict Management in the Hospitality Industry: The Mediating Role of Engagement", *Tourism Management*, 69, 498-507. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.06.035>
- Kaçan, G. (2021). "Sağlık Kurumlarında Şiddet Vakalarını Önleme Yönünde Çatışma Yönetimi Tarzları, Öz Liderlik ve İletişim Becerilerinin Rolü: Hekimler Üzerine Bir Araştırma", Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
- Kâhya, C. (2018). "Sessizliği Bozmak: Örgütsel Çatışma Yönetiminin Rolü (Türkiye Örneği)", *The Journal Of International Social Research*, 11(60), 953-964.
- Kalağan, G. (2009). "Araştırma Görevlilerinin Örgütsel Destek Algıları ile Örgütsel Sinizm Tutumları Arasındaki İlişkisi", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Kalağan, G. ve Güzeller, C.O. (2010). "Öğretmenlerin Örgütsel Sinizm Düzeylerinin İncelenmesi", *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(27), 83-97.

- Kale, E. (2018). "Çatışma Yönetim Stillерinin Görev Performansına Etkisi", *Uluslararası Turizm Ekonomi ve İşletme Bilimleri Dergisi*, 2(2), 165-175.
- Karçioğlu, F. ve Kâhya, C. (2011). "Lider – Üye Etkileşimi Ve Çatışma Yönetim Stili İlişkisi", *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 337-352.
- Karip, E. (2021). "Çatışma Yönetimi", Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.
- Kayaalp, E. ve Özdemir, T.Y. (2020). "Öğretmenlerin Örgütsel Sessizlik, Örgütsel Yalnızlık Ve Örgütsel Yabancılaşma Algılarının Örgütsel Sinizm Düzeyleriyle İlişkisi", *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(38), 101-113.
- Kenar, G. (2018). "Kültürel Zekânın Çalışanların Örgütsel Çatışmaları Çözme Yöntemlerine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Burdur.
- Kocaman, S., Kocaman, S. ve Neşe, Ç. (2012). "Konaklama İşletmelerinde Örgüt Kültürünün Örgütsel Çatışma Üzerine Etkileri: Alanya Bölgesinde Bir Araştırma". *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 167-183.
- Konakloğlu, E. ve Yapıcı, O.Ö. (2016). "Örgütlerde Çatışma Çözüm Yöntemlerinin Psikolojik Şiddetin Çözümü Açısından Kullanılabilirliği: Otel İşletmeleri Üzerine Bir Çalışma", *Verimlilik Dergisi*, 2, 85-101.
- Kutanis, R.Ö. ve Çetinel, E. (2010). "Adaletsizlik Algısı Sinizmi Tetikler Mi? Bir Örnek Olay", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26(1), 186-195.
- Lee, K.S.; Kim, Y.S.; Shin, H.C. (2023). "Effect of Hotel Employees' Organizational Politics Perception on Organizational Silence, Organizational Cynicism, and Innovation Resistance", *Sustainability*, 15, 4651. <https://doi.org/10.3390/su15054651>
- Liceli, M.T. ve Hassan, A. (2019). "Otel Yöneticilerinin Kullandıkları Güç Kaynaklarının İşgörenlerin Örgütsel Sinizm Algıları Üzerine Etkisi", *Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research*, 3(3), 411-436. <https://doi.org/10.32958/gastoria.555405>
- McShane, S.L. ve Von Glinow, M.A. (2018). "Organizational Behavior: Emerging Knowledge, Global Reality", Eighth Edition, McGraw-Hill Education, New York, USA.
- Monareng, K.P.D. (2018). "The Moderating Effect of Core Self-Evaluative Traits on the Relationship between Job Demands and Burnout", Magister Philosophiae, University of Johannesburg, College of Business and Economics, South Africa.
- Naus, A. (2007). "Organizational Cynicism on the Nature, Antecedents and Consequences of Employee Cynicism to Ward Theemploying Organization", Doctoral Thesis, Maastricht University, Limburg, NL.
- Nelson, D.L. ve Quick, J.C. (2012). "Organizational Behaviour: Science, the Real World, and You", Eighth Edition, SouthWestern Cengage Learning, Boston, USA.
- O'Brien, A. (2019). "Moderating Effect of Trait Mindfulness on the Relationship Between Job Demands and Burnout Using the Job Demands-Resources Model", Doctoral Dissertation, San Jose State University, California, USA.
- Ojo, O. ve Abolade, D.A. (2014). "Impact of Conflict Management on Employees' Performance in A Public Sector Organization in Nigeria", *Studies in Business and Economics*, 9(1), 125-133.
- Orhan, B. ve Ünüvar, Ş. (2019). "Otel Çalışanlarının Örgütsel Adalet Algılarının Örgütsel Sinizm Düzeyleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi", *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 443-462.
- Ortaköylü, M. (2022). "Algılanan Örgütsel Desteğin Çalışanlarda Etik Dışı Davranış ve Örgütsel Sinizme Etkisinde Hizmet İçi Eğitim Uygulamalarının Rolü: Antalya Turizm İşletmelerinde Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Antalya Bilim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Antalya.
- Özçakal, S. ve Demirhan, G. (2023). "Eğitim Kurumlarında Çatışma Yönetimi, Örgütsel Sessizlik ve Örgütsel Vatandaşlık Davranışı" *Third Sector Social Economic Review*, 58(3), 2361-2378.
- Özdemir, M. N. (2019). "The Influence of Transformational and Transactional Leadership Behaviors on Conflict Management", Master's Thesis, Yeditepe University, Institute of Social Sciences, Department of Business Administration, İstanbul.
- Özden Y. (2002). "Eğitimde Yeni Değerler", Pegem Yayıncılık, Ankara.
- Peker, Ö. ve Aytürk, N. (2002). "Yönetim Becerileri", Yargı Yayınevi, Ankara.
- Pelit, E. and Pelit, N. (2014). "The Effects of Mobbing on Organizational Cynicism: A Study on Hotels in Turkey", *International Journal of Human Resource Studies*, 4(1), 34-56. <https://doi.org/10.5296/ijhrs.v4i1.4996>
- Pelit, E. ve Ayana, Ç. (2016). "Duygusal Zekânın Örgütsel Sinizme Etkisi: Otel İşletmeleri İşgörenleri Üzerinde Bir Araştırma", *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 45-76. <https://doi.org/10.20491/isarder.2016.169>
- Pelletier, K.L. and Bligh, M.C. (2008). "The Aftermath of Organizational Corruption: Employee Attributions and Emotional Reactions", *Journal of Business Ethics*, 80(4), 823-844. <https://doi.org/10.1007/s10551-007-9471-8>
- Rahim, M.A. (1983). "Rahim Organizational Conflict Inventory—II Forms A, B, & C", Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press. <https://doi.org/10.1037/t01012-000>

- Rahim, M.A. (2001). "Managing Conflict in Organizations", Third Edition, Quorum Books, Westport, USA.
- Rahim, M.A. (2002). "Toward A Theory of Managing Organizational Conflict", *International Journal of Conflict Management*, 13(3), 206-235. <https://doi.org/10.1108/eb022874>
- Reichl, C., Leiter, M.P. ve Spinath, F.M. (2014). Work–Nonwork Conflict and Burnout: A Meta-Analysis. *Human Relations*, 67(8), 979-1005, <https://doi.org/10.1177/0018726713509857>
- Robbins, S.P. ve Judge, T.A. (2012). "Organizational Behavior", Fifteenth Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Şanlı, S. C. (2020). "Otel Çalışanlarının Kültürel Zekâ Düzeyi, Çatışma Yönetim Stili ve Kariyer Tatmini İlişkisi", Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
- Şanlıöz, E. (2019). "Örgütsel Çatışma Yönetimi: Üniversitelerde Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ankara.
- Sert, N. (2023). "Örgütsel Çatışma Yönetiminin Motivasyon ve Bireysel İyi Oluşa Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Sharpe, D. ve Johnson, E. (2004), "Yöneticinizle Çatışmayı Yönetmek", (Çeviren: G. Günay), Rota Yayın, İstanbul.
- Şimşek, M.S., Çelik, A. ve Akgemci, T. (2011). "Davranış Bilimlerine Giriş ve Örgütlerde Davranış". Gazi Kitabevi, Ankara.
- Soybalı, H.H., Pelit, O. (2019). "Otel İşgörenlerinin Örgütsel Dışlanma Algılarının Örgütsel Sinizm Düzeylerine Etkisi: Beş Yıldızlı Otel İşletmelerinde Bir Araştırma", *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(2), 1225-1246, <https://doi.org/10.20491/isarder.2019.667>
- Stroh, L.K., Northcraft, G.B. ve Neale, M.A. (2001). "Organizational Behavior: A Management Challenge" Third Edition, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, USA.
- Tabachnick, B.G. ve Fidell, L.S. (2013). "Using Multivariate Statistics", Sixth Edition, Pearson Education, Upper Saddle River, NJ.
- Tanrıverdi, H., Akova, O. ve Çifçi, İ. (2016). "Açılış-Otellerinde Dönüşümcü, Etkileyici, Tam Serbesti Tanıyan Liderlik Tarzlarının ve Çatışma Yönetim Stilllerinin İşten Ayrılma Niyeti Üzerine Etkisi", *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 18(30), 114-123.
- Tekarslan, E., Baysal, C., Şencan, H. ve Kılıç, T. (1989). "Sosyal Psikoloji", Filiz Kitabevi, İstanbul.
- Thomas, S.P., Liao-Troth, S. ve Williams, D.F. (2020). "Inefficacy: The Tipping Point of Driver Burnout", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 50(4), 483-501. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-07-2019-0223>
- Toksoy, A. (2017). "Kişilerarası Çatışma İle Bilgi Paylaşımı Arasındaki İlişkinin Örgütsel Sinizm Üzerine Etkisi", Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Topaloğlu, C. (2005). "Otel İşletmelerinde Örgüt İçi Çatışmalarınoluşum Süreci ve Örgütsel Performas İlişkisi", *Journal of Management and Economics Research*, 3(4), 1-27.
- Toprak, L.S., Şentürk, F.K. ve Kılıç, G. (2017). "Çatışma Yönetme Yöntemleri ile Yöneticiye Duyulan Güven Arasındaki İlişki: Afyonkarahisar'daki Beş Yıldızlı Otel İşletmelerinde Bir Araştırma", *İşletme Bilimi Dergisi*, 5(2), 105-133. <https://doi.org/10.22139/jobs.290241>
- Tükel Türk A.Ş., Perçin, Ş.N. ve Güzel B. (2009). "Örgütlerde Psikolojik Kontrat İhlalleri ve Sinizm İlişkisi: 4-5 Yıldızlı Otel İşletmeleri Üzerine Bir Araştırma", 17. Ulusal Yönetim ve Organizasyon Kongresi, Eskişehir.
- Üngüren, E. (2008). "Örgütsel Çatışma Yönetimi Üzerine Konaklama İşletmelerinde Bir Araştırma", *Journal of International Social Research*, 1(5), 880–909.
- Wall, J.A. ve Callister, R.R. (1995). "Conflict and Its Management", *Journal of Management*, 21(3), 515-558. <https://doi.org/10.1177/014920639502100306>
- Wang, Y., Liu, L., Wang, J. ve Wang, L. (2012). "Work-Family Conflict and Burnout Among Chinese Doctors: The Mediating Role of Psychological Capital", *Journal of Occupational Health*, 54(3), 232-240.
- Xin, K.R. ve Pelled, L.H. (2003). "Supervisor-Subordinate Conflict and Perceptions of Leadership Behavior: A Field Study", *The Leadership Quarterly*, 14(1), 25-40. [https://doi.org/10.1016/S1048-9843\(02\)00185-6](https://doi.org/10.1016/S1048-9843(02)00185-6)
- Yağcıoğlu, D. (1997). "Örgütlerde Çatışma Düzeyleri Ve Çatışmanın Ele Almış Stilleri", Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Yasim, Y.K. (2019). "Relation Between Work-Family Life Conflict and Organizational Cynicism in Women: A Research in Banking Sector", *Handbook of Research on Women in Management and the Global Labor Market*, IGI Global.
- Yıldırım, M. ve Acar, A. (2018). "Influence of the Work-Family Conflict on Organizational Cynicism and Intermediary Role of the Life Satisfaction", *Journal of Yaşar University*, 13(51), 267-280.
- Yıldırım, Y. (2019). "Örgüt Kültürünün Örgütsel Sinizm Üzerindeki Etkisinde Kültürel Zekâ ile Duygusal Zekânın Düzenleyici Rolü ve Örgütsel İletişimin Aracılık Rolü: Otel İşletmelerinde Bir Araştırma", Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

EK

Tablo A1. Çatışmayı çözme yöntemleri ve örgütsel sinizm ölçeklerine ilişkin açıklayıcı faktör analizi sonuçları

| | Çatışmayı Çözme Yöntemleri | | | | | Örgütsel Sinizm | | |
|------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|--|-------------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 |
| ÇY23 | 0,709 | | | | | ÖS7 | 0,857 | |
| ÇY22 | 0,690 | | | | | ÖS6 | 0,739 | |
| ÇY1 | 0,669 | | | | | ÖS8 | 0,728 | |
| ÇY4 | 0,677 | | | | | ÖS9 | 0,714 | |
| ÇY28 | 0,615 | | | | | ÖS1 | | 0,780 |
| ÇY12 | 0,546 | | | | | ÖS3 | | 0,747 |
| ÇY5 | 0,453 | | | | | ÖS2 | | 0,709 |
| ÇY26 | | 0,778 | | | | ÖS4 | | 0,580 |
| ÇY27 | | 0,733 | | | | ÖS5 | | 0,505 |
| ÇY17 | | 0,668 | | | | ÖS12 | | 0,868 |
| ÇY16 | | 0,638 | | | | ÖS13 | | 0,851 |
| ÇY6 | | 0,448 | | | | ÖS10 | | 0,599 |
| ÇY3 | | 0,396 | | | | ÖS11 | | 0,524 |
| ÇY11 | | | 0,744 | | | <i>Çatışmayı Çözme Yöntemleri Boyutları</i> | | |
| ÇY10 | | | 0,711 | | | 1 | Bütünleştirme | |
| ÇY24 | | | 0,621 | | | 2 | Kaçınma | |
| ÇY13 | | | 0,510 | | | 3 | Ödün Verme | |
| ÇY19 | | | 0,498 | | | 4 | Uzlaşma | |
| ÇY2 | | | 0,470 | | | 5 | Hükmetme | |
| ÇY15 | | | | 0,714 | | <i>Örgütsel Sinizm Boyutları</i> | | |
| ÇY20 | | | | 0,659 | | 1 | Duyuşsal Boyut | |
| ÇY14 | | | | 0,638 | | 2 | Bilişsel Boyut | |
| ÇY7 | | | | 0,411 | | 3 | Davranışsal Boyut | |
| ÇY25 | | | | | 0,719 | Çatışmayı Çözme Yöntemleri KMO Değeri: 0,805 | | |
| ÇY8 | | | | | 0,635 | Çatışmayı Çözme Yöntemleri Bartlett's Testi: 4178,822 (p<0.05) | | |
| ÇY9 | | | | | 0,628 | Örgütsel Sinizm KMO Değeri: 0.856 | | |
| ÇY18 | | | | | 0,527 | Örgütsel Sinizm Bartlett's Testi: 2328,804 (p<0.05) | | |
| ÇY21 | | | | | 0,505 | | | |

Efficiency of Air Transport Industry in European Union Nations with Regard to Environmental Factors

Tuğba Akbıyık¹ , Tunahan Avcı² 

ABSTRACT

Purpose: Evaluating the effectiveness of nations by analyzing the relationship between the outcomes of the aviation sector and the environmental resources associated with these outcomes is essential for policymakers to develop environmental regulations and for managers to take suitable actions. This study aims to evaluate the environmental effectiveness of the airline industry in European Union (EU) member states.

Methodology: We assessed the efficiency of data from 26 EU countries using Data Envelopment Analysis.

Findings: The study's findings determined that Austria, Luxembourg, Hungary, and Ireland had the lowest efficiency levels. Air pollution and greenhouse gas emissions primarily influence the efficiency of these countries. We identify Germany as the least efficient country, specifically when compared to France and Italy. These findings indicate that, despite the EU's implementation of environmental impact legislation, developed member states have not successfully enforced it.

Originality: Previous research has not examined the effectiveness of countries in terms of both passenger and flight volumes, as well as environmental considerations such as air pollution, greenhouse gas emissions, kerosene and jet fuel use, energy products, and overall environmental taxation.

Keywords: Air Transport, Environmental Impact, Data Envelopment Analysis, European Union, Efficiency.

JEL Codes: L93, O52, P48, Q5, R4.

Avrupa Birliği Ülkelerinde Hava Taşımacılığı Sektörünün Çevresel Faktörler Açısından Etkinliği

ÖZET

Amaç: Havacılık sektörünün çıktıları ve bu çıktılarla ilişkili çevresel kaynaklar arasındaki ilişkiyi analiz ederek ulusların etkinliğini değerlendirmek, politika yapıcıların çevresel düzenlemeler geliştirmesi ve yöneticilerin uygun eylemlerde bulunması için gereklidir. Bu çalışmanın amacı, Avrupa Birliği (AB) üye ülkelerindeki havayolu endüstrisinin çevresel etkinliğini değerlendirmektir.

Metodoloji: Veri Zarflama Analizi kullanılarak 26 AB ülkesinden elde edilen verilerin etkinliği değerlendirilmiştir.

Bulgular: Çalışmanın bulguları Avusturya, Lüksemburg, Macaristan ve İrlanda'nın en düşük etkinlik seviyelerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Hava kirliliği ve sera gazı emisyonları bu ülkelerin verimliliğini büyük ölçüde etkilemektedir. Özellikle Fransa ve İtalya ile kıyaslandığında Almanya'nın en az verimli ülke olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, AB'nin çevresel etki mevzuatını uygulamasına rağmen, gelişmiş üye ülkelerin bu mevzuata başarılı bir şekilde uymadığını göstermektedir.

Özgünlük: Daha önceki araştırmalarda ülkelerin etkinliği hem yolcu ve uçuş hacmi hem de hava kirliliği, sera gazı emisyonları, kerosen ve jet yakıtı kullanımı, enerji ürünleri ve genel çevresel vergilendirme gibi çevresel hususlar açısından incelenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Hava Taşımacılığı, Çevresel Etki, Veri Zarflama Analizi, Avrupa Birliği, Etkinlik.

JEL Kodları: L93, O52, P48, Q5, R4.

¹ Tarsus Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, Tarsus, Mersin, Türkiye

² Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, Kayseri, Türkiye

Corresponding Author: Tuğba Akbıyık, tugbaakbiyik@tarsus.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1536509

Research Article | Submitted: 20.08.2024 | Accepted: 25.12.2024

Cite: Akbıyık, T. and Avcı, T. (2024). "Evaluation of the Supply Process in Public Hospitals: A Qualitative Study", *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 253-268.

1. INTRODUCTION

Air transportation has played a crucial part in global economic activity, seeing significant growth and transformation in the previous decade. In 2019, the aviation sector produced around USD 899 billion in global revenue (IATA, 2019, p. 15). The International Civil Aviation Organization forecasts that by 2040, nearly 10 billion passengers will fly annually (ICAO, 2018, p. 40). This growth underscores the escalating adverse effects of carbon pollution. The transportation sector accounts for over 25% of global carbon emissions, with aviation contributing approximately 2% (IEA, 2022 s.126). Airports, as vital components of transportation infrastructure, facilitate the annual movement of billions of passengers. According to Airports Council International (ACI, 2023, p. 4), airports worldwide served over 6.6 billion passengers, highlighting the need for effective airport operations in maximizing capacity and managing costs. The continuous growth of the aviation sector has led to increased air and noise pollution, significantly impacting adjacent populations and ecosystems (Lawton and Fujiwara, 2016).

The health implications of aviation air pollution are substantial, and specifically lead to respiratory and cardiovascular ailments. Adhering to the air quality criteria established by the World Health Organization (WHO) might potentially avert over 50,000 fatalities annually in European cities, according to estimates by Khomenko et al. (2021). The detrimental health effects of air pollution highlight the urgent need for stringent legislation and efficient approaches to mitigate aviation-related emissions and safeguard human health. Specifically, there was a distinct correlation between air pollution and increased hospital admissions for respiratory and cardiovascular ailments, chronic bronchitis, and asthma exacerbations. This highlights the notable influence on the well-being of the general population, as demonstrated in the research carried out by Viegi et al. (2020). Hence, it is imperative to enforce robust legislative actions to mitigate the substantial health risks associated with air pollution by addressing air emissions.

As sustainability becomes a greater priority, the sector is becoming increasingly concerned about its environmental and social effects. Integrating tactics focused on reducing greenhouse gas emissions and other detrimental pollutants has become a crucial element of airport activities (Winter et al., 2021). The implementation of a greenhouse gas emissions tax by the European Commission has had a substantial effect on the functioning of airlines and airports, resulting in increased adoption of ecologically sustainable practices. The European Union implemented the Emissions Trading Scheme (ETS) as part of its efforts to promote environmental sustainability and decrease business emissions. According to Anger (2010), the EU ETS has resulted in a 7.4% decline in carbon dioxide (CO₂) emissions from airplanes. Although the EU ETS represents progress in managing aircraft emissions, its capacity to substantially decrease pollution levels throughout Europe remains limited. Therefore, additional enhancements are required to achieve substantial ecological advantages. The primary aim of the measures taken by various stakeholders in the aviation industry to mitigate its environmental impacts is to maintain or increase passenger and freight traffic levels, while minimizing adverse environmental effects.

This study is significant for an industry that must validate its sustainability in light of growing environmental concerns. Historically, efficiency assessments in aviation have predominantly relied on economically focused output metrics such as revenue (profitability), flight frequency, and passenger volume, with insufficient consideration of environmental factors. This study addresses a critical research gap by integrating environmental variables (air pollutants, greenhouse gases (GHGs), kerosene and jet fuels, energy products, and environmental taxes) into the Data Envelope Analysis (DEA) framework to assess the economic and eco-efficiency of air carrier operations in EU Member States.

The primary aim of this study is to establish a comprehensive assessment of performance sustainability in European Union nations by analyzing the minimal environmental footprints within the airline sector, along with significant metrics, such as total passenger counts and flight numbers. This study offers a novel perspective on the limitations of previous research by identifying factors that harm the environment and conducting a dual analysis of environmental and economic efficiency in aviation operations rather than exclusively addressing each aspect independently, as has been the norm in scholarly discourse. This novel perspective embodies a wider trend in the global industry when an airline must be assessed not only in terms of economic performance but also on its sustainability initiatives. Song (2020) and Kim and Son (2021) conducted past analyses of airline sustainability using DEA; however, these studies focused on global factors without accounting for regional influences that may be specific to certain areas, such as the EU. Contemplating the endeavors of market liberalization. This study expands upon previous research by concentrating primarily on EU countries and recognizing the distinct regulatory frameworks and environmental policies that influence aviation efficiency levels variably between European states. This study further enriches the literature by integrating a systematic assessment of environmental consequences with operational results, offering an overview of the sustainability efficiencies maintained by EU countries. Our study is crucial, as it addresses a primary issue: the need for a regional and environmentally focused DEA assessment, which necessitates the incorporation of environmental considerations in evaluating aviation

efficiency. This complexity makes other studies significant for policymakers and business leaders seeking to enhance the sustainability of the tourism sector while avoiding alienation in a region that is consistently subjected to heightened scrutiny of its environmental impact.

The subsequent sections of the study will be presented in the following manner: The second portion establishes the conceptual foundation of the subject by drawing upon existing knowledge on the environmental sustainability of airlines and the use of DEA in aviation. The third section provides an overview of the approaches used in this study. The next section examines and presents the findings, and the final section concludes with a discussion.

2. LITERATURE

2.1. Environmental Sustainability of the Aviation Industry

The aviation industry's substantial influence on the environment, specifically its contribution to global greenhouse gas emissions, has elevated environmental sustainability to a paramount concern. The rapid expansion of the sector driven by the growing demand for air travel amplifies its impact on the environment and necessitates robust measures to alleviate these effects. Therefore, the development of ecologically friendly aircraft technologies is crucial. Utilizing lighter materials and more efficient engines in aircraft design significantly contribute to a reduction in fuel consumption and emissions (Lin, 2013). In addition, sustainable aviation policies, such as the EU ETS and the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), aim to restrict and decrease carbon emissions by encouraging the use of sustainable fuels and efficient technologies (Heiaas, 2021; Bergantino and Loiacono, 2019). The integration of biofuels derived from renewable resources can significantly lower the carbon footprint of this sector (Kousoulidou and Lonza 2016). Nevertheless, the industry faces significant obstacles, including substantial costs related to growing technology, and the need for cohesive worldwide legislation (Walker and Cook, 2009). Furthermore, the effectiveness of these policies is greatly influenced by how the public perceives and participates. The inclination of passengers to endorse environmentally advantageous practices, such as participating in carbon offset programs and selecting airlines that prioritize environmental sustainability, is of utmost importance (Korba et al., 2023). It is essential to implement a holistic approach that incorporates technological advancements, policy formulation, and public involvement to promote sustainability of the aviation industry and mitigate its environmental effects (Aygün et al., 2023). Table 1 presents a concise overview of significant research on environmental sustainability in the aviation industry.

Table 1. Environmental sustainability studies in the aviation sector

| <i>Author(s)</i> | <i>Scope of Study</i> | <i>Finding and Methods</i> |
|--------------------------|--|--|
| Lin (2013) | Development of green technology in aviation manufacturing, focusing on AVIC's goals and commitments. | Focused on the impacts of green aviation manufacturing. Discussed AVIC's commitments. |
| Amicarelli et al. (2021) | Airlines' commitment to aviation-related environmental issues, sustainable aviation fuel, and sustainable development strategies | Investigated airlines' environmental awareness and willingness to adopt sustainable practices using the χ^2 test and logistic regression. |
| Aygün et al. (2023) | Identification and analysis of publications related to sustainability in civil aviation. | Bibliometric analysis of 123 scientific articles. Identified significant trends, influential authors, and gaps in the literature. |
| Yan et al. (2016) | Secondary data was acquired manually from 40 airline businesses in emerging market economies. | Multiple regression analysis reveals that both technology-based and process-based environmental advancements have a favorable influence on airlines' profitability. |
| Aksoy et al. 2022 | Evaluation of the feasibility of investing in green flight measures for the aviation sector. | Prioritized strategic investments in green measures using multi-stage weight assessment ratio analysis and the ELECTRE technique. |
| Brugnoli et al. (2015) | Impact of economic variables on the adoption of low-CO2 emitting aircraft in Europe | Regression- The primary factor driving the transition to a fuel-efficient fleet is the combination of oligopolistic aircraft and aero engine sectors, which are focused on gaining market share by differentiating their products. |

Note: Compiled by the authors and relying on (Kim and Son, 2021).

Table 2. Academic studies using DEA technique at airports

| <i>Author (s)</i> | <i>Sample</i> | <i>Method</i> | <i>Inputs</i> | <i>Outputs</i> |
|---------------------------------|---|--|---|--|
| Oum et al. (2003) | 52 airports in Asia-Pacific, Europe, and North America, 1999 | EW-TPF | Number of full-time equivalent employees; capital stock; soft cost input | Number of passengers; cargo volume; aircraft movements; commercial services revenue |
| Oum and Yu (2004) | 76 airports in Asia-Pacific, Europe, and North America, 2000-2001 | Variable Factor Productivity and second-stage regression | Number of full-time equivalent employees; soft cost input | Number of passengers; cargo volume; aircraft movements; commercial services revenue |
| Yoshida and Fujimoto (2004) | 67 Japanese airports, 2000 | DEA, EW-TPF, and second-stage regression | Runway length, terminal size, access cost, labor | Passengers, number of landing and departure movements, amount of cargo carried |
| Lin and Hong (2006) | 20 International airports, 2003 | DEA, FDH | Employees, runways, gates, number of check-in counters, parking spaces, number of aprons, baggage belts | Passengers, aircraft movements, cargo |
| Barros and Dieke (2007) | 31 Italian airports, 2001-2003 | Cross Efficiency and Super Efficiency models | Labour costs, capital, operational costs excluding labour cost | Aircraft movements, passengers, handling receipts, aeronautical sales, commercial sales, cargo |
| Chi-Lok and Zhang (2009) | 25 Chinese airports, 1996-2005 | DEA model, Tobit regression | Runways, terminal area | Cargo, aircraft movements, passengers |
| Perelman and Serebrisky (2010) | 21 South American airports, 2000-2007 | Bootstrap DEA, Malmquist index | Employees, aircraft parking spaces, terminal area | Passengers, cargo, aircraft movements |
| Curi et al. (2011) | 18 Italian airports, 2000-2004 | Bootstrap DEA | Employees, number of runways, apron size (m ²) | Aircraft movements, passengers, cargo tonnes |
| Wanke (2012) | 63 Brazilian airports, 2009 | Principal Component Analysis-DEA bootstrapped efficiency estimates | Terminal area, aircraft parking spaces, runways, total runway length, airport area, public parking spaces | Passengers, cargo, aircraft movements |
| Gutiérrez and Lozano (2016) | 21 European airports, 2013 | DEA | Runway size, gates, apron stands, number of scheduled routes, number of airlines | Cargo, aircraft movements, passengers |
| Inglada et al. (2017) | 33 Spanish airports, 1992-2012 | DEA, Malmquist Index | Labor cost, fixed assets, other costs | Aircraft movements, passengers, cargo tons |
| Keskin and Köksal (2019) | 48 Turkish airports, 2000-2015 | AHP/DEA-AR | Employees, gates, runway area terminal area, operational expenditure | Passengers, cargo volume, total revenue |
| Pacagnella Junior et al. (2020) | 33 Brazilian airports, 2014-2015 | Two-stage DEA, Malmquist | Number of slots for aircraft, number of runways, number of aprons, terminal size, runway length | Number of take-offs and landings |
| Eren and Doğan (2022) | 56 Turkish airports, 2015-2019 | Network DEA | Runways, aprons, terminal, number of employees | Aircraft traffic, passenger traffic |

Note: Compiled by the authors and relying on Cifuentes-Faura and Faura-Martinez (2023)

2.2. Data Envelopment Analysis in Aviation

DEA has been widely employed in the aviation sector, and has been the focus of substantial research. DEA is a nonparametric method extensively used in operations research. It is commonly employed to assess the effectiveness of various decision-making entities such as airlines and airports. Rai (2017) conducted a study utilizing data envelope analysis of the United States airline industry from 1985 to 1995. They found that airlines with high efficiency had much better stock returns than those with low efficiency. Cui and Yu (2021) conducted an extensive examination of 130 scholarly articles on DEA models pertaining to airline efficiency from 1993 to 2020. This review discusses various DEA models, such as radial, non-radial, and dynamic, and emphasizes the advantages and disadvantages of each model. Adler and Golany (2001) employed the DEA technique in conjunction with principal component analysis (PCA) to assess the efficiency of deregulated airline networks in Western Europe. Their study showed the efficacy of this approach in handling large-scale input-output datasets. Hermoso et al. (2019) integrated additional input-output characteristics such as company management aspects and social media predictors into the DEA approach. This facilitated a more comprehensive examination of airline effectiveness in the European airspace. Kao (2014) investigated network DEA models that considered the internal structure of systems. This methodology yields more intricate efficiency outcomes than conventional black-box approaches. The literature highlights the versatility and resilience of DEA in assessing airlines' and airports' efficiencies. This enhances the effectiveness of performance monitoring and strategic decision making in the aviation industry. The DEA method is mostly used in the aviation industry to evaluate airports' operational efficiency and effectiveness. Table 2 presents a concise overview of the significant studies that have utilized DEA to evaluate airport efficiency and effectiveness.

Despite numerous studies (Chi-Lok et al., 2009; Curi et al., 2011; Gutiérrez et al., 2016; Keskin and Köksal, 2019) on efficiency and effectiveness in the airline sector, the majority focus primarily on economic outputs (e.g., profitability, flight frequency, and passenger volume), whereas environmental implications have historically received scant attention. The proposed strategy addresses a gap in the literature that lacks a growing focus on sustainability and suggests that carrier performance should encompass not only economic factors, but also ecological consequences.

3. METHODOLOGY

Data Envelopment Analysis is a nonparametric method used to test how well decision-making units (DMUs) work by comparing inputs and outputs measured at various scales or with different units. DEA, initially introduced by Charnes et al. (1978), assesses the relative efficiency of decision-making units by examining their input and output attributes and employs linear programming to assess the efficiency of decision-making units (DMUs) by comparing their inputs and outputs, regardless of the units in which these values are measured. DEA assesses efficiency by analyzing decision units that operate under comparable circumstances and accomplish identical goals. It is assumed that the factors influencing the efficiency remain consistent among the units, varying only in their extent and amplitude. This method is beneficial in situations where direct comparison of input and output values is challenging because of their measurement in various units (Muniz, 2006).

Two DEA models are commonly used in the literature. Charnes, Cooper, Rhodes (CCR) and Banker, Charnes, Cooper (BCC) models are fundamental in the field of DEA. The CCR model is based on the assumption of constant returns to scale, which implies that any changes in inputs result in commensurate changes in outputs. On the other hand, the BCC model assumes that there are different levels of efficiency at different sizes of operation; thus, returns to scale can vary. The CCR approach computes overall efficiency as a unified metric, whereas the BCC model differentiates between technical and scale efficiency. Input-oriented DEA models strive to decrease input usage to attain a specific output level, whereas output-oriented models attempt to maximize output levels using a preset set of inputs (Wu and Zhou, 2015). The table provided in Table 3 lists the formulations of the input- and output-oriented CCR and BCC models.

Table 3. Input and output oriented CCR and BCC models

| <i>Input Oriented CCR</i> | <i>Output Oriented CCR</i> |
|---|---|
| $\min z_0 = \theta$ | $\max z_0 = \theta$ |
| s. t. | s. t. |
| $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_0$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_0$ |
| $\theta x_0 - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ | $\theta y_0 - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$ |
| $\lambda_0 \geq 0; \quad j = 1, \dots, n$ | $\lambda_0 \geq 0;$ |
| $r = 1, \dots, S; \quad i = 1, \dots, m$ | $r = 1, \dots, S; \quad i = 1, \dots, m$ |
| <i>Input Oriented BCC</i> | <i>Output Oriented BCC</i> |
| $\min z_0 = \theta$ | $\max z_0 = \theta$ |
| s. t. | s. t. |
| $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_0$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq x_0$ |
| $\theta x_0 - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \geq 0$ | $\theta y_0 - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq 0$ |
| $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ | $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ |
| $\lambda_0 \geq 0; \quad j = 1, \dots, n$ | $\lambda_0 \geq 0$ |
| $r = 1, \dots, S; \quad i = 1, \dots, m$ | $r = 1, \dots, S; \quad i = 1, \dots, m$ |

To use DEA, it is imperative to select the minimum number of control variables (CVBs) that possess both input and output variables. Charnes et al. (1991) stated that for the analysis to be dependable, CVBs should be either $(m+p+1)$ or $(m+p)*2$, where m represents the number of inputs and p represents the number of outputs. Once relative efficiency is measured using the DEA approach, it is crucial to perform thorough analyses for each CVB to completely assess the results (Bal, 2013).

Hermoso-Orzáez et al. (2020) emphasize the necessity of incorporating emissions into any assessment of environmental efficiency, particularly within the context of the EU. The authors advocate the necessity of supplying data for the assessment of eco-efficiency, ultimately to evaluate the impact of air transport within the broader context of climate change and overall environmental sustainability, given that CO₂ is a greenhouse gas (Hermoso-Orzáez et al., 2020). This emphasis on emissions corresponds with the overarching EU objectives regarding sustainable development and tackling environmental issues across various sectors via specific policy frameworks, including the DEA method for assessing relative eco-efficiencies among member states (Hermoso-Orzáez et al., 2020). The consumption of kerosene and jet fuel in terajoules serves as an indication of the energy required for commercial aviation, which is directly related to both operational efficiency and environmental effects. According to an empirical comparative study on airline efficiency by Arjomandi et al. (2018), gasoline serves as a more relevant direct proxy for an airline's energy dependency and emissions.

Energy products are a significant input, encompassing all energy use apart from jet fuel (e.g., power for airport operations), and quantified in terajoules. This variable encompasses both indirect and direct energy contributions from the full aircraft production cycle. Matsumoto et al. (2020) asserted that various energy inputs must be considered within the operational system, including practical measures of efficiency and environmental efficiency. Ultimately, environmental taxes on air transport reflect the total annual expenditure in millions of euros. These tariffs serve as regulatory measures aimed at constraining specific forms of production and consumption, while promoting more sustainable practices within the industry. Consequently, environmental taxes are crucial for promoting eco-efficiency incentives and are deemed essential in the DEA model (Lacko and Hajduová 2018).

The data for the analysis includes information from the European Statistical Office (Eurostat) for 26 EU countries, including Norway. Owing to the absence of data for the Netherlands and Romania, these nations were omitted from the analysis. This study evaluated the environmental efficacy of EU countries by considering the number of passengers and flights. Table 4 lists the input and output data used in this efficiency study.

Thus, nations should decrease their inputs to achieve environmental efficiency. Hence, an input-oriented BCC model was employed. It is crucial to highlight that input-oriented DEA models can incorporate various forms of undesired input or output. DEA models, as described in the literature (Lozano et al., 2013; Tatari et al., 2012; Kucukvar et al., 2021), incorporate undesirable outputs, such as CO₂ emissions, waste, and other environmental impacts, as inputs. This study examines the EU nations listed in Table 5.

Table 4. Input and output variables used in the study

| <i>Inputs</i> | <i>Description</i> |
|-------------------------------------|---|
| Air pollutants and greenhouse gases | From air transportation (tons) |
| Kerosenes and jet fuels | Used in air transportation (terajoules, excluding biofuel) |
| Energy products | Consumed in air transportation (terajoules) |
| Total environmental taxes | Collected from air transport (annual, million euros) |
| <i>Outputs</i> | |
| Commercial passenger air flight | Total number of commercial passenger flights includes both domestic and international routes. |
| Passenger on board | Total number of passengers carried on commercial passenger flights includes both domestic and international routes. |

Table 5. List of countries included in DEA analysis

| <i>Countries</i> | <i>Countries</i> | <i>Countries</i> |
|------------------|------------------|------------------|
| 1. Belgium | 11. Croatia | 21. Slovakia |
| 2. Denmark | 12. Lithuania | 22. Sweden |
| 3. Germany | 13. Luxembourg | 23. Norway |
| 4. France | 14. Finland | 24. Cyprus |
| 5. Spain | 15. Poland | 25. Czechia |
| 6. Italy | 16. Malta | 26. Hungary |
| 7. Bulgaria | 17. Austria | |
| 8. Estonia | 18. Portugal | |
| 9. Ireland | 19. Greece | |
| 10. Latvia | 20. Slovenia | |

European nations maintain a significant level of engagement and integration because of their extensive network of regional airports, which fosters social and economic connectivity among member states. This network enhances accessibility and cohesion across the European Union, thereby bolstering the continent's status as one of the largest aviation markets globally (Paleari et al., 2010). Consequently, the study utilized a non-parametric one-stage DEA model, examining all countries jointly as a unified group without differentiating between distinct country classifications. This empirical approach facilitated direct cross-national comparisons of efficiency, uncovering discrepancies in environmental performance and the policy/economic issues impacting states within a cohesive framework. This study by Hermoso-Orzáez et al. (2020) examined the eco-efficiency rankings of EU countries, collectively supporting this methodology, which lacks categorization, thus assessing efficient leaders within a cohesive framework that enables EU-wide benchmarks for improvement across various national contexts. Kuljanin et al. (2019) utilized a standardized methodology to assess airline performance in Western, Central, and Southeastern Europe, revealing regional efficiency tendencies to facilitate policy and operational improvements, thus enhancing comparability across various economic circumstances. Matsumoto et al. (2020) utilized a DEA model to analyze temporal trends in environmental performance within the EU, thereby identifying prevalent inefficiencies and enabling policymakers to systematically address these challenges rather than through fragmented regional approaches, thus facilitating comparisons under diverse policy conditions.

4. FINDINGS

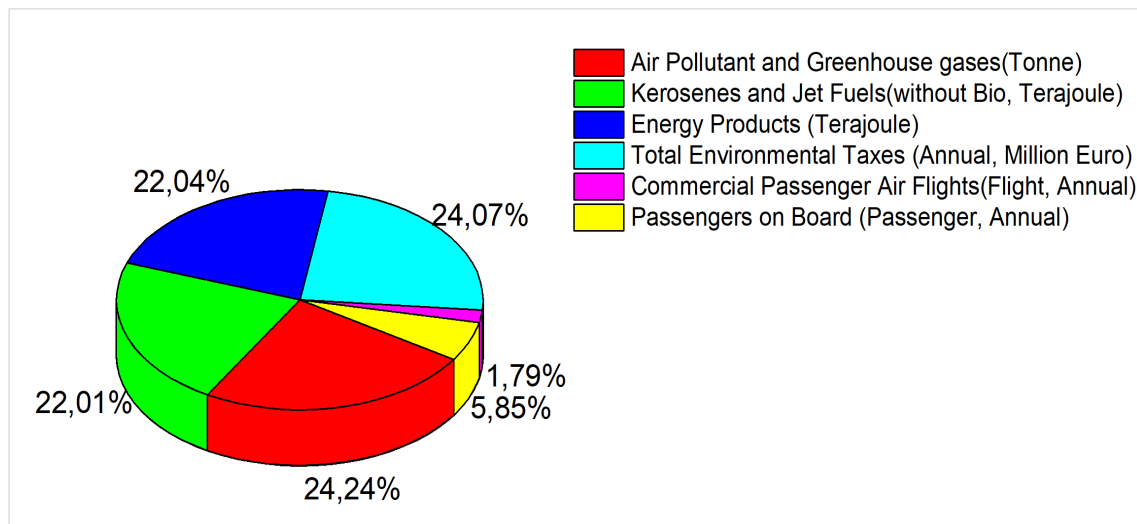
This study employs the BCC model, which assumes constant returns to scale, to ascertain the environmental efficiency of EU countries in the European Union. Efficiency is determined by computing the ratio of the number of passengers to the number of flights. During the analytical phase, we employ the BCC model to calculate the scale and technical efficiency of each country. We present a thorough examination of the data from the assessments conducted with the input minimization model using the Frontier Analyst software. We chose the input reduction model because we determined that we could achieve the required total number of passengers and flights for the current airline by using fewer environmental inputs.

During the analytical phase, the study began by calculating countries' efficiency values. In this context, countries with high and low efficiency levels are identified. To enhance the effectiveness of underperforming countries, we must identify reference countries whose influences warrant consideration. Ultimately, we compute the necessary improvement ratios for these inefficient countries to achieve efficiency.

Table 6. Efficiency scores of countries for 2021

| <i>Countries</i> | <i>BCC Model Efficiency Score</i> |
|------------------|-----------------------------------|
| Greece | 100.00 |
| Estonia | 100.00 |
| France | 100.00 |
| Spain | 100.00 |
| Cyprus | 100.00 |
| Lithuania | 100.00 |
| Sweden | 100.00 |
| Croatia | 100.00 |
| Italy | 100.00 |
| Portugal | 100.00 |
| Slovenia | 100.00 |
| Latvia | 100.00 |
| Slovakia | 100.00 |
| Denmark | 69.3 |
| Norway | 64.7 |
| Poland | 49.7 |
| Germany | 44.5 |
| Belgium | 38.4 |
| Finland | 37.6 |
| Bulgaria | 28.8 |
| Malta | 21.2 |
| Czechia | 13.2 |
| Austria | 11.5 |
| Luxembourg | 8.1 |
| Hungary | 5.1 |
| Ireland | 4.0 |

An analysis of the variable return efficiency values shows that 13 nations (Greece, Estonia, France, Spain, Cyprus, Lithuania, Sweden, Croatia, Italy, Portugal, Slovenia, Latvia, and Slovakia) are expected to exhibit technological efficiency by 2021. Ireland has the lowest efficiency score of 4.0 as indicated by the variable return efficiency findings. According to the analysis results, Figure 1 illustrates the potential for improvement of inputs and outputs in the environmental and aviation sectors regarding efficiency in proportional terms.

**Figure 1. Total potential improvement results**

The analysis shows that the primary variable for potential improvement is air pollution and greenhouse gases, constituting 24.24% of inefficiency. This underscores the imperative of prioritizing emission reductions through cleaner technologies and sustainable practices. Kerosene and jet fuels 22.01% and energy products 22.04% indicate significant inefficiencies, highlighting the imperative to optimize fuel usage and transition to renewable energy sources. These environmental factors collectively account for about 65% of inefficiencies. Moreover, the total environmental taxes 24.07% indicate the economic burden of these inefficiencies, which might be alleviated through enhanced resource management. Insignificant

contributions stem from operational outputs, comprising commercial passenger air flights 1.79% and onboard passengers (5.85%), suggesting opportunities for improvement in flight planning and capacity use. Reducing environmental impacts and enhancing operations are crucial for increasing efficiency and sustainability in air transportation.

The program also determines the number of inefficient DMUs that are compared to efficient DMUs. Consequently, effective composite virtual units (CVUs) also produced internal efficiency rankings. Cyprus was used as a benchmark ten times in this context, Italy seven times, Greece six times, and both Sweden and Latvia five times. Furthermore, Slovakia, Slovenia, Spain, and Estonia were mentioned twice. Figure 2 shows a collection of citations and their respective occurrence rates.

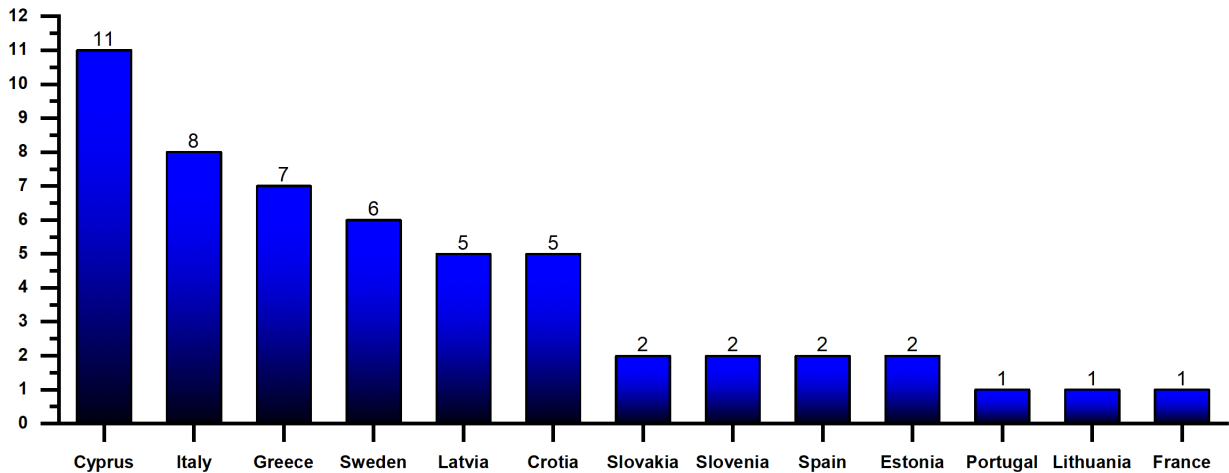


Figure 2. Reference set and reference frequencies

The analysis software also yields a critical result: It pinpoints the inputs that require reduction and outputs that require enhancement to improve the performance of inefficient decision units. Potential improvement percentages were used to measure this idea. These percentages show how fast the current input and output values of the decision units approach the goal values, and how much they should be improved (Uzgoren and Sahin, 2013). This percentage was calculated using the following formula:

$$Potential\ Improvement\ (\%) = \frac{(Target\ Value - Realized\ Value) * 100}{Realized\ Value} \tag{1}$$

Below are the target values and potential improvement ratios of the input/output variables for the four nations with the lowest efficiency values among the 13 countries listed (Denmark, Norway, Poland, Germany, Belgium, Finland, Bulgaria, Malta, Czechia, Austria, Luxembourg, Hungary, and Ireland). Table 7 displays the exact values of both the actual and target figures as well as the rate of development for Austria.

Table 7. Austria target values and potential improvement rates

| <i>Inputs/Outputs</i> | <i>Realized</i> | <i>Target</i> | <i>Potential Improvement Rate (%)</i> |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|---------------------------------------|
| Air pollutants and greenhouse gases | 3260505.44 | 351838.39 | -89.21% |
| Kerosenes and jet fuels | 333772.00 | 19357.59 | -88.53% |
| Energy products | 457067.00 | 26508.26 | -88.53% |
| Total environmental taxes | 116.37 | 26508.26 | -91.97% |
| Commercial passenger air flight | 113633.00 | 113633.00 | 0.00 % |
| Passenger on board | 11187400.00 | 6.75 | 6.98% |

Austria must significantly decrease its air pollutants and greenhouse gas emissions by 89.21%. Additionally, the use of kerosene, jet fuel, and energy products should be reduced by 88.53%. Finally, the country should aim to reduce its total environmental taxes by 91.97% to improve its efficiency. Table 8 lists the actual and target values and improvement rates for Luxembourg.

To improve efficiency, Luxembourg must achieve reductions of 94.66% in air pollutants and greenhouse gases, 91.91% in kerosene and jet fuels, 95.01% in energy products, and 91.91% in total environmental taxes. The output representing passengers on board should be augmented by 9.62%. Table 9 shows the actual and target values and improvement rates for Hungary. To improve efficiency, Hungary must achieve a 95.45% reduction in air pollutants and greenhouse gases, a 95.16% reduction in kerosene and jet fuel

consumption, a 94.87% reduction in energy product usage, and total environmental taxes. The output representing commercial passenger air flights should be augmented by 7.11%.

Table 8. Luxembourg target values and potential improvement rates

| <i>Inputs/Outputs</i> | <i>Realized</i> | <i>Target</i> | <i>Potential Improvement</i> |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------|
| | | | <i>Rate (%)</i> |
| Air pollutants and greenhouse gases | 4656653.50 | 325657.00 | -94.66% |
| Kerosenes and jet fuels | 62588.00 | 4377.01 | -91.91% |
| Energy products | 648299.00 | 34069.48 | -95.01% |
| Total environmental taxes | 4.75 | 0.33 | -91.91% |
| Commercial passenger air flight | 25771.00 | 25771.00 | 0.00 % |
| Passenger on board | 2003363.00 | 2122836.13 | 9.62% |

Table 9. Hungary target values and potential improvement rates

| <i>Inputs/Outputs</i> | <i>Realized</i> | <i>Target</i> | <i>Potential Improvement</i> |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------|
| | | | <i>Rate (%)</i> |
| Air pollutants and greenhouse gases | 2252840.08 | 110339.27 | -95.45% |
| Kerosenes and jet fuels | 318053.00 | 15507.29 | -95.16% |
| Energy products | 318627.00 | 16334.27 | -94.87% |
| Total environmental taxes | 43.45 | 2.23 | -94.87% |
| Commercial passenger air flight | 38691.00 | 41864.41 | 7.11% |
| Passenger on board | 4669368 | 4.669.368.00 | 0.00% |

Table 10 shows the actual and target values and improvement rates for Ireland. To achieve efficiency, Ireland must reduce air pollutants and greenhouse gases by 96.62%, kerosene and jet fuel use by 95.24%, and energy products and total environmental taxes by 96.03%. Figure 6 displays a potential enhancement graph for Ireland's inputs and outputs.

Table 10. Ireland target values and potential improvement rates

| <i>Inputs/Outputs</i> | <i>Realized</i> | <i>Target</i> | <i>Potential Improvement</i> |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------|
| | | | <i>Rate (%)</i> |
| Air pollutants and greenhouse gases | 6047706.11 | 198344.68 | -96.62% |
| Kerosenes and jet fuels | 940686.00 | 29253.41 | -96.24% |
| Energy products | 946093.00 | 31028.71 | -96.03% |
| Total environmental taxes | 135.68 | 4.45 | -96.03% |
| Commercial passenger air flight | 83216.00 | 83216.00 | 0.00% |
| Passenger on board | 9106693.00 | 9106693.00 | 0.00% |

Another piece of data derived from the same analysis includes the values of the input and output contributions. These data demonstrate the efficacy of the inputs and outputs in establishing the efficiency scores of decision-making units. The graphs below depict the input/output contribution ratios of the four countries with the lowest efficiency values.

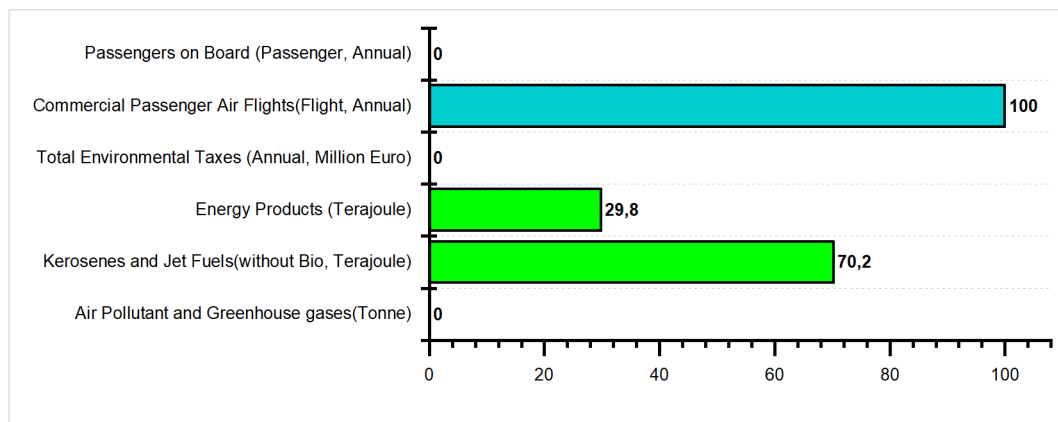


Figure 3. Inputs/outputs contribution ratios for Austria

The efficiency score for Austria indicated that the input of kerosene and jet fuels was 70.1% effective, the input of energy products was 29.8% effective, and the output of commercial passenger airlights was 100% effective. Figure 3 shows a graph of the input/output contribution rates for Austria. Similarly, the efficiency

score for Luxembourg indicated that the input of kerosene and jet fuels was 14.2% effective, the input of the total environmental tax was 85.8% effective, and the output of commercial passenger air flights was 100% effective. Figure 4 shows a graph of the input/output contribution ratios for Luxembourg.

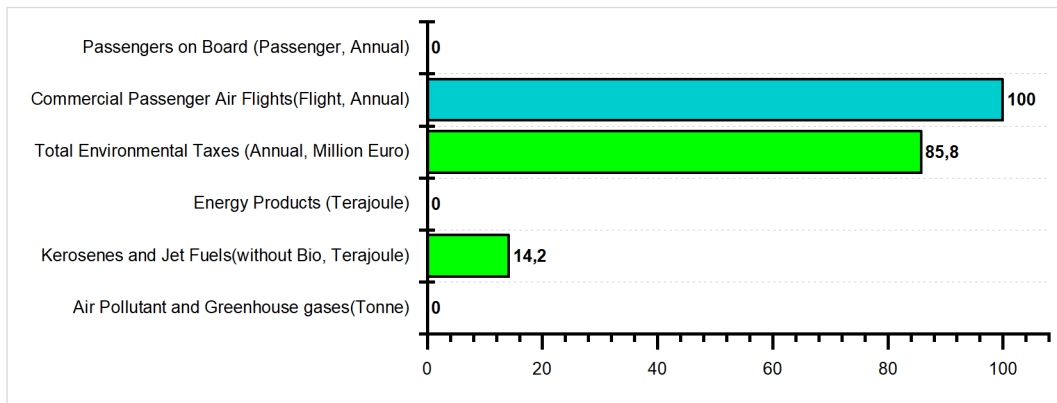


Figure 4. Inputs/outputs contribution ratios for Luxembourg

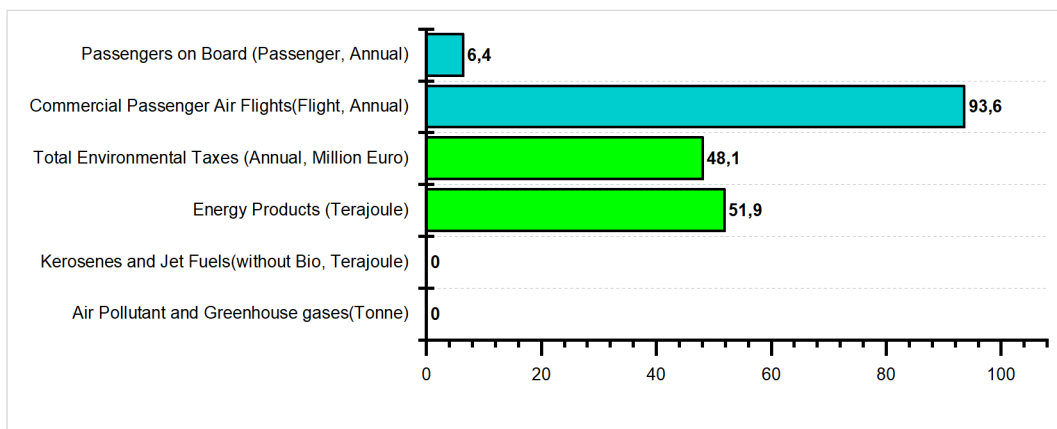


Figure 5. Inputs/outputs contribution ratios for Ireland

According to Ireland's efficiency score, the input data for energy products and the total environmental tax were 51.9% and 48.1%, respectively. On the other hand, the output data for the commercial passenger air flight and passenger on board were 93.6% and 6.4% efficient, respectively. Figure 5 shows the curve illustrating the input/output contribution ratios for Ireland. In the efficiency score for Hungary, the effectiveness of the energy product input was 22.1%, total environmental tax input was 77.9%, and number of passengers transported was 100%. Figure 6 shows the curve illustrating the input/output contribution ratios for Hungary.

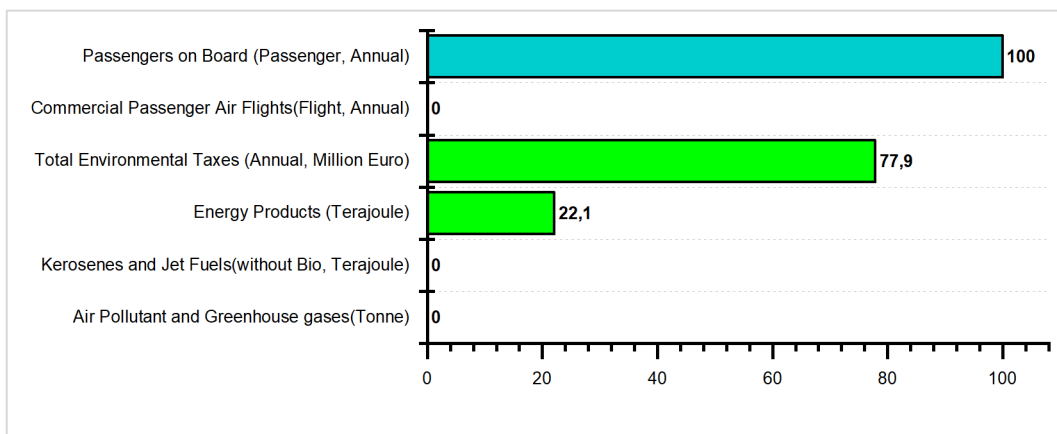


Figure 6. Inputs/outputs contribution ratios for Hungary

5. DISCUSSION and CONCLUSION

This study uses DEA, a commonly employed method in economic efficiency research, to assess the environmental efficiency of the airline industry in various countries. The analysis aimed to minimize inputs associated with environmental impacts from airline activities in 2021 while maintaining consistent levels of total passengers and flight numbers. The findings indicate that Greece, Estonia, France, Spain, Cyprus, Lithuania, Croatia, Italy, Portugal, Slovenia, Latvia, Slovakia, and Sweden are characterized by efficiency. Ireland ranks as the country with the lowest efficiency in terms of air pollution and greenhouse gas emissions, consumption of kerosene and jet fuels, utilization of energy products, and the correlation between overall environmental taxes and the total volume of flights and passengers. The primary environmental factor included in the countries' efficiency ranking was "air pollution and greenhouse gases," accounting for 24.24% of the overall assessment. Cyprus was used as a benchmark ten times among the efficient countries, while Italy was used seven times, Greece six times, Sweden five times, and Latvia five times. After analyzing the target values of the environmental inputs that must be decreased to achieve the same output, it was determined that Ireland, Hungary, Luxembourg, and Austria need to reduce air pollution and greenhouse gas inputs the most. Ireland, Hungary, Austria, and Luxembourg should implement measures to decrease their total environmental tax input and enhance their effectiveness. Ireland, Luxembourg, Hungary, and Austria must undertake essential measures to utilize energy resources. Ireland, Hungary, Luxembourg, and Austria must implement measures to decrease their consumption of kerosene and jet fuels. Regarding the impact on efficiency, Luxembourg should aim to increase the number of passengers transported by 9.62%, whereas Hungary should focus on increasing the overall number of flights by 7.11%. Based on these findings, it has been concluded that despite the measures implemented and goals established to mitigate the environmental effects of aviation in European Union countries, airline transportation remains inefficient in half of the member nations. Germany, a highly advanced European economy, has fallen behind in terms of airline efficiency when considering environmental factors. This suggests that even member countries such as France and Italy, which are fully efficient, do not fully adhere to the union's policies. Furthermore, the failure of numerous member states to achieve satisfactory environmental performance despite stringent policies underscores the challenges associated with policy implementation and compliance.

Our findings align with prior studies, although they also present different perspectives regarding the challenges of environmental efficiency for airlines operating within the EU. Although global demand for standardization and harmonized regulations presents evident economic efficiency advantages by enabling economies of scale that reduce compliance costs, prior research highlights significant environmental performance disparities regarding both local enforcement rigor and overall outcomes across EU countries, despite legislative homogenization through key initiatives such as the ETS and CORSIA. Kim and Son (2021) indicate that the EU ETS aims for a uniform emission reduction norm across nations; nevertheless, its practical implementation has resulted in disparities in compliance and effectiveness due to the different economic development of member states, among other variables. This aligns with findings from other research indicating that environmental compliance is affected by regional economics and fuel dependency (Efthymiou and Papatheodorou, 2019), which may explain the subpar performance of Ireland (developed) and Germany (developed), whereas Cyprus (an island nation akin to Iceland, with development concentrated on both sides treating a unit developed factor "island") and Italy (where government-provided social services function optimally) perform better. Reliance on conventional fuels and variations in aviation demand trends often affect environmental efficiency in the EU. Performance disparities between high-performing nations like Sweden and low-efficiency nations such as Ireland may suggest wider global economic factors, like energy use, rather than only compliance with regulations. Studies demonstrate that nations reliant on traded fuels generally produce elevated emissions, with aviation demand exacerbating environmental inefficiencies. This highlights the significant impact of fossil fuel use and demand variations on the EU's environmental performance (Kim and Son, 2021). Countries that incorporate a greater proportion of renewable energy typically attain enhanced efficiency results, chiefly via the utilization of sustainable aviation fuels (SAFs). The implementation of SAFs can diminish emissions but encounters economic obstacles in areas dependent on fossil fuels (Pechstein et al., 2020 ; Scheelhaase, 2023). Economic evaluations indicate performance disparities among nations, with Sweden reaping advantages from renewable energy adoption, whereas Ireland demonstrates inferior performance due to economic and infrastructural variances rather than exclusively regulatory factors (Jaśkowski, 2021). Countries with high Human Development Index (HDI) such as Denmark, Norway, and Finland encounter specific environmental issues in their aviation industries, including the extended reliance on fossil-based jet fuels and societal demands for substantial decreases in carbon emissions. Despite being leaders in both sectors, their aviation efficiency falls short due to the high demand for flights among Nordic nations and the reluctance of airlines to switch from subsidized conventional jet fuel (kerosene). Sustainable Aviation Fuels (SAFs) can diminish emissions compared to conventional jet fuels; however, high costs and limited production

capacities impede their extensive implementation, particularly in regions with established infrastructure for traditional fossil fuels (Colantuono, 2021; Grimme, 2023).

Furthermore, their insufficient relative position in overall sustainability performance, compared to aviation inefficiencies, indicates that any action will probably yield only a negligible effect at most. Propelled by worldwide travel and regional connectivity, the escalating demand for aviation intensifies environmental limitations unless there is enhanced support for low-carbon fuels or more stringent regulations to reduce emissions in the industry (Grimme, 2023). These nations possess comprehensive environmental legislation; yet, there is an absence of targeted regulations to efficiently reduce aviation emissions, including incentives for sustainable aviation fuel and industry-specific carbon taxes (Climate Catalyst, 2023). Tailored industry solutions, such as increasing SAF production or innovating technologies to comprehensively decarbonize aviation, could help bridge that gap and link the sector more closely with these governments' overarching environmental objectives.

This study had some limitations. Reliance on country-level data may obscure variances among airlines within countries, potentially resulting in neglect of exemplary practices. This emphasis on the environmental effects of particular inputs and outputs may overlook other significant issues such as trash or water consumption. The analysis presents a single-year data snapshot, offering a cross-sectional rather than a longitudinal perspective, thereby precluding the ability to monitor energy efficiency increases over time and evaluate the impact of policy changes or technological advancements on these gains.

Future studies should incorporate longitudinal studies to monitor efficiency over time, and comprehensive airline-level data to facilitate successful practices within countries. A wider array of environmental concerns and policy alternatives from countries in the upper echelons may yield more implementable recommendations. Investigating the relationship between environmental efficiency and financial success may reveal potential synergies or trade-offs. This may result in more comprehensive recommendations to enhance environmental efficiency in the EU aviation sector.

Author Contributions

Tuğba Akbıyık: Literature review, Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Tunahan Avcı*: Modelling, Writing-review and editing

Conflict of Interest

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Funding

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Compliance with Ethical Standards

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Ethical Statement

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.

REFERENCES

- ACI. (2023). "Annual World Airport Traffic Report 2023", <https://store.aci.aero/wp-content/uploads/2023/09/Preview-2023-ACI-WATR-09-2023.pdf>, (Accessed: 10.06.2024).
- Adler, N. and Golany, B. (2001). "Evaluation of deregulated Airline Networks Using Data Envelopment Analysis Combined with Principal Component Analysis with An Application to Western Europe", *European Journal of Operational Research*, 132, 260-273. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00150-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00150-8)
- Aksoy, T., Yüksel, S., Dincer, H., Hacıoğlu, U. and Maialeh, R. (2022). "Complex Fuzzy Assessment of Green Flight Activity Investments in the Sustainable Aviation Industry", *IEEE Access*, 10, 127297-127312.
- Amicarelli, V., Lagioia, G., Patruno, A., and Grosu, R.M. and Bux, C. (2021). "Enhancing the Sustainability of the Aviation Industry: Airlines' Commitment to "Green" Practices", *Amfiteatru Economic*, 23(15), 934-947.
- Anger, A. (2010). "Including Aviation in the European Emissions Trading Scheme: Impacts on the Industry, CO₂ Emissions, and Macroeconomic Activity in the EU", *Journal of Air Transport Management*, 16, 100-105. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2009.10.009>
- Arjomandi, A., Dakpo, K. and Seufert, J. (2018). "Have Asian airlines Caught Up with European Airlines? A By-Production Efficiency Analysis", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2018.06.031>
- Aygün, S., Sağbaşı, M. and Erdoğan, F.A. (2023). "Bibliometric Analysis of Sustainability in Civil Aviation", *Journal of Aviation*, 7(3), 448-456.
- Bal, V. (2013). "Efficiency Data Envelopment Analysis to Determine the Private Universities", *Manas Journal of Social Studies*, 2(1), 1-14
- Barros, C.P. and Dieke, P.U.C. (2007). "Performance Evaluation of Italian Airports: A Data Envelopment Analysis", *Journal of Air Transport Management*, 13(4), 184-191.
- Bergantino, A. and Loiacono, L. (2019). "Market-Based Measures: The European Union Emission Trading Scheme and the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation", *Sustainable Aviation*, Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28661-3_7
- Brugnoli, A., Button, K., Martini, G. and Scotti, D. (2015). "Economic Factors Affecting the Registration of Lower CO₂ Emitting Aircraft in Europe", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 38, 117-124.
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision-Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Thrall, R.M. (1991). "A Structure for Classifying and Characterizing Efficiency and Inefficiency in Data Envelopment Analysis", *Journal of Productivity Analysis*, 2, 197-237.
- Chi-Lok, A.Y. and Zhang, A. (2009). "Effects of Competition and Policy Changes on Chinese Airport Productivity: An Empirical Investigation", *Journal of Air Transport Management*, 15(4), 166-174.
- Cifuentes-Faura, J. and Faura-Martínez, U. (2023). "Measuring Spanish Airport Performance: A Bootstrap Data Envelopment Analysis of Efficiency", *Utilities Policy*, 80, 101457.
- Climate Catalyst. (2023). "Sustainable Aviation Fuel Policy in the European Union. Climate Catalyst", <https://climatecatalyst.org/learning-hub/sustainable-aviation-fuel-policy-in-the-eu/>, (Accessed: 10.06.2024).
- Colantuono, R. (2021). "Market-Based Measures and Aviation Sustainability in the European Union: An Assessment", *SEEDS, Sustainability Environmental Economics and Dynamics Studies*, No. 0921.
- Cui, Q. and Yu, L. (2021). "A Review of Data Envelopment Analysis in Airline Efficiency: State of the Art and Prospects." *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/2931734>
- Curi, C., Gitto, S. and Mancuso, P. (2011). "New Evidence on the Efficiency of Italian Airports: A Bootstrapped DEA Analysis," *Socio-Economic Planning Sciences*, 45(2), 84-93.
- Efthymiou, M. and Papatheodorou, A. (2019). "EU Emissions Trading Scheme in Aviation: Policy Analysis and Suggestions." *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117734>
- Eren, M. and Doğan, M.A. (2023). "Measurement of Process-Performances of Turkish Airports Using Network Data Envelopment Analysis", *Journal of Aviation*, 7(2), 272-283.
- Eurostat. (2024). <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>, (Accessed: 10.06.2024).
- Grimme, W. (2023). "The Introduction of Sustainable Aviation Fuels—A Discussion of Challenges, Options and Alternatives", *Aerospace*, 10(3), 218.
- Gutiérrez, E. and Lozano, S. (2016). "Efficiency Assessment and Output Maximization Possibilities of European Small and Medium-Sized Airports", *Research in Transportation Economics*, 56, 3-14.

- Heiaas, A. (2021). "The EU ETS and Aviation: Evaluating the Effectiveness of the EU Emission Trading System in Reducing Emissions from Air Travel", *Review of Business and Economics Studies*, 9(1), 84-120. <https://doi.org/10.26794/2308-944X-2021-9-1-84-120>
- Hermoso, R., Latorre, M. and Martínez-Núñez, M. (2019). "Multivariate Data Envelopment Analysis to Measure Airline Efficiency in European Airspace: A Network-Based Approach", *Applied Sciences*, 9(24), 5312. <https://doi.org/10.3390/app9245312>
- Hermoso-Orzáez, M.J., García-Alguacil, M., Terrados-Cepeda, J. and Brito, P. (2020). "Measurement of Environmental Efficiency in the Countries of the European Union with the Enhanced Data Envelopment Analysis Method (DEA) During the Period 2005–2012", *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 15691-15715.
- International Air Transport Association. (2019). "Data in Numbers - Airline Industry Economic Performance 2019", <https://airlines.iata.org/sites/default/files/migrated/airlines/airlines/data-in-numbers-airline-industry-economy-p14-15-20data-airlines-202019-04.pdf>, (Accessed: 10.06.2024).
- ICAO. (2018). "Annual Report 2018", <https://www.icao.int/annual-report-2018/Pages/default.aspx>, (Accessed: 10.06.2024).
- IEA. (2022). "World Energy Outlook 2022", <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>, (Accessed: 10.06.2024).
- Inglada, V., Coto-Millan, P. and Inglada-Perez, L. (2017). "Evaluating Productivity and Efficiency of Spanish Airports After Air Transport Liberalization", *Revista De Evaluacion De Programas Y Politicas Publicas*, (9), 99–112.
- Jaśkowski, M. (2021). "External Aspects of the EU ETS in Aviation in Light of CORSIA", *International Community Law Review*, 23(2-3), 271-282.
- Kao, C. (2014). "Network Data Envelopment Analysis: A Review." *European Journal of Operational Research*, 239, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.02.039>
- Keskin, B. and Köksal, C.D. (2019). "A Hybrid AHP/DEA-AR Model for Measuring and Comparing the Efficiency of Airports", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(3), 524-541.
- Khomenko, S., Cirach, M., Pereira-Barboza, E., Mueller, N., Barrera-Gómez, J., Rojas-Rueda, D., Hoogh, K., Hoek, G. and Nieuwenhuijsen, M. (2021). "Premature Mortality Due to Air Pollution in European Cities: A Health Impact Assessment", *The Lancet Planetary Health*, 5(3), e121 - e134. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30272-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30272-2)
- Kim, H. and Son, J. (2021). "Analyzing the Environmental Efficiency of Global Airlines by Continent for Sustainability", *Sustainability*, 13, 1571. <https://doi.org/10.3390/SU13031571>
- Korba, P., Sekelová, I., Koščáková, M. and Behúnová, A. (2023). "Passengers' Knowledge and Attitudes Toward Green Initiatives in Aviation", *Sustainability*, 15(7), 6187. <https://doi.org/10.3390/su15076187>
- Kousoulidou, M. and Lonza, L. (2016). "Biofuels in Aviation: Fuel Demand and CO2 Emissions Evolution in Europe Toward 2030", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 166-181. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2016.03.018>
- Kucukvar, M., Alawi, K.A., Abdella, G.M., Bulak, M.E., Onat, N.C., Bulu, M. and Yalçintaş, M. (2021). "A Frontier-Based Managerial Approach for Relative Sustainability Performance Assessment of the World's Airports", *Sustainable Development*, 29(1), 89-107.
- Kuljanin, J., Kalic, M., Caggiani, L. and Ottomanelli, M. (2019). "A Comparative Efficiency and Productivity Analysis: Implication to Airlines Located in Central and South-East Europe", *Journal of Air Transport Management*, 78, 152-163. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2019.01.009>
- Lacko, R. and Hajduová, Z. (2018). "Determinants of Environmental Efficiency of the EU Countries Using Two-Step DEA Approach", *Sustainability*, 10(10), 3525. <https://doi.org/10.3390/SU10103525>
- Lawton, R.N. and Fujiwara, D. (2016). "Living with Aircraft Noise: Airport Proximity, Aviation Noise and Subjective Wellbeing in England", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 42, 104-118.
- Lin, L.C. and Hong, C.H. (2006). "Operational Performance Evaluation of International Major Airports: An Application of Data Envelopment Analysis", *Journal of Air Transport Management*, 12(6), 342-351.
- Lin, Z. (2013). "Making Aviation Green", *Advances in Manufacturing*, 1, 42-49. <https://doi.org/10.1007/S40436-013-0008-3>
- Lozano, S., Gutiérrez, E. and Moreno, P. (2013). "Network DEA Approach to Airports Performance Assessment Considering Undesirable Outputs", *Applied Mathematical Modelling*, 37(4), 1665-1676.
- Matsumoto, K., Makridou, G. and Doumpos, M. (2020). "Evaluating Environmental Performance Using Data Envelopment Analysis: The Case of European Countries", *Journal of Cleaner Production*, 272, 122637. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122637>
- Muñiz, M., Paradi, J., Ruggiero, J. and Yang, Z. (2006). "Evaluating Alternative DEA Models Used to Control for Non-Discretionary Inputs", *Computers & Operations Research*, 33(5), 1173-1183.

- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2020). "CO2 Emissions from Air Transport", https://www.oecd.org/en/publications/co2-emissions-from-air-transport_ecc9f16b-en.html, (Accessed: 03.01.2025).
- Oum, T.H. and Yu, C. (2004). "Measuring Airports' Operating Efficiency: A Summary of the 2003 ATRS Global Airport Benchmarking Report", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(6), 515-532.
- Oum, T.H., Yu, C. and Fu, X. (2003). "A Comparative Analysis of Productivity Performance of the World's Major Airports: Summary Report of the ATRS Global Airport Benchmarking Research Report—2002", *Journal of Air Transport Management*, 9(5), 285-297.
- Pacagnella Junior, A.C., Hollaender, P.S., Mazzanati, G.V. and Bortoletto, W.W. (2020). "Infrastructure and Flight Consolidation Efficiency of Public and Private Brazilian International Airports: A Two-Stage DEA and Malmquist Index Approach", *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-15.
- Paleari, S., Redondi, R. and Malighetti, P. (2010). "A Comparative Study of Airport Connectivity in China, Europe and US: Which Network Provides the Best Service to Passengers?", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(2), 198-210.
- Pechstein, J., Bullerdiel, N. and Kaltschmitt, M. (2020). "A 'Book and Claim' Approach to Account for Sustainable Aviation Fuels in the EU-ETS—Development of a Basic Concept", *Energy Policy*, 136, 111014.
- Perelman, S. and Serebrisky, T. (2010). "Measuring the Technical Efficiency of Airports in Latin America", World Bank Policy Research Working Paper, (5339).
- Rai, A. (2017). "Measurement of Efficiency in the Airline Industry Using Data Envelopment Analysis", *Investment Management & Financial Innovations*, 10(1), 38-45.
- Scheelhaase, J. and Maertens, S. (2020). "How to Improve the Global 'Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation' (CORSA)?"", *Transportation Research Procedia*, 51, 108-117.
- Song, K., Choi, S. and Han, I. (2020). "Competitiveness Evaluation Methodology for Aviation Industry Sustainability Using Network DEA", *Sustainability*, 12(24), 10323. <https://doi.org/10.3390/su122410323>
- Song, Z., Li, Z. and Liu, Z. (2024). "Comparison of Emission Properties of Sustainable Aviation Fuels and Conventional Aviation Fuels: A Review", *Applied Sciences*, 14(13), 5484.
- Tatari, O. and Kucukvar, M. (2012). "Eco-Efficiency of Construction Materials: Data Envelopment Analysis", *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(6), 733-741.
- Uzgoren, E. and Sahin, G. (2013). "Measurement of the Performances of Dumlupinar University Vocational High Schools Using Data Envelopment Analysis", *International Journal of Management Economics and Business*, 9(18), 1-14.
- Viegi, G., Baldacci, S., Maio, S., Fasola, S., Annesi-Maesano, I., Pistelli, F., Carrozzi, L., Grutta, S. and Forastiere, F. (2020). "Health Effects of Air Pollution: A Southern European Perspective", *Chinese Medical Journal*, 133, 1568-1574. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000869>
- Walker, S. and Cook, M. (2009). "The Contested Concept of Sustainable Aviation", *Sustainable Development*, 17, 378-390. <https://doi.org/10.1002/SD.400>
- Wanke, P.F. (2012). "Capacity Shortfall and Efficiency Determinants in Brazilian Airports: Evidence from Bootstrapped DEA Estimates", *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(3), 216-229.
- Winter, S., Crouse, S. and Rice, S. (2021). "The Development of 'Green' Airports: Which Factors Influence Willingness to Pay for Sustainability and Intention to Act? A Structural and Mediation Model Analysis", *Technology in Society*, 65, 101576. <https://doi.org/10.1016/J.TECHSOC.2021.101576>
- Wu, J. and Zhou, Z. (2015). "A Mixed-Objective Integer DEA Model", *Annals of Operations Research*, 228, 81-95.
- Yan, W., Cui, Z. and Gil, M.J.Á. (2016). "Assessing the Impact of Environmental Innovation in the Airline Industry: An Empirical Study of Emerging Market Economies", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 21, 80-94.
- Yoshida, Y. and Fujimoto, H. (2004). "Japanese-Airport Benchmarking with the DEA and Endogenous-Weight TFP Methods: Testing the Criticism of Overinvestment in Japanese Regional Airports", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(6), 533-546.



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

#MİLLİ
TEKNOLOJİ
HAMLESİ

STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VE VERİMLİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

