

e-ISSN: 2459-1718



# Journal of Transportation and Logistics

<http://www.ijttl.com/>



Volume 7



Issue 1



2022



İSTANBUL  
UNIVERSITY  
PRESS



Available online at [www.ijtl.com](http://www.ijtl.com)

**JTL**

Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



**Indexing and Abstracting / Dizinler**

TÜBİTAK-ULAKBİM TR Dizin

Open AIRE

DOAJ

ERIH PLUS

SOBİAD

EBSCO Central & Eastern European Academic Source





Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)



Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



**Owner / Sahibi**

Prof. Dr. Abdullah OKUMUŞ

Istanbul University, School of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey  
*İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi, İstanbul, Türkiye*

**Responsible Manager / Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**

Prof. Dr. Mehmet ADAK

Istanbul University, School of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey  
*İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi, İstanbul, Türkiye*

**Correspondence Address / Yazışma Adresi**

Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistic,  
Avcılar Campus, 34320 Avcılar, Istanbul, Turkey

E-mail: [editor@iujtl.com](mailto:editor@iujtl.com)

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

<https://iupress.istanbul.edu.tr/en/journal/jtl/home>

**Publisher / Yayıncı**

Istanbul University Press / İstanbul Üniversitesi Yayınevi  
İstanbul Üniversitesi Merkez Kampüsü, 34452 Beyazıt, Fatih,  
İstanbul, Türkiye

Phone / Telefon: +90 (212) 440 00 00

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

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

This is a scholarly, international, peer-reviewed, open-access journal published biannually in April and October.  
*Nisan ve Ekim aylarında, yılda iki sayı olarak yayımlanan uluslararası, hakemli, açık erişimli ve bilimsel bir dergidir.*

Publication Type / Yayın Türü : Periodical / Yaygın Süreli



Available online at [www.ijtl.com](http://www.ijtl.com)



Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



## EDITORIAL MANAGEMENT / DERGİ YAZI KURULU

### Editors-in-Chief / Baş Editörler

Prof. Dr. Mehmet ADAK

Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – [mehmet.adak@istanbul.edu.tr](mailto:mehmet.adak@istanbul.edu.tr)

Assoc. Prof. Abit BALIN

Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – [abitbalin@istanbul.edu.tr](mailto:abitbalin@istanbul.edu.tr)

### Co-Editors in Chief / Baş Editör Yardımcıları

Prof. Dr. Rasim İlker GÖKBULUT

Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – [rasim.gokbulut@istanbul.edu.tr](mailto:rasim.gokbulut@istanbul.edu.tr)

Assoc. Prof. Erkan ÇELİK

Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – [erkancelik@istanbul.edu.tr](mailto:erkancelik@istanbul.edu.tr)

Prof. Yi-Hsien WANG

Chinese Culture University, Department of Banking and Finance, Taipei, Taiwan – [wyx12@ulive.pccu.edu.tw](mailto:wyx12@ulive.pccu.edu.tw)

### Managing Editor / Yönetici Editör

Assist Prof. Bahadır Fatih YILDIRIM

Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – [bahadirf.yildirim@istanbul.edu.tr](mailto:bahadirf.yildirim@istanbul.edu.tr)

### Language Editors / Dil Editörleri

Elizabeth Mary EARL

Istanbul University, Department of Foreign Languages, Istanbul, Turkey – [elizabeth.earl@istanbul.edu.tr](mailto:elizabeth.earl@istanbul.edu.tr)

Alan James NEWSON

Istanbul University, Department of Foreign Languages, Istanbul, Turkey – [alan.newson@istanbul.edu.tr](mailto:alan.newson@istanbul.edu.tr)

### Statistics Editor / İstatistik Editörü

Assoc. Prof. Burcu ADIGÜZEL MERCANGÖZ

Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – [burcu@istanbul.edu.tr](mailto:burcu@istanbul.edu.tr)

## EDITORIAL BOARD / YAYIN KURULU

Prof. Dr. Abdullah OKUMUŞ

Istanbul University, Faculty of Business Administration, Department of Business Administration, Istanbul, Turkey – [okumus@istanbul.edu.tr](mailto:okumus@istanbul.edu.tr)

Prof. Dr. Ayşe Güldem CERİT

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty, School of Maritime Business and Management, İzmir, Turkey – [gcerit@deu.edu.tr](mailto:gcerit@deu.edu.tr)

Prof. Dr. Bruce C.T. Ho

National Chung Hsing University, Institute of Technology Management, Taichung, Taiwan – [bruceho@nchu.edu.tw](mailto:bruceho@nchu.edu.tw)

Prof. Dr. Chelsea WHITE

Georgia Institute of Technology, Transportation and Logistics, Atlanta, GA, USA – [cwhite@isye.gatech.edu](mailto:cwhite@isye.gatech.edu)

Prof. Dr. Ergün EROĞLU

Istanbul University, Faculty of Business Administration, Department of Business Administration, Istanbul, Turkey – [eroglu@istanbul.edu.tr](mailto:eroglu@istanbul.edu.tr)

Prof. Dr. Goh MARK

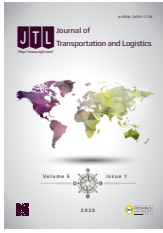
National University of Singapore, Department of Decision Sciences, School of Business, Singapore – [tligohkh@nus.edu.sg](mailto:tligohkh@nus.edu.sg)

Prof. Dr. Haluk KORKMAZYÜREK

Toros University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences, Department of International Finance and Banking, Mersin, Turkey – [haluk.korkmazurek@toros.edu.tr](mailto:haluk.korkmazurek@toros.edu.tr)

Prof. Dr. Kannan GOVINDAN

University of Southern Denmark, Department of Technology and Innovation, Odense, Denmark – [kgov@iti.sdu.dk](mailto:kgov@iti.sdu.dk)



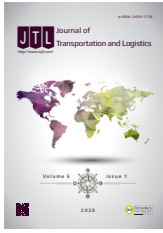
Available online at [www.ijtl.com](http://www.ijtl.com)



Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



- Prof. Dr. Kulwant PAWAR  
University of Nottingham, Department of Operations Management and Information Systems, Nottingham, UK – [kulwant.pawar@nottingham.ac.uk](mailto:kulwant.pawar@nottingham.ac.uk)
- Prof. Dr. M. Mehdi AMINI  
Memphis University, Department of Marketing & Supply Chain Management, Memphis, TN, USA – [mamini@memphis.edu](mailto:mamini@memphis.edu)
- Prof. Dr. Malgorzata PANKOWSKA  
University of Economics, Department of Informatics, Katowice, Poland – [malgorzata.pankowska@ue.katowice.pl](mailto:malgorzata.pankowska@ue.katowice.pl)
- Prof. Dr. Mehmet TANYAS  
Maltepe University, Faculty of Business and Management Sciences, Department of International Trade and Logistics, Istanbul, Turkey – [mehmettanyas@maltepe.edu.tr](mailto:mehmettanyas@maltepe.edu.tr)
- Prof. Dr. Mukesh Kumar BARUA  
Indian Institute of Technology Roorkee, Department of Management Studies Uttarakhand, India – [mukesh.barua@ms.iitr.ac.in](mailto:mukesh.barua@ms.iitr.ac.in)
- Prof. Dr. Murat KIYILAR  
Istanbul University, School of Business, Department of Finance, Istanbul, Turkey – [muratkyy@istanbul.edu.tr](mailto:muratkyy@istanbul.edu.tr)
- Prof. Dr. Nachiappan SUBRAMANIAN  
University of Sussex, Business School, SPRU - Science Policy Research Unit, Brighton, Sussex House, Falmer Brighton, United Kingdom – [n.subramanian@sussex.ac.uk](mailto:n.subramanian@sussex.ac.uk)
- Prof. Dr. Ömer ÖZKAN  
Cyprus West University, Faculty of Law, Department of Law, Famagusta, North Cyprus – [ozkanhukuk@yahoo.com](mailto:ozkanhukuk@yahoo.com)
- Prof. Dr. Özcan KILIÇ  
University of Wisconsin-River Falls, College of Business and Economics, Department of Management and Marketing, River Falls, WI, USA – [ozcan.kilic@uwr.edu](mailto:ozcan.kilic@uwr.edu)
- Prof. Dr. Sadettin ÖZEN  
Maltepe University, Faculty of Business Administration and Management Sciences, Istanbul, Turkey – [sadettinozen@yahoo.com](mailto:sadettinozen@yahoo.com)
- Prof. Dr. Samuel Fosso WAMBA  
Toulouse Business School, Department of Information Systems and Data Science, Toulouse, France – [s.fosso-wamba@tbs-education.fr](mailto:s.fosso-wamba@tbs-education.fr)
- Prof. Dr. Sanjay MISRA  
Covenant University, Department of Electrical and Information Engineering, OTA, Nigeria – [sanjay.misra@covenantuniversity.edu.ng](mailto:sanjay.misra@covenantuniversity.edu.ng)
- Prof. Dr. Seung-Chul KIM  
Hanyang University, Department of Operations and Service Management, Seoul, Korea – [sckim888@hanyang.ac.kr](mailto:sckim888@hanyang.ac.kr)
- Prof. Dr. SiHyun PAIK  
Yanbian University of Science & Technology, School of Business, Yanji, Jilin, China – [shpaik@yust.edu](mailto:shpaik@yust.edu)
- Prof. Dr. Talha HARCAR  
Penn State University, Department of Business, Pennsylvania, USA – [tdh13@psu.edu](mailto:tdh13@psu.edu)
- Prof. Dr. Turan PAKSOY  
Necmettin Erbakan University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Department of Aviation Management, Konya, Turkey – [tpaksoy@erbakan.edu.tr](mailto:tpaksoy@erbakan.edu.tr)
- Prof. Dr. Vedat SARIKOVANLIK  
Istanbul University, School of Business, Department of Finance, Istanbul, Turkey – [vedsari@istanbul.edu.tr](mailto:vedsari@istanbul.edu.tr)
- Prof. Dr. Yavuz GÜNALAY  
Bahçeşehir University, Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences, Department of Logistic Management, Istanbul, Turkey – [yavuz.gunalay@eas.bau.edu.tr](mailto:yavuz.gunalay@eas.bau.edu.tr)
- Prof. Dr. Tuncay ÇELİK  
Kayseri University, Faculty of Applied Sciences, Department of International Trade and Logistics, Kayseri, Turkey – [tcelik@kayseri.edu.tr](mailto:tcelik@kayseri.edu.tr)
- Assoc. Prof. Diego ESCOBARI  
University of Texas Rio Grande Valley, Department of Economics and Finance, Texas, USA – [diego.escobari@utrgv.edu](mailto:diego.escobari@utrgv.edu)



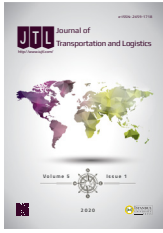
Available online at [www.ijtl.com](http://www.ijtl.com)



Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



Assoc. Prof. Ebru DEMİRCİ	Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – <a href="mailto:edemirci@istanbul.edu.tr">edemirci@istanbul.edu.tr</a>
Assoc. Prof. Eren ÖZCEYLAN	Gaziantep University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Gaziantep, Turkey – <a href="mailto:eozyeylan@gantep.edu.tr">eozyeylan@gantep.edu.tr</a>
Assoc. Prof. Eugene Y. C. WONG	Hang Seng University of Hong Kong, Department of Supply Chain and Information Management, Shatin, Hong Kong – <a href="mailto:eugene.wong@oocl.com">eugene.wong@oocl.com</a>
Assoc. Prof. Giovanni SATTA	University of Genoa, Genoa, Department of Economics, Italy – <a href="mailto:satta@economia.unige.it">satta@economia.unige.it</a>
Assoc. Prof. Gültekin ALTUNTAŞ	Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – <a href="mailto:altuntas@istanbul.edu.tr">altuntas@istanbul.edu.tr</a>
Assoc. Prof. Hakan DEMİREL	Zonguldak Bülent Ecevit University, Maritime Faculty, Ship Machinery Management Engineering Department, Zonguldak, Turkey – <a href="mailto:hakandemirel@beun.edu.tr">hakandemirel@beun.edu.tr</a>
Assoc. Prof. Halit ÖZEN	Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Department of Civil Engineering, Istanbul, Turkey – <a href="mailto:ozen@yildiz.edu.tr">ozen@yildiz.edu.tr</a>
Assoc. Prof. Lincoln C. WOOD	University of Otago, Department of Management, Dunedin, New Zealand – <a href="mailto:lincoln.wood@otago.ac.nz">lincoln.wood@otago.ac.nz</a>
Assoc. Prof. Muhammet GÜL	Munzur University, Faculty of Health Sciences, Department of Emergency Aid and Disaster Management, Tunceli, Turkey – <a href="mailto:muhametgul@munzur.edu.tr">muhametgul@munzur.edu.tr</a>
Assoc. Prof. Shao Hung GOH	Singapore University of Social Science, School of Business, Clementi, Singapore – <a href="mailto:shgoh015@unisim.edu.sg">shgoh015@unisim.edu.sg</a>
Assoc. Prof. Sigal KAPLAN	The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Social Sciences, The Department of Geography, Jerusalem, Israel – <a href="mailto:sigal.kaplan@mail.huji.ac.il">sigal.kaplan@mail.huji.ac.il</a>
Assoc. Prof. Syed Masiur RAHMAN	King Fahd University of Petroleum & Minerals, Center for Environment & Water Research Institute, Dhahran, Saudi Arabia – <a href="mailto:smrahman@kfupm.edu.sa">smrahman@kfupm.edu.sa</a>
Assoc. Prof. Taih-Cherng LIRN	National Taiwan Ocean University, Department of Shipping and Transportation Management, Keelung, Taiwan – <a href="mailto:tedlirn@email.ntou.edu.tw">tedlirn@email.ntou.edu.tw</a>
Assoc. Prof. Xiaolei WANG	Tongji University, School of Economics and Management, Shanghai, China – <a href="mailto:xlwangiris0420@gmail.com">xlwangiris0420@gmail.com</a>
Assoc. Prof. Zehra BOZBAY	Istanbul University, School of Business, Department of Marketing, Istanbul, Turkey – <a href="mailto:zehrat@istanbul.edu.tr">zehrat@istanbul.edu.tr</a>
Assoc. Prof. Wei LI	Central South University, School of Civil Engineering, Department of Railway Engineering, Changsha, China – <a href="mailto:leewei@csu.edu.cn">leewei@csu.edu.cn</a>
Asst. Prof. Özge Nalan BİLİŞİK	Yıldız Technical University, Department of Industrial Engineering, Istanbul, Turkey – <a href="mailto:oznalan@yildiz.edu.tr">oznalan@yildiz.edu.tr</a>
Asst. Prof. Banu Yüksel ÖZKAYA	Hacettepe University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Ankara, Turkey – <a href="mailto:byuksel@hacettepe.edu.tr">byuksel@hacettepe.edu.tr</a>
Dr. Cafer AVCI	Yalova University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Yalova, Turkey – <a href="mailto:cafer.avci@yalova.edu.tr">cafer.avci@yalova.edu.tr</a>
Dr. Melike ERDOĞAN	Düzce University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Düzce, Turkey – <a href="mailto:melikeerdogan@duzce.edu.tr">melikeerdogan@duzce.edu.tr</a>
Dr. Rahimeh NEAMATIAN MONEMI	University of Southampton, Business School Southampton, CORMSIS Centre for Operational Research, Southampton, United Kingdom – <a href="mailto:r.n.monemi@gmail.com">r.n.monemi@gmail.com</a>



Available online at [www.ijtl.com](http://www.ijtl.com)



Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



## CONTENTS

### RESEARCH ARTICLES / ARAŞTIRMA MAKALELERİ

- The Liberalization Effect on Air Transport Expenditure Choices of Turkish Households: The Perspective of Micro Data Analysis  
**Gizem Kaya Aydın, Hidayet Beyhan, Umud Aydın, Berker Pandır..... 1**
- Risks in Road Transportation of Sport Horses: the Case of Turkey  
**Elnaz Taghizadeh Alamdari, Bengü Sevil Oflaç, Aysu Göçer..... 19**
- Determining the Effectiveness of the Bus Lines in Urban Transportation using Data Envelopment Analysis  
**Ahmet Atalay, Ömer Faruk Bircik .....37**
- Otomobil Motor Yağı Alternatiflerinin FUCOM, MAIRCA, MABAC ve BWM Yöntemleri ile Değerlendirilmesi  
Evaluation of Automobile Engine Oil Alternatives with FUCOM, MAIRCA, MABAC and BWM Methods  
**Volkan Genç, Aşkın Özdağoğlu, Murat Kemal Keleş.....55**
- A Priority Analysis on Emission Reduction Strategies in Foreland and Hinterland of Ports  
**Umur Bucak .....83**
- Akıllı ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminin Hazırlık ve Olgunluk Düzeyinin Değerlendirilmesi için Geometrik Ortalamaya Dayalı Yeni Bir Model Önerisi  
A New Evaluation Model for the Readiness and Maturity Level of Intelligent and Sustainable Supply Chain Management Based on Geometric Mean  
**Sercan Demir, Mehmet Akif Gündüz, Turan Paksoy.....95**
- Lojistik Servis Sağlayıcılarının Hizmet Kalitesi Boyutlarının SERVQUAL Temelli Best-Worst Yöntemi Kullanılarak Önceliklendirilmesi  
Prioritizing the Service Quality Dimensions of Logistics Service Providers Using SERVQUAL-Based Best-Worst Method  
**Ertuğrul Ayyıldız..... 117**
- Examining the Efficiency of Automation in Container Terminals  
**Yaser Jobran, Gökhan Kara ..... 137**
- Determining Maritime Health Online Training Needs for Seafarers and Doctors in Maritime Transportation  
**Seher Suendam Arıcı, Esmâ Uflaz, Emre Akyüz, Özcan Arslan..... 157**
- Determination of Officer of the Watch Selection Criteria for Ship Types  
**Ozan Hikmet Arıcan, Olgay Okşaş ..... 169**
- CASE STUDY / OLGU ÇALIŞMASI**
- Türkiye’de Transit Sisteminde Teminat Uygulamaları ve Risk Yönetimi: Tobbund Örneği  
Guarantee Practices and Risk Management Modalities of the Turkish Transit System: the Tobbund Case  
**Mehmet Uylukçu, Gülvade Akdemir, Duygu Korucuş ..... 185**







Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)

**JTL**

Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.994262

RESEARCH ARTICLE

## The Liberalization Effect on Air Transport Expenditure Choices of Turkish Households: The Perspective of Micro Data Analysis

Gizem Kaya Aydın<sup>1</sup> , Hidayet Beyhan<sup>2</sup> , Umut Aydın<sup>3</sup> , Berker Pandir<sup>4</sup> 

### ABSTRACT

After the liberalization of the air transportation sector in 2003, we investigate the factors affecting the preference of air transportation as a mode of transportation and the changes in the air transportation preferences of the Turkish households over the years. For this purpose, we analyze the micro datasets of the household budget surveys using logistic regression and decision tree methods. We find that the most critical factors affecting the air transportation preference of the households for the 2003-2017 period are the income level and the occupation of the household head. The fuel expenditures and the existence of transportation subsidies reduce the air transportation preference of the households. In addition, since 2003, there has been a significant increase in the rate of households preferring air transportation in Turkey. So much so that air transportation is the only mode of transportation that has risen over time. A remarkable finding is that air expenditure of the low-income group is not observed in the 2003 survey, whereas it was a small amount in 2017. The literature on transportation preferences is generally based on primary survey data. This study contributes to the literature as it is applied to a relatively large sample of household micro datasets.

**Keywords:** Air Transportation Expenditure, Household Preferences, Liberalization Effect

Submitted: 14.09.2021 • Revision Requested: 14.03.2022 • Last Revision Received: 19.03.2022 • Accepted: 20.03.2022

<sup>1</sup> **Corresponding author:** Gizem Kaya Aydın (Ph.D.), Istanbul Technical University, Department of Management Engineering, Besiktas, Istanbul, Turkey. E-mail: [kayagizem@itu.edu.tr](mailto:kayagizem@itu.edu.tr) ORCID: 0000-0002-6870-7219

<sup>2</sup> Hidayet Beyhan (Ph.D. Candidate), Istanbul Technical University, Department of Management Engineering, Besiktas, Istanbul, Turkey. E-mail: [beyhan17@itu.edu.tr](mailto:beyhan17@itu.edu.tr) ORCID: 0000-0002-0219-7076

<sup>3</sup> Umut Aydın (Ph.D. Candidate), Bandırma Onyeddi Eylül University, Department of Transportation Engineering, Intelligent Transportation System, Balıkesir, Türkiye. E-mail: [uaydin@bandirma.edu.tr](mailto:uaydin@bandirma.edu.tr) ORCID: 0000-0003-4802-8793

<sup>4</sup> Berker Pandir (Ph.D. Candidate), Istanbul Technical University Department of Management Engineering, Besiktas, Istanbul, Turkey. E-mail: [pandir@itu.edu.tr](mailto:pandir@itu.edu.tr) ORCID: 0000-0003-3869-2244

**Citation:** Kaya Aydın, G., Beyhan, H., Aydın, U., & Pandir, B. (2022). The liberalization effect on air transport expenditure choices of turkish households: the perspective of micro data analysis. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 1-18. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.994262>



## 1. Introduction

The airline industry has grown in importance with its effect on the economic situation of the countries and a world-perceived country profile. However, this sector suffered losses due to Covid-19 in last two years, overall traveller numbers in 2021 were 47% lower than in 2019. Nevertheless, according to IATA's expectations, this will rise to 83 percent in 2022, 94 percent in 2023, 103 percent in 2024, and 111 percent in 2025. Therefore, as long as there are no major shocks and crises, the growth potential of the airline industry is high (IATA, 2022).

Turkey has shown improvements in the aviation sector along with worldwide developments in the air transport sector. The directorate general of civil aviation of Turkey reveals that the total number of passengers using air transportation in Turkey has increased over four-fold from 2004 to 2017 (Turkstat, 2019). According to the consumption statistics of Turkstat (2021), the share of household consumption expenditures in transportation was 9.8 per cent in 2003, whereas it was 18.7 per cent in 2017. In particular, when income groups are analyzed to determine a differentiation in terms of their airline expenditure, the high-income group's budget share of transportation expenditure is the highest as expected, and it has the highest percentage of their budget (with a share of 29.4 per cent in 2017). These micro-level statistics are essential as they provide an insight into the decomposition of household transportation spending.

With the implementation of liberal policies for air transport in the 2000s in Turkey, there has been a big step forward for the entrance of private airlines in the domestic market that leads to a competitive domestic market. Along with the amendments to the regulations, some special incentives have been offered to airlines that consider entering the market, such as reducing airport usage fees, reducing some of the additional taxes, or removing some. These applications are aimed at reducing the operating costs of enterprises entering the market, offering lower passenger ticket prices, and making the airline operations market attractive. A single airline had been operated under state ownership until 2003; seven airlines entered the domestic market within seven years of liberalization and were opened to competition (Gerede, 2015). With this competition, some advantages have been also experienced in favor of Turkish households (such as differing prices in airline tickets and increasing route options), and airlines have started to come to the fore in the transportation preferences of households living in Turkey.

## 2. Theoretical Chapter

Airline industry liberalization has led to a competitive market that increases low-cost ticket options and increases household air transport preferences, so do they gain. (Vieira, Câmara, Silva and Santos, 2019). There are underlying reasons that increase the preference for air transport, such as economic reasons, marketing strategies, and government policies. These reasons directly affect the choice of household mode of transport. Not only the economic and marketing policies, the economic and demographic characteristics of the households also have significant effects on choosing the air transport as a transport mode and spending money on which is used by airlines to determine their marketing strategies. The literature is therefore primarily concerned with studies focusing on determinants

of preferences in the mode of transportation (Buehler, 2011; Zenina and Borisov, 2011; Lee, Yoo and Song, 2016; Saygılı and Türkcan, 2018) and determinants of preferences in airlines (Fourie and Lubbe, 2006; Chiou and Chen, 2010; Ukpere, Stephens, Ikeogu, Ibe, and Akpan, 2012). Understanding the degree of determinants that leads customers to buy services is of great importance, and companies operating in air transport seek to maximize their market share based on these results.

The share of transportation expenditures in household consumption expenditures in Turkey is in an increasing trend. With this, between 2002 and 2019, the share of transportation expenditures in the total is approximately 14.8% on average. In the changes in the share of transportation expenditures in the total, factors such as income level, land use and urbanization, regional socio-economic concentrations, mobility, population and automobile ownership are effective. When the share of other expenditures in household expenditures is considered, it is seen that transportation expenditures rank third after “housing and rent” and “food and non-alcoholic beverages” expenditures (UNDP, 2021).

This study aims to concentrate on households’ air transport preferences as a transportation mode and to examine the change in air transport expenditure by decomposing total transportation expenditure after the liberalization in 2003. We also aim to find the essential socio-economic influential factors that affect the choice of air transport in detail by considering the impact of other transport modes and using such a big micro data. For this reason, we contribute to the literature by defining significant household preference factors for air transportation and designing policies for the airline sector.

### 3. Literature Review

To the best of our knowledge, no studies are investigating the socioeconomic factors affecting airway expenditures based on the household dataset. However, many studies are aiming to find variables that affect the choice of airport or airline companies. There are some studies in the literature examining Turkey’s data. Yaylalı, Dilek and Çelik (2015) find the practical factors in choosing airlines by using a multistate logit model over the March-April 2012 period with a face-to-face survey of 2,473 participants. As a result of their study, the likelihood of choosing “A” type airlines is found higher than others in the event of a rise in either ticket price or passenger income. In another work, Yaylalı and Dilek (2017) analyzed the factors that affect the choice of passenger for Turkey. On the other hand, Çelikkol, Uçkun, Tekin, and Çelikkol (2012) examined the preference of airports, and they conducted a survey of customers in the Sabiha Gökçen Airport case to find out the factors that determine the customers’ choice of service purchase and investigate the underlying reasons for preference of customers.

There are also studies examining preferences for airlines and airports in other countries. Milioti, Karlaftis, and Akkogiounoglou (2015) examined the factors affecting passenger decisions on airline choice by using a multivariate probit model based on a survey of 853 respondents in Athens International airport Eleftherios Venizelos. In the case of Nigeria, Ukpere et al. (2012) examined the domestic air transport industry with the same research question by using Nlogit.

Besides these studies, there is literature on the selection of transportation modes. Zenina and Borisov (2011) investigated the performance of mode choice analysis with classification methods - decision trees, discriminant analysis, and multinomial logit. On the other hand, Chee and Fernandez (2013) investigated factors related to the choice of mode of either public or private transport in Penang (in Malaysia) with primary data obtained in 2012. They found that males use transportation more. The presences of a driving license and access to a private vehicle are significant in influencing private mode choice behavior. Zhou et al. (2019) examined the choice of transport mode in the regional sense by using multinomial and nested logit models in Western Australia. Based on regional household data for the UK, Ryley and Davison (2007) found out people who fly very often prefer low-cost airlines. Nevertheless, most of the respondents think that aviation is beneficial to the national economy but harmful to the environment.

The literature is based primarily on survey data, since it has been rarely studied. This analysis contributes to the literature by using a large sample size direct household data.

## 4. Methodology and Data

In this study, the descriptive statistics of household transportation expenditures are primarily given. Subsequently, the preferences of households on air transportation expenditure are examined with a binary logistic regression method by taking socioeconomic variables. Besides logistic regression, a decision tree method is used to determine the best bunch of variables for our model. Sensitivity analysis and cross-validation are applied to confirm the validities of the model used.

### 4.1 Logistic regression

The application of linear regression is unlikely to be used as a method of classification as the probability boundaries could be out of [0,1]. Logistic and probit regression models, however, escape this problem as they are based respectively on the sigmoid and the normal distribution curve. The dependent variable is defined as a discrete binary with codes 0 and 1 in the logistic regression model, while both continuous and nominal variables may be the independent variables.

There are two main advantages which are that logistic regression does not rely on assumptions of normality for the predictor variables or the errors, and that it allows the selection effect to vary nonlinearly (Janzan and Stern, 2004). Logistic regression is a simple concept to grasp and necessitates less training. It works well with simple datasets as well as linearly separable data sets, and makes no assumptions about the class distributions in the feature space. Lastly, it provides different elasticity of the independent variables at each different point (Gujarati, 2009).

The specific form of the logistic regression model is given in Equation 1.

$$\ln \left( \frac{p}{1-p} \right) = Z_i = B_0 + B_1 X_i \quad (1)$$

The coefficients do not give direct marginal effects as in the linear regression. Because the  $P / (1-P)$  shows the odds ratio, the coefficient of  $B_1$  shows the increase in the logarithmic

odds ratio. By using the formula given in Equation 2, the probabilities are obtained from logistic regression.

$$P_i = \frac{e^{z_i}}{1+e^{z_i}} \quad (2)$$

Mode selection models have been studied extensively in the literature and are usually based on a single year primary data survey. However, collecting for each year is difficult, and data may not represent the entire country. By using Turkstat's household budget survey data (secondary data), it is possible to compare households' air transport expenditure choices by years. In this study, expenditure values have not been analyzed directly; even if the real expenditure could be examined, the elasticity would probably exceed one, and air expenditure would be found as luxury goods. Moreover, due to a large number of studies about it in the literature (see Alperovich and Machnes, 1994; Taplin 1997; Gillen, Morrison, and Stewart, 2003), we have chosen a logistic regression model that will provide information to airlines about under which socioeconomic conditions households prefer an airline. Accordingly, airlines will develop their marketing policies.

#### **4.2 Decision tree**

A decision tree is a hierarchical relationship group in a tree-like structure starting from a variable called a root node. This root node is divided into two parts in a plurality of branches representing individual classes of the root node or specific intervals along the scale of the node. In each division, a question is asked, which has a response in terms of the classes or range of the divided variable. Decision trees can also be created with multiple partitions. The questions asked in each division are defined in terms of some measure of uncertainty that reflects the extent to which the resulting cases should be uniform in the divisions. Each branch is further divided by using classes or ranges of other variables. The process goes on until the cutting rule takes place. (Nisbet, Elder and Miner, 2009).

Decision trees are based on several examples that are supposed to represent the population, and the results obtained are tested on the so-called population and the most appropriate nodes achieved by the control automation method (Aytekin, Sütçü, and Özfıdan, 2018). Although there are many algorithms used in the decision tree method, Chi-Squared Automatic Interaction Detector (CHAID) is used to perform division in this study. The branch number varies from two to the number of classes to be formed.

Logistic regression is a parametric regression method based on assumptions and provides policy suggestions with the help of direction and magnitude effects of coefficients. Decision trees are non-parametric methods and are used more often for classification, but do not provide much policy recommendations as implied as logistic regression. The CHAID algorithm, as applied in our study, shows the ranking of the most critical variables in the classification of the data. It has been therefore used to determine the most important variables that affect the airway expenditure choices of households. In the logistic regression, a variable could be interpreted as either statistically significant or not; however, with the decision tree, variables can be ranked according to their importance levels of classifying data.

## 5. The Data

Household Budget Surveys are critical sources to test the validities of the socioeconomic policies implemented and provide information about the socio-economic structures,

**Table 1.** Descriptive statistics

<b>Income Quintiles</b>	<b>Frequency</b>	<b>Percentage</b>
<i>First Quintile</i>	21,210	15.6
<i>Second Quintile</i>	25,994	19.1
<i>Third Quintile</i>	28,141	20.6
<i>Fourth Quintile</i>	29,888	21.9
<i>Fifth Quintile</i>	31,087	22.8
<b>Transportation Usage</b>	<b>Frequency</b>	<b>Percentage</b>
<i>Air (Dependent Variable)</i>		
<i>No</i>	134,288	98.5
<i>Yes</i>	2,032	1.5
<i>Road</i>		
<i>No</i>	18,598	13.6
<i>Yes</i>	117,722	86.4
<i>Rail</i>		
<i>No</i>	132,016	96.8
<i>Yes</i>	4,304	3.2
<i>Maritime</i>		
<i>No</i>	134,775	98.9
<i>Yes</i>	1,545	1.1
<i>Fuel</i>		
<i>No</i>	80,548	59.1
<i>Yes</i>	55,772	40.9
<b>Presence of Transportation Subsidy</b>	<b>Frequency</b>	<b>Percentage</b>
<i>No</i>	108,353	79.5
<i>Yes</i>	27,967	20.5
<b>Occupation</b>	<b>Frequency</b>	<b>Percentage</b>
<i>Lawmakers, Senior Executives, and Managers</i>	11,352	11.7
<i>Professionals</i>	7,614	7.8
<i>Technicians and Assisting Professional Profession</i>	5,503	5.7
<i>Office Services</i>	4,762	4.9
<i>Service and Sales</i>	12,025	12.4
<i>Qualified Agriculture, Forestry and Water</i>	18,666	19.2
<i>Artisans and Related Works</i>	15,422	15.8
<i>Plant and Machine Operators</i>	11,197	11.5
<i>Jobs That Do Not Require Qualifications</i>	10,796	11.1
<b>Year</b>	<b>Frequency</b>	<b>Percentage</b>
2003	19,717	14.5
2004	6,857	5.0
2005	7,267	5.3
2006	7,455	5.5
2007	7,506	5.5
2008	7,190	5.3
2009	8,724	6.4
2010	8,878	6.5
2011	8,769	6.4
2012	8,822	6.5
2013	9,048	6.6
2014	9,070	6.7
2015	8,682	6.4
2016	9,139	6.7
2017	9,196	6.8

life levels, and consumption patterns of households. Turkstat applies these surveys to different households every month from January to December and collects the monthly consumption expenditures of these households. In this study, household budget surveys with a micro data set of transportation expenditures are used. The cross-sectional data is retrieved from Turkstat from 2003 to 2017, which covers the airline liberalization steps in Turkey. The dataset includes the monthly expenditure on air, maritime, rail, road transport, and fuel of each household examined. In addition to these variables, the economic and demographic characteristics of the households, which may affect the air transportation preferences, are also used in the model.

For both logistic regression and decision tree methodologies, the dependent variable is a nominal variable that is defined as “1” if the household spends on air transport in the relevant month, otherwise it is defined as “0”. The independent variables are railway preference, road preference, fuel expenditure preference, and maritime transportation preference, which are defined as “1” if the household spends on these transports in the relevant month, otherwise it is “0”. Having the transportation subsidy is also included as explanatory variables. Finally, the socioeconomic variables also included the income group to which the household belongs, and the occupation of the household head (for studies using similar variables see Chee, and Fernandez, 2013; Yaylalı et al. 2015; Soltanzadeh, and Masoumi, 2014). All these explanatory variables are used as dummy variables. The number of observations was 136,320.

Table 1 displays the frequencies and percentages of the variables used for the study. When the dataset is analyzed, the percentage of households spending on road transport is seen to be higher than other forms of transport while the amount of maritime expenditure is seen to be the least. The household data is available more for those who belong to the middle and lower level occupational groups. The 2003 data is the first of the dataset, and the other years are nearly equal.

As it is in table 1, more than 6,000 households are surveyed each year on average. For a total of 15 years, there are 136,320 observations in the model as a big micro data. There are about 2000 households who have airway expenses in the surveyed month. The data are secondary data collected by Turkstat by a stratified random sampling method by monthly household expenditure. It is noteworthy that different households are included in the dataset for each year. Since a household could spend on air, road, or rail transportation in the same month, it would not be appropriate to apply transportation choice mode models here. Therefore, logistic regression is employed to investigate the substitution case. A household may not have made an airline expenditure during the survey month. Since the dataset is sufficiently large, however, it can be offset and seen in other households' expenses. As an example, the 2003 Household Budget Survey was applied to a sample of 2,160 households, that varied every month from January 1 to December 31, 2003, and a total of 19,717 households throughout the year. Household budget surveys for 2004-2017 were applied to about 6,000 or 7,000 sample households. Unfortunately, the dataset does not contain any flight frequency data. Due to the reasons mentioned earlier and the availability of data, logistic regression is preferred as the model.

According to these, the logistic regression model can be written as in Equation 3,

$$\begin{aligned} Air_{it} = & B_0 + B_1 * Rail_{it} + B_2 Road_{it} + B_3 Sea_{it} + B_4 Fuel_{it} + \\ & B_5 Transportation Subsidy_{it} + \sum_{k=6}^9 B_k Income Group_{it} + \sum_{k=10}^{17} B_k Occupation_{it} + \\ & \sum_{k=18}^{31} B_k Year_{it} + u_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

where  $i$  is the household dimension,  $t$  is the year dimension, and  $k$  represents the index of summation for coefficients. The logistic regression method is applied to the pooled data. Besides, the variable year is also added to the model as a dummy in terms of examining the changes in preferences over the years. We also use robust standard errors, which are more “robust” to the problem of heteroscedasticity.

These variables are also included in the decision tree algorithm, and the models are solved with the help of Stata 14 software.

## 6. Results

In Table 2, the share of transportation expenditures in total expenditure and shares of transportation modes in total transportation expenditure are given. When transportation expenditures are analyzed, over the 2003-2015 period, it is seen that the share of transportation expenditure in total expenditures increases from 13.28 per cent to 21.4 per cent. In this study, income groups are formed as income quintile groups in each year by dividing the number of observation into five groups equally represented by 20 per cent of households and the first quintile group represents 20 per cent of the households with the lowest income, and the fifth quintile group represents the 20 per cent of the households with the highest income. Based on income groups, it is observed that the budget shares of transportation expenditures increase in each income group. In particular, the budget share of the transportation expenditure of the highest 20 per cent income group reaches 30 per cent.

When evaluating the share of household expenditure on transportation modes in total transportation expenditure, it is seen that households generally prefer road transportation as a mode of transportation and have a high share of fuel expenditure in transportation expenditure. However, the shares of road and fuel expenditures in transportation expenditures decreased from 2003 to 2017, and road expenditures are mostly allocated to low and middle-income households with high transportation share. The shares of transport expenditures of households allocated to rail, air, and maritime routes are relatively low and decreased over time. However, the increase in the share of airline expenditures is statistically significant at a 5 per cent significance level. ( $Z$ -score = 3.55). A striking finding is that households in the low and middle-income groups did not make any expenditure on air transport in 2003, whereas they spent on air transportation even with a small amount in each income group in 2017.

Table 3 shows the results of the logistic regression given in Equation 1. In this analysis, because of the missing data, the number of data decreased to 97,337. Firstly, the equation is found as significant according to the Wald test result, and Pseudo  $R^2$  value is obtained



as 0.17. Since the dataset consists of pooling multi-year cross-sectional data, the  $R^2$  value is low as expected.

**Table 2.** Expenditure shares of transportation modes by income quintiles (20 %)

2003						
	First Quintile	Second Quintile	Third Quintile	Fourth Quintile	Fifth Quintile	Total
<i>Transportation</i>	7.71	8.38	9.59	10.69	17.00	13.28
<i>Railway Transportation</i>	0.52	0.64	0.68	0.61	0.44	0.51
<i>Road Transportation</i>	70.44	68.48	63.17	55.14	26.20	38.96
<i>Air Transportation</i>	0.00	0.00	0.00	0.08	1.24	0.79
<i>Maritime Transportation</i>	0.00	0.04	0.05	0.08	0.23	0.16
<i>Fuel</i>	14.19	22.26	28.28	32.91	27.65	27.96
2017						
	First Quintile	Second Quintile	Third Quintile	Fourth Quintile	Fifth Quintile	Total
<i>Transportation</i>	9.57	10.87	12.21	15.47	30.20	21.14
<i>Railway Transportation</i>	0.08	0.27	0.28	0.14	0.08	0.12
<i>Road Transportation</i>	58.08	58.47	50.68	34.46	9.46	20.88
<i>Air Transportation</i>	1.05	0.50	1.55	1.49	1.24	1.26
<i>Maritime Transportation</i>	0.13	0.07	0.18	0.17	0.05	0.09
<i>Fuel</i>	10.09	12.45	15.01	15.04	8.13	10.16

According to Table 3, it is seen that households prefer mostly air transportation as the income level increases. When it is especially compared to the lowest income level, the coefficients of other income levels are positive and have a significant effect. It is observed that preference for railway transportation expenditure has no significant effect on the preference of air transportation expenditures, whereas preferences on maritime and road transportation of households have a positive and significant effect on the preference for air transportation expenditure. There is a significant decrease in the expenditure preferences of air transportation, where households spend on fuel for their vehicles. Also, there is a significant decline in expenditure preferences on air transportation, if there is a subsidy for transportation to any individual in the household. In terms of occupation, the probability of expenditure on air transportation is expected to decrease as the level of occupation increases. The coefficients are found as significant when they are compared to the Lawmakers, Senior Executives, and Managers group. When the year variable is examined, it is seen that expenditure preferences on air transportation have increased since 2003. Notably, we tested the effect of years on household expenditure choice preferences in recent years, 2012-2017, by using t-tests and F tests. We found that there were no significant differences in the years between 2012 and 2015 on the expenditure preferences of households, while the effects of the years 2016 and 2017 were significantly different from them and found to be higher.

The ROC (Receiver Operating Characteristic) curve is a graphic that displays the two types of errors for all possible thresholds. The overall performance of a classifier, summarized over all possible thresholds, is given by the area under the (ROC) curve. An ideal ROC curve will hug the top left the corner, so the more significant the AUC, the better the classifier (James, Witten, Hastie, and Tibshirani, 2013). The ROC curve shown in Figure

1 shows the sensitivity and (1-specificity) values for different thresholds in the logistic regression analysis, which is given in Table 3. The area under the ROC curve is found sufficiently high as 0.85.

**Table 3.** Results of logistic regression

<i>Dependent: Usage of Air Transportation</i>	<b>Coefficient</b>	<b>Robust SE</b>	<b>Z</b>	<b>P</b>	<b>Odds Ratio</b>
<b>Income Quintiles</b>					
<i>Second Quintile</i>	1.34	0.32	4.25	0.00	3.82
<i>Third Quintile</i>	2.01	0.30	6.61	0.00	7.46
<i>Forth Quintile</i>	2.57	0.30	8.59	0.00	13.07
<i>Fifth Quintile</i>	3.51	0.30	11.8	0.00	33.45
<b>Transportation Usage</b>					
<i>Road</i>	-0.12	0.09	-1.37	0.17	0.89
<i>Rail</i>	0.46	0.12	3.75	0.00	1.58
<i>Maritime</i>	0.44	0.14	3.06	0.00	1.55
<i>Fuel</i>	-0.42	0.07	-5.96	0.00	0.66
<b>Presence of Transportation Subsidy</b>	-0.29	0.07	-4.36	0.00	0.75
<b>Occupation</b>					
<i>Professionals</i>	-0.21	0.08	-2.74	0.01	0.81
<i>Technicians and Assisting Professional Profession</i>	-0.52	0.10	-5.04	0.00	0.59
<i>Office Services</i>	-0.78	0.13	-6.14	0.00	0.46
<i>Service and Sales</i>	-0.82	0.09	-8.77	0.00	0.44
<i>Qualified Agriculture, Forestry and Water</i>	-1.03	0.11	-9.46	0.00	0.36
<i>Artisans and Related Works</i>	-1.26	0.11	-11.11	0.00	0.28
<i>Plant and Machine Operators</i>	-1.36	0.13	-10.66	0.00	0.26
<i>Jobs That Do Not Require Qualifications</i>	-1.36	0.15	-9.01	0.00	0.26
<b>Year</b>					
<i>2004</i>	0.85	0.35	2.47	0.01	2.34
<i>2005</i>	1.40	0.30	4.62	0.00	4.06
<i>2006</i>	1.73	0.28	6.07	0.00	5.64
<i>2007</i>	1.85	0.28	6.60	0.00	6.36
<i>2008</i>	2.02	0.27	7.37	0.00	7.54
<i>2009</i>	2.33	0.26	9.00	0.00	10.28
<i>2010</i>	2.34	0.26	9.08	0.00	10.38
<i>2011</i>	2.84	0.25	11.47	0.00	17.12
<i>2012</i>	3.00	0.25	12.14	0.00	20.09
<i>2013</i>	3.17	0.24	12.95	0.00	23.81
<i>2014</i>	3.00	0.25	12.19	0.00	20.09
<i>2015</i>	3.04	0.24	12.53	0.00	20.91
<i>2016</i>	3.30	0.24	13.77	0.00	27.11
<i>2017</i>	3.22	0.24	13.38	0.00	25.03
<b>Constant</b>	-8.27	0.39	-21.41	0.00	0.00
<b>LL</b>	-6494.57				
<b>Number of obs</b>	97337.00				
<b>Wald chi2(31)</b>	2128.67				
<b>Prob &gt; chi2</b>	0.00				
<b>Pseudo R2</b>	0.17				

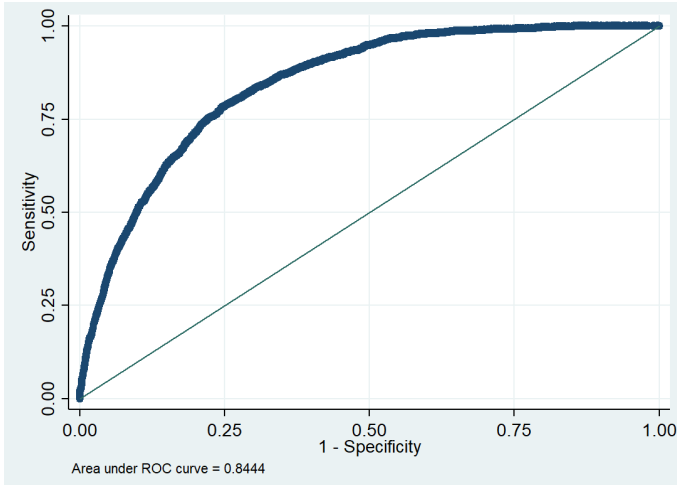


Figure 1. ROC Curve of logit estimates

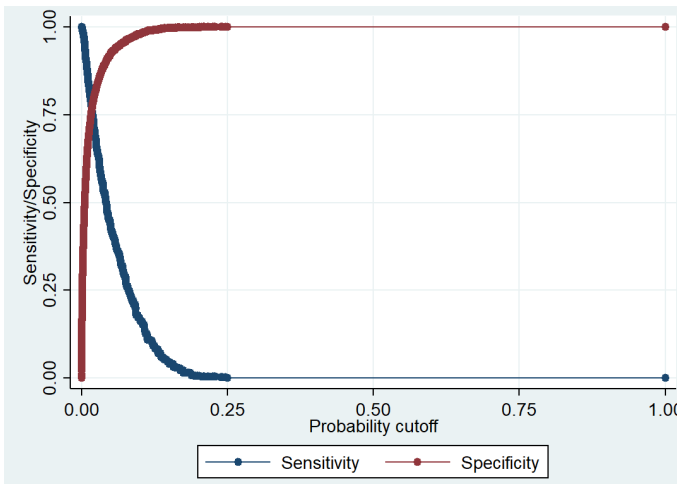


Figure 2. Sensitivity and specificity values of logit estimates

Figure 2 shows the sensitivity and specificity values for different thresholds. In our dataset, 1,513 of 97, 131 households have expenditures on air transport, so the appropriate threshold value is taken as approximately 0.01 (1,513/97,337), and the estimation success is determined according to this value.

Table 4. Classification table of logistic regression

Classified	Original		Total
	1	0	
1	1,319	34,207	35,526
0	194	61,617	61,811
Total	1,513	95,824	97,337
Classified + if predicted $\Pr(D) \geq 0.01$			
True D defined as Air != 0			
Sensitivity	$\Pr(+D)$	87.18 %	
Specificity	$\Pr(-\sim D)$	64.30 %	
Correctly classified	64.66 %		

The classification table, in which the predictive success of logistic regression analysis is evaluated, is shown in Table 4. The important thing is to determine the correct classification

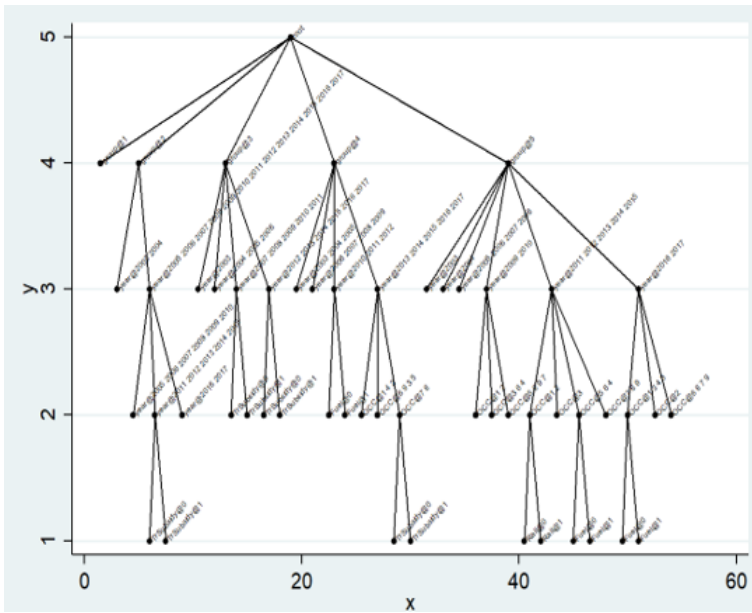
of the households that make airline spending, which is essential to achieve high sensitivity. As a result of the classification, the sensitivity of the analysis is obtained as high as 87 per cent. Although the data is large and contains many zeros, the success of the model is high. Therefore, it can be said that this model can be used for the determination of the households that spend on air transportation.

**Table 5.** Ten-fold cross-validation results

	MAE
Estimation 1	0.028
Estimation 2	0.029
Estimation 3	0.030
Estimation 4	0.031
Estimation 5	0.031
Estimation 6	0.030
Estimation 7	0.030
Estimation 8	0.029
Estimation 9	0.029
Estimation 10	0.028

The purpose of separating the dataset as a training and test set is to avoid possible overfitting, and to understand how the model performs on a dataset that it has not seen before. However, there may be some errors due to distribution during the training and testing phase of the model. In this study, the k-fold cross-validation technique is used to minimize these errors. Here, the training divides the dataset into random k segments. K-1 is used for training, 1 part is used for the test set, and k is repeated this time. The values obtained in each round are summed up, and the performance of the model is evaluated. That is why, after the sensitivity analysis, we use the k-fold cross-validation method to measure the cross-validation success of the model. The mean absolute values of the error terms are obtained for each fold, and they are given in Table 5. It can be seen that the values do not change according to different folds. It means that there is no overfitting problem in our model.

After obtaining the socioeconomic characteristics of the households who make expenditures on air transportation by logistic regression analysis, the decision tree method is made by using the CHAID algorithm to determine the essential variable that leads households to make an air transportation expenditure. The result of decision tree analysis is shown in Figure 3. Table 6 also shows the ranking of the most influential variables in the allocation. The most critical factor in the expenditure preference on air transportation is the income level in which they belong. It is also seen that the variable of the year has a significant effect on the preferences. Then, the occupation of the household's head has a significant impact on expenditure preference on air transportation. The household expenditure preferences on rail transportation and fuel consumption, the presence of transportation subsidy, determine their expenditure preference on air transportation relatively low. On the other hand, having maritime and road transportation expenditures does not affect classification.



**Figure 3.** Decision tree results  
Here, X-axis shows the number of nodes, while Y-axis shows the number of clustered stems.

**Table 6.** Splitting variable permutation importance

	<b>Income Quintiles</b>	<b>Year</b>
<b>Raw</b>	0.49	0.35
<b>Rank</b>	1	2
	<b>Occupation</b>	<b>Rail</b>
<b>Raw</b>	0.14	0.01
<b>Rank</b>	3	4
	<b>Fuel</b>	<b>Presence of Transportation Subsidy</b>
<b>Raw</b>	0.009	0.004
<b>Rank</b>	5	6
	<b>Road</b>	<b>Maritime</b>
<b>Raw</b>	0	0
<b>Rank</b>	8	8

Apart from these effects, a total of 36 clusters has occurred as a result of the decision tree analysis. According to Figure 3, for the lowest income group, it is found that there is no effect in determining the expenditure preference on air transportation of them, and they are not generally classified as having any airline expenditure. For the second 20 percent income group, the presence of transportation subsidy and the “year effect” determine their expenditure preferences on air transportation. Especially after 2005, they preferred spending on air transportation. While these two variables are also explanatory for the third 20 percent income group, the variable of “year” affects airline preference since 2003. For the fourth 20 percent income group, year and occupational variables are found as valid on the expenditure preferences on air transportation. Finally, for the top income group, the occupation of the household head, expenses on fuel, and road transportation affect the making of expenditure choices on air transportation.

## 7. Discussion

The domestic liberalization process in the air transportation sector took place in Turkey in 2003. In October 2003, Flyair became the first domestic airline, flying from Istanbul to Trabzon. Later, it was possible to provide services other than Turkish airlines to many destinations within the country by other airlines, which received domestic flights, mainly from Istanbul. With this development, some policies became a motto such as “an airport every 100 km” and “Every Turkish citizen will fly at least once” by the government. From 2003 to 2017, Turkey has experienced 5.8 per cent of economic growth (IMF, 2019), while the number of passengers who used airlines was 34.443 million in 2003, whereas it reached 193.577 million in 2017 (DHMI, 2019).

There are eight airline business activities for passenger flights in Turkey (SHGM, 2019). After the liberalization, the airline sector has been more competitive, some airline companies have started cross-flights with new regional aircraft. In addition to the reduction in the taxes on airline tickets, the airline companies have been allowed to determine the ticket prices with the new arrangements, and all the airlines are operating in the domestic lines. Moreover, Turkish airlines have provided lower prices on domestic flights (source the price of air tickets), and the airline companies increased their service diversification and revenues by taking advantage of the increase in traffic. But by the end of 2019, Borajet, which made regional flights and in early 2020, Atlas global announced their bankruptcy. The wrong business model of Atlas (low cost charter flights and full service; THY-like operation) brought them to bankruptcy. Other external factors accelerated this process. Besides, Pegasus, which has a low cost model, affordable prices, and basic services that can only be obtained at additional costs, announced the that it made a profit in 2019.

In this study, we examine the socioeconomic factors affecting the expenditure choice of households on air transportation in the case of Turkey and the changes in their preferences after the liberalization in the airline industry. Despite the low level of expenditure preference for air transportation, it has increased compared to other transportation modes since the liberalization. Notably, only the high-income group had air transportation expenditures in 2003, while the low-income group also had air transportation expenditures in 2017 as a result of the increase in the general income level households and lower ticket prices. The increase in competition has led to an increase in long-distance travel, obligates airlines to have technological innovations, and airlines give great importance to customer satisfaction, thereby, they increased their revenues (see Investor, 2019). As a part of the liberalization policy process, Istanbul Airport was opened to air traffic in 2018. Istanbul has the potential of being a hub for air transport due to its geographical location. It is expected that there will be an increase in both external and internal demand, and there will be 300 available destinations after all phases of the new airport are completed. However, the policy of reasonable ticket prices would attract people here in the early days of the new airport, and that would keep domestic demand alive.

Despite the advantages of situations, there are significant risks in the aviation sector. For instance, the deterioration of political relations with other countries or the deterioration in the security perception in Turkey could adversely affect the aviation industry. In

the domestic market, the weakening of the purchasing power of households due to macroeconomic conditions, the rise in the exchange rate, and the increasing oil prices may weaken the sector. On the other hand, domestic companies carry their risks, for example, the Pegasus airline company which is characterized by low cost and young fleet characteristics has high financial costs, and this poses a threat to the sector since it is on dangerous ground (see Investor, 2019). In order to hedge the financial risks such as the exchange rate, it is essential to benefit from derivatives markets more productively. Not only airlines carry risk, but also airports in Turkey, since most of them are not suitable for the expedition on wide-body aircraft, and that is an obstacle to the development of the sector.

In this study, household preferences as domestic demand in the air transportation sector are investigated, and the most critical factors are found to be the income level of household and the occupation level of the household head. Increasing the income and occupational level significantly increases the choice of air transportation. It is also observed that households are more likely to choose air transportation in proportion to the reasons mentioned earlier, such as low-price tickets on airlines, and perception on the security level of air transportation. The fact that the possibility of air transportation choice of households increases with an increase in railway and maritime transportation preferences shows that people care about other public transport facilities besides air transportation, and there is no substitution effect from the railway and maritime transportation to air transportation. In particular, the use of the ferry and subway facilities with access to airports in Istanbul is also one of the qualities that improve this situation. In Turkey, households owning a car are spending more on fuel rather than on airline travel, which indicates that they prefer their vehicles to air travel. At the same time, the presence of a transportation subsidy in households has a negative impact on households' preference for air transportation as there are subsidies for cars issued by the private sector. Therefore, the increase in income levels of households is a need to increase the likelihood of households preferring air transportation, and improvement of the railway and maritime transportation sector will also stimulate the demand for the air transportation sector in terms of access to airports. Since the most important factor in households' airline preference is income, the liberalization movement should be aimed at low-cost flights and optional services.

## 8. Conclusion

Following the liberalization of the airline industry, private airline firms began to compete in Turkey's domestic market. Thus, airlines have developed many improvements to assure consumer satisfaction as a result of greater competition, and as a result, service quality has improved. The domestic market in Turkey has become more diversified as people's living standards have risen, ticket policies have become more affordable, and new aircraft companies have sprung up. In this study, we focus on determinants that affect the household expenditure preferences on air transportation based on socio-economic characteristics of households and preference changes after the liberalization process in Turkey. This study contributes to the literature by using a large sample size direct household data.

We observed that only the high-income group used to make airline expenditures in 2003; however, it comprises all income groups at present. Throughout the period observed, the share of airline expenditures has increased significantly, although the share of transportation expenditures is still low. On the other hand, the other transportation modes expenditures have decreased, thereby that may lead to a further increase in airline expenditures in the years ahead.

The key factors affecting the preference of air transportation of households are found as the income group and the occupation group of the household head. The increase in income and occupational group leads households to prefer airlines. Since the most important factor in households' airline preference is income, the liberalization movement should be aimed at low-cost flights and optional services, which will make the sector more competitive. Thus, companies will continue their existence with high occupancy rates. Moreover, these effects will rebound the tourism and economic growth rates in the long term. As a striking result, an increase in railway and maritime transportation expenditure positively affect the choice of airlines without a substitution effect from these transportation modes to air transportation. However, the presence of a transportation subsidy in households and spending on fuel for their vehicles reduces the likelihood of air transportation preference.

An increase in household income level would put them in a "can afford" position for air transport, and that would lead a resistant aviation sector to the shocks of oil prices and currency. Additionally, reductions in the transportation tax will drive households to prefer air transportation leading to a growing domestic demand for the sector. Considering that, not only the studies at the micro-level but also studies at the macro level are necessary for further investigation. It should be considered that liberalization in aviation will promote growth and domestic tourism, as well as that increased air traffic will have negative consequences for CO<sub>2</sub> emissions. On the other hand, following a series of disasters, our world was eventually confronted with Covid-19, which first appeared in Wuhan, China, in December 2019. The World Health Organization designated the disease as a pandemic after it quickly spread globally. It has wreaked havoc on the global economy. The aviation industry felt the brunt of the catastrophe the most during a time when most of the aviation sector experienced significant financial losses and the number of passengers carried worldwide. Therefore, in future studies, it should be observed how the effect of Covid-19 changes household transportation preferences by using up-to-date data.

---

**Informed Consent:** Written consent was obtained from the participants.

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

**Author Contributions:** Author Contributions: Conception/Design of Study- G.K.A.; Data Acquisition- G.K.A.; Data Analysis/Interpretation- G.K.A., H.B., U.A., B.P.; Drafting Manuscript- H.B., G.K.A.; Critical Revision of Manuscript- U.A., B.P.; Final Approval and Accountability- G.K.A., H.B., U.A., B.P.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

---



## References

- Alperovich, G., & Machnes, Y. (1994). The role of wealth in the demand for international air travel. *Journal of transport economics and policy*, 163-173.
- Aytekin, Ç., Sütçü, C. S., & Özfidan, U. (2018). Karar ağacı algoritması ile metin sınıflandırma: müşteri yorumları örneği. *Journal of International Social Research*, 11(55).
- Buehler, R. (2011). Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 644-657.
- Çelikkol, E. S., Uçkun, C. G., Tekin, V. N., & Çelikkol, Ş. (2012). A research on factors that have effect on satisfaction and preferences of customers with regard to airline transport within domestic flights in Turkey. *İşletme Araştırma Dergisi*, 4(3), 70-81.
- Chee, W. L., & Fernandez, J. L. (2013). Factors that influence the choice of mode of transport in Penang: A preliminary analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 91, 120-127.
- Chiou, Y. C., & Chen, Y. H. (2010). Factors influencing the intentions of passengers regarding full service and low cost carriers: A note. *Journal of Air Transport Management*, 16(4), 226-228.
- DHMI (2019, January 1). Passenger statistics. Retrieved from <https://www.dhmi.gov.tr/Lists/IstatistikList/Attachments/314/YOLCU.pdf>.
- Fourie, C., & Lubbe, B. (2006). Determinants of selection of full-service airlines and low-cost carriers—A note on business travelers in South Africa. *Journal of Air Transport Management*, 12(2), 98-102.
- Gerede, E. (2015). *Havayolu Taşımacılığı Ve Ekonomik Düzenlemeler Teori Ve Türkiye Uygulaması* [Air freight and economic regulations theory and Turkey practice]. Art Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Gillen, D. W., Morrison, W. G., & Stewart, C. (2003). Air travel demand elasticities: Concepts, issues and measurement. Department of Finance, Government of Canada, 2, 365-410.
- Gujarati, D. N. (2009). *Basic Econometrics*. Tata McGraw-Hill Education.
- IATA (2022, March 19). Air passenger numbers to recover in 2024. Retrieved from [https://www.iata.org/en/pressroom/2022-releases/2022-03-01-01/#:~:text=In%202022%2C%20passenger%20numbers%20will,%25\)%2C%20ahead%20of%20other%20regions](https://www.iata.org/en/pressroom/2022-releases/2022-03-01-01/#:~:text=In%202022%2C%20passenger%20numbers%20will,%25)%2C%20ahead%20of%20other%20regions).
- IMF (2020, January 23). Data mapper. Retrieved from [https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP\\_RPCH@WEO/TUR](https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/TUR).
- Investor (2020, January 23). Financial statements. Retrieved from [https://investor.turkishairlines.com/documents/ThyInvestorRelations/2018\\_12\\_Months\\_Financial\\_Statements\\_-\\_TL.PDF](https://investor.turkishairlines.com/documents/ThyInvestorRelations/2018_12_Months_Financial_Statements_-_TL.PDF).
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning* (Vol. 112, p. 18). New York: springer.
- Janzen, F. J., & Stern, H. S. (1998). *Logistic regression for empirical studies of multivariate selection*. *Evolution*, 52(6), 1564-1571.
- Lee, J. K., Yoo, K. E., & Song, K. H. (2016). A study on travelers' transport mode choice behavior using the mixed logit model: A case study of the Seoul-Jeju route. *Journal of Air Transport Management*, 56, 131-137.
- Milioti, C. P., Karlaftis, M. G., & Akkogiounoglou, E. (2015). Traveler perceptions and airline choice: A multivariate probit approach. *Journal of Air Transport Management*, 49, 46-52.
- Nisbet, R., Elder, J., & Miner, G. (2009). *Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications*. Academic press.
- Ryley, T., & Davison, L. (2008). UK air travel preferences: Evidence from an East Midlands household survey. *Journal of Air Transport Management*, 14(1), 43-46.
- Saygili, H., & Turkcan, K. (2018). Transportation mode choice and international fragmentation of production: Evidence from a developing country. Working Papers 1813, Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey.

- SHGM (2019, January 2). Statistics of aviation sector in Turkey. Retrieved from <http://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal/4547-istatistikler>.
- Soltanzadeh, H., & Masoumi, H. E. (2014). The determinants of transportation mode choice in the middle eastern cities: The Kerman case, Iran. *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 7(2), 199-222.
- Taplin, J. H. (1997). A generalised decomposition of travel-related demand elasticities into choice and generation components. *Journal of Transport Economics and Policy*, 183-191.
- Turkstat (2021, September 11). Tables of Household Budget Survey Micro Data Set. Retrieved from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Tuketim-Harcamasi-2017-27840>.
- Turkstat (2019, January 12). Air transportation statistics. Retrieved from [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1051](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051).
- Ukpere, W. I., Stephens, M. S., Ikeogu, C. C., Ibe, C. C., & Akpan, E. O. (2012). Determinants of airline choice-making: The Nigerian perspective. *African Journal of Business Management*, 6(15), 5442-5455.
- UNDP (2021, March 19). Logistics sector analysis report and guide tr31 region (Izmir), Ministry of Industry and Technology Development Agencies General Directorate, 2021, Ankara.section
- Vieira, J., Câmara, G., Silva, F., & Santos, C. (2019). Airline choice and tourism growth in the Azores. *Journal of Air Transport Management*, 77, 1-6.
- Yaylalı, M., & Dilek, Ö. (2017). Havayolu ulaşımında tüketici tercihlerine etki eden faktörlerin belirlenmesi. *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 1(2), 75-88.
- Yaylalı, M., Dilek, Ö., & Çelik, A. (2015). Türkiye hava ulaşımında tüketici tercihinin çok durumlu logit modeli analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 37(1), 261-288.
- Zenina, N., & Borisov, A. (2011). Transportation mode choice analysis based on classification methods. *Computer Science (1407-7493)*, 50.
- Zhou, H., Xia, J., Norman, R., Hughes, B., Nikolova, G., Kelobonye, K., ... & Falkmer, T. (2019). Do air passengers behave differently to other regional travellers?: A travel mode choice model investigation. *Journal of Air Transport Management*, 79, 101682.



Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)

**JTL**

Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.91004738

RESEARCH ARTICLE

## Risks in Road Transportation of Sport Horses: the Case of Turkey

Elnaz Taghizadeh Alamdari<sup>1</sup> , Bengü Sevil Oflaç<sup>2</sup> , Aysu Göçer<sup>3</sup> 

### ABSTRACT

Horses are transported more frequently than any other animals (European Commission, 2002), but lack of education and knowledge in and control over their transportation leads to consequences harmful for the development and expansion of the industry. This study investigates the risks of horse transportation and aims to improve risk mitigation by proposing procedures and control systems. This study focuses particularly on racehorses and showjumping horses, considering their volume and the value of the equestrian market. Employing multi-method research, we aim to investigate the risks involved in horse transportation in Turkey and contribute to the related literature by creating a holistic approach with multiple parties involved in the industry. Semi-structured interviews were conducted with coaches, riders, grooms, drivers, a veterinarian, and a company owner in three cities of Turkey. The data revealed seven risk categories in horse road transportation: employee expertise, insurance issuance, horse health and safety, industry qualification, infrastructure, transportation planning, and vehicle design.

**Keywords:** Racehorses/Showjumping Horses, Risk, Road Transportation

Submitted: 07.10.2021 • Revision Requested: 17.11.2021 • Last Revision Received: 06.12.2021 • Accepted: 17.05.2022

<sup>1</sup> **Corresponding author:** Elnaz Taghizadeh Alamdari (MA), Izmir University of Economics, Department of Logistics Management, Izmir, Türkiye. E-mail: [elnaz.taghizadeh.alamdari@gmail.com](mailto:elnaz.taghizadeh.alamdari@gmail.com) ORCID: 0000-0002-0429-8583

<sup>2</sup> Bengü Sevil Oflaç (Assoc. Prof.), Izmir University of Economics, Department of Logistics Management, Izmir, Türkiye. E-mail: [bengu.sevil@ieu.edu.tr](mailto:bengu.sevil@ieu.edu.tr) ORCID: 0000-0002-8617-4284

<sup>3</sup> Aysu Göçer (Assoc. Prof.), Izmir University of Economics, Department of Logistics Management, Izmir, Türkiye. E-mail: [aysu.gocer@ieu.edu.tr](mailto:aysu.gocer@ieu.edu.tr) ORCID: 0000-0001-7343-7703

**Citation:** Alamdari, E.T., Oflaç, B.S. & Gocer, A. (2022). Risks in road transportation of sport horses: the case of Turkey. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 19-35. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.91004738>



## 1. Introduction

Horse sports are significant and growing industries globally; however, horse logistics is generally neglected (Herold et al., 2019). The International Federation for Equestrian Sports (FEI) organizes more than 800 events every year in Europe in different disciplines (Federation Equestre Internationale, 2021), which necessitate the relocation of over 35,000 horses among European countries (Leadon, 1994). There are around 55,200 active racehorses registered with the Turkey Jockey Club (Turkey Jockey Club, 2021) and 4,080 showjumping horses registered with the Turkey Equestrian Federation (Turkey Equestrian Federation, 2021). Also, there are nearly 1,150 racehorse riders and 7,456 showjumping horse riders registered in Turkey (TJK, 2021 and TBF, 2021).

Animal transportation is a highly specific activity, shaped by the nature and needs of transferred animals. It is a particular sector in logistics operations, requiring special research attention. However, animal-related operations and other specialized animal transportation related areas are generally neglected in the logistics domain. In the animal transportation industry, horses are the most transported animals, for different purposes, such as races, breeding, leisure activities, sale, or slaughter (European Commission, 2002). The distinct characteristics of the horse sports industry and market volume, involving many stakeholders in race, care, training, feeding, and transportation phases, mean that the equestrian market requires specific research attention. This study focuses on racehorses and showjumping horses, which constitute a significant part of the volume and the value of the equestrian market.

The contributions of the study are four-fold: This study (1) explores the transportation risks of racehorses and showjumping horses in all phases of the transportation process, including planning, loading, unloading, and en-route; (2) provides a multi-actor perspective by employing the views from various stakeholders in the horse business; (3) sheds light on the gaps and inadequacies both in policies and applications in emerging countries, which contrasts with the well-developed and structured equine industries in developed countries; and (4) contributes to the animal transportation literature by revealing the road transportation risks for horses. This study also contributes to the specific domain of racehorses' and showjumping horses' transportation, which has received limited attention.

In line with all these arguments, the research questions for this study are as follows:

- 1) What are the risks of racehorses and showjumping horses' transportation in Turkey?
- 2) In which areas can the policies be improved?

This paper starts with a review of related literature. Then the methodology part elaborates on the data collection, sample, and data analysis. The study proceeds with the presentation of the findings. Lastly, the implications and limitations of the study are discussed, and future research avenues are indicated.

## 2. Literature Review

The animal transportation process is characterized by uncertainty due to variations in the conditions of the transportation environment and the needs of animals. Different transport conditions are created due to animal species and their various physiological requirements (Marahrens et al., 2011). In the transportation risk literature, the following road transportation risk factors are highlighted: transfer and packaging risks, lack of adequate and qualified staff and equipment, risks evoked by the conflict between logistics data system and technology, safety risks, risks of waiting time in customs, and infrastructure risks related to logistics (Memis et al. 2020). In our study, we focus on the risks of transporting horses by road. Most previous studies focus on the veterinary aspects, specifically, the effects/risks of transportation on horses' health. While some studies take a more holistic view of animal transportation risks and their drivers (e.g., Padalino 2015; Cregier 1982; Atok and Williams 1994), others pursue a more dedicated view, working on specific aspects (e.g., Mars et al., 1992; Waran and Cuddeford, 1995).

Risks in animal welfare are defined as the possibility of a negative effect on animal welfare and its intensity (Villa et al. 2009). As horses are of high importance regarding their competition performance and monetary value, the sustainability of animal welfare is amongst the most significant issues in the equestrian industry (Munsters, 2013). This can be achieved only by risk assessment and risk management procedures. While risk assessment refers to the determination of risks to the welfare of animals, risk management is defined as the process of recognizing, determining, and controlling risks to an organization's achievements (Villa et al., 2009).

Horses are generally transported on roads in trailers and specially designed trucks, and transportation problems may be related to their exterior and interior design. Since the load is valuable, the vehicles are required to be fully equipped, and to comply with animal safety and health regulations. Several studies exist on horse transportation safety and risks indicating the importance of interior vehicle design and equipment such as partitions, decks, ramps, floor bedding materials, and windows (e.g., Cregier 2009; Cregier and Gimenez 2015; Padalino 2015; Raidal, Love and Bailey 1996). In most cases, bone injuries are caused by inappropriate design and equipment during transportation or in loading and unloading (e.g., Mansmann and Woodie, 1995; Stull, 1997; Whiting, 1999; Hall and Bradshaw, 1998).

Horses from different farms may be transported in the same vehicle, causing the diffusion of bacteria, viruses, and parasites (Boehm, 1998). Among the most important aspects of transportation health are disinfection and clean air in vehicles (e.g., Atok and Williams, 1994; Cregier, 2015), thus, long distance vehicles should be equipped with particular ventilation and temperature monitoring systems (e.g., Leadon, 2008; Padalino, 2015). Furthermore, travel conditions can carry a range of dehydration risk, from mild to severe (e.g., Mars et al. 1992). Even slight dehydration can decrease performance in athletic horses, underlining the importance of this issue (Padalino, 2015). Providing food and water and enabling easy access to appropriate equipment during long-distance transportation is essential to preventing weight loss and dehydration risks (Cockram, 2007).

Apart from the vehicle design and equipment-related risks, in psychological terms, animal transportation is a complicated practice involving numerous potential stressors (e.g., Waran, 1993; Leadon, Daykin, Blackhouse, Frank, and Attock, 1990; Waran and Cuddeford, 1995, Smith et al, 1996). These stressors might lead to serious horse health problems, including weight loss, infections, respiratory diseases, change in heart rate, rise in stress hormone production, the variation of blood harmony, and decrease in the immune system (e.g., Oikawa and Kusunose, 1995; Foreman and Ferlazzo, 1996, Padalino et al, 2016), and in some cases, death due to long journeys (e.g., Oikawa et al, 1995; Racklyeft et al., 2000). Some researchers have investigated psychological stressors (e.g., Baron 1991; White et al., 1991) such as fear and separation from a familiar environment, while others have focused on physical conditions such as vibration, noise, animal density, temperature and humidity changes, trailer motion and road conditions (e.g., Waran and Cuddeford, 1995; McGreevy and McLean, 2011; Padalino, 2015; Houpt and Leib, 1993; Jones, 2003). Moreover, time-based factors such as length of journey and rest times were found to impact horses' stress levels (e.g., Cregier, 1982).

Other potentially crucial issues are transportation planning and documentation, and driver capability. During transportation, a driver's ability in acceleration, braking, and other difficult maneuvers can seriously affect horses' heart rate and stress levels (e.g., West et al. 1993; Cockram, 2007; Gade and Christensen, 1998). To have a healthy journey, it is crucial to ensure appropriate documentation and auditing before loading and after unloading. Lack of en-route information may become a source of risk. Thus, the records of the origin and the owner of the horse, place, date and time of pickup, destination, and estimated time of arrival should be kept for six months as a journey record (Live Transport, 2019), with additional records of safety checks, before-after horse weights, injuries, and any unusual horse behavior such as signs of depression (Cregier, 2009).

According to Šímová et al. (2016), it is essential to ensure optimal quality in animal transportation guided by precise scientific regulations, proportional investment in education and training of staff, enhancement of the quality of equipment, and appropriate deployment of the professional workforce. Moreover, two key points in risk mitigation in road transportation are management-practitioner orientation for the maximization of animal welfare, and better employment of appropriate logistics management.

In light of these arguments, herein, we aim to reveal the risk factors in the racehorses and showjumping horses' road transportation process.

### **3. Methodology**

#### **3.1. Data Collection**

Turkey, as an emerging country, has huge potential in the equestrian industry and horse logistics. Racehorses and showjumping horses are significant elements in the horse industry, and this sector constitutes a significant part of the country's economy, with incomes from races and from betting (Aykinon, 2018). However, because the number of studies in Turkey is inadequate, there is a need for road transportation risk identification to improve the safety and quality of racehorses' and showjumping horses' transportation, through eliminating the risks and improving industry-related policies.

Semi-structured interviews and participant observation techniques were used to investigate the risks in horse road transportation. Employing these different data collection techniques enabled triangulation and increased the validity of findings. Semi-structured interviews, to gather information on horse transportation risks, fulfilled the need for exploratory research in the field. In this regard, we prepared an interview guideline and conducted 13 interviews, averaging 60 minutes each. All the interviews were recorded and converted into verbatim data.

In line with our aim of exploring risks on transportation of racehorses and showjumping horses, we conducted judgmental sampling based on the experience and knowledge level of the participants. In this regard, we selected participants directly linked to horses and their stakeholders. Selecting participants from different responsibilities in the horse business enabled us to gain understanding through multiple perspectives (see Table 1).

In addition to the semi-structured interviews, we utilized the participant observation method, which is a technique for investigating events and behaviors of the research site in natural circumstances through directly participating in the related activities (Marshall and Rossman, 1989). Video recording and voice capturing were used for data collection during observations. In total, 100 hours of observations were completed, and the recorded data was analyzed three times. Field notes enabled us to become familiar with and document horse and personnel activities, and transportation incidents occurring in the observation process. Data were drawn from different transcripts and integrated with field notes. Three researchers coded the interviews separately to achieve inter-coder reliability. The multi-method and multi-actor nature of the study helped to fulfill the validity concerns.

**Table 1.** samples of interviews

#	Participants	Gender	Branch	Location	Experience	Age	Descriptions
1	C1	Male	Racing	Izmir	30	66	Instructor of students, Trainer of horses, Owner, Rider,
2	C2	Male	Jumping	Istanbul	30	47	Instructor of students, Trainer of horses, Owner, Seller
3	CO	Male	Racing & Jumping	Istanbul	25	60	Owner of a transportation company
4	D1	Male	Racing	Izmir	15	60	Driver
5	D2	Male	Jumping	Izmir	20	55	Driver
6	G1	Male	Jumping	Izmir	25	56	Groom
7	G2	Male	Jumping	Izmir	19	32	Groom
8	G3	Male	Jumping	Izmir	9	32	Groom
9	G4	Male	Racing	Izmir	25	35	Groom
10	O1	Male	Jumping	Ankara	20	35	Rider, Horse breeder, Instructor of students, Owner
11	R1	Male	Jumping	Izmir	20	35	Rider, Instructor of students, Trainer of horses, Owner
12	R2	Male	Jumping	Izmir	20	42	Rider, Instructor of students, Trainer of horses, Owner
13	V1	Female	Racing & Jumping	Izmir	10	35	Rider, Veterinarian

### 3.2. Data Analysis

For this study, an abductive approach (Kovacs and Spens, 2005) was adopted, utilizing inductively emerging themes from the data combined with using prior constructs from the literature. Before collecting data, we conducted an extensive literature review to enable the theoretical matching with the existing concepts in the analysis phase. One of the research team had ten years of experience in the horse business, allowing the research to evolve with real-life observations. Building on the literature review, we moved from the basic concepts towards an awareness of emerging arguments, by which the existing frameworks were expanded and reshaped (Kovacs and Spens, 2005; 2006; Timmermans and Tavory, 2012).

Following the thematic analysis steps (Braun and Clarke, 2006), we transcribed the data, and then generated initial codes and then the themes in an abductive manner. More specifically, in the initial coding and subsequent theming processes, we were able to combine data-driven inductive codes and literature-driven theoretical codes as the analysis proceeded. We identified commonalities regarding risks and several interrelated themes were developed from the data inductively.

Following the double-fitting process of the data and the existing literature (Timmermans and Tavory, 2012), we explored newly identified risks in our research context that led to the development of new risk categories.

### 4. Findings and discussion

The data revealed that the risks for the transportation of horses can be categorized in seven main categories: employee expertise, insurance issuance, horse health and safety, industry qualification, infrastructure, transportation planning, and vehicle design (see table 2).

**Table 2.** Major and Sub Risks categories

Major Categories	Sub Categories
Employee Expertise	Driver Expertise
	Horse-Care Staff Expertise
Insurance Issuance	Insurance Policy Coverage
	Insurance Cost
Horse Health and Safety	Stress
	Hygiene
	Feeding
	Veterinary Controls
	Horse Training
Industry Qualification	Documentation
	Educational Obligation
	Industry Know-how
	Systematic Auditing
Infrastructure	Farm Infrastructure
	Route Infrastructure
Transportation Planning	Scheduling
	Safety Planning
Vehicle Design	Air Conditioning
	Internal Design
	Equipment and Safety Tools



In Table 3, we present exemplary quotes for the emerging categories. Categories with emerging data were continuously compared with the interview data and cross-checked with the field notes. The findings were then compared with the existing research.

**Table 3.** Exemplary Quotes

Prominent Quotes	Risk Categories
“We should have an experienced driver; they must be educated and be aware of livestock.” (R1) “Expertise is important. There must be an expert with the driver who is familiar with horses and can remain calm in case of problems.” (V1)	Employee Expertise
“When you insure the horses, it covers the health issues, but transportation insurance is not covered.” (C1) “I searched for an insurance company to insure my horses but none of the companies replied.” (O1) “The vehicle insurance does not cover horse insurance; the owners must ensure their horses separately by themselves.” (D2)	Insurance Issuance
“There is no disinfection in farms.” (V1) “In case of high speed, the horses will be stressed in turns and sudden stops.” (V1)	Horse Health and Safety
“It is important to prepare the necessary documents for horse transportation.” (R2) “Nobody records and monitors the transportation of horses.” (O1)	Industry Qualification
“There is no proper place to give breaks during transportation.” (G3) “In case of emergency finding a proper place for unloading the horses is nearly impossible.” (C1)	Infrastructure
“Planning proper resting time during a prolonged journey is a must.” (CO)	Transportation Planning
“In-vehicle notification systems are essential and should be used to notify the drivers about horses’ status inside the vehicle.” (D2)	Vehicle Design

#### 4.1. Employee Expertise

This category covers the risks associated with the expertise of the driver and horse-care staff in the horse transportation process. The education and training of driver, groom and other staff are critical to increasing expertise in the areas of awareness, know-how, and leadership skills. Data revealed that in most cases, the driver has the required experience. The driver is required to be knowledgeable about all issues in relation to horses. Likewise, grooms are required to be familiar with the transportation of horses and have knowledge on the role of the driver and nature of the vehicle. Lack of expertise and experienced employees in the process raises risks related to welfare aspects and may lead to potential loss of investment in the market.

Some participants mentioned that employees’ compliance with the procedures is important for safe transportation. This requires high levels of awareness gained through training and education. For example, drivers should have regular rest periods on route to their destinations. Long journeys can affect the driver’s attention and cause problems for their own safety and the transported horses. Therefore, drivers must comply with the procedures, and follow the rest schedule programs. Noncompliance with the rest procedures may cause accidents due to exhaustion. According to the interviews with the drivers, it is unusual to carry a second driver due to the extra cost.

Besides having an experienced driver in the vehicle, the knowledge level of the accompanying staff is also important. The V1 reported that, during transportation, the availability of authorized people to check the horses and manage their needs is an

important factor in reducing risks. Awareness of the driver is another significant factor in the transportation of horses. V1 highlighted the issue of the competence of staff for loading and unloading the horse, and that they should be trained accordingly. For instance, drivers' technical vehicle checks before loading the horses is one of the fundamental requirements in the prevention of the risks of transportation.

Participants agreed that the driving style should differ from the ordinary truck driving when the load is livestock and that livestock transportation truck drivers must be informed and educated specifically in the transportation of horses. D1 mentioned that the drivers must pass a mandatory certification test, and that education must be multi-layered, with a technical part related to the car and the mechanics of the vehicle, and an animal-related part, as the driver will be transporting livestock that can kick, jump, and even fatally injure themselves. D2 added that they have undergone training on transporting horses provided by FEI.

Such instructive information is very beneficial in improving the driver's know-how, and leads to the safer transportation of horses, but the training should be updated every five years. However, it was pointed out that no training classes have been offered since 2014. V1 claimed that the drivers get certified for transport of animals in general, but not specifically for horses, and they may not know how to handle a horse-related problem. O1 posited that drivers do not take special courses for transporting horses. The drivers and staff learn the process of transportation through their own experience. Since there is a lack of formal training in the transportation of horses, the training of staff was generally left to the more experienced personnel. However, though not all agreed, R2 mentioned that they had specific courses about transporting horses.

#### ***4.2. Insurance Issuance***

Insurance is necessary for the transportation of horses. Participants highlighted that insurance-related issues are among key risks in horse transportation, either due to the owner's negligence in taking out appropriate insurance for horses, or lack of an insurance company qualified to insure the horses. One of the major problems regarding insurance companies is the inadequacy of coverage. D2 stated that the vehicles are insured as required by law, but that insurance coverage does not include the loss of or harm to the horses themselves. He added that horse insurance covers horse health issues, but the focus on transportation is ignored. C2 noted that the insurance cost is very high for many owners. The insurance cost is around 6.6% of the value of the horse, which is considered a significant amount. As mentioned by the respondents, insurance of the animals is a noteworthy risk.

#### ***4.3. Horse Health and Safety***

The focus in horse health and safety risks is on monitoring the horse's welfare, anxiety, hygiene, feeding, veterinary management, and training. The data revealed that safety risks are underestimated in relation to horse health, which are caused by the behavior of horses and the staff. It is essential to periodically observe horses during transportation. The grooms and drivers should closely follow and control the behaviors of horses. Most modern vehicles have camera systems for the staff to observe and check on the horses

en-route. If the horse changes its behavior significantly, this could be a clear indication of an aversive situation. Participants mentioned that horses can exhibit different behaviors during transportation, which could result from anxiety. This anxiety can be controlled if recognized, for example by fruit, sugar, or hay.

Transporting different categories of horses in the same vehicle is another reason for horse anxiety. Correct assignment of horses travelling together in a single vehicle according to gender and temperament is critical to minimize behavioral problems, and timely and correct intervention by staff in cases of horse behavioral problems is essential.

Furthermore, managing the level of light inside the vehicle will also help to reduce horse stress. The lighting must be adjusted during transportation to avoid horse discomfort. Loading horses from their familiar environment and correct planning of the number of horses in each journey have positive effects on horse behavior. The move from the barn to a confined place is the source of stress and can result in aversive behaviors. Horses may be angered by close eye contact with other horses, depending on their temperament. Driver participants recommended a suitable design with equipment such as high separators to prevent horses seeing each other. According to participants, horses can display different kinds of behaviors before, during, and after transportation, thus, employing educated and expert staff with knowledge about horse behavior will help to mitigate risks in transportation. Also, it is very important to treat horses with patience and kindness during loading. Unfortunately, the data showed that during the loading process some staff use force on hesitant horses by slapping, pushing, or kicking them.

Most participants also draw attention to the issue of feeding during transportation. Feeding in short journeys is not recommended, apart from some cases where hay is used as a distraction from anxiety. Hay is placed in baskets and is effective in calming horses during transportation. For long journeys, it is better to feed horses with hay during transportation; but, if the horses are going to stay overnight at a rest area, they can be given other kinds of food. Water is also important, but watering has its own difficulties. Changes in water affect the horse's performance (Padalino, 2015) and horses may sense the changes in water flavor or odor. Adding apple juice or other flavors is a solution.

As another aspect of transportation, all participants mentioned that the vehicle must be clean and disinfected. However, the findings indicated that not all drivers take enough care about this. V1 mentioned that it must be enforced as a rule in horse transportation. She stated that supervised disinfection of the vehicle must be done after each journey to prevent the spread of diseases. However, due to lack of knowledge and education, some drivers were less careful than others in this regard.

Training horses for safe transportation is a key issue in reducing the risks of transportation. Some participants believe that before loading, it is better to have horses do some exercises to help them relax and release pent-up energy. Also, the data points out that starting their transport training as foals helps them become accustomed to the process of loading.

Most participants argued that there is no obligation for veterinary control in the transportation process, even for long journeys. Veterinary control is often done merely for bureaucratic purposes, and veterinarians sometimes sign documents required for transportation without examining the horses to fulfill the bureaucratic requirement for periodic monitoring. But in case of problems after unloading, the veterinarian must intervene and take the relevant actions.

#### ***4.4. Industry Qualification***

Interview participants frequently mentioned problems related to qualification of the industry related to documentation, reporting of statistics, requirement for education, and systematic auditing to protect the interest of the industry and the partners. Participants specifically noted that documentation must be complete, and records of various aspects must be kept, such as origin, destination, and ownership of animals, as well as the date and time of departure and expected duration of the journey. This information should be stored for a certain period of time and shared by an inspector if needed.

There is a discrepancy in the required documents in the transportation of racehorses and showjumping horses in Turkey. Most participants explained that for transporting racehorses from a hippodrome, a veterinarian needs to sign the documents regarding the health of horses, and that the number of trucks and information related to the horses are registered before loading. In contrast, there is no need to inform and prepare documents when transporting horses to and from horse riding clubs. Many participants see no need for additional documentation and recording for these horses.

In addition, the need for auditing and control for the horse transportation process is highlighted as another critical issue. Service quality in the industry needs to be improved by more effective certification and auditing. O1 added that rules are needed to ensure that transportation documents are certified by the Ministry of Agriculture and Livestock, kept under record in an official system, and made available for research purposes to minimize the risks of transportation.

#### ***4.5. Infrastructure***

Participants consistently complained about the lack of boarding ramps at farms. Moreover, based on the statements, it is challenging to find a proper place for the horses to have time out of the vehicle on journeys. Most of the participants emphasized the lack of areas for resting or emergencies between the cities where competitions are regularly held. V1 noted that lack of proper loading ramps at farms is an important problem. Observations also showed that no ramps are available at showjumping farms, and instead, open rear doors of trucks are used for all loading and unloading activities.

The solution for this problem is to build special horse farms in the cities. V1 and several other participants mentioned that resting areas should be built close to the race venues. These areas should have the necessary equipment and infrastructure for improving the unloading, loading, and resting operations of horses.

#### ***4.6. Transportation Planning***

Participants discussed that planning is a critical risk category in horse road transportation, such as arrangement of journey breaks, scheduling the travels according to competition programs, weather conditions, and appropriate time of the day. According to the coaches, it is better to send the horses to the destination a few days before the competition to rest and adapt them to the new environment. Providing the destination facility with schedule planning and other relevant information is considered essential, so that horse facilities will be ready before horses arrive at the destination, e.g., boxes, hay, water, and bedding.

Transportation planning is important for safe and secure transportation of horses. To ensure a safe and secure journey, driver's compliance with traffic procedures, availability of backup drivers in case of emergency, and obeying the traffic rules and speed limits should be considered while preparing a transportation plan. Participants agreed that the drivers' deviation from the resting procedures cause problems in horse transportation. Coaches and grooms repeatedly raised their concern about planning based on resting procedures for horses during transportation, emphasizing that those horses need rest, especially during long journeys.

Drivers must obey the traffic rules and regulations and strictly follow the driving time limits. According to the Turkish Traffic Law, a truck driver shall not drive more than 8 consecutive hours. To prevent adverse consequences and provide safe and secure travel for both the staff and the horses, stops at certain periods must be planned. A certified driver obeying the traffic rules, speed limits, and other traffic- and driving-related limitations are essential for assuring secure and safe transportation. The responsibility of the driver for the vehicle should never be transferred to unqualified people.

#### ***4.7. Vehicle Design***

Vehicle design is emphasized as a critical aspect that affects the entire temperament and physical status of horses. The vehicle must be designed according to the standard length and height, and should include the necessary components to balance temperature, humidity, and level of environmental pollutants during the journey. Also, vehicle ramps, the quality and size of dividers, and other vehicle design elements affect horse welfare during the journey. The findings indicated that more effective design standards could be enforced for horse vehicles.

Safety is a key element in the design of the vehicle. Appropriate vehicle equipment design plays an important role in the transportation of horses. For instance, ramp design and the elevation level of ramps should comply with safety standards to prevent injuries during unloading and loading operations. Flooring or protective vehicle equipment would ensure a safe journey for the horses. The floor is required to be covered with hay, straw, or a plastic mat.

Dividers between horses provides greater safety for horses. The dividers inside the vehicle must be made of specific materials such as sponge material (in upper parts), and plastic mats (in lower parts). Proper insulation in vehicle design is also crucial to avoid environmental distractions such as external noise, rain, or extreme temperatures.

Climate in vehicles is generally controlled by windows and vents. There must be appropriate openings on the top and the sides of the vehicle to control the climate and allow ventilation. Airflow inside the vehicle should be controllable because it is a major problem for horse health. The findings reveal that the usage of air conditioner systems is not common in Turkey due to the risk of spreading diseases.

While designing the vehicle, special consideration should be given to the interior space arrangement. Almost all participants mentioned that the vehicle must have enough space to accommodate the horse, but it must be restrictive enough to limit movement since this can be problematic for vehicle stability and other horses. Participants pay extra freight rates for transporting their horses in smaller numbers, as horses with behavior problems can kick or bite the others.

During the journey, several precautions can be taken to avoid en-route injuries. Leg and ankle bandages or sponge-like floor bedding materials are commonly used in the industry. Most participants observed that facing horses in the direction of movement helps them to maintain their balance during transportation and prevents falling during accelerations.

Some participants mentioned the importance and necessity of notification devices to warn other drivers about presence of horses inside. They also stated that the use of technology facilitates the maintenance of horse welfare during transportation.

## 5. Conclusion and implications

The transportation of animals is known as a process involving risk (Marahrens et al., 2011). The transportation of racehorses and showjumping horses is a crucial issue with potentially significant impacts on sport horse welfare and performance. This study provides both practical and theoretical contributions to the issue of road transportation of horses in Turkey. This study reveals the risk points in transportation by examining all phases of road transportation (planning, loading, unloading, and en-route), and therefore provides a comprehensive view of risks. Through the identification of risks in horse transportation in Turkey, risk mitigation strategies can be facilitated. A multi-actor perspective contributes to the generation of policies to improve sport horses' welfare. This study contributes to the animal transportation literature in general, and more specifically, to the racehorse and showjumping horse transportation domain.

The vehicles carry a range of safety equipment and provide a comfortable environment for horses (Kentucky Horse Council, 2020). However, our data revealed that most trailers do not comply with the standards in Turkey. In addition, our study found infrastructural inadequacies, such as inadequate or non-existent ramps in farms, causing injuries during loading and unloading stages of transportation. Disinfection of the trailer can decrease the amount of material that is hazardous for horses. Participants confirmed the importance of cleanness and disinfection of the vehicles, as cited in the literature (e.g., Padalino 2015; Atok and Williams 1994). However, based on the findings, some gaps in this respect need to be addressed by policy and regulation enforcement. Moreover, although access to en-route veterinary service is a significant aspect (Cregier, 2009), due to financial

concerns, we found that most carriers do not comply with the recommended policies, and that, unfortunately, some horse owners are not even aware of this necessity.

Proper route planning and time scheduling can prevent dehydration, fatigue, and other transportation-related diseases (e.g., Boehm, 1998; Tinker et al., 1997). In scheduling and planning, it is important to consider breaks and durations. Transportation time should not surpass 12 hours, and breaks must conform to recommended rules (regular stops every 4 to 6 hours for checking, one day rest after 6 to 12 hours in a road journey) (Center for Equine Health, 2018). As Padalino et al. (2018) urged, there must be control points during the journey with specialists to enforce the welfare of animals. We found many violations in the resting times of horses, and the problem of resting area availability in Turkey. The existing areas have multiple issues and inadequacies in terms of required equipment, and the staff needed to monitor the horses during unloading, loading, and resting.

Another important factor during transportation is the driver's ability and behavior. Drivers must pass a required certification test to transport horses; however, the participants said that the majority of the problems occur because of a lack of proper driver training and experience. More frequent training services can be provided to enhance drivers' capabilities in horse transportation, in line with previous studies (e.g., Terrestrial Animal Health Code, 2011; Tarrant, 1990).

The absence of insurance and documentation for transporting sport horses emerged as new risk categories in Turkey. The literature revealed that proper documentation and planning are important in transporting horses (GOV.UK, 2013). It is crucial to have a complete travel itinerary and obtain the required documents and the necessary signatures from authorized officials before loading, and to have these documents authenticated after unloading. Our data reveal that proper documentation is not always completed as required by law. In fact, findings revealed that most horse transportation is done without authorized signatures. Participants insist on more frequent and stricter auditing in road transportation of horses. Unfortunately, excessive bureaucracy gives rise to documentation problems. Additionally, findings also pointed out the insurance problem in the industry. The insurance system for animals in Turkey is outdated. Data showed that there are two main deficiencies in the sport horse transportation insurance system in Turkey: the limited coverage and the high cost, meaning inadequate insurance services for sport horse transportation. Few companies are willing to pay 30% of the value of a horse as an insurance fee in case of harm, but it is responsibility of the owner to insure the horse (Koru Insurance, 2021).

Taking a holistic view of the findings, Turkey, as an emerging country, has its own issues in the equestrian industry. In contrast to other comprehensive studies in the field (e.g., Padalino, 2015, Padalino et al, 2018), our findings highlight the inadequacies and gaps in implementation. Most of the revealed risks are in infrastructure, qualification, documentation, and insurance areas. Although in Turkey, animal welfare regulations and policies regarding transportation exist, findings revealed a considerable policy implementation and auditing gap. More comprehensive legislation on transportation regulations and management can help to reduce or eliminate the risks created by

transportation, and welfare of horses can be improved through the proper implementation of policies. Findings suggest that, for the sport horse transportation industry in Turkey, a more transformative approach to policy adaptation is required. These policies point out important issues in vehicle design, routing, and scheduling, infrastructure, insurance, and documentation.

---

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

**Author Contributions:** Conception/Design of Study- E.T.A., B.S.O., A.G.; Data Acquisition- E.T.A., B.S.O., A.G.; Data Analysis/Interpretation- ; E.T.A., B.S.O., A.G. Drafting Manuscript- E.T.A., B.S.O., A.G.; Critical Revision of Manuscript- E.T.A., B.S.O., A.G.; Final Approval and Accountability- E.T.A., B.S.O., A.G.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

---

## References

- Atock, M.A, Williams, R.B. (1994). The welfare of competition horses. *Revue scientifique et technique* (International Office of Epizootics), 217-232.
- Aradom, S. (2013). Animal transport and welfare with special emphasis on transport time and vibration (Vol. 2013, No. 98).
- Aykinon, H. (2018, 6 4). At yarisinda kazanilan ikramiyeden ne kadar vergi kesilir? Retrieved from <https://www.google.com.tr/amp/s/vergidosyasi.com>
- Baron, A. (1991). Avoidance and punishment. In: Iversen, I.H., Lattal, K.A. (Ed), *Experimental analysis 767 of behavior*, Elsevier, New York, USA, pp. 173-217. Elsevier, 173-217.
- Boehm, R. (1998). Disinfection and hygiene in the veterinary field and disinfection of animal houses and transport vehicles. *Int. Biodeter. Biodegr*, 41, 217-224.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101.
- Cockram, M. (2007). Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter. *Applied Animal Behavior Science*, 234-243.
- Cockram MS, Kent JE, Jackson RE, Goddard PJ, Doherty OM, McGilp IM, Fox A, Studdert-Kennedy TC, McConnell TI and O’Riordan T. (1977). Effect of lairage during 24h of transport on the behavioural and physiological responses of sheep. *Animal Science* 65, 391–40.
- Cole, B. (n.d.). *searchcompliance.techtarget.com*. Retrieved from <https://searchcompliance.techtarget.com/definition/risk-management>
- Cregier, S. (1982). Reducing equine hauling stress: a review. *J. Equine Vet. Sci.*, 2(6), 187-198.
- Cregier, S. (2009). *Best Practices: Surface Transport of the Horse*. Animal Transportation Association, AATA Education Committee.
- Cregier, S. E., & Gimenez, R. (2015). *Non-Commercial Horse Transport: New Standards for Trailers in Canada*. Charlottetown, Canada: University of Prince Edward Island Charlottetown, Canada Join institution.
- European Commission. (2002). *The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep, and cattle)*. European Commission Health & Consumer Protection Directorate-General.
- Fèvre, E. M., Bronsvoort, B. M. D. C., Hamilton, K. A., & Cleaveland, S. (2006). Animal movements and the spread of infectious diseases. *Trends in microbiology*, 14(3), 125-131.
- Friend, T. H. (2001). A review of recent research on the transportation of horses. *Journal of Animal Science*, 79(suppl\_E), E32-E40.



- Foreman, J.H and Ferlazzo, A. (1996). Physiological responses to stress in the horse. *Pferdeheilkunde* 12, 401-404.
- Gade PB and Christensen L. (1998). Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. *Meat Science*, 48, 237–247.
- European commission, Guide to good practices for the transport of horses destined for slaughter (Vol. 12). (2018). *Animal Transport Guide*.
- Hall, S.J.G. and Bradshaw, R.H. (1998). Welfare aspects of transport by road of sheep and pigs. *Journal Applied Animal Welfare Science.*, 1, 235-254.
- Herold, David M., et al. "Sport logistics research: Reviewing and line marking of a new field." *The International Journal of Logistics Management* (2019).
- Houpt, K.A., Leib, S. (1993). Horse handling and transport. *Livestock handling 860 and transport*, CAB international, 233-252.
- JC Petherick, CJCPhillips. (2009). Space allowance for confined livestock and their determination from allometric principles. *Applied Animal Behaviour Science* 117, 1-12.
- Jones, W. (2003). Transporting horses: minimizing the stress. . *Journal of Equine Vet. Sci.* , 543-545.
- Kovács, G., & Spens, K. M. (2005). Abductive reasoning in logistics research. *International journal of physical distribution & logistics management*.
- Leadon D.P., (1994). Transport stress. In" *The Athletic Horse*" (Hodgson D.R. and Rose R.J., eds.), pp. 371-378, Philadelphia.
- Leadon, D., Daykin, J., Blackhouse, W., Frank, C., Attock, M.A. (1990). Environmental, hematological, and blood biochemistry changes in equine transit stress. *American Association of Equine Practitioners*, (pp. 485-490).
- Leadon, D., Waran, N., Herholz, C., & Klay, M. (2008). Veterinary management of horse transport. *Veterinaria Italiana*, 44(1), 149-63.
- Mansmann, R.A., Woodie, B. (1995). Equine transportation problems and some preventives: a review. *International Conference on equine rescue.*, (pp. February 11-12, 141-144.). Southern Pines, North Carolina.
- Mars, M.E., Keisling, H.E., Ross, T.T., Armstrong, J.B., Murray, L. (1992). Water acceptance and 898 intake in horses under shipping stress. *Journal of Equine Vet.* (12), 17-21.
- Marahrens, M., et al. "Risk assessment in animal welfare—Especially referring to animal transport." *Preventive Veterinary Medicine* 102.2 (2011): 157-163.
- Marshall, C., & Rossman, G. B. (1989). *Designing qualitative research*. Sage publications.
- McGreevy, P., McLean, A., Buckley, P., McConaghy, F., & McLean, C. (2011). How riding may affect welfare: What the equine veterinarian needs to know. *Equine Veterinary Education*, 23(10), 531-539.
- Memiş, Salih, et al. "Prioritization of road transportation risks: An application in Giresun province." *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications* 3.2 (2020): 111-126.
- Munsters, C. (2013). *How Challenging is A Riding Horse's Life?* Dissertation Utrecht University, Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht.
- Nielsen B.L, Dybjaer L, Herskin M.S. (2011). Road transport of farm animals: effects of journey duration on animal welfare. *Animal*, 5(3).
- Oikawa M and Kusunose R. (1995). Some epidemiological aspects of equine respiratory disease associated with transport. *Journal of Equine Science*, 25–29.
- Padalino, B. (2015). Effects of the different transport phases on equine health status, behavior, and welfare: A review. *Journal of Veterinary Behavior*, 10(3), 272-282.
- Padalino, B. Raidal, S.L. Hall, E. Knight, P. Celi, P. Jeffcotta, L. and Muscatelloa, G. (2016, October). Survey of horse transportation in Australia: issues and practices. *Australian Veterinary Journal*, 94(10), Australian Veterinary Journal Volume 94, No 10, October 2016.

- Padalino B, Tullio D, Cannone S, Bozzo G. Road Transport of Farm Animals: Mortality, Morbidity, Species, and Country of Origin at a Southern Italian Control Post. *Animals (Basel)*. 2018 Sep 17;8(9):155.
- Raidal, S., Love, D.N., Bailey, G.B. (1996). Effects of posture and accumulated airway secretions on tracheal mucociliary transport in the horse. *Aust. Vet. J.*, 73, 45-49.
- Racklyeft, D. J., & Love, D. N. (2000). Bacterial infection of the lower respiratory tract in 34 horses. *Australian Veterinary Journal*, 78(8), 549-559.
- Šímová, Veronika, et al. "Pre-transport factors affecting the welfare of cattle during road transport for slaughter—a review." *Acta Veterinaria Brno* 85.3 (2016): 303-318.
- Smith, B.L., Jones, J.H., Hornof, W.J., Miles, J.A., Longworth, K.E., Willits, N.H..behavior (1996). Effects of road transport on indices of stress in horses. *Equine Vet. J.*, 28, 446-454.
- Smith, B. L., Jones, J. H., Carlson, G. P., & Pascoe, J. R. (1994). Body position and direction preferences in horses during road transport. *Equine veterinary journal*, 26(5), 374-377.
- Stull, C. (1997). Physiology, balance, and management of horses during transportation. *The Horse Breeders and Owners Conference* (pp. 10-12). Alberta: Red, Deer.
- Tarrant, P. (1990). Transportation of cattle by road. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 28, 153-170.
- Terrestrial Animal Health Code. (2011). Paris, France: WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH.
- Timmermans, S., & Tavory, I. (2012). Theory construction in qualitative research: From grounded theory to abductive analysis. *Sociological Theory*, 30(3), 167-186.
- Tinker, M.K., White, N.A., Lessard, P., Thatcher, C.D., Pelzer, K.D., Davis, B., Carmel, D.K., (1997). Prospective study of equine colic risk factors. *Equine Vet. J.*, 29, 454-458
- Van Hoek, R., Aronsson, H., Kovács, G., & Spens, K. M. (2005). Abductive reasoning in logistics research. *International journal of physical distribution & logistics management*.
- Villa, P. D., Marahrens, M., Calvo, A. V., Di Nardo, A., Kleinschmidt, N., Alvarez, C. F., ... & Müller-Graf, C. (2009). Project to develop animal welfare risk assessment guidelines on transport. *EFSA Supporting Publications*, 6(9), 21E.
- Waran, N. (1993). The behaviour of horses during and after transport by road. *Equine Vet Educ*, 129-132.
- Waran, N. K., & Cuddeford, D. (1995). Effects of loading and transport on the heart rate and behavior of horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 43(2), 71-81.
- West, R., French, D., Kemp, R., Elander, J. (1993). Direct observation of driving, self-reports of driver behavior, and accident involvement. *Ergonomics* 36, 557-567.
- White, A., Reyes, A., Godoy, A., Martinez, R. (1991). Effects of transport and racing on ionic changes in thoroughbred racehorses. *Comp. Biochem. Physiol.*, 99A (3), 343-346.
- Whiting, T. (1999). Maximum loading density of loose horses. *Can. J. Anim. Sci.* 79, 115-118.
- Live transport: welfare regulations, (25 Feb 2019), Retrieved from: (<https://www.gov.uk/guidance/farmanimal-welfare-during-transportation#history>)
- Federation Equestre Internationale, (24 Jan 2021), Retrieved from: (<https://www.fe.i.org/events?month=all&year=2021>)
- Turkey Jockey Club, (24 Jan 2021), Retrieved from: (<https://www.tjk.org/EN>)
- Turkey Equestrian Federation, (24 Jan 2021), Retrieved from: (<https://www.binicilik.org.tr/>)
- Center for Equine Health, Transporting Horses by Road and Air Recommendations for Reducing the Stress, (13 April 2018), Retrieved from: (<https://www.vetmed.ucdavis.edu/>)
- Risk management, (23 Jan 2021), Retrieved from: (<https://searchcompliance.techtarget.com/definition/risk-management>)

- Awareness Key To Health and Welfare Of Horses During Transport, (10 June 2021), Retrieved from: (<https://www.kentuckyhorse.org/news>)
- At Hayat Sigortasi, (5 Feb 2021), Retrieved from: (<https://www.korusigorta.com.tr/tr/ozel-urunlerimiz/at-hayat-sigortasi>)
- Türkiye’de 16 bin 300 saf kan var, (1 Feb 2021), Retrieved from: (<http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/turkiye-de-16-bin-300-safkan-at-var-619-milyon-lira-vergi-odedik-16894142>)





Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)

**JTL**

Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1011652

RESEARCH ARTICLE

## Determining the Effectiveness of the Bus Lines in Urban Transportation using Data Envelopment Analysis

Ahmet Atalay<sup>1</sup> , Ömer Faruk Bircik<sup>2</sup> 

### ABSTRACT

This study aims to determine the efficiency of urban public transport lines and to offer solutions for inefficient lines. In order to determine the efficiency of urban bus lines, a model was created using the data envelopment analysis method. In this model, the input variables were vehicle capacities, distances traveled and number of trips on weekdays and weekend lines. The output variables were the number of passengers carried in each line at peak hour, morning and evening. In addition, taking into account the number of passengers carried and the capacities of the line, capacity utilization rates (CURs) were determined for each line on weekdays and at weekends. CURs were used for the first time in the efficiency analysis of public transportation lines. As the study area, the bus lines used in urban public transportation in Erzurum were examined. As a result of the study, the efficiency and super efficiency degrees of the bus lines were determined. Analysis of the results determined that the highest limit is the K9 line and the lowest is the B4 line. The activity limit are the B2A, B7, G3, G7/A, G9, K3 and K8 lines closest to 100%.

**Keywords:** Public Transport, Efficiency Score, Efficiency Analysis, Data Envelopment Analysis

Submitted: 18.11.2021 • Revision Requested: 02.12.2021 • Last Revision Received: 02.12.2021 • Accepted: 04.12.2021

<sup>1</sup> **Corresponding author:** Ahmet Atalay (Assist. Prof.), Ataturk University, Faculty of Engineering, Department of Civil, Erzurum, Turkiye. E-mail: [ahatalay@atauni.edu.tr](mailto:ahatalay@atauni.edu.tr) ORCID: 0000-0002-8476-8900

<sup>2</sup> Ömer Faruk Bircik (MSc.), Provincial Directorate of Environment and Urbanism, Bingöl, Turkiye. E-mail: [omerfaruk.bircik@gmail.com](mailto:omerfaruk.bircik@gmail.com) ORCID: 0000-0002-5892-6901

**Citation:** Atalay,A., & Bircik, Ö.F. (2022). Determining the effectiveness of the bus lines in urban transportation using data envelopment analysis. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 37-54. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1011652>



## Introduction

Along with the increase in car ownership day by day, there are a number of problems in cities, such as traffic jams, loss of time in traffic, environmental and air pollution, and energy loss. The development of public transportation systems is one of the basic ways of reducing these problems. Using public transportation systems correctly and effectively is important for the environment, health, and the economy. For this reason, accurate evaluation and analysis of the public transport operation and finding a solution to the significant existing problems are important issues that are useful for the planning, design, and operation of the public transport system.

Optimization of the lines should be done well in order to use public transport lines efficiently and effectively. The public transportation system has some inputs and outputs. The inputs of the system are variables such as line lengths, the number of vehicles on the line, capacity of the vehicles, the number of trips, and even the number of employees. The outputs of the system are the number of passengers carried and fuel consumption of the line. In order to determine whether the lines are working efficiently, the variables of the lines should be evaluated together.

The best use of resources is defined as efficiency. Effectiveness is related to how products and services should be produced as well as which products and services should be offered (Karlaftis and Tsamboulas, 2012). It has been stated that efficiency is related to the savings to be achieved by increasing resource savings and / or output amount (Golany and Tamir, 1995). In the light of these definitions, developments such as covering more kilometers with less fuel cost in urban passenger transportation, reducing the total capacity despite the same number of passengers remaining, in other words, decreasing the operating cost can be described as a productivity and efficiency increase.

Productivity and effectiveness are generally used interchangeably, but they differ in meaning. According to this, it refers to the relationship between output expressed by efficiency, goods, services and other results and the resources used to produce them (Gülcü et al., 2004). Effectiveness is a concept that shows how well output can be produced by using production resources or inputs. It is interpreted as producing the most output using the existing input or obtaining the current output with less input (Budak, 2010). Efficiency measure associated with input and output variables is the ratio of the weighted sum of outputs to the weighted sum of inputs (Bektaş, 2007).

Data envelopment analysis (DEA) is a typical benchmark analysis that has been widely used in econometrics to estimate the efficiency of production units, and has been widely adopted in fields such as health, education, finance, local public transport, information communication technologies and macroeconomics of industry research.

In the literature, DEA has applications in all areas of transportation and areas of interest. Marchese et al (Marchese, Ferrari, and Benacchio, 2000) studied the efficiency of container port terminal operators. Cullinane et al., (Cullinane, Ping, Teng- Fei, 2004) performed DEA windows analysis to determine the efficiency of the world's leading container ports over time. Oll and Hayuth (1993) have defined a theoretical rate for port

efficiency. Martinez-Budria et al. (1999) analyzed the efficiency of the ports in relation to the efficiency of a single port. Tongzon (2001) has paid particular attention to the number of cranes and docks for container ships and waiting times by examining the factors that affect the efficiency performance of a port.

DEA was also used for airport analysis: for example, the efficiency of Italian airports was measured by Curi, Gitto, and Mancuso (2008) following the sector's privatization. In a study by Adler and Berechman (2001), airline companies were analyzed to determine airport quality using DEA. Brian, Diarmuid, and Shane (2013) investigated the most efficient transport solution for the Dublin city center-airport route.

Hermans et al. (2009) proposes a computational model based on DEA, created on the model output, to identify the positive and negative aspects of road safety in each country analyzed. Shen et al., (2012) evaluated whether to use DEA as a performance measurement technique that provides an overview of a country's road safety, and whether the road safety results identified in a country correspond to the expected numbers depending on the exposure level. In the study, three models were used: the DEA based road safety model, cross efficiency method and categorical DEA model. In their study, Fancello, Uccheddu and Fadda (2013) used DEA years to compare urban road systems in different cities and evaluate road network performance using various indicators.

DEA began to be used in local public transport in the 1990s to compare results with other analytical techniques. DEA has been used not only to assess the efficiency of companies, but also to assess the impact of policies implemented in the local public transport sector (Gagnepain, Ivaldi, 2002; Piacenza, 2006). Chang and Kao (1992) used DEA to determine the effectiveness of five different bus companies in their study. Levaggi (1994) used parametric and nonparametric approaches to analyze the effectiveness of urban transport in Italy. Viton (1997) used DEA to determine the effectiveness of public and private bus companies. Karlaftis (2004) used DEA to determine the efficiency and effectiveness of transportation companies. Buzzo Margari et al. (2007) examined regulatory and environmental impacts on public transport efficiency using a mixed approach. The most frequently used inputs in the performance measurement of urban passenger transport are the number of employees (workforce), the number of vehicles (capital) and the amount of fuel (energy) (Karlaftis and Tsamboulas, 2012; Chang Kao, 1992; Karlaftis, 2004; Nolan, 1996; Boame, 2004; Sanchez, 1999). Zhang (2016) evaluated the performance of public transit systems based on a combined evaluation method (CEM) consisting of information entropy theory and super efficiency data envelopment analysis (SE-DEA).

It is seen in the literature that cost-based inputs are also used. Operating costs, maintenance and repair costs, general administrative expenses, supply expenses (Chu, Fielding and Lamar, 1992; Boile, 2001), and cost per bus (Bhagavath, 2006) are some of these. It is also seen that variables related to the level of service are included in the model as input. Line length (Hahn, Kim and Kho, 2009), the number of stops (Hahn, Kim and Kho, 2009; Lao and Liu, 2009; Hawas, Khan and Basu, 2012), service frequency (Hahn, Kim and Kho, 2009; Bhagavath, 2006), and operation time (Lao and Liu, 2009; Hawas, Khan and Basu, 2012) are some of the variables related to determining the level of service (Güner, 2014).

On the execution of No.5393 and 5216 Metropolitan Municipality Law with the municipal public transport services, Sarı (2010) determined the effectiveness of the 16 metropolitan municipalities in Turkey using the DEA method.

In addition, the operational analysis of Adana Metropolitan Municipality Bus Branch Directorate, where some of the public transportation services of Adana are carried out, has been made and various suggestions have been made for the business to operate more efficiently. The analysis method in the study, data envelopment analysis model for input was used. A questionnaire form about transportation to the municipalities was prepared and eight different models were created with the data obtained.

In the first model, the input variables were bus numbers and staff numbers. The output variables were bus line number and the daily number of voyages per line. In the second model, the input variables were city population, combat area, number of settlement units. The output variables were the number of bus lines, number of daily flights per line, and occupancy rates in the lines. In the third model, the input variables were number of residential units and number of buses. The output variable was the number of bus lines. In the fourth model, the input values were the number of bus lines, number of buses, passenger capacities of buses and number of personnel working in the bus services. The output variable was the number of passengers carried. In the fifth model, the input variables were input values, the daily number of flights per line, and passenger capacity of buses. The output value was the occupancy rates of the lines. In the sixth model, the input variable were city population and the number of lines. The output variables were the number of daily flights per line and passenger capacity of buses. In the seventh model, the input variables were the number of lines and personnel expense line cost. The output variable was the revenue per line. In the eighth model, the input variables were the city population and number of residential units squared. The output variables were daily number of expeditions per line, passenger capacity of buses, average number of residential units passed by one line, and number of bus lines.

Güner and Coşkun (2016) determined the operational efficiency and service efficiency for public transport lines and compared the two efficiencies. While determining the operational efficiency, the input variables of the model were the number of buses, line length and daily fuel consumption. The output variable was the number of trips per day. In the service efficiency model, the input variables were frequency, service time, number of stops per kilometer, deviation from the shortest distance, travel time. The output variable was the number of trips without connection.

This research contributes to the literature on urban bus line performance in the following ways. (1) This paper takes into account Capacity Usage Ratios (CURs) of urban bus systems, and constructs an evaluation indicator system based on satisfaction and efficiency to measure public transit service performance. (2) This paper takes into account capacity, length of lines and number of passenger indicators. This research provides a comprehensive framework with the ability to account for various indicators.

The purpose of this study is to determine the activities of bus lines used in public



transportation. Unlike previous studies in the literature, the input variable is the average travel distance on weekdays and weekends determined as the capacity of vehicles on weekdays and weekends. The output variable is the number of passengers carried at peak hour on weekdays and weekends determined as the weekly and weekend capacity utilization rate. Determining the capacity utilization rate for each line has not been used in previous studies. In addition, the variable of the number of passengers carried during peak hours has not been used in previous studies. Efficiency Measurement System-Version 1.3.0 (EMS) program was used to analyze the data envelopment analysis models.

## 2. Research Material

The material of this study is the data of bus lines used in public transportation in Erzurum (Table 1). The buses used in public transportation have two different capacities, 58 and 100 seats. Table 1 shows the capacities and frequencies of buses operating on the public transportation lines. In addition, in Table 1, the average number of passengers carried daily on weekdays and at weekends is indicated.

Using the number of passengers carried and the capacity information of the buses on the line, the capacity utilization rates for each line were determined according to the correlation in equation 1.

$$CUR = \left( \frac{p_i}{c_i} \right) * 100 \quad (1)$$

CUR: The capacity utilization ratio

$p_i$  : Average number of passengers carried per day for i. the line

$c_i$  : Daily total capacity for i. the line

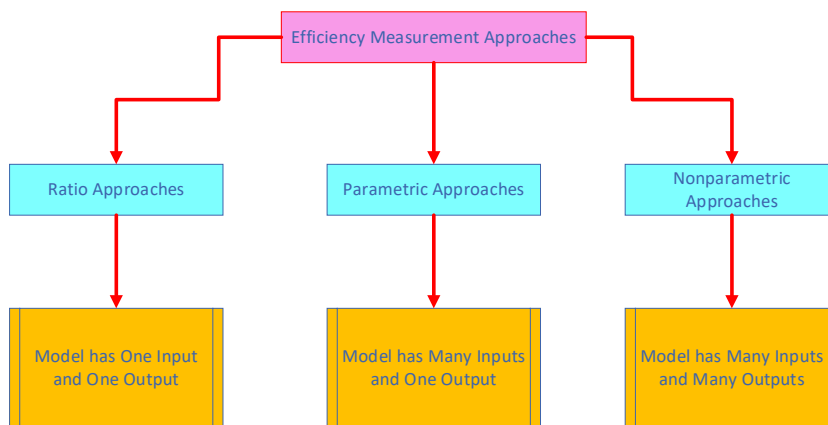
In Equality 1, the daily total capacity of the line is determined by multiplying the number of buses serving and the capacities of the buses. If there were two different capacity buses on one line, the total daily capacity of the line was determined as the result of the number of trips, diameter and total of each bus.

**Table 1.** Bus and transported passenger information on urban public transport lines in Erzurum

Line Name	Line Length (Km)	Weekdays						Weekend					
		Number of buses for 58 people (Piece)	Number of buses for 100 people (Piece)	Number of voyages (Piece)	Daily total capacity of the line (Piece)	Average number of passengers carried per day (Piece)	The capacity utilization rate	Number of buses for 58 people (Piece)	Number of buses for 100 people (Piece)	Number of Flights (Piece)	Daily total capacity of the line (Piece)	Average number of passengers carried per day (Piece)	The capacity utilization rate
B1	46.4	-	9	83	8300	6773,6	81,61	-	8	76	7600	4522.0	59.50
B2A	42.7	4	-	31	1798	1339,0	74,47	4	-	31	1798	893.8	49.71
B2	31.5	7	4	115	8560	6288,2	73,46	7	4	108	7146	4197.6	58.74
B3	30.8	7	4	114	8376	7270,4	86,80	7	4	109	7582	4853.2	64.01
B4	50.1	-	2	16	1600	97,6	6,10	-	2	16	1600	65.1	4.07
B5	47.5	-	1	7	700	370,1	52,87	-	1	7	700	247.0	35.29
B6	45.9	-	4	33	3300	2874,0	87,09	-	4	34	3400	1918.6	56.43
B7	50.3	-	6	45	4500	4410,0	98,00	-	6	45	4500	2943.9	65.42
B8	28.2	-	4	55	5500	2263,3	41,15	-	3	55	5500	1510.9	27.47
D1	35.3	3	-	32	1856	1350,1	72,74	3	-	32	1856	901.3	48.56
G1	19.4	11	-	172	9976	9339,5	93,62	10	-	137	7946	6234.4	78.46
G2	27.2	-	2	25	2500	497,3	19,89	2	-	25	1450	331.9	22.89
G3	26.3	12	1	136	8392	8146,1	97,07	10	-	116	6728	5437.6	80.82
G4	44.5	9	-	69	4002	5488,7	137,15	9	-	56	4046	3664.1	90.56
G4A	67.2	-	5	31	3100	2483,7	80,12	-	5	31	3100	1657.9	53.48
G5	21.6	8	2	110	7304	4342,2	59,45	8	-	96	5568	2898.7	52.06
G6	33	5	-	44	2552	1660,1	65,05	5	-	44	2552	1108.3	43.43
G7	20.8	10	-	124	7192	3599,6	50,05	10	-	124	7192	2402.8	33.41
G7A	19.6	6	-	61	3538	2173,4	61,43	9	-	61	3538	1450.9	41.01
G8	32.2	3	-	30	1740	923,1	53,05	3	-	30	1740	616.1	35.41
G9	28.9	14	4	170	10658	13445,1	126,15	18	-	153	8874	8975.2	101.14
G10	27.2	6	-	56	3248	2934,9	90,36	5	-	47	2726	1959.2	71.87
K1	25.4	2	1	38	2792	1637,8	58,66	2	-	32	1856	1093.4	58.91
K2	31.2	12	-	104	6032	8245,1	136,69	10	-	92	5336	5503.6	103.14
K3	41.7	10	-	74	4764	5370,0	112,72	8	-	62	3596	3584.5	99.68
K4	36.3	-	4	52	5200	2628,1	50,54	-	4	52	5200	1754.5	33.74
K5	28.5	2	-	21	1218	589,6	48,41	1	-	13	754	393.6	52.20
K6	29.3	2	-	23	1334	740,1	55,48	2	-	23	1334	494.0	37.03
K7	46.7	-	6	41	4100	3605,1	87,93	-	6	41	4100	2406.3	58.69
K7/A	42	-	5	36	3600	2424,6	67,35	-	5	36	3600	1618.6	44.96
K8	53.7	-	2	15	1500	1051,2	70,08	-	2	15	1500	701.7	46.78
K9	20.1	1	-	15	870	495,1	56,91	1	-	15	870	330.5	37.99
K10	30.3	5	-	61	3538	1984,5	56,09	5	-	61	3538	1324.6	37.44

## 2.1. Research Method

In the literature, it is seen that there are three basic approaches to measuring operational effectiveness (Yolalan, 1993). First of all, ratio analysis is calculated by determining the ratio of a single input to single output and performance indicators are also calculated. Then decision making units (DMUs) are compared according to these indicators. The second is that the parametric approach is associated with one output and multiple inputs. In this approach, it is assumed that the output function of the DMU, whose effectiveness will be measured, has an analytical structure. Third, a nonparametric approach is used. This method does not predict the existence of any analytical form of the output function of the DMU. Due to these features, they are more flexible than parameter methods. The nonparametric approach has a structure suitable for multi-input and multi-output efficiency measurement (**Figure 1**) (Yeşilyurt, 2003).



**Figure 1.** Approaches used to measure efficiency

Data Envelopment Analysis (DEA), which is one of the non-parametric efficiency measurement methods, is an efficiency measurement method developed to measure the relative effectiveness of homogeneous production units. Data envelopment analysis, which is capable of processing a large number of inputs and outputs, is an approach that can produce highly valid and meaningful results compared to other efficiency measurement methods by using mathematical programming (Bektaş, 2007). DEA is a non-parametric method based on linear programming that calculates the relative activities of units with common features and similar purposes (Anderson, Sweeney, and Williams, 1991).

DEA is an important method that provides the opportunity to measure the effectiveness of organizations compared to other organizations they are competing with, determines the sources and amounts of ineffectiveness of ineffective organizations and determines the rate of improvement that these enterprises need in order to be effective. Charnes, Cooper and Rhodes (1978) named organizations such as institutions, departments, businesses, and administrative units that produce similar outputs using similar inputs as DMU. DEA emerged for the first time in an article prepared by Farrell in 1957 as a multi-dimensional and non-parametric efficacy measurement method (Farrel, 1957). In this article, Mouse has examined the activities of units with multiple inputs and a single output, and for the first time used linear programming in efficiency measurement (Çağlar, 2003).

Based on this study in 1978, the efficiency of schools was predicted with many inputs and outputs, and it created the DEA proportional formula known as the Charnes, Cooper, Rhodes (CCR) model (Charnes, Cooper and Rhodes, 1978). In this study, Charnes, Cooper and Rhodes (1978) assume fixed return status according to the scale. Later, in Banker et al. studies, they dealt with the variable return by scale and this was called the BCC model (Banker, Charnes, and Cooper, 1984). Two separate formats for input and output have been installed for each of the CCR and BCC models. This situation not only increased the ability to interpret the results of DEA studies but also expanded the application area (Yeşilyurt and Alan, 2003).

DEA, as mentioned earlier, can be used for input and output in two ways. Input-oriented DEA models investigate how the most appropriate input combination should be used in order to produce a particular output composition in the most efficient way. Output-oriented DEA models, on the other hand, investigate how much output composition can be obtained with a given input composition. In this study, the effectiveness measurement of public transport services provided in metropolitan municipalities was made using the DEA model for input (Sarı, 2010).

## 2.2. Model Selection

Which of the models for input and output is chosen or what model to build depends on whether the inputs and outputs can be controlled. In other words, if the decision-maker has control over the input, the models for the input are preferred. If the control over the output is concerned, output-oriented models are preferred. Those who run the city have control and power over the inputs of public transport lines, but control and power over the outputs is quite difficult. For this reason, it was appropriate to use the input-oriented CCR model, which aims to minimize inputs, based on the constant return assumption according to the scale. The purpose of this model is to determine the best amount of input required to achieve a certain amount of output.

### 2.2.1. Input Oriented CCR Models

The CCR model, consisting of the initials of the names Charnes, Cooper and Rhodes, was created based on Farrell's previous work (Cooper, Seiford and Tone, 2007). Charnes, Cooper and Rhodes (Bircik, 2019) generalize the known effectiveness rate for single input and single output and for multiple inputs and multiple outputs. Considering the data, there is a need for optimization of each number of DMUs and for measuring the effectiveness of each DMU. As  $o = 1, 2, \dots, n$ , the DMUs to be evaluated are indicated by  $DMU_o$  and the others by  $DMU_j$ .

For the variables, input "weight" ( $v_i$ ) for  $i = 1, 2, \dots, m$ , and output "weight" ( $u_r$ ), for  $r = 1, 2, \dots, s$ , were obtained with the help of equations (1) and (2) (Cooper, Seiford and Tone, 2007).

$$\max \theta = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} = \frac{u_1 y_{10} + u_2 y_{20} + \dots + u_s y_{s0}}{v_1 x_{10} + v_2 x_{20} + \dots + v_m x_{m0}} \quad (1)$$

## Constraints

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1, \quad (2)$$

$$j = 1, 2, \dots, n;$$

$$u_r \geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s;$$

$$v_i \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Identified here,  $\theta$  is the effectiveness of  $o$ th DMU,  $y_{sj}$  is the  $s$ th output produced by the  $j$ th DMU,  $x_{mj}$  the  $m$ th input produced by the  $j$ th DMU,  $u_s$  is the weight given to the  $s$ th output by DMU,  $v_m$  is the weight given to  $m$ th input by DMU. It shows  $n$  are the number of DMUs,  $s$  are number of outputs, and  $m$  are number of inputs.

For each DMU, the “virtual output” / “virtual input” ratio should not exceed 1 in restrictions. The aim is to evaluate the DMUs by maximizing the ratio of the input and output weights of the DMU. Instead of the fractional programming model above, when the following linear programming model (Cooper, Seiford and Tone, 2007) is created, the input direction CCR primal model is obtained;

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = u_1 y_{10} + u_2 y_{20} + \dots + u_s y_{s0} \quad (3)$$

## Constraints

$$v_1 x_{10} + v_2 x_{20} + \dots + v_m x_{m0} = 1$$

$$u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}$$

$$j = 1, 2, \dots, n;$$

$$u_r \geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s;$$

$$v_i \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

Here  $u_r$  shows the  $r$ th output weight, where  $r = 1, 2, \dots, s$ . In the input CCR model, we tried to maximize the weighted sum of the outputs of each DMU, respectively (Equation 3). In the constraints, the weighted sum of the inputs of the interested DMU was equalized to 1, so that the weighted average of the inputs was 1 for each of the DMUs (Equation 4). The second constraint requires that the weighted sum of the outputs be smaller than the weighted sum of the inputs. In this way, the output / input ratio can be at most 1 for each of the DMUs, which means that the decision-making unit is active. The effectiveness value will be less than 1 for inactive DMUs (Bektaş, 2007).

### 3. Model Established In The Study

It has been explained in the introduction that the method suitable for the purpose of the study is DEA. Data envelopment analysis can determine the efficiency of systems with many inputs and many outputs. In this study, a system model with four inputs and four outputs was created. The inputs of the system were the average daily capacities of the working vehicles, and the travel distance. The outputs of the vehicles on the line were

the number of passengers carried at peak hour and the capacity utilization rates of each line (Figure 2).

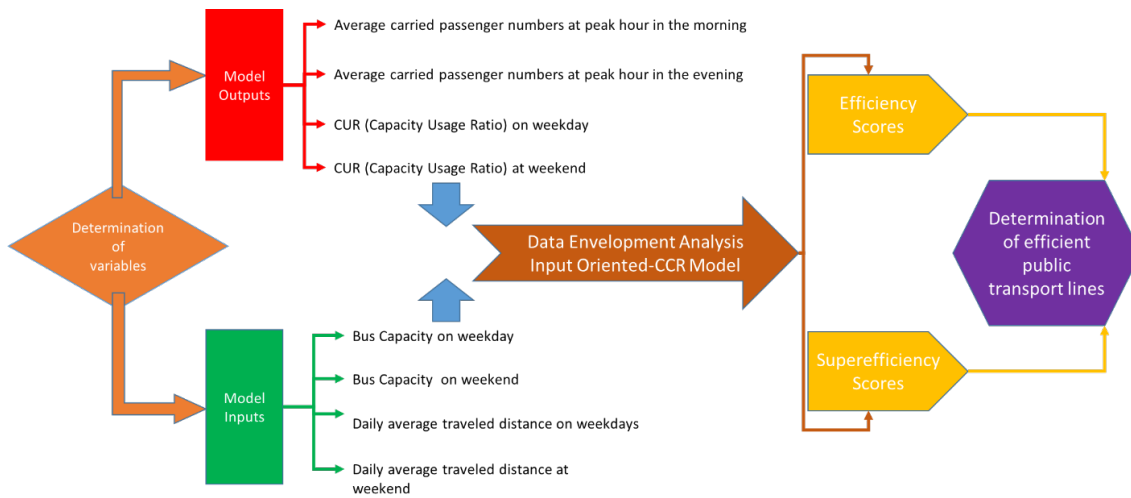


Figure 2. The stages of the model in the study

Municipal and public buses and minibuses are used in urban public transportation. In the Erzurum Metropolitan Municipality inventory, there are 205 buses on 33 different lines with two different types and capacities. The line length of the buses is quite different from each other and varies between 15 and 55 km (Figure 3). On the public transportation line with bus capacity of 58 and 100 people, the capacity utilization rate was obtained by proportioning the number of passengers carried or the total capacity of the vehicles used (Charnes et al., 1990).

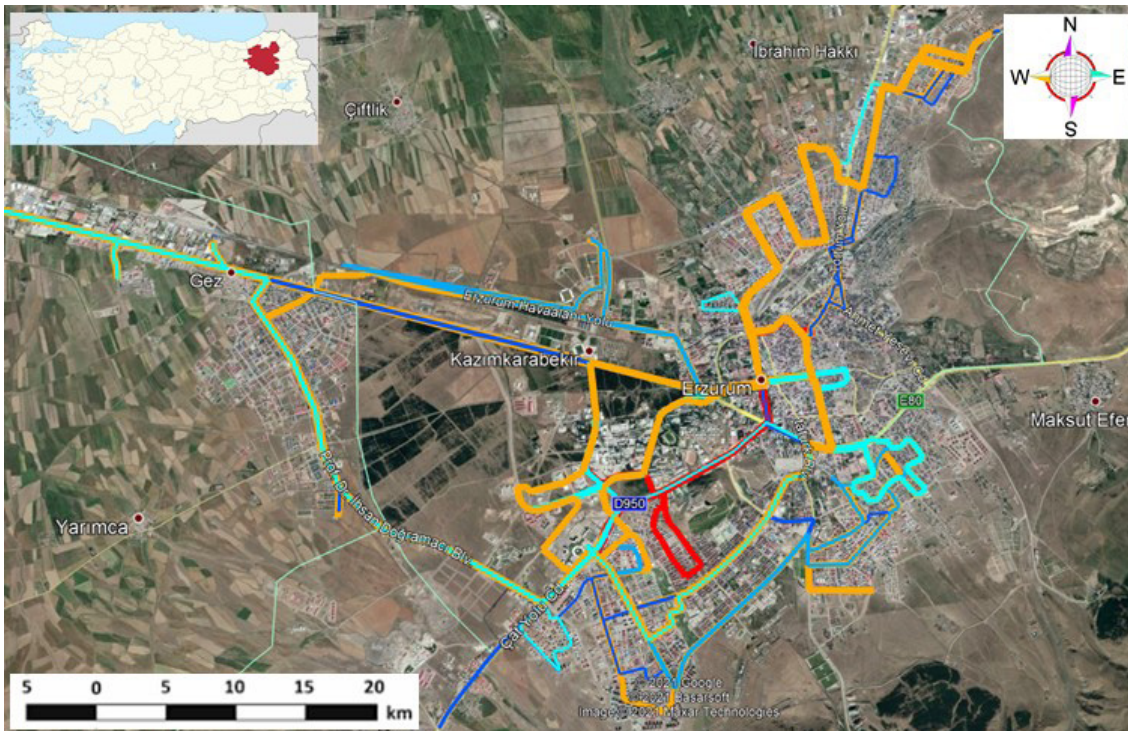


Figure 3. Bus lines in Erzurum

Efficiency results are highly dependent on the selection of inputs and outputs (Zhang 2016). In this study, the capacity of the lines and the length of the traveled lines were determined for both weekdays and weekends as inputs. The number of passengers

**Table 2.** Input and output variables of the model in the study

Line Name	Weekday Capacity {I}	Weekend Capacity {I}	Daily average weekdays {I}	Weekend average daily distance {I}	Average Number of Passengers Carried At Peak Hour In The Morning {O}	Average Number of Passengers Carried In The Evening At Peak Hour {O}	Weekdays CUR {O}	Weekend CUR {O}
B1	8300	7600	3851	3526	430	679	81.61	59.5
B2A	1798	1798	1324	1324	94	120	74.47	49.71
B2	8560	7146	3623	3402	470	533	73.46	58.74
B3	8376	7582	3511	3357	472	572	86.8	64.01
B4	1600	1600	802	802	0	0	6.1	4.07
B5	700	700	333	333	10	62	52.87	35.29
B6	3300	3400	1515	1561	201	220	87.09	56.43
B7	4500	4500	2264	2264	365	360	98	65.42
B8	5500	5500	1551	1551	203	365	41.15	27.47
D1	1856	1856	1130	1130	89	148	72.74	48.56
G1	9976	7946	3337	2658	613	1093	93.62	78.46
G2	2500	1450	680	680	19	69	19.89	22.89
G3	8392	6728	3577	3051	407	930	97.07	80.82
G4	4002	4046	3071	2492	308	500	137.15	90.56
G4A	3100	3100	2083	2083	113	77	80.12	53.48
G5	7304	5568	2376	2074	462	411	59.45	52.06
G6	2552	2552	1452	1452	108	120	65.05	43.43
G7	7192	7192	2579	2579	346	394	50.05	33.41
G7A	3538	3538	1196	1196	132	324	61.43	41.01
G8	1740	1740	966	966	95	0	53.05	35.41
G9	10658	8874	4913	4422	508	1071	126.15	101.14
G10	3248	2726	1523	1278	154	231	90.36	71.87
K1	2792	1856	965	813	159	158	58.66	58.91
K2	6032	5336	3245	2870	564	745	136.69	103.14
K3	4764	3596	3086	2585	308	227	112.72	99.68
K4	5200	5200	1888	1888	102	400	50.54	33.74
K5	1218	754	599	371	4	39	48.41	52.2
K6	1334	1334	674	674	69	43	55.48	37.03
K7	4100	4100	1915	1915	242	319	87.93	58.69
K7/A	3600	3600	1512	1512	200	173	67.35	44.96
K8	1500	1500	806	806	94	87	70.08	46.78
K9	870	870	302	302	47	50	56.91	37.99
K10	3538	3538	1848	1848	76	161	56.09	37.44

transported during peak hours and capacity utilization rates were determined as output variables. Output variables measure the yield or level of activity of services. The outputs used to measure efficiency in public transit are usually vehicle-km, seat-km, passenger-km, passengers and prime operating revenue (Karlaftis, 2004; Zhang, 2016). In Table 2, the names of the bus lines are in the first column. In the second and third columns, there are daily capacities based on the number of vehicles working on weekdays and weekend lines, and the number of trips. In the fourth and fifth columns, the total number of distances covered by bus times and line lengths of the buses in each line is determined in **Table 1**. In the sixth and seventh columns, there are the number of passengers carried in the morning and evening peak hours. The number of passengers carried at the peak hour was determined for morning and evening on weekdays (**Table 2**). In the eighth and ninth columns, the capacity utilization rates (CUR) were determined by using the number of passengers carried on the lines and capacities and equation 1. In **Table 2**, the input variables of the model in this study are specified with {I} and output variables with {O}.

#### 4. Results

In this study, the findings presented that DEA will be used to determine the efficiency of public transport lines. Zhang (2016) used DEA in a case study to evaluate the performance of 13 transit operators in YDR of China. Caulfield, Bailey and Mullarkey (2013) showed how the DEA methodology can be used to compare different modes of public transport. The DEA analysis conducted in this research allowed the determination of the most efficient solutions for the airport route.

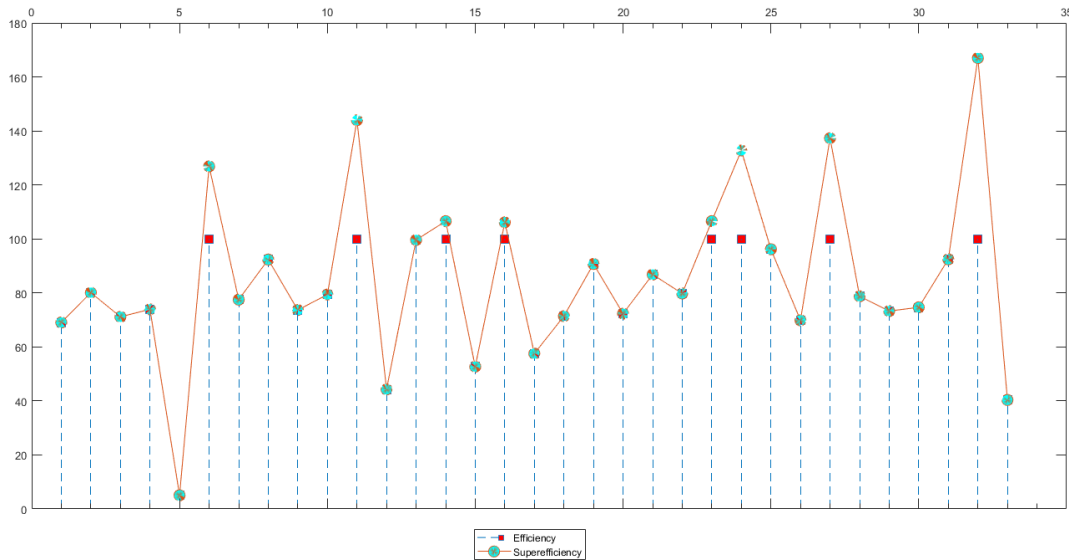
According to the results obtained after the analysis made in this study, the active lines were compared with the inactive lines. Within the scope of the study, efficiency values related to 33 lines used in urban transportation in Erzurum are given in **Table 3**. The data used in this study are the variables of the number of passengers carried on the lines, line lengths and capacity utilization rates. Variables were obtained separately for both weekdays and weekends. In addition, in this study, capacity utilization rate values were used for each specially determined line. Zhang (2016) used GDP, number of passengers per year, public transport price, population density, and total length of bus lines. Some studies also focused on the social outcomes, such as frequency, stops per km, safety, population density etc. of transit services (Chu, Fielding, and Lamar, 1992; Lao and Liu, 2009).

The efficiency score of lines B5. G1. G4. G5. K1. K2. K5 and K9 was 100%. The lines closest to the efficiency limit were B2A with an efficiency score of 80.10%. B7 with an efficiency score of 92.37%. G3 with an efficiency score of 99.62%. G7/A with an efficiency score of 90.74%. G9 with an efficiency score of 86.82%. K3 with an efficiency score of 96.17% and K8 with an efficiency score of 92.47%. These lines were not efficient. However, since they are very close to the efficiency limit, the improvements they need in order to be effective will be easier to achieve than the lines that are far or too far from the efficiency limit.



Table 3. Results of the model established in the study

Line order no	Line Name	Efficiency Score	Super efficiency Score	Bus Line Capacity on weekdays {I}	Bus Line Capacity at weekend {I}	Daily average distance traveled on weekdays {I}	Daily average distance traveled at weekend {I}	Average carried number of passengers at peak hour in the morning {O}	Average carried passenger numbers at peak hour in the evening {O}	CUR (Capacity Usage Ratio) on weekdays {O}	CUR (Capacity Usage Ratio) at weekend {O}	References
1	B1	69.07%	69.07%	0.731	0	0.269	0	0	1	0	0	G1 (0.209) K2 (0.605)
2	B2A	80.10%	80.10%	1	0	0	0	0.403	0.155	0.443	0	G1 (0.087) K2 (0.034) K9 (1.016)
3	B2	71.15%	71.15%	0.171	0	0.829	0	0.934	0.066	0	0	G1 (0.003) G5 (0.445) K2 (0.465)
4	B3	73.94%	73.94%	0.172	0	0.828	0	0.93	0.07	0	0	G1 (0.079) G5 (0.371) K2 (0.448)
5	B4	5.05%	5.05%	0.866	0.134	0	0	0	0	1	0	B5 (0.115)
6	<b>B5</b>	<b>100.00%</b>	<b>126.88%</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.359</b>	<b>0.577</b>	<b>0.064</b>	<b>7</b>
7	B6	77.52%	77.52%	0.161	0	0.839	0	0.913	0	0.087	0	G5 (0.035) K2 (0.254) K9 (0.884)
8	B7	92.37%	92.37%	0.149	0	0.851	0	0.944	0	0.056	0	G5 (0.063) K2 (0.572) K9 (0.282)
9	B8	73.66%	73.66%	0	0	1	0	0	0.898	0.102	0	G1 (0.325) K9 (0.188)
10	D1	79.41%	79.41%	0.956	0.044	0	0	0.271	0.277	0	0.452	B5 (0.379) G4 (0.186) K2 (0.012) K9 (0.450)
11	<b>G1</b>	<b>100.00%</b>	<b>143.97%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0.287</b>	<b>0.713</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>
12	G2	44.28%	44.28%	0	0.766	0.234	0	0	0.696	0	0.304	6 (0.567) G1 (0.025) K2 (0.009)
13	G3	99.62%	99.62%	0	0.967	0	0.033	0	1	0	0	G1 (0.350) K2 (0.735)
14	<b>G4</b>	<b>100.00%</b>	<b>106.57%</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.847</b>	<b>0.153</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
15	G4A	52.71%	52.71%	1	0	0	0	0.604	0	0.396	0	K2 (0.104) K9 (1.158)
16	<b>G5</b>	<b>100.00%</b>	<b>106.14%</b>	<b>0</b>	<b>0.172</b>	<b>0.828</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>
17	G6	57.55%	57.55%	1	0	0	0	0.643	0	0.357	0	K2 (0.120) K9 (0.854)
18	G7	71.41%	71.41%	0.196	0	0.804	0	0.934	0.066	0	0	G1 (0.101) G5 (0.461) K2 (0.126)
19	G7A	90.74%	90.74%	0.097	0	0.903	0	0	0.84	0.16	0	B5 (0.049) G1 (0.266) K9 (0.596)
20	G8	72.32%	72.32%	1	0	0	0	0.66	0	0.34	0	K2 (0.113) K9 (0.660)
21	G9	86.82%	86.82%	0	0.956	0.044	0	0	1	0	0	G1 (0.281) K2 (1.026)
22	G10	79.80%	79.80%	0	0.568	0	0.432	0.166	0.448	0.034	0.353	B5 (0.223) G1 (0.027) K2 (0.196) K5 (0.442) K9 (0.490)
23	<b>K1</b>	<b>100.00%</b>	<b>106.59%</b>	<b>0</b>	<b>0.252</b>	<b>0</b>	<b>0.748</b>	<b>0.783</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.217</b>	<b>1</b>
24	<b>K2</b>	<b>100.00%</b>	<b>132.77%</b>	<b>0.126</b>	<b>0.872</b>	<b>0.002</b>	<b>0</b>	<b>0.869</b>	<b>0.131</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22</b>
25	K3	96.17%	96.17%	0.128	0.872	0	0	0.602	0	0	0.398	K1 (1.038) K2 (0.218) K9 (0.422)
26	K4	69.87%	69.87%	0.68	0	0.32	0	0	0.936	0.064	0	B5 (0.243) G1 (0.308) K2 (0.065)
27	<b>K5</b>	<b>100.00%</b>	<b>137.32%</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
28	K6	78.77%	78.77%	1	0	0	0	0.574	0	0.426	0	K2 (0.051) K9 (0.851)
29	K7	73.30%	73.30%	0.118	0	0.882	0	0.862	0.067	0.071	0	G1 (0.037) G5 (0.013) K2 (0.319) K9 (0.704)
30	K7/A	74.66%	74.66%	0.174	0	0.826	0	0.931	0	0.069	0	16 (0.142) K2 (0.190) K9 (0.579)
31	K8	92.47%	92.47%	1	0	0	0	0.592	0	0.408	0	K2 (0.080) K9 (1.039)
32	<b>K9</b>	<b>100.00%</b>	<b>167.00%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0.375</b>	<b>0</b>	<b>0.625</b>	<b>0</b>	<b>15</b>
33	K10	40.38%	40.38%	0.857	0	0.143	0	0	0.823	0.177	0	B5 (0.634) G4 (0.006) K2 (0.160)



**Figure 4.** Efficiency and super efficiency scores

Among the errors that are effective in DEA analysis, the ones which are more effective are determined from the super activity score. In Table 3, the highest score according to the super efficiency score was K9 line with 167.0%. The second most effective line was the G1 line with 143.97%. G4, G5 and K1 line's super efficiency scores were 106.57%, 106.14% and 106.59%, respectively (**Figure 4**).

The capacity of the B2 / A line affected the efficiency score 100% negatively from the input variables. To bring the B2A line to its effective limit, weekday capacity needs to be reduced. B2A line was similar to G4, K2 and K9 lines: 8.7%, 3.4% and 101.6%, respectively. If improvements are made with reference to similar lines, the efficiency limit will be reached.

The daily average weekly distance traveled from the input variables of the B7 line's effectiveness score negatively affected 85.10%. The distance traveled on weekdays must be reduced to bring the B7 line to its effective limit. Line B7 was similar to lines G5, K2 and K9 at 6.3%, 57.2% and 2.82%, respectively. If improvements are made with reference to these lines, the efficiency limit will be reached.

The efficiency score of the G3 line affected 96.70% of capacity over the weekend from the input variables. To bring the G3 line to its effective limit, capacity over the weekend should be reduced. The G3 line was similar to the G1 and K2 lines at the rates of G1 35% and 73.5% respectively. If improvements are made with reference to these lines, the efficiency limit will be reached.

The distance traveled on weekdays from the input variables affected the efficiency score of the G7 / A line by 90.30%. In order to bring the G7/A line to its effective limit, the distance traveled on weekdays must be reduced. G7 / A line B5, G1 and K2 lines were 4.9%, 26.6% and 59.6% respectively. If improvements are made with reference to these lines, the efficiency limit will be reached.

The capacity of the G9 line affected the efficiency score 95.6% of the input variables over the weekend. To bring the G9 line to its effective limit, the distance traveled over the weekend should be reduced. The G9 line was similar to the G1 and K2 lines at the rates of 28.1% and 102.6% respectively. If improvements are made with reference to these lines, the efficiency limit will be reached.

The efficiency score of the K3 line affected 87.20% of the capacity negatively from the input variables. In order to bring the K3 line to its effective limit, the distance traveled on weekdays must be reduced. The K3 line was similar to the K1, K2 and K9 lines at the rates of 103.8%, 21.8% and 42.2%, respectively. If improvements are made with reference to these lines, the efficiency limit will be reached.

The weekly capacity negatively affected the efficiency score of the K8 line from the input variables. To bring the K8 line to its effective limit, weekday capacity reduction is required. The K8 line was similar to the K2 and K9 lines at 8% and 103.9% respectively. If improvements are made with reference to these lines, the efficiency limit will be reached.

The line that is the farthest from the event score was the B4 line with 5.05% activity score. The activity score of the B4 line affected the weekly capacity 86.60% negatively from the input variables. To bring the B4 line to its effective limit, capacity should be reduced on weekdays. Line B4 was similar to line B5 with a rate of 11.5%. If improvements are made with reference to line B5, the efficiency limit will be reached.

Another line that is farthest from the event boundary was the K10 line with an 40.38% event score. The weekly capacity negatively affected the efficiency score of the K10 line from the input variables. To bring the K10 line to its effective limit, capacity should be reduced on weekdays. Line K10 was similar to lines B5, G4 and K2 at the rates of 63.4%, 0.6% and 16%, respectively. If improvements are made with reference to these lines, the efficiency limit will be reached.

## Conclusions

In this study, the efficiency of 33 bus lines used in Erzurum urban public transportation was determined. The DEA method was used to determine the efficiency of the lines. While creating input and output variables in the DEA, the most appropriate variables were determined to ascertain public transport efficiency. In this study, depending on the input variables, vehicle capacities on weekdays and weekend lines and number of trips on weekday and weekend capacities were taken into account separately. Using the line lengths and the number of trips of the vehicles on the lines, the distances traveled separately on weekdays and weekends of each line were determined. The output variables of the system were determined as the number of passengers carried at peak hour in each line for morning and evening. In addition, taking into account the number of passengers carried and the capacities of the line, capacity utilization rates were determined for each line on weekdays and at weekends.

The aim of DEA is to calculate an efficiency limit measured according to the distance to the ideal class created using the observed input and output data of different units called

DMU. In this study, the lines formed DMUs. Input and output data of DMUs were used. As a result of the analysis, it was determined that the highest limit was the K9 line and the lowest was the B4 line. The activity limits closest to 100% were the B2A, B7, G3, G7/A, G9, K3 and K8 lines.

In this study, the efficiency values of the lines used in urban public transportation were determined. It was determined which lines are active and which lines are not. It was determined which input variable values of inactive lines will be reduced. It was determined which lines are similar to other lines. Due to these determinations, DEA analysis will be beneficial for decision makers in the assessment of urban public transportation lines.

In this study, the shortening of the existing line as a solution for the lines in which line length is reduced is impossible for public transportation, which is a social service. For example, it has been determined that the distance traveled on lines such as B7, G1, G9 and K3 should be reduced. In these lines, the distance can be reduced by reducing the number of trips. In order to reduce the capacity of lines such as B2/A, G3 and K8, instead of reducing the number of vehicles working on the lines, the number of voyages of the working vehicles can be reduced and a solution can be provided.

---

**Informed Consent:** Written consent was obtained from the participants.

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

**Author Contributions:** Author Contributions: Conception/Design of Study- A.A., Ö.F.B.; Data Acquisition- A.A., Ö.F.B.; Data Analysis/Interpretation- A.A., Ö.F.B.; Drafting Manuscript- A.A., Ö.F.B.; Critical Revision of Manuscript- A.A., Ö.F.B.; Final Approval and Accountability- A.A., Ö.F.B.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

---

## References

- Adler, N., & Berechman, J. (2001). "Measuring airport quality from the airlines' viewpoint: an application of data envelopment analysis". *Transport Policy*, 8, 171–181. DOI: 10.1016/S0967-070X(01)00011-7.
- Anderson, D., Sweeney, D. and Williams, T. (1991). "An Introduction to Management Science: Quantitative Approach to Decision Making". USA, West Publishing Company.
- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984). "Some models for estimating technical and scale inefficiencies". *Management Science*, 39, 1261-1264. DOI: 10.1287/mnsc.30.9.1078.
- Bektaş, B. (2007). "A study on the determination of the classification and activity of banks operating in Turkey in different ways". Master Thesis, Gazi University Institute of Science, Department of Statistics, Ankara.
- Bhagavath, V. (2006). "Technical Efficiency Measurement by Data Envelopment Analysis: An Application in Transportation". *Alliance Journal of Business Research*, s. 60-72
- Bircik Ö. (2019). "Investigation of Erzurum Urban Main Public Transport System by Cluster Analysis Method". Master Thesis, Atatürk University.
- Boame, A.K. (2004). "The technical efficiency of Canadian urban transit systems". *Transportation Research Part E*, 40, pp. 401-416. DOI: 10.1016/j.tre.2003.09.002
- Boile, M. (2001). "Estimating technical and scale inefficiencies of public transit systems". *Journal of Transportation Engineering* 127(3) 187-193. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-947X(2001)127:3(187)
- Brian C., Diarmuid B., Shane M. (2013). "Using data envelopment analysis as a public transport project appraisal tool". *Transport Policy*, Volume 29, Pages 74-85. DOI: 10.1016/j.tranpol.2013.04.006

- Budak. H. (2010). "An application in data envelopment analysis and stock selection". Master Thesis. Gazi University Institute of Science. Department of Statistics. Ankara.
- Buzzo Margari. B., Erbetta. F., Petraglia. C., & Piacenza. M. (2007). "Regulatory and environmental effects on public transit efficiency: a mixed DEA-SFA approach". *Journal of Regulatory Economics*. vol. 32. pp.131-151
- Çağlar. A. (2003). "Efficiency Measurement of Municipalities with Data Envelopment Analysis". Phd. Thesis. Hacettepe University. Ankara. Turkey.
- Caulfield. B., Bailey. D., Mullarkey. S. (2013). "Using data envelopment analysis as a public transport project appraisal tool". *Transport Policy*. 29. 74-85. DOI: 10.1016/j.tranpol.2013.04.006
- Chang K.P., Kao. P.H. (1992). "The Relative Efficiency of Public versus Private Municipal Bus Firms: An Application of Data Envelopment Analysis". *The Journal of Productivity Analysis*. Cilt 3. 67-84. DOI: 10.1007/BF00158769
- Charnes. A., Cooper. W. W., Huang. Z. M., Sun. D.B. (1990). "Polyhedral Cone-Ratio DEA Models With An Illustrative Application To Large Commercial Banks". *Journal Of Econometrics*. 46. 73-91. DOI: 10.1016/0304-4076(90) 90048-X
- Charnes. A., Cooper. W. W., Rhodes. E. (1978). "Measuring The Efficiency Of Decision Making Units". *European Journal Of Operational Research*. Volume 2. Issue 6. 429-444. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8
- Chu. X., Fielding. G. J., & Lamar. B. (1992). "Measuring transit performance using data envelopment analysis". *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 26(3): 223-230. DOI: 10.1016/0965-8564(92)90033-4
- Cooper. W.W., Seiford. LM. and Tone. K. (2007). "Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models. Applications. References and DEA-Solver Software". Second Edition. New York: Springer Science+Business Media LLC.
- Cullinane. S., Ping J., & Teng- Fei W. (2004). "An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency". *Review of Network Economics*.
- Curi C., Gitto S., & Mancuso P. (2008). "Un'applicazione della Data Envelopment Analysis (DEA) per la misurazione dell'efficienza degli aeroporti italiani dopo la privatizzazione del settore". *L'Industria*. 4. 689-712. DOI: 10.1430 / 28372
- Fancello. G., Uccheddu. B., & Fadda. P. (2013). "The performance of an urban road system". *Urban Transport 2013. WIT Transactions on the Built Environments* (ISSN: 1746-4498. Digital ISSN: 1743-3509).
- Farrell. M. J. (1957). "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*. 120 (III). 253-281. DOI: 10.2307/2343100
- Gagnepain. P., & Ivaldi. M. (2002) "Incentive Regulatory Policies: The Case of Public Transit Systems in France"; *RAND Journal of Economics*. 33(4). pp. 605-629. DOI: 10.2307/3087477
- Golany B and Tamir.E. (1995). "Evaluating Efficiency-Effectiveness-Equality Trade-Offs – a Data Envelopment Analysis Approach". *Management Science* 4: 1172-1184. DOI: 10.1287/mnsc.41.7.1172
- Gülcü. A., Coşkun. A., Yeşilyurt. C., Coşkun. S. and Esener. T. (2004). "Relative effectiveness analysis of Cumhuriyet University Faculty of Dentistry with data envelopment analysis method". *CU Journal of Economics and Administrative Sciences*. 5. (2). 87-104.
- Güner. S. (2014). "Managing Interrelated Goals with Relational Efficiency Measurement Approach (R-DEA) in Multipurpose Environments: Sakarya Metropolitan Municipality Bus Operations Application". Unpublished Doctoral Dissertation. Institute of Social Sciences. Sakarya University.
- Güner. S. and Coşkun. E. (2016). "Determining the Best Performing Benchmarks for Transit Routes with A Multi-Objective Model: The Implementation and a Critique of the Two-Model Approach". *Public Transport*. Cilt 8. Sayı 2. s. 205-224. DOI: 10.1007/s12469-016-0125-z
- Hahn. J.S., Kim. H.R. and Kho. S.Y. (2009). "A DEA Approach for Evaluating the Efficiency of Exclusive Bus Routes" *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. Cilt 7. DOI: 10.11175/eastpro.2009.0.227.0

- Hawas. Y.E., Khan. M.B. and Basu. N. (2012). "Evaluating and Enhancing the Operational Performance of Public Bus Systems Using GIS-Based Data Envelopment Analysis". *Journal of Public Transportation*. Cilt 15. No. 2. s. 19-44. DOI: 10.5038/2375-0901.15.2.2
- Hermans. E., Brijs. T., Wets. G., & Vanhoof. K. (2009). "Benchmarking road safety: lessons to learn from a data envelopment analysis Hasselt University". *Transportation Research Institute*. DOI: 10.1016/j.aap.2008.10.010
- Karlaftis. M.G. (2004). "DEA Approach for Evaluating the Efficiency and Effectiveness of Urban Transit Systems". *European Journal of Operational Research*. Cilt 152. s. 354–364. DOI: 10.1016/S0377-2217(03)00029-8
- Karlaftis. M.G. and Tsamboulas. D. (2012). "Efficiency Measurement in Public Transport: Are Findings Specification Sensitive?". *Transportation Research Part A*. Cilt 46. s. 392-402. DOI: 10.1016/j.tra.2011.10.005
- Lao. Y. and Liu. L. (2009). "Performance Evaluation of Bus Lines with Data Envelopment Analysis and Geographic Information Systems". *Computers, Environment and Urban Systems*. Cilt 33 s. 247–255. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2009.01.005
- Levaggi R. (1994). "Parametric and non-parametric approach to efficiency: the case of urban transport in Italy". *Studi Economici*. vol. 49. no. 53. pp. 67–88.
- Marchese U., Ferrari C., & Benacchio M. (2000). "L'efficienza tecnica delle imprese terminaliste dedicate alla movimentazione di container: un approccio DEA (Data Envelopment Analysis)". *Transportation*. 81.
- Martinez-Budria. E. Diaz-Armas. R. Navarro-Ibanez. M and Ravelo-Mesa. T. (1999). "A study of the efficiency of Spanish port authorities using data envelopment analysis". *International Journal of Transport Economics* 2: 263–281. <http://www.jstor.org/stable/42747746>
- Nolan JF. (1996). "Determinants of Productive Efficiency in Urban Transit". *Logistics and Transportation Review* 32(3): 319-342.
- Piacenza. M. (2006). "Regulatory Contracts and Cost Efficiency: Stochastic Frontier Evidence from the Italian Local Public Transport". *Journal of Productivity Analysis*. 25(3). pp.257-277. DOI: doi.org/10.1007/s11123-006-7643-7
- Roll Y., & Hayuth Y. (1993). "Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA)". *Maritime Policy and Management*.
- Sanchez. T. W. (1999). "The connection between public transit and employment: The cases of Portland and Atlanta". *Journal of American Planning Association*. 65. 284–296.
- Sarı. N.B. (2010). "Measurement and Improvement of the effectiveness of municipal public transport services with data envelopment analysis". Master Thesis. Çukurova University.
- Shen. Y., Hermans. E., Brijs. T., Wets. G., & Vanhoof. K. (2012). "Road safety risk evaluation and target setting using data envelopment analysis and its extensions". *Transportation Research Institute (IMOB)*. Hasselt University.
- Tongzon. J. (2001). "Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis". *Transportation Research. Part A* 107–122. DOI: 10.1016/S0965-8564(99)00049-X
- Viton. P.A. (1997). "Technical Efficiency in Multi-Mode Bus Transit: A Production Frontier Analysis". *Transportation Research Part B: Methodological*. Cilt 31. No. 1. s. 23-39. DOI: 10.1016/S0191-2615(96)00019-7
- Yeşilyurt. C. (2003). "Efficiency Measurement in Secondary Education with Data Envelopment Analysis from Mathematics Programming Based Activity Measurement Methods". Ph.D. Thesis. Institute of Social Sciences. Cumhuriyet University
- Yeşilyurt. C. and Alan. M. A. (2003). "Measuring Relative Effectiveness of Science High Schools in 2002 by Data Envelopment Analysis Method". *C.Ü. Journal of Economics and Administrative Sciences*. 4 (2): 91-104.
- Yolalan. R. (1993). "Inter-enterprise Relative Efficiency Measurement". Ankara: National Productivity Center-MPM Publications. Publication No: 483.
- Zhang. C., Juan. Z., Luo. Q., Xiao. G. (2016). "Performance evaluation of public transit systems using a combined evaluation method". *Transport Policy*. 45. 156-167. DOI: 10.1016/j.tranpol.2015.10.001



# Otomobil Motor Yağı Alternatiflerinin FUCOM, MAIRCA, MABAC ve BWM Yöntemleri ile Değerlendirilmesi\*

## Evaluation of Automobile Engine Oil Alternatives with FUCOM, MAIRCA, MABAC and BWM Methods

Volkan Genç<sup>1</sup> , Aşkın Özdağoğlu<sup>2</sup> , Murat Kemal Keleş<sup>3</sup>

### Öz

Otomobillerde kullanılan motor yağlarının; yakıt sarfiyatı, motorun parçalarında oluşan sürtünmelerin etkisiyle meydana gelecek aşınma, motorun verimliliği ve performansı gibi bir çok unsura etkisi bulunmaktadır. Bu yüzden kaliteli bir motor yağı seçilmesi otomobilin motorunun performansını artırmak, verimli kullanmak ve ömrünü uzatmak açısından önemlidir. Bu çalışmanın amacı, hususi otomobillere yönelik otomotiv sektöründe öncü markaların Türkiye’de satışa sunmuş olduğu 5w30 motor yağı alternatifleri arasından en optimal olanı belirlemektir. Bu amaca yönelik olarak konusunda uzman olan teknik kişiler tarafından sekiz adet kriter belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıkları ılık iklime sahip İzmir ve karasal iklime sahip Erzurum düşünülerek iki farklı iklim şartına göre yeni ağırlıklandırma yöntemlerinden olan BWM ve FUCOM yöntemleri ile bulunmuştur. Çalışma kapsamındaki beş motor yağı alternatifi ise İzmir ve Erzurum için bulunan kriter ağırlıklarına göre MABAC ve MAIRCA yöntemleri ile sıralanmıştır. Analiz sonuçlarına göre kriter ağırlıklandırmasında; İzmir için ilk sırada “viskozite 100” kriteri çıkarken Erzurum için ise “soğuk marş simülasyonu” kriteri birinci olmuştur. Gerek İzmir gerekse de Erzurum için son sırada yer alan kriter ise “Viskozite indeksi” kriteridir. İzmir ve Erzurum iklim şartlarına göre MAIRCA ve MABAC yöntemleri ile yapılan motor yağlarının değerlendirilmesinde ise İzmir ve Erzurum için motor yağı alternatiflerinin sıralaması aynı çıkmıştır. Analizler sonunda bulunan sonuçlar karşılaştırılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Motor Yağı, Çok Kriterli Karar Verme, FUCOM, MAIRCA, MABAC, BWM

### ABSTRACT

Engine oils used in automobiles have an impact on many factors such as fuel consumption, wear that will occur with the effect of friction in the parts of the engine, efficiency and performance of the engine. Therefore, choosing a quality engine oil is important in terms of increasing the performance of the car's engine, using it efficiently and prolonging its life. The aim of this study is to determine the most optimal one among the 5w30 engine oil alternatives for private cars offered by leading brands in the automotive industry in Turkey. For this purpose, eight criteria have been determined by technical people who are experts in their fields. The weights of the criteria were found by considering two different climatic conditions, namely İzmir with a warm climate and Erzurum with a continental climate, using the new weighting methods BWM and FUCOM. The five engine oil alternatives were listed according to the criteria weights found for İzmir and Erzurum by MABAC and MAIRCA methods. In the light of the analysis, the “viscosity 100” criterion was the first for İzmir, the “cold starting simulator” criterion was the first for Erzurum. The last criterion for both İzmir and Erzurum is the “Viscosity index” criterion. In the evaluation of engine oils made by MAIRCA and MABAC methods according to the climate conditions of İzmir and Erzurum, the order of engine oil alternatives for İzmir and Erzurum was the same. In the last pahse the results were compared and suggestions were made.

**Keywords:** Engine Oil, Multi Criteria Decision Making, FUCOM, MAIRCA, MABAC, BWM

**Başvuru/Submitted:** 07.11.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 06.12.2021 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 21.12.2021 • **Kabul/Accepted:** 03.01.2022

\* Bu çalışma, 01-02 Ekim 2021 tarihlerinde Bartın Üniversitesi İİBF Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü tarafından düzenlenen, 5. ULUK 2021’de sunulan “Otomobil Motor Yağı Alternatiflerinin Fucom, Mairca ve Mabac Yöntemleri İle Değerlendirilmesi” başlıklı bildirinin genişletilmiş halidir.

<sup>1</sup> Volkan Genç (Doktora Öğrencisi), Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İngilizce İşletme Bölümü Doktora Öğrencisi, İzmir, Türkiye.

E-mail: volkangenc@yandex.com ORCID: 0000-0003-2184-482X

<sup>2</sup> Aşkın Özdağoğlu (Doç. Dr.), Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi İşletme Bölümü, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.

E-mail: askin.ozdagoglu@deu.edu.tr ORCID: 0000-0001-5299-0622

<sup>3</sup> **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Murat Kemal Keleş (Dr.Öğr.Üyesi), Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Keçiborlu Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği Programı, Isparta, Türkiye. E-mail: muratkemalk@gmail.com ORCID: 0000-0003-0374-6839

**Atf/Citation:** Genç, V., Ozdagoglu, A., & Keles, M.K. (2022). Otomobil motor yağı alternatiflerinin FUCOM, MAIRCA, MABAC ve BWM yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 55-82. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1020313>



### Extended Abstract

Engine oil is a liquid that forms a protective film layer on the moving parts of the engine, reducing wear and friction, as well as preventing rust and corrosion with the compounds it contains. This fluid also assists the vehicle cooling system at the temperature point by lowering heat created during engine operation, cooling it in the crankcase, and re-joining it in the system cycle with each oil circulation. Many elements, such as engine performance, wear due to friction in engine parts, and fuel consumption, are directly influenced by the engine oil used in an automobile. As a result, selecting a high-quality engine oil is critical if you want to keep your car's engine running longer and more efficiently.

The goal of this research is to find the best 5w30 engine oil for private cars among the 5w30 engine oils available for sale in Turkey by the industry's main companies. The WSS-M2C913-D specification has been determined for the five mineral engine oil replacements under consideration. Experts established the eight criteria employed in the study. "Viscosity index," "Viscosity 40-100 °C mm<sup>2</sup>/S," "Density," "Flash Point," "Flow Point," "Cold Start," and "Ash Sulphate value" are the variables to examine while picking the best engine oil. A choice will be made between five distinct mineral oil brand options based on these parameters. The manufacturers' ASTM (American Society for Testing and Materials) procedures yielded test results that provided values for the technical parameters that influence selection. Engine oil selection criteria were analyzed for two alternative scenarios, taking into account the conditions in Izmir province, which has a pleasant climate, and Erzurum province, which has a harsh continental environment.

The FUCOM, MAIRCA, MABAC, and BWM approaches, which are innovative methodologies, were applied in the study. The criteria weights were determined separately using the FUCOM and BWM multi-criteria decision-making procedures, based on the climate circumstances of two different regions, namely the Aegean and continental climates. MAIRCA and MABAC methodologies are used to rank the five mineral motor oil alternatives according to the criteria weights obtained in both climatic conditions. Owing to the fact that there are negative values in the matrix, the MAIRCA and MABAC approaches were preferred to be able to pick amongst options.

According to the findings of the analysis, the viscosity 100 criterion is first for Izmir, and the cold start simulator criterion is first for Erzurum, in a weighing of the criteria based on the conditions of Izmir and Erzurum. The Viscosity index criterion is the eighth and final criterion in the context of both Izmir and Erzurum. The identical alternatives was found for both Izmir and Erzurum in the engine oil rankings established according to different climate conditions using the MAIRCA and MABAC methodologies. The main reason for this is that every option that complies with the WSS-M2C913-D standard in Turkey and is available on the market can perform its function in a variety of climatic and temperature conditions throughout our country's geography. The study's fundamental disadvantage is that it is limited to the geography of Turkey; if it had been conducted over a wider range of foreign geographies, the results could have varied according to climatic circumstances.



There was no study discovered in the literature that used Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methodologies to choose engine oil options for autos. This will be the first study in the literature to establish and weight engine oil selection criteria for automobiles based on different environmental circumstances, and then use MCDM methods to select the best engine oil alternative. As a result, it is expected to be innovative and contribute to the literature. Furthermore, it is anticipated that this research will be advantageous to both automobile consumers and employees in the automotive industry, as well as engine oil manufacturers and marketers.

## Giriş

Motor yağı, motorun iç yapısında bulunan parçalar üzerinde koruyucu bir film oluşmasını sağlayarak bu parçaların üzerindeki sürtünmeyi ve buna bağlı aşınmayı azaltan ve bunun içerisinde muhteva ettiği çeşitli katkıları ile motoru pas ve korozyondan koruyan bir sıvıdır. Bu sıvı motor çalışırken ortaya çıkan ısının, yağın devri daiminde, karter içerisinde soğutulmuş sistem içerisinde yeniden döndürülmesi ile düşürülüp yüksek hararetin engellenmesi için araç soğutma sistemine yardımcı niteliktedir (Volkan Genç, Ağır Vasıta Sürüş Eğitimi ile yapılan görüşme).

Bu çalışmanın amacı, hususi araçlarda kullanılmak üzere ülkemizde faaliyet gösteren, buldukları sektörde kendini kanıtlamış olan markalar tarafından satışa sunulan; 5w30 motor yağları arasında en uygun alternatifi belirlemektir. Seçime kapsamında olan bütün alternatifler WSS-M2C913-D şartnamesini karşılayacak şekilde oluşturulmuştur. En uygun yağın belirlenmesinde ele alınması gereken kriterler sırasıyla; “Viskozite indeksi”, “Viskozite 40-100 °C mm<sup>2</sup>/S”, “Yoğunluk”, “Parlama Noktası”, “Akma Noktası”, “Soğuk Marş” ve “Kül Sülfat değeridir”. Söz konusu kriterler baz alınmak suretiyle beş farklı madeni yağ seçeneği değerlendirilecektir. Değerlendirme kriterleri içindeki teknik kriterlere ilişkin veriler, motor yağı üreticilerinin sunduğu ASTM (Amerikan Test ve Malzeme Derneği) yöntemlerine göre yapılan testlerden sağlanmıştır. Kriterlerin önem derecesi FUCOM ile belirlendikten sonra farklı yöntemlerin kriter ağırlığı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla BWM yöntemi ile de hesaplanmıştır. Alternatifleri sıralamak için MAIRCA ve MABAC yöntemlerinin seçilmesinin nedeni başlangıç matrisinde negatif değerlerin bulunmasından dolayıdır. Motor yağı seçim kriterleri sürüş eğitimi tarafından belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. İklim şartlarına göre kriterlerin önem düzeyleri farklılaşabileceğinden dolayı değerlendirmeler kıyı Ege iklim şartları ile karasal iklim şartları olarak iki farklı durum için değerlendirilmiştir. Alternatiflerin değerleri çalışma kapsamındaki yağ firmalarının teknik kataloglardan elde edilmiştir.

Literatüre bakıldığında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin otomobillerde motor yağı alternatiflerinin seçiminde kullanıldığı bir çalışmayla rastlanılmamıştır. Motor yağı ile ilgili yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak mühendislik ve teknik konulu bölümler tarafından yapıldığı tespit edilmiştir (İpek ve Erdoğan, 2006; Halis, 2016; Avcı 2009; Özçelik 2004). Yapılan çalışmalarda motor yağının içeriği, dayanımı, viskozitesi, değişim periyotlarının belirlenmesi, motor yağına göre motorun performansının test edilmesi, motor yağının aşınmaya etkisi, motor türüne göre motor yağlarının değerlendirilmesi gibi teknik konuların deneysel çalışma ve testlere dayalı olarak analiz edildiği görülmüştür (İpek ve Erdoğan, 2006: 67). Yani literatürdeki deneysel çalışmalar ağırlıklı olarak motor yağlarının teknik özelliklerinin araştırılmasına ve motor performansını artırmak için motor yağlarındaki teknik konuların analizine odaklanmıştır. Bu çalışmada, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak ÇKKV yöntemleri kullanılarak mevcut motor yağı alternatifleri nicel ve nitel kriterlere göre farklı iklim koşulları senaryosuna göre sıralanmış ve karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışmayla ÇKKV yöntemlerinin kullanımıyla ilk kez farklı iklim koşulları baz alınarak otomobiller için motor yağı seçeneklerini belirlemeye yönelik kriterlerin önem derecelerinin belirlendiği ve en uygun motor yağının seçildiği çalışma

olacaktır. Böylece literatürde bir boşluğun doldurulacağı düşünülmektedir. Buna ilaveten böyle kapsamlı bir çalışmanın öncelikle motor yağı üreten ve satan firmalara, sektör çalışanlarına ve otomobil kullanıcılarına yarar sağlayacağı öngörülmektedir.

**Tablo 1.** Literatür incelemesi

Yazarı/lar	Uygulanan alan	Uygulanan yöntem/ler
<b>FUCOM yöntemi ile yapılan çalışmalar</b>		
Sofuoğlu (2020)	İş parçası için en iyi üretim yöntemi seçimi	Bulanık FUCOM, Bulanık TOPSIS ve Bulanık WASPAS
Bozanic vd. (2020)	Savaş operasyonları için tugay komuta yeri seçimi	FUCOM ve MABAC
Matic vd. (2019)	İnşaat tedarikçisi seçimi	FUCOM, Rough COPRAS, Rough Dombi Aggregator
Cao vd. (2019)	Yüzen güneş paneli enerji sistemi seçimi	Gri SWARA ve FUCOM
Bozanic vd. (2019)	Köprü kuruluş yeri seçimi	FUCOM ve Bulanık MABAC
Pamucar vd. (2018a)	FUCOM modelinin tanıtılması ve sayısal bir örnekle AHP ve BWM yöntemleriyle karşılaştırılması	FUCOM, AHP ve BWM
Nunic (2018)	PVC üreticisi seçimi	FUCOM, MABAC, ARAS, WASPAS ve EDAS
<b>MABAC yöntemi ile yapılan çalışmalar</b>		
Ayçin (2020)	Lojistik sektöründeki bir işletme için personel seçimi	CRITIC ve MABAC
Cirovic vd. (2020)	Orman yangınlarıyla mücadele amaçlı optimum insansız uçak seçimi	Dilsel Nötrosofik Sayılar (LNN) ve MABAC
Biswas ve Das (2018)	Elektrikli ticari araçların değerlendirilmesi ve en uygununun seçilmesi	Bulanık AHP ve MABAC
Ji vd. (2018)	Çin’de bilişim teknolojileri sektöründe dış kaynak tedarikçi değerlendirmesi	MABAC ve ELECTRE
Pamucar ve Cirovic (2015)	Lojistik sektöründe forklift satın alımının değerlendirilmesi	DEMATEL ve MABAC
<b>BWM ve/veya MAIRCA yöntemi ile yapılan çalışmalar</b>		
Zolfani vd. (2020)	Şili’ye göç edenler için Şili’de en uygun yerleşim yerlerinin belirlenmesi	BWM ve MAIRCA
Arsic vd. (2019)	Bir restoran için menü çeşitlerinin değerlendirilmesi	BWM ve MAIRCA
Nabeeh vd. (2020)	Özel ve kamu hastanelerinin etkinliklerinin karşılaştırılması	BWM, MABAC ve PROMETHEE II
Kıran (2019)	15 ülkenin iş sağlığı güvenliği performanslarının karşılaştırılması	MAIRCA
Mamak İkinci ve Can (2018)	İş hayatında operatörlerin ergonomik risk düzeylerinin belirlenmesi	CRITIC ve MAIRCA
Pamucar vd. (2018b)	Sırbistan demiryollarında yapılacak hemzemin geçitlerin seçimi	FUCOM ve MAIRCA
Gigovic vd. (2016)	Coğrafi bilgi sistemi yardımıyla mühimmat depolarının yerlerinin belirlenmesi	MAIRCA
<b>Motor Yağı konusunda yapılan çalışmalardan örnekler</b>		
Halis (2016)	Araç kullanım süresinin motor yağı viskozitesine etkisinin araştırılması	Deneysel çalışma
Avcı (2009)	Bir kargo firmasının altı adet dizel aracının optimum yağ değişim periyodunun belirlenmesi	Deneysel çalışma
Özçelik (2004)	Konya’da yaşayan taşıt kullanıcılarının motor yağı, yakıt seçimi ve bakım alışkanlıklarının belirlenmesine yönelik bir saha araştırması	Anket-İstatistiksel analiz

Çalışmada, önce literatür araştırması sonucunda çalışma örnekleri verilmiş, devamında bu çalışmada kullanılan FUCOM, MAIRCA, MABAC ve BWM yöntemlerinin algoritmaları açıklanmıştır. Daha sonra uygulama kısmında yöntem algoritmalarına göre çözümler bulunmuş, son aşamada sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışmada, önce literatür araştırması sonucunda çalışma örnekleri verilmiş, devamında bu çalışmada kullanılan FUCOM, MAIRCA, MABAC ve BWM yöntemlerinin algoritmaları açıklanmıştır. Daha sonra uygulama kısmında yöntem algoritmalarına göre çözümler bulunmuş, son aşamada sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 1. Literatür İncelemesi

Tablo. 1’de FUCOM, BWM, MAIRCA ve MABAC yöntemlerine ilişkin çalışmalar sunulmuştur.

## 2. FUCOM Yöntemi

FUCOM bir karar verme probleminde etkisi bulunan kriterlerin ağırlıklarını bulma amacına yönelik uygulanabilecek yöntemlerdendir. İşleyiş olarak kriterler arasında kriter sayısının bir eksiği kadar kıyaslamalar yaparak değerlendirme yapmaktadır. Kriter sayısının bir eksiği kadar karşılaştırmanın yeterli olması yöntemin avantajlarından. Yöntem şu şekilde ilemektedir (Pamucar vd., 2018a, 5-7).

FUCOM yönteminin temel avantajları şu şekilde ifade edilebilir: (Ecer, 2021:28)

- Daha az sayıda ikili karşılaştırma yani, n-1 tane ikili karşılaştırma (n kriter sayısını göstermek üzere) sonuca ulaşır
- Kriterlerin şekilde ikili karşılaştırmaları tutarlılık vardır
- Kriter ağırlıklarının daha güvenilir şekilde hesaplanmasına imkân verir.

FUCOM Yönteminde ilk aşamada problemin çözümü için gerekli olan kriterler uzman görüşlerinden faydalanılarak belirlenir.

$c_j$ : j. kriter;  $j=1,2,3,\dots,n$

İkinci aşamada ise belirlenen bu kriterler uzman tarafından en önemliden en önemsiz olacak şekilde sıralanır. Sıralama işlemi Eşitlik 1 kullanılarak yapılır.

$c_j(k)$ : önemliden önemsiz sıralanan kriter;  $k=1,2,3,\dots,n$

$$c_{j(1)} > c_{j(2)} > c_{j(3)} > \dots > c_{j(k)}$$

Eşitlik 1

Daha sonra uzman tarafından her bir kriterin bir sonraki gelen kritere göre üstünlüğü belirlenir.

$\varphi_{\frac{k-1}{k}}$ : kriterin kendinden sonraki kritere göre üstünlük değeri

Üstünlük değerleri çalışmadaki kriter sayısının 1 eksiği şeklindedir. Üstünlük değerleri küme elemanları Eşitlik 2’deki gibi oluşur.

$$\varphi = \left[ \varphi_{\frac{1}{2}}; \varphi_{\frac{2}{3}}; \varphi_{\frac{3}{4}}; \dots; \varphi_{\frac{k-1}{k}} \right]$$

Eşitlik 2

Bu değerler doğrusal programlama (DP) modeline temel oluşturur. Kurulan DP modeli amaç fonksiyonu sapma değerini en küçükleyecek şekildedir. Uzman görüşü olan üstünlük değerlerinin tutarlı olması sapma değerinin küçük olmasını sağlayacaktır.

$\chi$ : sapma değeri

Eşitlik 3'te söz konusu doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu gösterilmiştir.

$$z_{min} = \chi \quad \text{Eşitlik 3}$$

Daha sonra kısıtların yazılması aşaması vardır. FUCOM yöntemine göre kısıtlar üç ana kategoride yazılabilir. Birinci kategoride sıralanan kriterlerin kendinden sonra gelen kriterlere göre üstünlüğüne ilişkin kısıtlar yer almaktadır. Birinci kısıt kategorisi Eşitlik 4'te verildiği gibi oluşur.

$w_{j(k)}$ : sıralanmış veride k.kriterin ağırlığı

$$\left| \frac{w_{j(k-1)}}{w_{j(k)}} - \frac{\varphi_{k-1}}{k} \right| \leq \chi \quad \text{Eşitlik 4}$$

Birinci kategoride, problemdeki kriter sayısının 1 eksiği kadar kısıt bulunmaktadır. Üstünlük değerlerinden türetilen ikinci kategori kısıtları, kriter sayısının 2 eksiği kadardır. İkinci kısıt kategorisi Eşitlik 5'te verilmiştir.

$$\left| \frac{w_{j(k-2)}}{w_{j(k)}} - \left( \frac{\varphi_{k-2}}{k-1} \right) \left( \frac{\varphi_{k-1}}{k} \right) \right| \leq \chi \quad \text{Eşitlik 5}$$

Kriter ağırlıklarının toplamı 1 değerine eşit olması gerektiği için, son kısıtta bu koşula uygun olarak yazılır. Bu kısıt kategorisinin yapısı Eşitlik 6'da gösterilmiştir.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad \text{Eşitlik 6}$$

Son adımda negatif olmama koşulu ile ilgili kısıt yazılır. Eşitlik 7'de negatif olmama koşulu gösterilmiştir.

$$w_j \geq 0, \forall j \text{ için} \quad \text{Eşitlik 7}$$

Kriter ağırlıkları doğrusal programlama modelinin çözümüyle bulunur.

### 3. MAIRCA Yöntemi

MAIRCA yöntemi negatif değerlerin de yer aldığı bir karar matrisinde işlem yapabilmeye olanak sağlayan yöntemlerdendir. Yöntemin işleyiş aşağıda denklemler eşliğinde gösterilmiştir (Pamucar vd., 2018c, 1646-1649).

MAIRCA yönteminde öncelikle karar matrisi hazırlanmalıdır. Eşitlik 8 karar matrisi yapısını vermektedir.

$j$ : kriter;  $j=1,2,3,\dots,n$

$i$ : alternatif;  $i=1,2,3,\dots,m$

$x_{ij}$ :  $i$  alternatifinin  $j$  kriteri açısından değeri

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Eşitlik 8

MAIRCA yöntemi kapsamında karar matrisinin hazırlanmasının ardından alternatifler için tercih önceliği hesaplanmalıdır. Tercih önceliği Eşitlik 9 yardımıyla bulunur.

$P_A$ : tercih önceliği

$$P_A = \frac{1}{m}$$

Eşitlik 9

Bu işlemin yapılmasının ardından her bir kriter için teorik derecelendirme işlemi Eşitlik 10 yardımıyla yapılır.

$t_{pj}$ : j kriteri teorik derecelendirme değeri

$w_j$ : j kriterinin ağırlık değeri

$$t_{pj} = P_A w_j, \forall j \text{ için}$$

Eşitlik 10

Daha sonra gerçek derecelendirme değerleri hesaplanır. Fayda yönlü kriterler için gerçek derecelendirme değeri işlemi Eşitlik 11'de verilmiştir.

$t_{rij}$ : i alternatif j kriter için gerçek derecelendirme değeri

$$t_{rij} = t_{pj} \left( \frac{x_{ij} - \min_j x_j}{\max_j x_j - \min_j x_j} \right)$$

Eşitlik 11

Maliyet yönlü kriterler için gerçek derecelendirme değeri işlemi Eşitlik 12'de verilmiştir.

$$t_{rij} = t_{pj} \left( \frac{x_{ij} - \max_j x_j}{\min_j x_j - \max_j x_j} \right)$$

Eşitlik 12

Gerçek derecelendirme değerlerinin bulunmasının ardından gerçek ve teorik değerler arasındaki boşluk Eşitlik 13 yardımıyla hesaplanır.

$g_{ij}$ : i alternatif j kriter için boşluk değeri

$$g_{ij} = t_{pj} - t_{rij}, \forall i, j \text{ için}$$

Eşitlik 13

MAIRCA yöntemi kapsamında son olarak her bir alternatife yönelik toplam boşluk değeri Eşitlik 14 kullanılarak hesaplanır.

$Q_i$ : i alternatif için toplam boşluk değeri

$$Q_i = \sum_{j=1}^n g_{ij}, \forall i \text{ için}$$

Eşitlik 14

Tüm kriterler birarada değerlendirildiğinde, MAIRCA yöntemine göre en iyi alternatif, boşluk değerleri arasındaki minimum değere sahip olandır.

#### 4. MABAC Yöntemi

MABAC ÇKKV yöntemlerinden biridir ve karar verme problemindeki kriterlerin sınır yakınlık alanına uzaklıklarını hesaplamayı esas alır. MABAC yöntemi de MAIRCA yöntemi gibi karar matrisinde negatif değerlerin bulunması halinde işlem gerçekleştirmeye olanak tanımaktadır. MABAC yönteminin işleyişi denklemler eşliğinde sunulmuştur (Bakır, 2019: 55-57; Gigovic vd., 2017: 509-512).

İlk adımda MAIRCA yönteminde Eşitlik 8’de gösterilmiş olan karar matrisi oluşturulur. Yani aynı karar matrisi yapısı kullanılır.

MABAC yönteminde izleyen aşamada karar matrisindeki değerler normalize edilmektedir. Fayda yönlü kriterler için normalizasyon işlemi Eşitlik 15 yardımıyla yapılır.

$n_{ij}$ :i.alternatifin j.kriter açısından sahip olduğu normalize değer

$$n_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}} \quad \text{Eşitlik 15}$$

Maliyet yönlü kriterler için normalizasyon işlemi Eşitlik 16 ile yapılır.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij} - \max_j x_{ij}}{\min_j x_{ij} - \max_j x_{ij}} \quad \text{Eşitlik 16}$$

MABAC yönteminin izleyen aşamasında ağırlıklı normalize karar matrisi Eşitlik 17 yardımıyla oluşturulur. Eşitlik 17’de gösterilen işlem karar matrisindeki tüm hücelere uygulanmalıdır.

$v_{ij}$ :i.alternatifin j.kritere göre ağırlıklı normalize değeri

$$v_{ij} = w_j (n_{ij} + 1) \quad \text{Eşitlik 17}$$

Daha sonra kriterlere ilişkin olarak sınır yakınlık değeri belirlenir. Sınır yakınlık değerleri Eşitlik 18 vasıtasıyla bulunur.

$g_j$ :j.kriterin sınır yakınlık değeri

$$g_j = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m v_{ij}} \quad \forall j \text{ için} \quad \text{Eşitlik 18}$$

İzleyen adım ağırlıklı normalize karar matrisindeki skorların sınır yakınlık alanından uzaklıklarının hesaplanmasıdır. Bu hesaplama Eşitlik 19 yardımıyla gerçekleştirilir.

$q_{ij}$ :i.alternatifin j.kritere göre sınır yakınlık alanına uzaklığı

$$q_{ij} = v_{ij} - g_j \quad \text{Eşitlik 19}$$

MABAC yöntemine göre son aşamada alternatiflerin sınır yakınlık alanından uzaklıklarının toplamı bulunur. Bu işlem Eşitlik 20 yardımıyla yapılır.

$S_i$ :i.alternatifin sınır yakınlık alanına uzaklığı

$$S_i = \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad \text{Eşitlik 20}$$

Eşitlik 20'ye göre tüm kriterler bir arada değerlendirildiğinde elde edilen en büyük değer problemdeki en iyi alternatiftir.

## 5. BWM Yöntemi

BWM daha önce açıklanan FUCOM yöntemi gibi kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden birisidir. BWM yöntemi aşağıda açıklanmıştır (Gupta, 2018, 208).

İlk aşamada karar verme problemi üstünde etkisi olan kriterler uzmanların yardımıyla saptanır.

$$j: \text{kriter}; j=1,2,3, \dots, n$$

$$w_j: j. \text{kriterin ağırlığı}$$

Ardından en önemli ve en önemsiz kriterler yine uzman görüşüne dayalı olarak belirlenir.

$$w_B: \text{en önemli kriterin ağırlığı}$$

$$w_W: \text{en önemsiz kriterin ağırlığı}$$

Daha sonra en önemli kriterin diğer tüm kriterlere göre üstünlük değerleri belirlenir.

$$a_{Bj}: \text{en önemli kriterin } j. \text{ kriterine üstünlüğü}$$

DP modelinin kurulması için gereken son veri ise karar verme problemi ile ilgili yetkin kişiler tarafından her bir kriterin en önemsiz kriterine göre üstünlüklerinin belirtilmesidir.

$$a_{jW}: j. \text{kriterin en önemsiz kriterine üstünlüğü}$$

Bu bilgiler kullanılarak DP modeli oluşturulur. Kurulan modelin çözülmesi ile kriter ağırlıkları elde edilmektedir. Kurulan DP modelinin amaç fonksiyonu Eşitlik 21'deki gibidir.

$$\xi: \text{sapma}$$

$$z_{min} = \xi \quad \text{Eşitlik 21}$$

Bu değer sıfıra yakın olması karar verme problemi ile ilgili yetkin kişilerin tutarlı karşılaştırmalar yaptığı anlamına gelmektedir. Amaç fonksiyonun ardından en önemli kriterine ilişkin kısıtlar Eşitlik 22'ye göre hazırlanmalıdır.

$$|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi, \forall j \text{ için} \quad \text{Eşitlik 22}$$

En önemsiz kriterine ilişkin kısıtlar Eşitlik 23'e uygun olarak hazırlanmalıdır.

$$|w_j - a_{jW}w_W| \leq \xi, \forall j \text{ için} \quad \text{Eşitlik 23}$$

Problemde yer alan kriterlerin ağırlık değerlerinin toplamı bire eşit olmalıdır. Buna ilişkin kısıt Eşitlik 24'teki gibi hazırlanmalıdır.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad \text{Eşitlik 24}$$



Kriter ağırlıklarının negatif olmama koşulu Eşitlik 25'te gösterilmiştir.

$$w_j \geq 0, \forall j \text{ için}$$

Eşitlik 25

Bu modelin çözümü kriterlerin ağırlığını vermektedir.

## 6. Uygulama (Bulgular-Tartışma)

Bu çalışmaya yönelik “Etik Kurul Onayı”, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu’ndan 14.10.2020 tarihli (Toplantı Sayısı: 32, Karar No:6) olarak alınmıştır.

İlk aşamada, vasıtalar konusunda bilgi ve tecrübeye sahip sürücü kurslarında eğitmen olarak çalışan 4 uzman ile görüşme yapılmıştır. Motor yağı seçiminde gerekli olan kriterler, bu kriterlere yönelik ölçüm birimleri ve olması gereken ideal durumlar Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Kriter Bilgileri

Kriterin Kodu	Kriterin Adı	Ölçüm Birimi	İdeal Durumu
Kriter 1	Viskozite indeksi	-	En Büyük En İyi
Kriter 2	Viskozite 40 °C	$\frac{mm^2}{s}$	En Büyük En İyi
Kriter 3	Viskozite 100 °C	$\frac{mm^2}{s}$	En Büyük En İyi
Kriter 4	Yoğunluk g/ml	$\frac{g}{ml}$	En Büyük En İyi
Kriter 5	Parlama Noktası	°C	En Büyük En İyi
Kriter 6	Akma Noktası	°C	En Küçük En İyi
Kriter 7	CCS Soğuk Marş S. mPa.s (cP)	mPa.s (cP)	En Küçük En İyi
Kriter 8	Kül, Sülfat % wt	%wt	En Küçük En İyi

Tablo 2’de bahsedilen kriter bilgileri doğrultusunda (Volkan Genç, Ağır Vasıta Sürüş Eğitmeni ile yapılan görüşme);

Viskozite indeksi, belli bir sıcaklık altında yağın akışkanlığını ifade eder. Örneğin; viskozite indeks değeri ne kadar yüksek ise, belli bir ısı altında yağ o kadar az incelik ve bu sayede motor ısı altında yağın oluşturmuş olduğu koruyucu film tabakasını kaybetmez. Günümüz motorları yakıt verimliliğini arttırmak ve egzoz emisyonlarını düşürmek adına daha yüksek sıcaklıklarda çalışacak şekilde tasarlanmış olup viskozite değeri her zaman en yüksek olan daha iyiyi ifade etmektedir. Viskozite 40 °C değeri ise; 40 derece sıcaklık altında yağın akışkanlık performansını ifade etmekte olup; ilk çalıştığı andan itibaren, motor çalışma ısısına gelinceye kadar en çok aşınmaya maruz kaldığından burada da en büyük değer en iyiyi ifade etmektedir. Burada yağın performansı düştükçe, yağlama işlemi zorlaşmakta ve aşınma artmaktadır. Bir diğer kriter ise, Viskozite 100 °C’ dir. Bu kriter motor yağının günlük kullanım sıcaklığındaki performansını göstermekte olup, burada da en yüksek değere sahip yağ en iyi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yoğunluk kriteri, birim hacim başına düşen kütleyi ifade etmektedir.

Parlama Noktası ise diğer bir önemli kriterdir. Yağın buharlaşmaya başladığı en düşük sıcaklığı ifade etmektedir. Yanma noktası ile genelde karıştırılır fakat birbirinden çok ayrı kavramlardır. Burada buhar çıkardığı derece yani parlama noktası yeni nesil motorların yüksek ısı altında çalışmalarından dolayı önemlidir. Yeni nesil motorlar tasarlanırken bu oluşan yağ buharını egzoz emisyonu kuralları çerçevesinde dışarıya değil motor emme manifoldu vasıtası ile, yanma odasına göndermektedir. Burada parlama noktasının yüksek olmasının makul olmasının temel sebebi budur. Eğer parlama noktası düşük bir yağ kullanılırsa, buharlaşma sonrası yağ eksiltmesine neden olacaktır ve bu eksiltme yağ seviyesi kullanıcı tarafından kontrol edilmezse yağsız kalmaya yol açacak ve motorun kullanılamaz hale gelmesine sebep olacaktır.

Akma noktası kriteri, bir madeni yağın akışkanlık gösterebildiği en düşük sıcaklığı ifade etmektedir. Özellikle soğuk iklim şartlarına sahip bölgelerde ilk çalıştırma sonrası yağlamanın sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesinde önemli bir kriterdir ve diğer kriterlerden farklı olarak en düşük değer en iyiyi göstermektedir.

**Tablo 3.** İzmir için DP Modeli (FUCOM)

$$\begin{aligned}
 & Z_{min} = \chi \\
 & \left| \frac{w_3}{w_4} - 1.10 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_4}{w_2} - 1.12 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_2}{w_8} - 1.08 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_8}{w_7} - 1.14 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_7}{w_6} - 1.15 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_6}{w_5} - 1.11 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_5}{w_1} - 1.30 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_3}{w_2} - 1.2320 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_4}{w_8} - 1.2096 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_2}{w_7} - 1.2312 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_8}{w_6} - 1.3110 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_7}{w_5} - 1.2765 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_6}{w_1} - 1.4430 \right| \leq \chi \\
 & w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 + w_8 = 1 \\
 & w_1 \geq 0 \\
 & w_2 \geq 0 \\
 & w_3 \geq 0 \\
 & w_4 \geq 0 \\
 & w_5 \geq 0 \\
 & w_6 \geq 0 \\
 & w_7 \geq 0 \\
 & w_8 \geq 0
 \end{aligned}$$

CCS Soğuk marş simulatörü değeri ise, motor yağının CCS değerine bağlı olarak ilk çalıştırmada motorun mekanik hareketinin zorlanmasına bağlı olarak marş motorunun ve akünün yıpranmasına neden olmaktadır.

Tablodaki sekiz numaralı kriter ise Kül Sülfat değeridir. Yeni nesil çevreci motorların tasarlanması ile egzoz emisyonunun düşürülmesi hedeflenmektedir. Yeni nesil motorlarda, kullanılan partikül filtresi vb. parçaların korunması için kül sülfat değerlerinin sınırlı olması gerekmektedir. Eğer yüksek değerlere sahip bir yağ kullanırsa egzoz emisyonunu düşürmeye yarayan DPF gibi filtrelerin tıkanıp kullanılamamasına sebebiyet verecektir.

Kriterlerin belirlenmesinin ardından önem düzeylerini hesaplamak amacıyla FUCOM yöntemi ile değerlendirmeler yapılmıştır. Motor yağlarını değerlendirme kriterleri ılık iklim şartlarına sahip İzmir ile sert karasal iklime sahip Erzurum şartları düşünülerek suretiyel iki farklı senaryo oluşturularak değerlendirilmiştir. Verilen cevaplara göre İzmir için oluşturulan DP modeli Tablo 3'te gösterilmiştir.

Erzurum iklim şartları için oluşturulan FUCOM doğrusal programlama modeli Tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Erzurum için DP Modeli (FUCOM)

$$\begin{aligned}
 & z_{min} = \chi \\
 & \left| \frac{w_7}{w_6} - 1.05 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_6}{w_4} - 1.05 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_4}{w_8} - 1.15 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_8}{w_3} - 1.10 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_3}{w_2} - 1.10 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_2}{w_5} - 1.25 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_5}{w_1} - 1.30 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_7}{w_4} - 1.1025 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_6}{w_8} - 1.2075 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_4}{w_3} - 1.2650 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_8}{w_2} - 1.2100 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_3}{w_5} - 1.3750 \right| \leq \chi \\
 & \left| \frac{w_2}{w_1} - 1.6250 \right| \leq \chi \\
 & w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 + w_8 = 1 \\
 & w_1 \geq 0 \\
 & w_2 \geq 0 \\
 & w_3 \geq 0 \\
 & w_4 \geq 0 \\
 & w_5 \geq 0 \\
 & w_6 \geq 0
 \end{aligned}$$

Çalışmada DP modelleri Lingo yazılımı kullanılarak çözülmüştür. Lingo içinde hazırlanan modeller Tablo 5'teki gibidir.

**Tablo 5. Kodlar (FUCOM)**

İzmir	Erzurum
min=sapma;	min=sapma;
@abs(w3/w4-1.10)<=sapma;	@abs(w7/w6-1.05)<=sapma;
@abs(w4/w2-1.12)<=sapma;	@abs(w6/w4-1.05)<=sapma;
@abs(w2/w8-1.08)<=sapma;	@abs(w4/w8-1.15)<=sapma;
@abs(w8/w7-1.14)<=sapma;	@abs(w8/w3-1.10)<=sapma;
@abs(w7/w6-1.15)<=sapma;	@abs(w3/w2-1.10)<=sapma;
@abs(w6/w5-1.11)<=sapma;	@abs(w2/w5-1.25)<=sapma;
@abs(w5/w1-1.30)<=sapma;	@abs(w5/w1-1.30)<=sapma;
@abs(w3/w2-1.2320)<=sapma;	@abs(w7/w4-1.1025)<=sapma;
@abs(w4/w8-1.2096)<=sapma;	@abs(w6/w8-1.2075)<=sapma;
@abs(w2/w7-1.2312)<=sapma;	@abs(w4/w3-1.2650)<=sapma;
@abs(w8/w6-1.3110)<=sapma;	@abs(w8/w2-1.2100)<=sapma;
@abs(w7/w5-1.2765)<=sapma;	@abs(w3/w5-1.3750)<=sapma;
@abs(w6/w1-1.4430)<=sapma;	@abs(w2/w1-1.6250)<=sapma;
w1+w2+w3+w4+w5+w6+w7+w8=1;	w1+w2+w3+w4+w5+w6+w7+w8=1;

FUCOM yöntemine göre uzman görüşlerine dayanarak elde edilen kriter önem dereceleri Tablo 6'da sunulmuştur.

**Tablo 6. Kriter Ağırlıkları (FUCOM)**

	İzmir Şartlarına Göre	Erzurum Şartlarına Göre
$\chi$	0.000000	0.000000
$w_1$	0.070708	0.067535
$w_2$	0.144464	0.109744
$w_3$	0.177979	0.120719
$w_4$	0.161800	0.152709
$w_5$	0.091920	0.087795
$w_6$	0.102031	0.160345
$w_7$	0.117336	0.168362
$w_8$	0.133763	0.132791

İzmir ve Erzurum şartlarında kriter ağırlıklarına baktığımızda karşımıza çıkan sonuçlar incelendiğinde; İzmir için birinci sırayı viskozite 100 değeri almakta iken, Erzurum için birinci sırayı CCS soğuk marş simulatörü değeri almaktadır. Soğuk iklim şartlarının egemen olduğu bir coğrafyada bulunan Erzurum temelinde aracın akü ve marş motoru aksamına yük bindirmeden rahat bir şekilde çalışması için bu değer çok önemlidir. İzmir yönlü baktığımızda ise ilk sırayı viskozite 100 değeri almaktadır. Bunun temel sebebi Akdeniz ikliminin özelliklerinin görüldüğü ve yazları yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılabilir bir lokasyonda bulunması olup, çalışma sıcaklığı ve yüksek sıcaklık altında yağın yağlama performansının kaybedilmemesi gerekmesidir. Bu iklim şartlarında motorun korunması adına viskozite 100 değeri öne çıkmaktadır.

İzmir bağlamında ikinci sırada gelen kriter ise yoğunluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek sıcaklık değerlerine ulaşan iklim şartlarında, motor daha çok ısınmaya meyilli olacaktır ve bu tip şartlarda yağın incilmesi durumunda motor içerisinde oluşan koruyucu yağ film tabakası kopacaktır, bu yüzden yoğunluk önemlidir. Erzurum özelinde ise

ikinci sırada akma noktası yer almaktadır. Soğuk iklim şartlarında yağın akışkanlığını kaybetmemesi veya akışkanlığının düşüp motor yağlayıcı sistemlerinin zorlanmaması önemlidir. Akışkanlığını kaybederse motor yağı hareketli parçalar arasında koruyucu film tabakası oluşturulamaz bu doğrultuda oluşan yağlama eksikliği sonucunda motor kısa sürede kullanılamaz hale gelecektir.

İzmir için üçüncü sırada yer alan kriter ise viskozite 40 değeridir. Bu değer motor çalıştığı ilk andan itibaren çalışma sıcaklığına gelene kadar optimum yağlamanın sağlanması açısından önemlidir. Erzurum için ise yoğunluk kriteri bu sırayı almaktadır. Sıcak iklim şartlarında yoğunluk motorun korunması açısından nasıl önemli ise soğuk iklim şartlarında da ters orantılı olarak aşırı yoğunlaşan bir yağ, motor yağlayıcı sistemlerini zorlayarak sağlıklı bir yağlama yapılamamasına neden olmaktadır.

Hem İzmir hem de Erzurum bağlamında ağırlığı bakımından dördüncü kriter ise Kül, Sülfat değeridir. Bu değer ister İzmir olsun ister Erzurum, araçların egzoz emisyonu düşürmeye yarayan sistemlerinin korunması adına eşit önemdedir. İklim şartlarından bağımsız bir olgu olarak ele alınmalıdır.

İzmir için beşinci kriter ise, CCS soğuk marş değeridir. Soğuk olmayan iklim şartlarında alternatifler arasında fazla bir fark doğuramayacak bir kriter olup, bu kriter düzleminde sıcak iklim şartlarında madeni yağlar bir birine benzer performans sunabilmektedir. Erzurum için ise viskozite 100 değeri bu sırayı almaktadır. Çok soğuk iklim şartlarında motor hararet yapma riski düşecektir ve motorun çalışma sıcaklığı ve üstüne ulaşması doğal olarak zorlaşacaktır.

Altıncı önemli kriter ise İzmir için akma noktasıdır. Akma noktasının bu sırada yer almasının temel nedeni sıcak iklim şartlarında akma noktası değerinin çok büyük bir anlam ifade etmemesidir. Akma noktası soğuk iklim bölgelerinde yağlamanın performansı açısından önemlidir. Erzurum açısından baktığımızda ise Viskozite 40 değerini bu sırada görmekteyiz. Bunun temel nedeni önceliğin soğuk iklim şartlarında aracın motorunun sağlıklı bir şekilde çalıştırılabilmesinde olmasıdır.

Yine gerek İzmir gerekse de Erzurum için yedinci sırada bulunan kriter ise, Parlama Noktasıdır. Parlama noktasının bu sırada olmasının sebebi; günümüz yeni nesil motorlar tasarlanırken, motor yağının parlama noktasına gelip buharlaşıp yağ tüketiminin önüne geçmek için yağ soğutucu parçalar eklenmesi ve özel karter tasarımları kullanarak yağın hızlı bir şekilde parlama noktasına ulaşmadan soğutulmasını sağlamalarıdır.

Analiz sonucuna göre Viskozite indeksi kriteri son sırada yer almıştır. Viskozite indeksi aynı olan yağlar, belli standartlar dahilinde bir çok marka tarafından üretilmekte olup çalışmamıza konu olan yağlar WSS-M2C913-D şartnamesini karşılayacak şekilde seçildiğinden bu şartname bağlamında üretilen bütün yağlar 5W-30 değerindedir ve alternatifler arası seçim yönlü bir fark bulunmamaktadır.

FUCOM yöntemine göre kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından farklı bir yöntem kullanılması durumunda kriter ağırlıklarının nasıl değişebileceğini belirlemek amacıyla bir başka kriter ağırlığı belirleme yöntemi olan BWM için uzman görüşleri toplanmış ve

bu bilgiler ışığında yeni DP modelleri kurulmuştur. İzmir şartları için uzman görüşüne dayalı olarak oluşturulan BWM DP modeli Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 7.** İzmir için Doğrusal Programlama Modeli (BWM)

$$\begin{aligned} \left| \frac{w_4}{w_1} - 1.70 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_2}{w_1} - 1.60 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_8}{w_1} - 1.40 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_7}{w_1} - 1.10 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_6}{w_1} - 1.10 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_5}{w_1} - 1.05 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_3}{w_4} - 1.10 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_3}{w_2} - 1.30 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_3}{w_8} - 1.43 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_3}{w_7} - 1.50 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_3}{w_6} - 1.67 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_3}{w_5} - 1.75 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_3}{w_1} - 1.80 \right| &\leq \chi \\ w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 + w_8 &= 1 \\ w_1 &\geq 0 \\ w_2 &\geq 0 \\ w_3 &\geq 0 \\ w_4 &\geq 0 \\ w_5 &\geq 0 \\ w_6 &\geq 0 \\ w_7 &\geq 0 \\ w_8 &\geq 0 \end{aligned}$$

Erzurum şartları için uzman görüşüne dayalı olarak oluşturulan BWM DP modeli Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8.** Erzurum için Doğrusal Programlama Modeli (BWM)

$$\begin{aligned}
& z_{min} = \chi \\
& \left| \frac{w_7}{w_1} - 1.80 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_6}{w_1} - 1.70 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_4}{w_1} - 1.50 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_8}{w_1} - 1.45 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_3}{w_1} - 1.33 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_2}{w_1} - 1.25 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_5}{w_1} - 1.10 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_7}{w_6} - 1.10 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_7}{w_6} - 1.20 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_7}{w_4} - 1.50 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_7}{w_8} - 1.51 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_7}{w_3} - 1.52 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_7}{w_2} - 1.60 \right| \leq \chi \\
& \left| \frac{w_7}{w_5} - 1.80 \right| \leq \chi \\
& w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 + w_8 = 1 \\
& w_1 \geq 0 \\
& w_2 \geq 0 \\
& w_3 \geq 0 \\
& w_4 \geq 0 \\
& w_5 \geq 0 \\
& w_6 \geq 0 \\
& w_7 \geq 0 \\
& w_8 \geq 0
\end{aligned}$$

Bu DP modellerinin çözümü için Lingo içinde yazılan kodlar Tablo 9'da verilmiştir.

**Tablo 9.** Kodlar (BWM)

İzmir	Erzurum
min=sapma;	min=sapma;
@abs(w3-1.8*w1)<=sapma;	@abs(w7-1.8*w1)<=sapma;
@abs(w4-1.7*w1)<=sapma;	@abs(w6-1.7*w1)<=sapma;
@abs(w2-1.6*w1)<=sapma;	@abs(w4+1.5*w1)<=sapma;
@abs(w8-1.4*w1)<=sapma;	@abs(w8-1.45*w1)<=sapma;
@abs(w7-1.1*w1)<=sapma;	@abs(w3-1.33*w1)<=sapma;
@abs(w6-1.1*w1)<=sapma;	@abs(w2-1.25*w1)<=sapma;
@abs(w5-1.05*w1)<=sapma;	@abs(w5-1.1*w1)<=sapma;
@abs(w3-1.1*w4)<=sapma;	@abs(w7-1.1*w6)<=sapma;
@abs(w3-1.3*w2)<=sapma;	@abs(w7-1.2*w4)<=sapma;
@abs(w3-1.43*w8)<=sapma;	@abs(w7-1.5*w8)<=sapma;
@abs(w3-1.5*w7)<=sapma;	@abs(w7-1.51*w3)<=sapma;
@abs(w3-1.67*w6)<=sapma;	@abs(w7-1.52*w2)<=sapma;
@abs(w3-1.75*w5)<=sapma;	@abs(w7-1.6*w5)<=sapma;
@abs(w3-1.8*w1)<=sapma;	@abs(w7-1.8*w1)<=sapma;
w1+w2+w3+w4+w5+w6+w7+w8=1;	w1+w2+w3+w4+w5+w6+w7+w8=1;

BWM yöntemine göre uzman görüşlerine dayanarak elde edilen kriter önem dereceleri ile FUCOM yöntemine göre elde edilen kriter önem dereceleri karşılaştırmalı olarak Tablo 10'da gösterilmiştir.

**Tablo 10.** Kriter Ağırlıkları

	İzmir (FUCOM)	İzmir (BWM)	Erzurum (FUCOM)	Erzurum (BWM)
X	0.000000	0.008121	0.000000	0.009292
w <sub>1</sub>	0.070708	0.090662	0.067535	0.085721
w <sub>2</sub>	0.144464	0.136938	0.109744	0.114928
w <sub>3</sub>	0.177979	0.169898	0.120719	0.115689
w <sub>4</sub>	0.161800	0.161836	0.152709	0.139380
w <sub>5</sub>	0.091920	0.101725	0.087795	0.104690
w <sub>6</sub>	0.102031	0.106598	0.160345	0.156726
w <sub>7</sub>	0.117336	0.107850	0.168362	0.165398
w <sub>8</sub>	0.133763	0.124489	0.132791	0.116460

Kriter ağırlıkları bulunduktan sonra motor yağı alternatiflerine ait veriler toplanmıştır. Elde edilen karar matrisi Tablo 11'de verilmiştir.

**Tablo 11.** Karar Matrisi

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Kriter 1	164	160	165	163	170
Kriter 2	54.0	57.4	58.6	57.6	54.0
Kriter 3	9.6	9.5	10.1	10.6	9.8
Kriter 4	0.840	0.857	0.850	0.847	0.851
Kriter 5	207	192	225	226	230
Kriter 6	-39	-45	-51	-36	-36
Kriter 7	77	82	87	72	72
Kriter 8	88	85	85	82	82

Karar matrisi oluşturulurken Tablo 11'de kullanılan veriler, alternatifleri oluşturan motor yağ üreticilerinin resmi internet sitelerinde bulunan ilgili ürünlerine ait yayımlanmış oldukları teknik veri dökümanlarından alınmıştır (Castrol, 2020; Shell, 2020; Mobil, 2020; Motul, 2020; Total, 2020). Kriter 7 ve 8'de ise her bir alternatif için uzman görüşü alınmıştır



olup, alternatifler arasında 0-100 arasında puanlama yapılması istenmiştir. Bunun temel sebebi; bazı alternatiflerin, teknik veri dökümanlarında kriter 7 ve 8'e dair herhangi bir veri bulunmamasıdır. Karar matrisinde; Alternatif 1; Castrol MAGNATEC STOP-START 5W-30 A5, Alternatif 2; Shell Helix Ultra Professional Af 5W-30, Alternatif 3; Mobil Super 3000 X1 FORMULA FE 5W-30, Alternatif 4; Motul 8100 ECO-ENERGY 5W-30 ve Alternatif 5 ise; TOTAL QUARTZ 9000 FUTURE NFC 5W-30'u temsil etmektedir.

MAIRCA yöntemine göre alternatifleri değerlendirebilmek için öncelikle her bir kriter için teorik derecelendirme işlemleri yapılmıştır. Teorik derecelendirme işlemi sırasında FUCOM ve BWM yöntemlerinden elde edilen ağırlıklar kullanılarak karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Bulunan değerler Tablo 12'de gösterilmiştir.

**Tablo 12.** Teorik Derecelendirme Değerleri

	İzmir (FUCOM)	İzmir (BWM)	Erzurum (FUCOM)	Erzurum (BWM)
<b>Kriter 1</b>	0.014142	0.018132	0.013507	0.017144
<b>Kriter 2</b>	0.028893	0.027388	0.021949	0.022986
<b>Kriter 3</b>	0.035596	0.033980	0.024144	0.023138
<b>Kriter 4</b>	0.032360	0.032367	0.030542	0.027876
<b>Kriter 5</b>	0.018384	0.020345	0.017559	0.020938
<b>Kriter 6</b>	0.020406	0.021320	0.032069	0.031345
<b>Kriter 7</b>	0.023467	0.021570	0.033672	0.033080
<b>Kriter 8</b>	0.026753	0.024898	0.026558	0.023292

Daha sonra gerçek derecelendirme değerleri hesaplanmıştır. Eşitlik 11 ve 12 kullanılarak elde edilen gerçek derecelendirme değerleri Tablo 13,14, 15 ve 16'da verilmiştir.

**Tablo 13.** İzmir için Gerçek Derecelendirme Değerleri (FUCOM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.005657	0.000000	0.007071	0.004242	0.014142
<b>Kriter 2</b>	0.000000	0.021356	0.028893	0.022612	0.000000
<b>Kriter 3</b>	0.003236	0.000000	0.019416	0.035596	0.009708
<b>Kriter 4</b>	0.000000	0.032360	0.019035	0.013325	0.020939
<b>Kriter 5</b>	0.007257	0.000000	0.015965	0.016449	0.018384
<b>Kriter 6</b>	0.004081	0.012244	0.020406	0.000000	0.000000
<b>Kriter 7</b>	0.015645	0.007822	0.000000	0.023467	0.023467
<b>Kriter 8</b>	0.000000	0.013376	0.013376	0.026753	0.026753

**Tablo 14.** Erzurum için Gerçek Derecelendirme Değerleri (FUCOM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.005403	0.000000	0.006753	0.004052	0.013507
<b>Kriter 2</b>	0.000000	0.016223	0.021949	0.017177	0.000000
<b>Kriter 3</b>	0.002195	0.000000	0.013169	0.024144	0.006585
<b>Kriter 4</b>	0.000000	0.030542	0.017966	0.012576	0.019762
<b>Kriter 5</b>	0.006931	0.000000	0.015249	0.015711	0.017559
<b>Kriter 6</b>	0.006414	0.019241	0.032069	0.000000	0.000000
<b>Kriter 7</b>	0.022448	0.011224	0.000000	0.033672	0.033672
<b>Kriter 8</b>	0.000000	0.013279	0.013279	0.026558	0.026558

**Tablo 15.** İzmir için Gerçek Derecelendirme Değerleri (BWM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.007253	0.000000	0.009066	0.005440	0.018132
<b>Kriter 2</b>	0.000000	0.020243	0.027388	0.021434	0.000000
<b>Kriter 3</b>	0.003089	0.000000	0.018534	0.033980	0.009267
<b>Kriter 4</b>	0.000000	0.032367	0.019040	0.013328	0.020943
<b>Kriter 5</b>	0.008031	0.000000	0.017668	0.018203	0.020345
<b>Kriter 6</b>	0.004264	0.012792	0.021320	0.000000	0.000000
<b>Kriter 7</b>	0.014380	0.007190	0.000000	0.021570	0.021570
<b>Kriter 8</b>	0.000000	0.012449	0.012449	0.024898	0.024898

**Tablo 16.** Erzurum için Gerçek Derecelendirme Değerleri (BWM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.006858	0.000000	0.008572	0.005143	0.017144
<b>Kriter 2</b>	0.000000	0.016989	0.022986	0.017989	0.000000
<b>Kriter 3</b>	0.002103	0.000000	0.012621	0.023138	0.006310
<b>Kriter 4</b>	0.000000	0.027876	0.016398	0.011478	0.018037
<b>Kriter 5</b>	0.008265	0.000000	0.018183	0.018734	0.020938
<b>Kriter 6</b>	0.006269	0.018807	0.031345	0.000000	0.000000
<b>Kriter 7</b>	0.022053	0.011027	0.000000	0.033080	0.033080
<b>Kriter 8</b>	0.000000	0.011646	0.011646	0.023292	0.023292

**Tablo 17.** İzmir için Boşluk Değerleri (FUCOM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.008485	0.014142	0.007071	0.009899	0.000000
<b>Kriter 2</b>	0.028893	0.007537	0.000000	0.006281	0.028893
<b>Kriter 3</b>	0.032360	0.035596	0.016180	0.000000	0.025888
<b>Kriter 4</b>	0.032360	0.000000	0.013325	0.019035	0.011421
<b>Kriter 5</b>	0.011127	0.018384	0.002419	0.001935	0.000000
<b>Kriter 6</b>	0.016325	0.008162	0.000000	0.020406	0.020406
<b>Kriter 7</b>	0.007822	0.015645	0.023467	0.000000	0.000000
<b>Kriter 8</b>	0.026753	0.013376	0.013376	0.000000	0.000000

Gerçek derecelendirme değerlerinin bulunmasının ardından gerçek ve teorik değerler arasındaki boşluk Eşitlik 13 yardımıyla hesaplanmıştır (Tablo 17-20).

**Tablo 18.** Erzurum için Boşluk Değerleri (FUCOM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.008104	0.013507	0.006753	0.009455	0.000000
<b>Kriter 2</b>	0.021949	0.005726	0.000000	0.004771	0.021949
<b>Kriter 3</b>	0.021949	0.024144	0.010974	0.000000	0.017559
<b>Kriter 4</b>	0.030542	0.000000	0.012576	0.017966	0.010779
<b>Kriter 5</b>	0.010628	0.017559	0.002310	0.001848	0.000000
<b>Kriter 6</b>	0.025655	0.012828	0.000000	0.032069	0.032069
<b>Kriter 7</b>	0.011224	0.022448	0.033672	0.000000	0.000000
<b>Kriter 8</b>	0.026558	0.013279	0.013279	0.000000	0.000000

**Tablo 19.** İzmir için Boşluk Değerleri (BWM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Kriter 1	0.010879	0.018132	0.009066	0.012693	0.000000
Kriter 2	0.027388	0.007145	0.000000	0.005954	0.027388
Kriter 3	0.030891	0.033980	0.015445	0.000000	0.024712
Kriter 4	0.032367	0.000000	0.013328	0.019040	0.011424
Kriter 5	0.012314	0.020345	0.002677	0.002142	0.000000
Kriter 6	0.017056	0.008528	0.000000	0.021320	0.021320
Kriter 7	0.007190	0.014380	0.021570	0.000000	0.000000
Kriter 8	0.024898	0.012449	0.012449	0.000000	0.000000

**Tablo 20.** Erzurum için Boşluk Değerleri (BWM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Kriter 1	0.010287	0.017144	0.008572	0.012001	0.000000
Kriter 2	0.022986	0.005996	0.000000	0.004997	0.022986
Kriter 3	0.021034	0.023138	0.010517	0.000000	0.016827
Kriter 4	0.027876	0.000000	0.011478	0.016398	0.009839
Kriter 5	0.012673	0.020938	0.002755	0.002204	0.000000
Kriter 6	0.025076	0.012538	0.000000	0.031345	0.031345
Kriter 7	0.011027	0.022053	0.033080	0.000000	0.000000
Kriter 8	0.023292	0.011646	0.011646	0.000000	0.000000

MAIRCA yöntemi kapsamında son olarak her alternatif için toplam boşluk değeri Eşitlik 14 kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam boşluk değerleri ve buna göre alternatif sıralamaları Tablo 21 ve 22’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 21.** Toplam Boşluk Değerleri (FUCOM)

	İzmir Değer	İzmir Sıra	Erzurum Değer	Erzurum Sıra
Alternatif 1	0.164125	5	0.156609	5
Alternatif 2	0.112842	4	0.109491	4
Alternatif 3	0.075838	2	0.079566	2
Alternatif 4	0.057557	1	0.066109	1
Alternatif 5	0.086608	3	0.082356	3

**Tablo 22.** Toplam Boşluk Değerleri (BWM)

	İzmir Değer	İzmir Sıra	Erzurum Değer	Erzurum Sıra
Alternatif 1	0.162982	5	0.154250	5
Alternatif 2	0.114958	4	0.113453	4
Alternatif 3	0.074535	2	0.078048	2
Alternatif 4	0.061147	1	0.066945	1
Alternatif 5	0.084843	3	0.080997	3

Tüm kriterler bir arada incelendiğinde çalışma dahilinde şaşırtıcı bir sıralama ortaya çıkmıştır. WSS-M2C913-D standardında oluşan sıralama sonucunda hem İzmir hem de Erzurum için; Motul ürünü 1. Sırada, Mobil ürünü 2. Sırada, Total ürünü 3. Sırada, Shell ürünü 4. Sırada ve Castrol ürünü 5. Sırada yer almıştır.

Elimizdeki tüm veriler ışığında oluşan bu sıralama gösteriyor ki; Türkiye pazarında çeşitli rakip firmaların sunmuş olduğu ürünler genel bağlamda bütün beklentileri karşılamaktadır. Ülkemiz pazarına sunulmuş bu ürünler, sadece bir bölgede değil, bütün bölgelerdeki oluşacak farklı beklentileri karşılayacak şekilde formüle edilmiştir. Bunu bir örnek ile açıklamak gerekirse; Tablo 7’de bulunan karar matrisi verilerinden yola çıkarak bütün

alternatifler arasında, Akma noktası kriterinde en düşük değer olan -36 derece ile, Parlama noktası kriterinde en düşük değer olan 192 derece arasında yağlama işlevini yerine getirebilmektedir. Ülkemiz iklim koşulları dahilinde Erzurum özelinde -36 derece değerine ulaşılan gün sayısı çok kısıtlı olup Erzurum şartlarında bütün alternatifler günlük kullanımda işlevini yitirmeden görevini yerine getirebilmektedir. Yine konuyu İzmir özelinde ele aldığımızda ise, eğer bir aracın soğutma sisteminde sorun yok ise motor yağı normal çalışma sıcaklığı olan 90-100 derece bandında verimliliğini kaybetmeden kullanılabilir.

MAIRCA yöntemine göre çıkan bu sonuçların ardından aynı karar matrisine MABAC yöntemi uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. MABAC yönteminin de ilk adımı karar matrisinin elde edilmesidir. Bu karar matrisi Tablo 11’de gösterilmiştir. MABAC yönteminde izleyen aşamada karar matrisindeki değerler Eşitlik 15 ve 16 yardımıyla normalize edilmiştir. MABAC normalizasyon işlemi sonuçları Tablo 23’te gösterilmiştir.

MABAC yönteminin izleyen aşamasında ağırlıklı normalize karar matrisi Eşitlik 17 yardımıyla oluşturulmuştur. Bu aşamada FUCOM ve BWM yöntemlerinden elde edilen ağırlıklar modele entegre edilmiştir. İzmir ve Erzurum için FUCOM ve BWM yöntemlerine göre elde edilen ağırlıklı normalize değerler Tablo 24, 25, 26 ve 27’de verilmiştir.

**Tablo 23.** MABAC Normalizasyon İşlemi Sonuçları

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.400000	0.000000	0.500000	0.300000	1.000000
<b>Kriter 2</b>	0.000000	0.739130	1.000000	0.782609	0.000000
<b>Kriter 3</b>	0.090909	0.000000	0.545455	1.000000	0.272727
<b>Kriter 4</b>	0.000000	1.000000	0.588235	0.411765	0.647059
<b>Kriter 5</b>	0.394737	0.000000	0.868421	0.894737	1.000000
<b>Kriter 6</b>	0.200000	0.600000	1.000000	0.000000	0.000000
<b>Kriter 7</b>	0.666667	0.333333	0.000000	1.000000	1.000000
<b>Kriter 8</b>	0.000000	0.500000	0.500000	1.000000	1.000000

**Tablo 24.** İzmir için Ağırlıklı Normalize Değerler (FUCOM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.098991	0.070708	0.106061	0.091920	0.141415
<b>Kriter 2</b>	0.144464	0.251241	0.288928	0.257522	0.144464
<b>Kriter 3</b>	0.194159	0.177979	0.275059	0.355959	0.226519
<b>Kriter 4</b>	0.161800	0.323599	0.256976	0.228423	0.266493
<b>Kriter 5</b>	0.128204	0.091920	0.171745	0.174164	0.183840
<b>Kriter 6</b>	0.122437	0.163250	0.204062	0.102031	0.102031
<b>Kriter 7</b>	0.195560	0.156448	0.117336	0.234672	0.234672
<b>Kriter 8</b>	0.133763	0.200644	0.200644	0.267526	0.267526

**Tablo 25.** Erzurum için Ağırlıklı Normalize Değerler (FUCOM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.094549	0.067535	0.101302	0.087795	0.135070
<b>Kriter 2</b>	0.109744	0.190860	0.219489	0.195631	0.109744
<b>Kriter 3</b>	0.131693	0.120719	0.186565	0.241438	0.153642
<b>Kriter 4</b>	0.152709	0.305418	0.242538	0.215589	0.251521
<b>Kriter 5</b>	0.122452	0.087795	0.164039	0.166349	0.175591
<b>Kriter 6</b>	0.192414	0.256552	0.320689	0.160345	0.160345
<b>Kriter 7</b>	0.280603	0.224483	0.168362	0.336724	0.336724
<b>Kriter 8</b>	0.132791	0.199186	0.199186	0.265581	0.265581

**Tablo 26.** İzmir için Ağırlıklı Normalize Değerler (BWM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.126927	0.090662	0.135993	0.117861	0.181324
<b>Kriter 2</b>	0.136938	0.238153	0.273876	0.244107	0.136938
<b>Kriter 3</b>	0.185343	0.169898	0.262570	0.339796	0.216234
<b>Kriter 4</b>	0.161836	0.323672	0.257034	0.228474	0.266553
<b>Kriter 5</b>	0.141880	0.101725	0.190065	0.192742	0.203450
<b>Kriter 6</b>	0.127918	0.170557	0.213196	0.106598	0.106598
<b>Kriter 7</b>	0.179750	0.143800	0.107850	0.215700	0.215700
<b>Kriter 8</b>	0.124489	0.186734	0.186734	0.248978	0.248978

**Tablo 27.** Erzurum için Ağırlıklı Normalize Değerler (BWM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	0.120009	0.085721	0.128582	0.111437	0.171442
<b>Kriter 2</b>	0.114928	0.199875	0.229856	0.204872	0.114928
<b>Kriter 3</b>	0.126206	0.115689	0.178792	0.231378	0.147241
<b>Kriter 4</b>	0.139380	0.278760	0.221368	0.196772	0.229567
<b>Kriter 5</b>	0.146015	0.104690	0.195605	0.198360	0.209380
<b>Kriter 6</b>	0.188071	0.250762	0.313452	0.156726	0.156726
<b>Kriter 7</b>	0.275663	0.220531	0.165398	0.330796	0.330796
<b>Kriter 8</b>	0.116460	0.174690	0.174690	0.232920	0.232920

Daha sonra kriterlere ilişkin olarak sınır yakınlık değerleri Eşitlik 18 vasıtasıyla bulunmuştur. Sınır yakınlık değerleri Tablo 28’de verilmiştir.

**Tablo 28.** Sınır Yakınlık Değerleri

	İzmir (FUCOM)	İzmir (BWM)	Erzurum (FUCOM)	Erzurum (BWM)
<b>Kriter 1</b>	0.099290	0.127310	0.094835	0.120372
<b>Kriter 2</b>	0.208086	0.197246	0.158076	0.165542
<b>Kriter 3</b>	0.238173	0.227358	0.161546	0.154815
<b>Kriter 4</b>	0.241357	0.241412	0.227797	0.207914
<b>Kriter 5</b>	0.145318	0.160819	0.138797	0.165506
<b>Kriter 6</b>	0.133536	0.139513	0.209856	0.205120
<b>Kriter 7</b>	0.181635	0.166951	0.260623	0.256035
<b>Kriter 8</b>	0.207579	0.193188	0.206071	0.180728

İzleyen adımda sınır yakınlık alanından uzaklıklar Eşitlik 19 yardımıyla hesaplanmıştır. Sınır yakınlık alanından uzaklıklar Tablo 29, 30, 31 ve 32’de sunulmuştur.

**Tablo 29.** İzmir için Sınır Yakınlık Alanından Uzaklıklar (FUCOM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	-0.000299	-0.028582	0.006772	-0.007370	0.042125
<b>Kriter 2</b>	-0.063622	0.043155	0.080842	0.049437	-0.063622
<b>Kriter 3</b>	-0.044013	-0.060193	0.036886	0.117786	-0.011653
<b>Kriter 4</b>	-0.079558	0.082242	0.015618	-0.012934	0.025136
<b>Kriter 5</b>	-0.017114	-0.053398	0.026427	0.028846	0.038522
<b>Kriter 6</b>	-0.011099	0.029714	0.070526	-0.031505	-0.031505
<b>Kriter 7</b>	0.013924	-0.025187	-0.064299	0.053036	0.053036
<b>Kriter 8</b>	-0.073816	-0.006935	-0.006935	0.059946	0.059946

**Tablo 30.** Erzurum için Sınır Yakınlık Alanından Uzaklıklar (FUCOM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	-0.000286	-0.027300	0.006468	-0.007039	0.040235
<b>Kriter 2</b>	-0.048332	0.032784	0.061413	0.037555	-0.048332
<b>Kriter 3</b>	-0.029853	-0.040827	0.025019	0.079891	-0.007904
<b>Kriter 4</b>	-0.075088	0.077621	0.014741	-0.012208	0.023724
<b>Kriter 5</b>	-0.016346	-0.051002	0.025242	0.027552	0.036794
<b>Kriter 6</b>	-0.017442	0.046696	0.110834	-0.049511	-0.049511
<b>Kriter 7</b>	0.019980	-0.036141	-0.092261	0.076100	0.076100
<b>Kriter 8</b>	-0.073280	-0.006885	-0.006885	0.059511	0.059511

**Tablo 31.** İzmir için Sınır Yakınlık Alanından Uzaklıklar (BWM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	-0.000384	-0.036648	0.008683	-0.009450	0.054014
<b>Kriter 2</b>	-0.060308	0.040907	0.076630	0.046861	-0.060308
<b>Kriter 3</b>	-0.042015	-0.057460	0.035212	0.112438	-0.011124
<b>Kriter 4</b>	-0.079576	0.082260	0.015622	-0.012937	0.025142
<b>Kriter 5</b>	-0.018939	-0.059094	0.029246	0.031923	0.042631
<b>Kriter 6</b>	-0.011596	0.031044	0.073683	-0.032915	-0.032915
<b>Kriter 7</b>	0.012799	-0.023151	-0.059101	0.048749	0.048749
<b>Kriter 8</b>	-0.068699	-0.006454	-0.006454	0.055790	0.055790

**Tablo 32.** Erzurum için Sınır Yakınlık Alanından Uzaklıklar (BWM)

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
<b>Kriter 1</b>	-0.000363	-0.034651	0.008209	-0.008935	0.051070
<b>Kriter 2</b>	-0.050614	0.034332	0.064314	0.039329	-0.050614
<b>Kriter 3</b>	-0.028609	-0.039126	0.023977	0.076563	-0.007575
<b>Kriter 4</b>	-0.068534	0.070846	0.013454	-0.011142	0.021653
<b>Kriter 5</b>	-0.019491	-0.060816	0.030099	0.032854	0.043874
<b>Kriter 6</b>	-0.017048	0.045642	0.108332	-0.048394	-0.048394
<b>Kriter 7</b>	0.019628	-0.035505	-0.090637	0.074761	0.074761
<b>Kriter 8</b>	-0.064268	-0.006038	-0.006038	0.052192	0.052192

MABAC yöntemine göre son aşamada alternatiflerin sınır yakınlık alanından uzaklıklarının toplamı Eşitlik 20 yardımıyla bulunmuştur. İzmir ve Erzurum şartları için bulunan değerler ve buna göre sıralama sonuçları Tablo 33 ve 34'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 33.** MABAC Yöntemine göre Sonuçlar (FUCOM)

	İzmir Değer	İzmir Sıra	Erzurum Değer	Erzurum Sıra
<b>Alternatif 1</b>	-0.275597	5	-0.240646	5
<b>Alternatif 2</b>	-0.019185	4	-0.005054	4
<b>Alternatif 3</b>	0.165837	2	0.144570	2
<b>Alternatif 4</b>	0.257242	1	0.211852	1
<b>Alternatif 5</b>	0.111986	3	0.130617	3

**Tablo 34.** MABAC Yöntemine göre Sonuçlar (BWM)

	İzmir Değer	İzmir Sıra	Erzurum Değer	Erzurum Sıra
<b>Alternatif 1</b>	-0.268717	5	-0.229300	5
<b>Alternatif 2</b>	-0.028597	4	-0.025316	4
<b>Alternatif 3</b>	0.173520	2	0.151710	2
<b>Alternatif 4</b>	0.240459	1	0.207228	1
<b>Alternatif 5</b>	0.121978	3	0.136967	3

Tablo 33 ve 34'te bulunan MABAC yöntemine göre oluşan sonuçlar incelendiğinde, Tablo 21 ve 22'deki sonuçları destekler niteliktedir. Oluşan sıralama sonucunda hem İzmir hem de Erzurum için; Motul ürünü 1. Sırada, Mobil ürünü 2. Sırada, Total ürünü 3. Sırada, Shell ürünü 4. Sırada ve Castrol ürünü 5. Sırada yer almıştır. Yine burada da oluşan sıralamanın daha önce de Tablo 13 altında örneklerle açıklandığı gibi, İzmir ve Erzurum için aynı olmasının temel nedeni ülkemiz coğrafyasında her türlü iklim şartlarında pazara sunulan motor yağlarının tüm alternatifler dahilinde verimli bir şekilde görevini yerine getirebilmesidir.

## 7. Sonuç ve Değerlendirme

Motor yağları araçların kullanım ömrü boyunca sağlıklı bir şekilde çalışması ve çalışan parçaların maruz kaldığı yüksek ısı ve sürtünme sonucunda ortaya çıkabilecek olumsuz sonuçlardan korunması için hayati öneme sahip bir unsurdur. Bu çalışmada; Türkiye pazarında satışa sunulan, WSS-M2C913-D standardını karşılayan önemli markaların madeni yağ ürünleri bir birinden farklı iklim özellikleri gösteren İzmir ve Erzurum özelinde karşılaştırılmış ve alternatifler arasında oluşan sıralama hem İzmir hem de Erzurum bağlamında ele alınmış olup çıkan sonuçlar incelenmiştir. Tüm bu veriler dahilinde ortaya çıkan sonuçlarda, İzmir ve Erzurum yönlü alternatif sıralaması aynı çıkmıştır. Bu sıralama bize şunu göstermektedir; Türkiyenin içinde bulunduğu iklim kuşağında WSS-M2C913-D standardını karşılamakta olup pazarda aktif olarak satışı bulunan her bir alternatif, Türkiye coğrafyasında her türlü iklim şartları ve sıcaklık şartlarında sorunsuz bir şekilde çalışmalarını sürdürebilmektedir (Volkan Genç, Ağır Vasıta Sürüş Eğitmeni ile yapılan görüşme).

Çalışmanın temel kısıtı Türkiye coğrafyası ile sınırlı tutulmasıdır. Şayet bu çalışma farklı coğrafyalar için yapılmış olsaydı iklim şartlarına göre sonuçlar değişebilirdi. Hali hazırda motor yağı üreten firmalar farklı iklim şartlarına özel farklı yağlar üretmektedir. Örneğin, Sibiry coğrafyasında bulunan Rusya ve Kazakistan gibi ülkelerde kullanılacak yağlar soğuk iklim şartları önceliklerine göre formüle edilmiş iken, bazı Arap Devletlerini ve Somali, Cibuti gibi ülkeleri içine alan Sahra altı coğrafyasında ise yüksek sıcaklık altında kullanılacak motor yağları sıcak iklim koşulları önceliklerine göre üreticiler tarafından farklılaştırılmaktadır ve bu tip ülkelerde farklı ürünler piyasaya sunulmaktadır. Bulunduğu coğrafyaya bağlı olarak bu motor yağlarının farklı viskozite değerlerinde farklı standartları karşılaması beklenmektedir. Araştırmanın sınırlılıklarını oluşturan temel unsur Türkiye sınırları içerisinde gerçekleşmesidir. Bu çalışma eğer farklı ülke coğrafyalarını kapsayabilseydi daha farklı sonuçlar karşımıza çıkabilirdi. Gelecek çalışmalar açısından baktığımızda bu çalışma kısıtlanmış coğrafya alanında yapılmış olup, dünyanın herhangi bir noktasında veya farklı bölgelerde yapılacak olan çalışmalar yönünden ufuk açıcı olabileceği gibi, daha geniş ölçekli yapılacak olan çalışmalara başlangıç noktası oluşturabilecek niteliktedir. Günümüz araçları ileri teknoloji ürünü olup yağ seçimi noktasında iklime göre en doğru yağın seçilmesi hem yakıt tasarrufu hem de motor ömrünü doğrudan etkileyen unsur olup, yine bu çalışmadan yola çıkılıp motor ömrü motor yağı ilişkisini veya yakıt tüketimi motor yağı ilişkisini ortaya koyan bir çalışma yapılabilir. Dahası bu çalışma bu var sayılan ilişkisel bağları içine alarak geliştirilebilir.

Bu çalışmada hususi otomobil kullanıcıları için motor yağı alternatiflerinin farklı iklim şartlarına göre seçim problemi ele alınmıştır. Motor yağı değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları FUCOM ve BWM yöntemleri ile bulunmuş, motor yağı alternatifleri de MABAC ve MAIRCA yöntemleri ile sıralanmış ve karşılaştırılmıştır.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda;

- Aynı motor yağı alternatiflerinin farklı ÇKKV yöntemleri ile analizleri yapılabilir,
- ÇKKV yöntemleri kullanılarak, otobüs, kamyon, tır, traktör gibi farklı ulaşım araçlarının kullandığı motor yağı alternatifleri değerlendirilebilir,
- ÇKKV yöntemleri kullanılarak, otomotiv sektöründeki ulaşım araçlarının çalışmasını hareket etmesini sağlayan farklı mekanizma ve unsurlar değerlendirilebilir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Çalışma Konsepti/Tasarım- V.G., A.Ö., M.K.K.; Veri Toplama- V.G.; Veri Analizi/Yorumlama- A.Ö., V.G., M.K.K.; Yazı Taslağı- M.K.K., V.G., A.Ö.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- A.Ö., V.G., M.K.K.; Son Onay ve Sorumluluk- V.G., A.Ö., M.K.K.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

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

**Author Contributions:** Conception/Design of Study- V.G., A.Ö., M.K.K.; Data Acquisition- V.G.; Data Analysis/ Interpretation- A.Ö., V.G., M.K.K.; Drafting Manuscript- M.K.K., V.G., A.Ö.; Critical Revision of Manuscript- A.Ö., V.G., M.K.K.; Final Approval and Accountability- V.G., A.Ö., M.K.K.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

## Kaynakça

- Arsić, S. N., Pamučar, D., Suknović, M. ve Janošević, M. (2019). Menu Evaluation Based on Rough MAIRCA and BW Methods. *Serbian Journal of Management*, 14(1), 27-48.
- Avcı, A. (2009). Bir Kargo Firmasına Ait 6 Adet Diesel Aracın Optimum Yağ Değişim Süreçlerinin Ekonomik Etüdü. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ayçin, E. (2020). Personel Seçim Sürecinde CRITIC ve MAIRCA Yöntemlerinin Kullanılması. *İşletme*, 1(1), 1-12.
- Bakır, M. (2019). SWARA ve MABAC Yöntemleri ile Havayolu İşletmelerinde Ewom'a Dayalı Memnuniyet Düzeyinin Analizi, *İzmir İktisat Dergisi*, 34 (1), 51-66. Doi: 10.24988/ije.2019341787.
- Biswas, T. K. ve Das, M. C. (2018). Selection of Commercially Available Electric Vehicle using Fuzzy AHP-MABAC. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 100(3), 531–537, <https://doi.org/10.1007/s40032-018-0481-3>.
- Bozanic, D., Tešić, D. ve Kočić, J. (2019). Multi-Criteria FUCOM–Fuzzy MABAC Model for The Selection of Location for Construction of Single-Span Bailey Bridge. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 2(1), 132-146. DOI: <https://doi.org/10.31181/dmame1901132b>.
- Bozanic, D., Tešić, D., ve Milić, A. (2020). Multicriteria Decision Making Model With Z-Numbers Based on FUCOM and MABAC Model. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 3(2), 19-36. DOI: <https://doi.org/10.31181/dmame2003019d>.



- Cao, Q., Esangbedo, M. O., Bai, S., & Esangbedo, C.O. (2019). Grey SWARA-FUCOM Weighting Method for Contractor Selection MCDM Problem: A Case Study of Floating Solar Panel Energy System Installation. *Energies*, 12(13), 2481. <https://doi.org/10.3390/en12132481>.
- Castrol, (2020). Castrol MAGNATEC STOP-START 5W-30 A5. Erişim tarihi: 20.09.2020, [https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/8DF7EB67C6A8566980257F6C0059DA45/\\$File/BPXE-A7YAPZ.pdf](https://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/8DF7EB67C6A8566980257F6C0059DA45/$File/BPXE-A7YAPZ.pdf).
- Ćirović, G., Pamučar, D. ve Popović-Miletić, N. (2020). Multi-Criteria Model Based on Linguistic Neutrosophic Numbers: The Selection of Unmanned Aircraft. *Proceedings of International Conference on Contemporary Theory And Practice in Construction XIV*, 277-287, I Doi 10.7251/STP2014277C.
- Ecer, F. (2021). FUCOM Súbjektif Ağırlıklandırma Yöntemi Ile Rüzgâr Çiftliđi Yer Seçimini Etkileyen Faktörlerin Analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 24-34.
- Genç, V. (Görüşme tarihi: 20.12.2021). Ağır Vasıta Sürüş Eğitmeni, MEB, Motorlu taşıt usta öğretiliği sertifikası, Sertifika tarihi: 23.08.2019, Pub. L. No. 198661220190062700000.
- Ğigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z. ve Milićević, M., (2016). The Combination of Expert Judgment and GIS-MAIRCA Analysis for the Selection of Sites for Ammunition Depots. *Sustainability*, 8(4), 372, 1-30, doi:10.3390/su8040372.
- Ğigović, L., Pamučar, D., Bozanic, D. ve Ljubojevic, S. (2017). Application of The Gis-Danp-Mabac Multi-Criteria Model Forselecting The Location of Wind Farms: A Case Study of Vojvodina, Serbia. *Renewable Energy*. 103. 501-521. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.11.057>.
- Gupta, Himanshu. (2018). Assessing organizations performance on the basis of GHRM practices using BWM and Fuzzy TOPSIS. *Journal of Environmental Management*, 226, 201–216. Doi: 10.1016/j.jenvman.2018.08.005.
- Halis, S. (2016). Araç Kullanım Sürelerinin Motor Yağ Viskozitesine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- İpek, R. İ. ve Erdoğan, M. (2006). Motor Yağı Takviyelerinin, Aşınma Mekanizmalarına Etkisinin Deneysel Araştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12, 67–78.
- Ji, P., Zhang, H. Y., ve Wang, J. Q. (2018). Selecting an outsourcing provider based on the combined MABAC–ELECTRE method using single-valued neutrosophic linguistic sets. *Computers & Industrial Engineering*, 120, 429-441. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.012>.
- Kıran, M. B. (2019). Ülke İş Sağlığı ve Güvenliği Performanslarını Değerlendirmek Amacıyla MAIRCA Yönteminin Dört Farklı Ağırlıklandırma Yaklaşımı ile Uygulanması. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Mamak Ekinci, E.B. ve Can, G.F. (2018). Algılanan İş Yükü ve Çalışma Duruşları Dikkate Alınarak Operatörlerin Ergonomik Risk Düzeylerinin Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi. *Ergonomi*, 1(2), 77-91. <https://doi.org/10.33439/ergonomi.478732>.
- Matić, B., Jovanović, S., Das, D. K., Zavadskas, E. K., Stević, Ž., Sremac, S. ve Marinković, M. (2019). A New Hybrid MCDM Model: Sustainable Supplier Selection in A Construction Company. *Symmetry*, 11(3), 353. <https://doi.org/10.3390/sym11030353>.
- Mobil, (2020). Mobil Super 3000 X1 FORMULA FE 5W-30. Erişim tarihi: 20.09.2020, <https://www.mobil.com/tr-tr/passenger-vehicle-lube/pds/gl-xx-mobil-super-3000-x1-formula-fe-5w30>.
- Motul, (2020). Motul 8100 ECO-ENERGY 5W-30. Erişim tarihi: 20.09.2020, [https://d23zpyj32c5wn3.cloudfront.net/images/product\\_descriptions/technical\\_data\\_sheets/42560/8100\\_ECO-ENERGY\\_5W-30\\_tr\\_TR\\_motul\\_20190827.pdf?1566916094](https://d23zpyj32c5wn3.cloudfront.net/images/product_descriptions/technical_data_sheets/42560/8100_ECO-ENERGY_5W-30_tr_TR_motul_20190827.pdf?1566916094).
- Nabeeh, N.A., Abdel-Monem, A., ve Abdelmouty, A. (2020). A Novel Methodology for Assessment of Hospital Service according to BWM, MABAC, PROMETHEE II. *Neutrosophic Sets and Systems*, 31(1), 63-79.
- Nunic, Z. (2018). Evaluation and Selection of The Pvc Carpentry Manufacturer Using The FUCOM-MABAC Model. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*. *Theory Appl.* 1(1), 13–28. DOI: <https://doi.org/10.31181/oresta190101s>.

- Özçelik, A.E. (2004). Konya İlinde Otomotiv Taşıtlarında Motor Yağ-Yakıt Seçimi ve Bakım Alışkanlıklarının Belirlenmesi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Konya.
- Pamucar, D. S., Tarle, S. P., ve Parezanovic, T. (2018c). New Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Dematel Mairca Model: Sustainable Selection of A Location for The Development of Multimodal Logistics Centre. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 31 (1), 1641–1665. Doi:10.1080/1331677X.2018.1506706.
- Pamućar, D. ve Ćirović, G. (2015). The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, 42 (6), 3016-3028. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.11.057>.
- Pamucar, D., Lukovac, V., Božanić, D. ve Komazec, N. (2018b). Multi-criteria FUCOM-MAIRCA Model for The Evaluation of Level Crossings: Case Study in The Republic of Serbia. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), 108-129. DOI: <https://doi.org/10.31181/oresta190101s>.
- Pamucar, D., Stevic, Ź. ve Sremac, S. (2018a). A New Model for Determining Weight Coefficients of Criteria in MCDM Models: Full Consistency Method (FUCOM). *Symmetry*, 10 (393), 1-22. doi:10.3390/sym10090393.
- Shell, (2020). Shell Helix Ultra Professional AF 5W-30. Erişim tarihi: 20.09.2020, [http://tdc.ge/wp-content/uploads/2014/03/HELIX\\_ULTRA\\_PROFESSIONAL\\_AF\\_5W-30.pdf](http://tdc.ge/wp-content/uploads/2014/03/HELIX_ULTRA_PROFESSIONAL_AF_5W-30.pdf).
- Sofuoğlu, M. A. (2020). Fuzzy Applications of FUCOM Method in Manufacturing Environment. *Politeknik Dergisi*, 23(1), 189-195. <https://doi.org/10.2339/politeknik.586036>.
- Total, (2020). Total Quartz 9000 Future NFC 5W-30. Erişim tarihi: 20.09.2020, <http://www.lubs-products-database.total.com/gallery/ORIGINALS/visuels/31500/31539>.
- Zolfani, S. H., Ecer, F., Pamučar, D. ve Raslanas, S. (2020). Neighborhood selection for a newcomer via a novel BWM-based revised MAIRCA integrated model: a case from the Coquimbo-La Serena conurbation, Chile. *International Journal of Strategic Property Management*, 24(2), 102-118, <https://doi.org/10.3846/ijspm.2020.11543>.



Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)

**JTL**


Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1020557

RESEARCH ARTICLE

## A Priority Analysis on Emission Reduction Strategies in Foreland and Hinterland of Ports

Umur Bucak<sup>1</sup> 

### ABSTRACT

Maritime transportation is responsible for a considerable extent of the world's total air emissions. For this reason, IMO regulations have started to control emissions coming from ships. Especially in the wake of IMO 2020 rules first being applied, ship owners pay much more attention to emissions released. In contrast, the regulations do not involve the other actors within maritime transportation, so for instance, ports have not focused significantly on emissions while operating. However, emissions produced by port operations have directly threatened human health due to the ports' proximity to cities. Recently, various acts were created to mitigate these emissions. Although these acts were beneficial, strategies to alleviate emissions from shipping should be stricter to achieve the United Nations' 2030 and 2050 targets for emission reduction. In this study, strategies to reduce air emissions produced by ports were identified, categorized, and prioritized. Strategies to prevent both in-port and hinterland emissions were evaluated for the first time. The findings of the study (based on expert evaluations) were presented, and implications related to these findings were interpreted. Finally, some suggestions for further studies related to port emissions were proposed.

**Keywords:** Port emissions, Hinterland emissions, Emission Reduction Strategies, Fuzzy AHP

Submitted: 08.11.2021 • Revision Requested: 23.11.2021 • Last Revision Received: 27.12.2021 • Accepted: 18.01.2022

<sup>1</sup> **Corresponding author:** Umur Bucak (Dr.), Zonguldak Bulent Ecevit University, Maritime Faculty, Zonguldak, Turkiye. E-mail: [umurbucak@gmail.com](mailto:umurbucak@gmail.com)  
ORCID: 0000-0001-5112-8133

**Citation:** Bucak, U. (2022). A Priority analysis on emission reduction strategies in foreland and hinterland of ports. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 83-94. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1020557>



## 1. Introduction

Maritime transportation did not previously focus on the environmental impacts of its operations due to it being recognised as the most environmentally friendly mode of transport. However, environmental concerns have recently become one of the main issues in the shipping industry because of its rapid growth (Winnes et al., 2015: 73). Consequently, actions were taken to reduce the negative effects on the environment caused by maritime emissions. All the actors involved in maritime transportation agreed with the United Nations' 2030 and 2050 targets for emission reduction (Romera, 2016; Hilmola, 2019; Li et al., 2019: 1). Ports, being one of the main bodies of maritime transportation, also accommodated environmentally friendly applications. Therefore, there is a need to identify strategies to prevent ports from creating air pollution and to facilitate the implementation of these strategies. This study aims to introduce strategies to reduce air emissions originating from port operations and prioritize them in terms of their impact level through the help of expert evaluations.

Many forces are applying pressure to ports to become more environmentally sustainable. One of these forces is the application of national regulations, for instance, the Rotterdam Climate Initiative. These regulations are intrinsic to the plans of port authorities, terminal operators, and logistics service providers. Another force is the application of broader scale regulations, such as the California Air Resource Board (CARB) regulations, and EU regulations (Alamouh et al., 2020). *Norsworthy and Craft* (2013) found that the voluntary 'Clean Truck Program' in US Ports had a significant effect on reducing emissions in port areas. In the maritime industry, small-scale problems regarding regulations and management of environmental issues are generally handled comprehensively. Thanks to this treatment, global acts can be supported at the lowest level (Gritsenko and Yliskylä-Peuralahti, 2013: 4). The role of port states on ship emissions reduction policies has become more powerful in comparison to flag states (Gritsenko and Yliskylä-Peuralahti, 2013: 2). *Winnes et al.* (2015) determined the following precautions as the main strategies to reduce air emissions stemming from ships in port areas: a transition to alternative fuel, emission efficient ship design, and emission efficient operations. To reduce emissions in the port area, policymakers should first focus on terminal operations that are the main energy consumer and the main CO<sub>2</sub> emission producer in port areas (Martinez-Moya et al., 2019: 313). Drayage trucks are responsible for between 25 and 43% of NO<sub>x</sub> emissions in port areas, so projects to renew drayage fleets might contribute to emission reduction strategies (Norsworthy and Craft, 2013: 23). However, transformation to carbon-neutral equipment usage cannot be achieved without successful stakeholder management (Jonathan and Kader, 2018: 1348).

Emissions stemming from ships while navigating were reduced with the help of IMO regulations (IMO 2050 aim), ship design improvements (Energy Efficiency Design Index (EEDI), the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)), and slow steaming strategies (Aregall, 2018: 23). *Tichavska et al.* (2019: 128) stated that ships emit much more while berthing than when they are manoeuvring close to the quay. Ships spend, on average, 20% of their time on the high seas, therefore, they spend the rest of their time in

the port areas (55% of their time at berth and 25% of their time sailing on the nearby coast) (Deniz and Kılıç, 2010: 107). *Chang et al.* (2013) revealed that ships emit 96% of their emissions in the port area while they are entering the waterway and berthing. According to *Chang et al.* (2013), international car ferries are the biggest emitters in the Port of Incheon. *Tzannatos* (2010) found that cruise ships caused 2600 tons of air emissions annually in port areas and the cost of this was 51 million euros. One of the main causes of air pollution in the port area is the use of onboard auxiliary diesel engines by ships during hoteling to provide electric energy for its lightning, load movement, air conditioning, and emergency equipment requirements (Adamo et al., 2014: 983). In European ports, all ships were forced to use fuel oil that contains less than 0.1% sulphur and use shore power if they stayed more than two hours. *Tichavska et al.* (2019) concluded that this regulation in a port area alleviated air emissions significantly. *Sciberras et al.* (2014) determined that cold ironing applications that supply shore power to ships by ports, reduced CO<sub>2</sub> emissions by 42% during ship hoteling compared to the running of diesel-fuelled generator sets. *Tzannatos* (2010) found that using 0.1% sulfur content fuel oil while ships are berthing and applying a cold ironing strategy decreases overall cost by nearly 25% in one case port. Green ports are generally attributed as having their own electric energy from renewable sources. So then, some emission mitigating strategies such as power plant efficiency, replacing fossil-fuelled electric power sources with renewable and clean electric power resources, and utilizing carbon capture sequestration and storage, should be provided (Balbaa et al., 2019: 2). Moreover, *Sifakis and Tsoutsos* (2021) emphasized the significance of measures of ports against climate change and they evaluated the port concept that produced almost all its energy on its own.

Emission reduction policies have included speed reduction for ships around the port area, shore power supply to ships (cold ironing), and LNG usage during loading-discharging operations towards the foreland of the ports, however, only a few ports developed any policy to reduce emissions in its hinterland (Acciaro et al., 2014; Winkel et al., 2016; Styhre et al., 2017; Winnes et al., 2015; Aregall et al., 2019: 194). If we cannot handle the port system as a whole, it would be difficult to bring port-centric emissions under control (Tzannatos, 2010: 428). *Aregall et al.* (2018) found that port congestion is one of the main drivers of air emissions. *Liu et al.* (2019: 599) revealed that air emissions in the hinterland are based on cargo and ship traffic flow, infrastructure, and transport time. *Bergqvist et al.* (2015) presented precautions such as internalization of externalities, pricing policy for roads, a quota for mode-share, and extra port dues to reduce emissions through the hinterland of ports. *Aregall et al.* (2019) concluded that air emission precautions have the biggest impact on the sustainability of the port hinterland as a result of the investigation of 165 incentives. Using dry ports and railway integration can be seen as the most effective emission reduction strategies in the port hinterland (Li et al., 2019: 2). *Li et al.* (2019) calculated that some strategies, such as using at least two dry ports for each Chinese port and scaling hinterland transport back, decreased emissions by above 30%. *Lättilä et al.* (2013) concluded that dry port usage could reduce CO<sub>2</sub> emissions considerably by encouraging intermodal transport. China has had the highest container throughput since 2005 and has seven of the top 10 container ports in the world. Alongside this, 85% of its

port hinterland transport has relied solely on road transport (Tao et al., 2017: 265). *Tao and Wu* (2021) revealed that using a road-rail combination in the hinterland rather than all-road transport significantly alleviated emissions and energy consumption.

Most of the studies in port emission literature focused on emission assessments. Some of them assessed the emission level of a port. *Deniz and Kılıç* (2010) showed that ship emissions in the Ambarlı Port region are equivalent to the emissions stemming from the entire railway system of Turkey. To reduce these emissions *Alamoush et al.* (2020) evaluated all of the measures applied by ports and they categorized them as follows: information measures, equipment measures, energy measures, energy efficiency measures, operational measures, hinterland measures, and foreland measures. Some of the studies assessed the effects of emission reduction measures. *Liao et al.* (2009) revealed that CO<sub>2</sub> emission reduction can be achieved by using an intermodal transport system rather than only road transport mode usage in the hinterland (Lättilä et al., 2013: 26). *Adamo et al.* (2014) assessed the effects of the cold ironing strategy on CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> reduction in different terminals. *Martinez-Moya et al.* (2019) proved that the transition of terminal tractors' fuel from diesel to LNG and retrofitting RTGs reduced CO<sub>2</sub> emissions in the port terminals by 24% and 43% respectively. *Krämer* (2019) evaluated the benefits, deficiencies, and requirements of the autonomous modal split by railway in the hinterland in terms of economic, social, and environmental matters. Some authors were concerned about the economic costs of the emissions. *Berechman and Tseng* (2012) demonstrated that tankers, container ships, bulk ships, and trucks are the main contaminator of air in port areas and their costs to the port are over \$123 million per year. *Tichavska and Tovar* (2015) calculated one case port's external costs and environmental performance in conjunction with emission assessment. They found that NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, and PM<sub>2.5</sub> were the highest pollutants among the GHGs in that port area. They also revealed the costs of each ship type to the port in terms of environmental damages. In other respects, *Liu et al.* (2021) calculated that the volatility of the freight rates increases CO<sub>2</sub> emissions in the port hinterland, and to reduce this, they proposed utilizing railways throughout the hinterland for container cargo. Some studies proposed models to mitigate air pollution by electrification in the port area. *Jonathan and Kader* (2018) proposed an emission reduction standard for equipment electrification and found that this model decreases emissions by 4% per year. *Balbaa et al.* (2019) proposed a new optimization system for using electric power in ports. They observed the system's positive impact on reducing CO<sub>2</sub> emissions and retarding the greenhouse effect. This study evaluated air emission reduction strategies applied in the ports' foreland, terminal area, and hinterland using a holistic approach. Novel to this paper, hinterland strategies were included in a holistic model to reduce emissions stemming from ports for the first time.

In this study, the idea that ports should be evaluated with their foreland, terminal area, and hinterland was defended. From this point of view, hinterland strategies for emission reduction were considered to reduce emissions originating from ports. Emission reduction strategies for foreland, terminal area, and hinterland were collected from the literature, and these strategies were inserted into a methodology. As a result of the methodological application, it was determined which strategies might come into prominence to reduce

port-induced emissions. The second part of this study presented the priority analysis method employed and its application steps. Afterward, the problem was identified, the experts who made evaluations to solve the problem were introduced and the application of the method and its results were displayed. Finally, the results were interpreted and suggestions for further studies were proposed.

## 2. Methodology

The Analytic Hierarchy Process (AHP) method was proposed by *Thomas L. Saaty* (1980) and has attracted attention widespread in academic studies. This method is one of the most effective ways to solve complex problems and prioritize main and sub-criteria related to decision-making. However, classic AHP was criticized when used to solve uncertain situations (Mollaoglu et al., 2019). Herein, fuzzy logic was involved and was integrated into the method. By this means, sharp and subjective evaluations were avoided (Demirel et al., 2018). The first application of the Fuzzy AHP method was seen in the study of *van Laarhoven and Pedrycz* (1983). Afterward, *Buckley* (1985) integrated the geometric mean into the method. *Chang* (1996) applied synthetic extent analysis for extended values of pairwise comparisons using triangular fuzzy numbers. In this study, the Fuzzy AHP method proposed by Buckley was employed to prioritize main and sub-criteria. This method performs the defuzzification process more simply. The applications steps of the method were displayed as follows (Buckley, 1985).

It is better to transform linguistic terms into fuzzy numbers, rather than integrating the multifaceted experiences, views, ideas, and motives of the individual or group decision-maker. Accordingly, the process of solving group decision problems required the generation of fuzzy numbers. A triangular fuzzy number can be defined as a triplet  $\tilde{A} = (l, m, u)$  where  $l$ ,  $m$ , and  $u$  denote lower, medium, and upper numbers of the fuzzy which is crisp and real numbers ( $x \leq y \leq z$ ). In this regard, Table 1 shows a triangular fuzzy number. The membership function of a triangular fuzzy number can be defined as follows (Demirel et al., 2018: 62).

$$\begin{cases} 0, & x < l \\ (x - l)/(m - l), & l \leq x \leq m \\ (u - x)/(u - m), & m \leq x \leq u \\ 0 & x \geq u \end{cases} \quad (1)$$

### 2.1. Fuzzy AHP Application Steps

**Step 1:** Pairwise comparison matrices were constructed based on experts' evaluations. Each element of the pairwise comparison matrix  $(\tilde{a}_{ij})(\tilde{a}_{ij})$  is a fuzzy number that is related to the linguistic term. Thereby, pairwise comparison matrices were presented below:

$$\tilde{A}^k = \begin{vmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{a}_{m1} & \tilde{a}_{m2} & \cdots & 1 \end{vmatrix} \quad (2)$$

where  $(\tilde{a}_{ij})$  symbolizes the expert’s evaluations on comparison of an  $i$ th element with a  $j$ th element.

In this method, triangular fuzzy numbers were identified to compare criteria by utilizing various linguistic variables such as “equal importance”, “weak”, “moderate importance”, “moderate plus”, “strong importance”, “strong plus”, “very strong”, “very strong plus” and “extreme importance”. This fuzzy nine-level scale was represented in Table 1 (Jiang and Fan, 2002).

**Table 1.** Triangular Fuzzy Numbers

Real Numbers	Linguistic Variables	Triangular Fuzzy Numbers	Reverse Triangular Fuzzy Numbers
1	Equal Importance	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
2	Weak	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)
3	Moderate Importance	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)
4	Moderate Plus	(3, 4, 5)	(1/5, 1/4, 1/3)
5	Strong Importance	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)
6	Strong Plus	(5, 6, 7)	(1/7, 1/6, 1/5)
7	Very Strong	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)
8	Very Strong Plus	(7, 8, 9)	(1/9, 1/8, 1/7)
9	Extreme Importance	(8, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/8)

**Step 2:** The geometric mean of each row of matrices was calculated to prioritise the criteria. At first, the geometric means of the first parameters in each row’s triangular fuzzy numbers were calculated.

$$\begin{aligned}
 a_{1l} &= [1 \times a_{12l} \times \dots \times a_{1nl}]^{1/n} \\
 a_{2l} &= [a_{21l} \times 1 \times \dots \times a_{2nl}]^{1/n} \\
 &\dots \\
 a_{il} &= [a_{n1l} \times a_{n2l} \times \dots \times 1]^{1/n}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

And then, the geometric means of each row’s triangular fuzzy numbers’ second and third parameters were also assessed respectively.

$$\begin{aligned}
 b_{1m} &= [1 \times b_{12m} \times \dots \times b_{1nm}]^{1/n} \\
 b_{2m} &= [b_{21m} \times 1 \times \dots \times b_{2nm}]^{1/n} \\
 &\dots \\
 b_{im} &= [b_{n1m} \times b_{n2m} \times \dots \times 1]^{1/n}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

The geometric means of the third parameters were assessed as follows:

$$\begin{aligned}
 c_{1u} &= [1 \times c_{12u} \times \dots \times c_{1nu}]^{1/n} \\
 c_{2u} &= [c_{21u} \times 1 \times \dots \times c_{2nu}]^{1/n} \\
 &\dots \\
 c_{iu} &= [c_{n1u} \times c_{n2u} \times \dots \times 1]^{1/n}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$



The sum of the geometric means in the row is  $a_{1s}$  for lowest parameters,  $a_{2s}$  for medium one and  $a_{3s}$  for highest parameters. Lastly,  $\tilde{r}_{ij}$  matrix was gained by using the values of  $a_{ij}$ .

$$\tilde{r}_{ij} = \begin{pmatrix} \left( \frac{a_{1l}}{a_{3s}}, \frac{b_{1m}}{a_{2s}}, \frac{c_{1u}}{a_{1s}} \right) \\ \left( \frac{a_{2l}}{a_{3s}}, \frac{b_{2m}}{a_{2s}}, \frac{c_{2u}}{a_{1s}} \right) \\ \vdots \\ \left( \frac{a_{il}}{a_{3s}}, \frac{b_{im}}{a_{2s}}, \frac{c_{iu}}{a_{1s}} \right) \end{pmatrix} \quad (6)$$

**Step 3:** Fuzzy weights were assessed based on the equation 7 as follows:

$$\tilde{U}_i = \sum_{j=1}^n (\tilde{W}_j \tilde{r}_{ij}), \quad \forall i. \quad (7)$$

In equation 7, " $\tilde{U}_i$ " referred to the utility level of  $i$ th criterion, " $\tilde{W}_j$ " referred to the weight of the  $j$ th criteria. Plus, " $\tilde{r}_{ij}$ " expressed the performance of the  $i$ th alternative for the  $j$ th criteria.

**Step 4:** Fuzzy numbers were transformed into crisp numbers.  $\tilde{A} = (l, m, u)$  can be transformed into a crisp number by employing the below equation:

$$A = \sqrt[3]{(l * m * u)} \quad (8)$$

**Step 5:** After the defuzzification step, *Consistency Index* was calculated based on equation 9 as follows:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (9)$$

Consistency Index value should be below 0.10.

### 3. Application

In this section are presented the application steps used to find out the most significant strategy aimed at reducing air pollution in Turkish container ports using the Fuzzy AHP method. First, air emission reduction strategies in port areas were revealed with the help of the literature (Norsworthy and Craft, 2013; Winnes et al., 2015; Sciberras et al., 2016; Aregall et al., 2018; Aregall et al., 2019; Alamoush et al., 2020). These strategies were categorized in terms of their impact areas such as foreland, terminal area, hinterland. In this study, each strategy was handled as a sub-criterion under main criteria such as 'Strategies to prevent foreland emissions', 'Strategies to prevent terminal emissions', and 'Strategies to prevent hinterland emissions'. These main and sub-criteria are shown in Table 2 with their definitions in the literature.

**Table 2.** Emission Reducing Strategies in Port Areas and their Definitions

Main-Criterion	Sub-Criterion	Criterion Number	Definition
Strategies to prevent foreland emissions	Cold Ironing	C1	To supply shore electric power to vessels
	Concession to Green Vessel	C2	To give precedence to vessels performing environmentally friendly applications
	Minimum Anchorage Duration	C3	To make plans that limit waiting time for berthing
	Minimum Hoteling Duration	C4	To perform effective operations while hoteling
	Electric-Tug Boat Usage	C5	To utilize electric power to tug vessels
Strategies to prevent terminal emissions	Electric-SSG Usage	C6	To utilize electric powered Ship-to-Shore Gantry crane for loading-unloading operation
	Electric-RTG Usage	C7	To utilize electric powered Rubber Tyred Gantry crane for stowing operation
	Alternative Fuelled Handling Vehicle Usage	C8	To utilize alternative fuelled (LNG, Methanol, Electric) terminal vehicle for transfer containers from the apron to the stowage area
Strategies to prevent hinterland emissions	Concession to Green Trucks	C9	To give precedence to trucks performing environmentally friendly applications
	Intermodal Link	C10	To use railway, which is more emission efficient transport mode, through the hinterland
	Traffic Regulator Pricing	C11	To implement extra pricing on busier days to spread traffic to other days

Second, a questionnaire form was developed to compare main criteria and sub-criteria with homogeneous ones categorized in the same group. This questionnaire was implemented to gain expert opinions from Health, Safety, Environment (HSE) managers and specialists of the 6 container ports located in various regions of Turkey. Selected experts evaluated emission reduction strategies to put more significant ones forward. Detailed information related to the selected experts is shown in Table 3 to highlight their expertise levels.

**Table 3.** Detailed Information on Selected Experts

Expert Number	Title	Education Level	Professional Experience
Expert-1	HSE Manager	MSc.	9 years
Expert-2	HSE Manager	MSc.	12 years
Expert-3	HSE Manager	MSc.	15 years
Expert-4	HSE Specialist	MSc.	5 years
Expert-5	HSE Specialist	Bachelor	7 years
Expert-6	HSE Specialist	MSc.	8 years

Finally, emission reduction strategies in the port area were ranked as a result of analyses based on these experts' evaluations. These rankings were determined with the help of the Fuzzy AHP method. In this part, primarily, sub-criteria were compared with

each other which were categorized under the same main criteria and local weights of each sub-criterion were then determined. Then, the main criteria were compared with each other, and weights of each main criterion were distributed to its sub-criteria. Thus, general weights of each sub-criterion were determined, and the ranking table was constituted based on these general weights. The weights of the main criteria, local and general weights of sub-criteria, and ranks of each main and sub-criterion are shown In Table 4.

**Table 4.** Results of the Study

Main Criterion Name	Main Criterion Weights		Code	Sub-Criterion Name	Local Weights		General Weights	
	Score	Rank			Score	Rank	Score	Rank
Strategies to prevent foreland emissions	0.19490	2	C1	Cold Ironing	0.30363	1	0.29589	4
			C2	Concession to Green Vessel	0.12715	4	0.12391	10
			C3	Minimum Anchorage Duration	0.10918	5	0.10640	11
			C4	Minimum Hoteling Duration	0.16255	3	0.15840	7
			C5	Electric-Tug Boat Usage	0.29738	2	0.28980	5
Strategies to prevent terminal emissions	0.63441	1	C6	Electric-SSG Usage	0.32047	2	0.60992	2
			C7	Electric-RTG Usage	0.43376	1	0.82554	1
			C8	Alternative Fuelled Handling Vehicle Usage	0.24551	3	0.46725	3
Strategies to prevent hinterland emissions	0.17010	3	C9	Concession to Green Trucks	0.28156	2	0.14368	8
			C10	Intermodal Link	0.28130	3	0.14355	9
			C11	Traffic Regulator Pricing	0.43708	1	0.22304	6

#### 4. Discussion

Emission reduction policies such as speed reduction for vessels around the port area, shore power supply (cold ironing), LNG usage during loading-discharging operations, etc. target the foreland of the ports. However, only a few ports have developed policies to reduce emissions in their hinterland (Acciaro et al., 2014; Winkel et al., 2016; Styhre et al., 2017; Winnes et al., 2015; Aregall et al., 2019: 194). *Aregall et al.* (2019) evaluated port-driven measures to contribute to sustainable hinterland transport. They determined all of the measures and goals related to environmentally sustainable transport around ports. They also categorized aspects of the strategies as measures against air emissions, noise, congestion, and modal shift. In this study, measures against air emission were evaluated, not only for port hinterlands but also for the foreland and terminal areas of ports.

Various strategies were determined in the literature such as internalization of externalities, pricing policy for roads, the quota for mode-share and extra port dues (Bergqvist, 2015), using dry ports and railway integration (Lättilä et al., 2013; Li et al., 2019), and using road-rail combination in the hinterland rather than all-road transport (Tao and Wu, 2021). In this study, strategies that appeared throughout the literature were included in the model. In addition, these strategies were evaluated based on the expert opinion of port professionals. Thus, in the case of Turkish ports, it was concluded that ports should focus more on their operations in the terminal area to be more environmentally friendly

in terms of preventing air pollution. This is the first study that has evaluated strategies that prevent both in-port and hinterland emissions.

## 5. Conclusion

This is the first study that has categorized air emission reduction strategies in port areas as foreland emissions, terminal emissions, and hinterland emissions. It also gathered together strategies to prevent in-port and hinterland emissions. These strategies were evaluated by experts working as HSE managers or specialists in Turkish ports. As a result of these expert evaluations, it was revealed that implementing strategies to prevent terminal emissions in the port area is the highest priority. In this regard, powering port equipment such as SSG, RTG, terminal trucks, etc. up with electric or other alternative fuels was seen as the most significant strategy to alleviate emissions. At this point, e-RTG usage stood out and this circumstance indicated that first, precautions should be taken against emissions stemming from stowage operations in the terminal areas. Experts' perspectives drove best practices for equipment usage in the leading ports for less emissions. In this regard, incentive policies may be included in investment policies for equipment usage with lower emissions in port areas.

Although strategies to prevent foreland emissions were of secondary importance, providing electric power to ships from the shore side (cold ironing) has become prominent among the other strategies in this category. However, there is no legal foundation to oblige ships to use shore power in Turkey. For this reason, the cold ironing strategy is not seen as feasible for Turkish ports due to a lack of legal structure. Additionally, safety zone applications can protect offshore installations and accordingly may avoid marine accidents threatening the environmentalism of the ports. Thus, the safety zone application may be one of the main emissions reduction policies for ports in the foreland. In the hinterland strategies category, it was demonstrated that trucks generate heavy traffic along the hinterland on busy days and emit much more these days. The extra pricing strategy on busy days was seen as the most important hinterland strategy to solve this problem. In this way, it is aimed to reduce the traffic density by ensuring that the trucks operate on other off-peak days.

This study investigated emissions in the port area and strategies to alleviate them. In this context, all the strategies in the literature were handled as criteria and it was attempted to reveal the most significant ones. While evaluating reduction strategies, both in-port-related and hinterland-related strategies were included in the model. The practical contribution of this study includes the attempt to express that responsibility of the ports on emissions is gradually extending towards the hinterland. Therefore, hinterland strategies of the ports on emission reduction should be considered at least as much as its strategies related to foreland and terminal areas. Hinterland greenness should be included in the evaluations in the scope of the Green Port concept. Moreover, each strategy handled in this study can be an incentive for ports to reduce air emissions. As a theoretical contribution of this paper, efforts were made to include hinterland strategies of ports into the model in the context of emission reduction as well as to gather emission reduction strategies related to the foreland, terminal area, and hinterland of ports that appeared throughout the literature. Research data was collected during the COVID-19 pandemic, and experts were

selected only from Turkish container ports. These circumstances may be considered as limitations of this study. For further studies, these strategies and experts can be extended, and the prioritization method can be diversified. Moreover, ports can be ranked with other multi-criteria decision-making methods in terms of their efficiency level in the context of emission reduction strategies.

---

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

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

---

## References

- Adamo, F., Andria, G., Cavone, G., De Capua, C., Lanzolla, A. M. L., Morello, R., & Spadavecchia, M. (2014). Estimation of ship emissions in the port of Taranto. *Measurement*, 47, 982-988.
- Alamouh, A. S., Ballini, F., & Ölçer, A. I. (2020). Ports' technical and operational measures to reduce greenhouse gas emission and improve energy efficiency: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111508.
- Aregall, M. G., Bergqvist, R., & Monios, J. (2019). Port-driven measures for incentivizing sustainable hinterland transport. In *Green Ports* (pp. 193-210). Elsevier.
- Aregall, M. G., Bergqvist, R., & Monios, J. (2018). A global review of the hinterland dimension of green port strategies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 23-34.
- Balbaa, A., Swief, R. A., & El-Amary, N. H. (2019). Smart Integration Based on Hybrid Particle Swarm Optimization Technique for Carbon Dioxide Emission Reduction in Eco-Ports. *Sustainability*, 11(8), 1-16.
- Berechman, J., & Tseng, P. H. (2012). Estimating the environmental costs of port related emissions: The case of Kaohsiung. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(1), 35-38.
- Bergqvist, R., 2015. Hinterland logistics and global supply chains. In: Song, D.-W., Panayides, P. (Eds.), *Maritime Logistics – A Guide to Contemporary Shipping and Port Management*, second ed., Kogan, pp. 67–88.
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy sets and systems*, 17(3), 233-247.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
- Chang, Y. T., Song, Y., & Roh, Y. (2013). Assessing greenhouse gas emissions from port vessel operations at the Port of Incheon. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 25, 1-4.
- Demirel, H., Balin, A., Çelik, E., & Alarçin, F. (2018). A fuzzy AHP and ELECTRE method for selecting stabilizing device in ship industry. *Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike*, 69(3), 61-77.
- Deniz, C., & Kilic, A. (2010). Estimation and assessment of shipping emissions in the region of Ambarlı Port, Turkey. *Environmental progress & sustainable energy*, 29(1), 107-115.
- Gritsenko, D., & Yliskylä-Peuralahti, J. (2013). Governing shipping externalities: Baltic ports in the process of SOx emission reduction. *Maritime Studies*, 12(1), 1-21.
- Jiang, Y. P., & Fan, Z. P. (2002). A practical ranking method for reciprocal judgment matrix with triangular fuzzy numbers. *Systems Engineering*, 20(2), 89-92.
- Jonathan, Y. C. E., & Kader, S. B. A. (2018). Prospect of Emission Reduction Standard for Sustainable Port Equipment Electrification. *International Journal of Engineering*, 31(8), 1347-1355.
- Lättilä, L., Henttu, V., & Hilmola, O. P. (2013). Hinterland operations of seaports do matter: Dry port usage effects on transportation costs and CO<sub>2</sub> emissions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 55, 23-42.

- Li, W., Hilmola, O. P., & Panova, Y. (2019). Container Sea Ports and Dry Ports: Future CO<sub>2</sub> Emission Reduction Potential in China. *Sustainability*, 11(6), 1515.
- Liu, P., Liu, C., Du, J., & Mu, D. (2019). A system dynamics model for emissions projection of hinterland transportation. *Journal of Cleaner Production*, 218, 591-600.
- Liu, P., Wang, C., Xie, J., Mu, D., & Lim, M. K. (2021). Towards green port-hinterland transportation: Coordinating railway and road infrastructure in Shandong Province, China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 94, 102806.
- Martínez-Moya, J., Vazquez-Paja, B., & Maldonado, J. A. G. (2019). Energy efficiency and CO<sub>2</sub> emissions of port container terminal equipment: Evidence from the Port of Valencia. *Energy Policy*, 131, 312-319.
- Mollaoğlu, M., Bucak, U., & Demirel, H. (2019). A Quantitative Analysis of the Factors That May Cause Occupational Accidents at Ports. *Journal of ETA Maritime Science*, 7(4), 294-303.
- Norsworthy, M., & Craft, E. (2013). Emissions reduction analysis of voluntary clean truck programs at US ports. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 22, 23-27.
- Saaty, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*, McGrawHill, New York, 1980.
- Sciberras, E. A., Zahawi, B., Atkinson, D. J., Juandó, A., & Sarasquete, A. (2016). Cold ironing and onshore generation for airborne emission reductions in ports. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 230(1), 67-82.
- Sifakis, N., & Tsoutsos, T. (2020). Planning zero-emissions ports through the nearly zero energy port concept. *Journal of Cleaner Production*, 125448.
- Tao, X., & Wu, Q. (2021). Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in hinterland container transport. *Journal of Cleaner Production*, 279, 1-13.
- Tao, X., Wu, Q., & Zhu, L. (2017). Mitigation potential of CO<sub>2</sub> emissions from modal shift induced by subsidy in hinterland container transport. *Energy Policy*, 101, 265-273.
- Tichavska, M., & Tovar, B. (2015). Environmental cost and eco-efficiency from vessel emissions in Las Palmas Port. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 83, 126-140.
- Tichavska, M., Tovar, B., Gritsenko, D., Johansson, L., & Jalkanen, J. P. (2019). Air emissions from ships in port: Does regulation make a difference? *Transport Policy*, 75, 128-140.
- Tzannatos, E. (2010). Cost assessment of ship emission reduction methods at berth: the case of the Port of Piraeus, Greece. *Maritime Policy & Management*, 37(4), 427-445.
- Tzannatos, E. (2010). Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus–Greece. *Atmospheric Environment*, 44(3), 400-407.
- Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.
- Winnes, H., Styhre, L., & Fridell, E. (2015). Reducing GHG emissions from ships in port areas. *Research in Transportation Business & Management*, 17, 73-82.



# Akıllı ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminin Hazırlık ve Olgunluk Düzeyinin Değerlendirilmesi için Geometrik Ortalamaya Dayalı Yeni Bir Model Önerisi

## A New Evaluation Model for the Readiness and Maturity Level of Intelligent and Sustainable Supply Chain Management Based on Geometric Mean

Sercan Demir<sup>1</sup> , Mehmet Akif Gündüz<sup>2</sup> , Turan Paksoy<sup>3</sup>

### Öz

Son yıllarda küreselleşme ve küresel rekabetteki artış, artan teknolojik büyüme hızı, müşteri taleplerindeki çeşitlilik ve tedarik zinciri süreçlerinin giderek karmaşıklaşması firmaların tedarik zinciri stratejilerine akıllı ve sürdürülebilir paradigmlar eklemelerine neden olmuştur. Tedarik zinciri oyuncuları arasındaki gerçek zamanlı bilgi paylaşımı ve zincirin her bir basamağının etkin koordinasyonu, tedarik zincirinin verimli şekilde yönetimi için önemli rol oynamaktadır. Bu da geleneksel tedarik zincirinden dijital tedarik zincirine dönüşüm ile mümkündür. Endüstri 4.0 olarak adlandırılan ve 2011 yılında Almanya'da doğan Dördüncü Sanayi Devrimi bilgi teknolojileri, nesnelerin interneti, yapay zeka, bulut bilişim teknolojisi, otonom araçlar, robotik sistemler, sensor ve otomasyon ağları, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerin üretim süreçlerine yoğun biçimde entegrasyonunu hedef alan yenilikçi bir paradigmadır. Ne var ki, Endüstri 4.0'a uyum ve uyum sonrası olgunluk dönemi birçok firma için beklenmedik problemlere yol açabilmektedir. Akıllı fabrikaların kurulmasında ve dijital dönüşümün uygulanmasında en büyük sorunlardan biri, Endüstri 4.0 yetkinliklerinin tüm operasyonlara eş zamanlı olarak etkin şekilde uygulanamamasıdır. Bu bağlamda, firmaların Endüstri 4.0'a hazırlık ve uyum sonrası olgunluk düzeylerinin niceliksel ölçümü ve değerlendirilmesi, üst yönetim için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı firmaların Endüstri 4.0'a hazırlık ve olgunluk düzeylerinin daha iyi anlaşılabilirliği için, dijital tedarik zincirlerinin akıllı ve sürdürülebilir boyutta olgunluk düzeylerinin eş zamanlı ölçülebilmesine olanak sağlayan bir model önermektir. Modelin uygulandığı nümerik örnekte, her bir Endüstri 4.0 aracının sürdürülebilirlik boyutlarına ne derece uyum sağladığı belirlenmiştir. Örneğin, eklemeli imalat ve artırılmış gerçeklik sürdürülebilirliğin ekonomik boyutunda yüksek olgunluk skoru alırken, çevresel ve sosyal boyutlara göre daha düşük skor almıştır. Benzer şekilde, yapay zeka çok düşük olgunluk seviyesinde kalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Akıllı ve Sürdürülebilir Tedarik Zincirleri, Hazırlık ve Olgunluk Düzeyi, Model Önerisi

### ABSTRACT

Recently, companies have added smart and sustainable paradigms to their supply chain strategies as a result of globalization and increased global competition, increasing technological growth rate, diversity in customer demands, and increasing complexity in supply chain processes. Real-time information sharing among supply chain players and the effective coordination of each step of the chain are critical for efficient supply chain management. This is made possible by the transition from the traditional supply chain to the digital supply chain. The Fourth Industrial Revolution, also known as Industry 4.0, was coined for the first time in Germany in 2011. It is an innovative paradigm with the goal of intensely integrating technologies, such as information technologies, the Internet of Things, artificial intelligence, cloud computing technology, autonomous vehicles, robotic systems, sensor and automation networks, and virtual and augmented reality into production processes. However, for many companies, the adaptation of Industry 4.0 and the subsequent maturity period may present unexpected challenges. One of the most difficult challenges in

**Başvuru/Submitted:** 13.11.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 08.02.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 15.02.2022 • **Kabul/Accepted:** 22.03.2022

<sup>1</sup> **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Sercan Demir (Dr. Öğretim Gör.), Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. E-mail: [sercanxdemir@gmail.com](mailto:sercanxdemir@gmail.com) ORCID: 0000-0003-0764-9083

<sup>2</sup> Mehmet Akif Gündüz (Dr. Öğretim Üyesi), KTO Karatay Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [akifgunduz@gmail.com](mailto:akifgunduz@gmail.com) ORCID: 0000-0002-3884-1409

<sup>3</sup> Turan Paksoy (Prof. Dr.), Necmettin Erbakan Üniversitesi, Havaçılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havaçılık Yönetimi Bölümü, Konya, Türkiye. E-mail: [tpaksoy@yahoo.com](mailto:tpaksoy@yahoo.com) ORCID: 0000-0001-8051-8560

**Atf/Citation:** Demir, S., Gündüz, M.A., & Paksoy, T. (2022). Akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin hazırlık ve olgunluk düzeyinin değerlendirilmesi için geometrik ortalamaya dayalı yeni bir model önerisi. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 95-115. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1023071>

establishing smart factories and implementing digital transformation is that Industry 4.0 competencies cannot be effectively applied to all operations simultaneously. In this context, quantitative measurement and evaluation of firms' maturity levels following Industry 4.0 preparation and adaptation is critical for senior management. The goal of this study is to propose a model for measuring the maturity level of digital supply chains while considering smart and sustainable dimensions. We determined the extent to which each Industry 4.0 tool was compatible with the sustainability dimensions in the numerical example where the model was applied. For example, although additive manufacturing and augmented reality receive high scores in the economic dimension of sustainability, they receive lower scores in the environmental and social dimensions. Similarly, although horizontal and vertical systems integration has high levels of maturity in all three sustainability dimensions, artificial intelligence has an exceptionally low level of maturity.

**Keywords:** Industry 4.0, Smart and Sustainable Supply Chains, Level of Readiness and Maturity, Model Proposal

## Extended Abstract

Since the beginning of industrialization, technological leaps have resulted in paradigm shifts known as “Industrial Evolutions.” So far, three industrial revolutions have led to paradigm shifts in manufacturing: mechanization through steam power, mass production in assembly lines, and automation by information technology. Recently, researchers and policymakers worldwide have increasingly called for the term Industry 4.0 to be used to describe the impending changes that the industries will face because of the new era of digitization. This revolution is based on the increased availability of digital connectivity technologies, which are being used to reorganize supply chains. Industry 4.0 promotes decentralization of decision-making and information distribution in each entity that makes up the overall system. This decentralization promotes the flexibility and agility of systems by increasing their responsiveness and autonomy. Simultaneously, companies are confronted with new opportunities and challenges as public awareness of social, environmental, and economic sustainability concerns grows. The emergence of smart technologies calls into question business leaders' models and imposes two major challenges. The first challenge is to envision how these technologies can be used to transform supply chain processes, and the second is to master these smart technologies to create new products or services. Ensuring sustainability while matching these critical business skills will be a critical issue in this new era.

Various maturity models are available in the literature to support companies in their digitization efforts. Essentially, these models are concerned with the organization's digital maturity. However, available readiness maturity models do not address sustainability issues and overlook a fundamental aspect of the digital revolution: the opportunity to redefine the company's mission through a strategic positioning review. As a result of this redefinition, companies that have traditionally been oriented toward business objectives are being compelled to refocus their activities on promoting social welfare, environmental responsibility, and economic value generation. We propose a novel, smart, and sustainable supply chain readiness and maturity approach in this study. In the context of supply chain sustainability in economic, environmental, and social dimensions, our model conceptualizes the extent to which Industry 4.0 tools are understood (understanding score), applied (implementation score), and contribute to organizational goals (development score). The awareness and knowledge of the available smart technologies are displayed in the understanding dimension. Moreover, the adoption



of smart technologies within supply chain processes is implied by the implementation dimension. The third dimension, development, represents the organization's readiness to progress with its digital transformation. Our model consists of five steps. A questionnaire is used to collect scores on understanding, implementation, and contribution to development in three sustainability dimensions for each of the 12 tools in the first step. As a result, the initial tool maturity matrix is obtained, with the rows consisting of 12 Industry 4.0 tools and the columns consisting of understanding, implementation, and development scores in the three dimensions of sustainability. The tool-dimension score for each of the 12 Industry 4.0 tools is calculated in the second step using the initial tool maturity matrix values by taking the geometric mean of the three dimensions of sustainability. At the third and fourth steps, a total readiness and maturity score is calculated for each sustainability dimension and the enterprise, respectively. Finally, the fifth step computes an overall smart and sustainable supply chain readiness and maturity score. To demonstrate the applicability of the proposed model, we conduct a case study in the automotive manufacturing industry. By combining its three dimensions, we can assess an organization's readiness and maturity to begin the transition to Industry 4.0 while taking sustainability concerns into account. Our model enables decision-makers to assess the current situation using a readiness and maturity approach, measure performance, and set goals to support continuous development and innovation activities in the adoption of smart technologies to supply chain processes.

## 1. Giriş

Endüstri 4.0 olarak da adlandırılan Dördüncü Sanayi Devrimi, günümüzde tedarik zincirlerinin dijitalleşmesine sebep olmaktadır. Bu dijitalleşme sadece üretim hattının değil tüm işletme operasyonlarının dijitalleşmesi olarak düşünülmelidir. Bu yeni kavram akıllı tedarik zinciri olarak adlandırılmaktadır. Firmaların ve sektörlerin bu operasyonel dijitalleşmede ne seviyede oldukları Endüstri 4.0 olgunluk modellerinin ilgi alanıdır. Küreselleşen ve rekabetin arttığı günümüz dünyasında tedarik zincirinin sürdürülebilirliği işletmeler için hayati öneme sahiptir. Dolayısıyla, Endüstri 4.0'ın getirdiği dijital dönüşümle ortaya çıkan akıllı tedarik zinciri, sürdürülebilirlikle bağdaştırılması gereken bir kavram konumuna gelmektedir.

Olgunluk modelleri, belirli bir ilgi alanının olgunluğunu veya gelişim durumunu tanımlayan kavramsal yapılardır. Sanayide, olgunluk modelleri, belirli bir sektördeki bir şirketin mevcut olgunluk seviyesini veya gelecekteki bir hedefle ilgili bir süreci saptamak ve ölçmek için kullanılan stratejik bir araçlardır (Santos ve Martinho, 2019). Kavramsal olarak olgunluk modelleri, belirli bir hedefe ulaşmak amacıyla nitel ve nicel özellikleri değişen bir unsurun gelişimini değerlendirmektedir. Dolayısıyla olgunluk modelleri, olgunlaşan unsurların yeteneklerini değerlendirmek ve önemli adımların atılarak olgunluklarının daha yüksek bir seviyeye çıkarılmasını sağlayan güçlü araçlardır (Kohlegger vd., 2009).

Firmalar rekabetçi hale gelmek veya kalmak için dijital dönüşümün neresinde olduklarını değerlendirmek ve Endüstri 4.0 faydalanma oranlarını ölçmek zorundadırlar. Bu yüzden Endüstri 4.0'a nüfuz etmelerinin ölçümü ve gerekli eylemlerin icra edilmesi anlamlıdır (Lichtblau vd., 2015). Bir şirketin dijital dönüşümü, mevcut durumun net bir görünümü ve gelecekteki dijitalleşme eğilimleri boyunca yönetime rehberlik edecek olan stratejik bir plan ile başlamalıdır. Endüstri 4.0 hazırlık ölçümleri ve olgunluk modelleri, bir şirketin dijital dönüşümü için uzun vadeli hedeflere ulaşmak konusunda hem rekabetçi kıyaslama hem de stratejik yol haritası oluşturmada yönetimi destekleyebilmektedir (Rajnai ve Kocsis, 2018). Birçok hazırlık ve olgunluk modelleri, şirketlere Endüstri 4.0'ı hangi alanlarda ve hangi hızda kurmaları gerektiği konusunda daha kolay ve hızlı kararlar almada yardımcı olabilmektedir (Basl ve Doucek, 2019).

Tedarik zinciri yönetimi (TZY) kavramının ortaya çıkışı 1980'lerin başlarına kadar dayanmaktadır (Ahi ve Searcy, 2013). Literatürde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimine (STZY) artan ilgi, işletmeler tarafından ne tür sürdürülebilir tedarik zinciri (STZ) stratejilerinin kullanıldığına dair önemli bilgiler vermektedir. STZY, konuyu daha geniş bir perspektiften ele alması ve daha geniş performans hedefleri yelpazesine sahip olması nedeniyle sürdürülebilirliğin çevresel ve sosyal boyutlarını dikkate almaktadır (Seuring ve Müller, 2008). İşletmeler uzun vadede ekonomik performansını artırmayı ve böylece TZY'ye ekonomik, sosyal ve çevresel perspektifleri entegre ederek ekonomik yaşamı uzatmayı amaçlamaktadırlar (Carter ve Rogers, 2008). TZ sürdürülebilirliği, yenilikçi stratejiler ve taktiksel teknolojiler kullanılarak kurumsal hedeflere ulaşırken (Kim vd., 2014) mal ve hizmetlerin yaşam döngüsü boyunca çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerin yönetilmesi ve iyi yönetişim uygulamalarının teşvik edilmesidir (Sisco vd., 2011). Bu

bakış açısından, STZY, sürdürülebilirliğin üç sac ayağı olan ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlardan kaynaklı ve müşteriler ve paydaşların ihtiyaçlarından türetilen örgütsel amaçlara ulaşırken, tedarik zinciri boyunca malzeme, bilgi ve sermaye akışlarının ve şirketler arasındaki iş birliğinin yönetimidir (Seuring ve Müller, 2008).

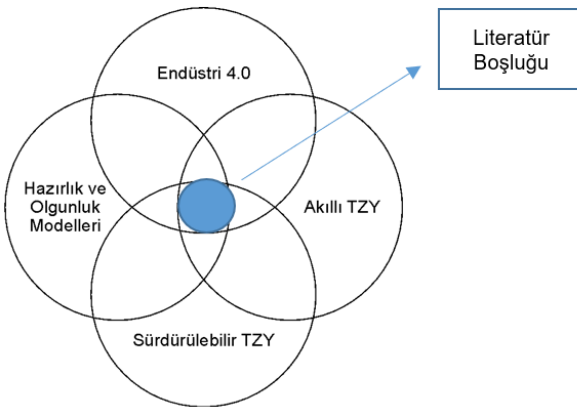
Günümüzde rekabet daha da yoğunlaşmakta ve müşteriler giderek daha talepkâr hale gelmektedir. Bu nedenle şirketler, tüm seviyelerde daha akıllı, daha şeffaf ve daha esnek hale gelen tedarik zincirine sürekli uyum sağlamalıdır (Prinz vd., 2016). Genel amaç, artan gereksinimleri karşılayan ve izlenebilirliği taahhüt eden kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler sunarken maliyetleri ve teslim sürelerini azaltmak ve yenilikçi olmaktır (Barreto vd., 2017). Endüstri 4.0 kavramı, endüstriyel araçların, Nesnelerin İnterneti, büyük veri, siber-fiziksel sistemler ve yapay zeka gibi bir takım dijital teknolojiler ile modernizasyonundan yararlanılarak önceki kavramların üzerine kurulmasıdır. Nesnelerin İnterneti, makineler ve cihazlar gibi nesnelere arasında gerçek zamanlı iletişime, iş birliğine ve dinamik bağlantılı bir ortamda fiziksel ve sanal dünya arasındaki bağlantıya olanak tanıyan ve uzak hizmetlere erişim sağlayan akıllı bilişim teknolojileri altyapısı anlamına gelmektedir (Tao vd., 2017). Siber-fiziksel sistemler, çevresini algılamak için sensörler ile donatılmış, dijital ağlar yoluyla birbirine bağlı fiziksel süreçlere etki edebilen ve onlara yardımcı olmak için uzaktan hizmetleri kullanabilen özerk yerleşik sistemlerdir (Lee, 2008). Robotik ve otonom sistemler, entegre sensörler ve standart arayüzlerle birbirine bağlanan modüler üretim sistemleridir (Wong vd., 2017). Eklemeli imalat, biçimsiz bir malzemenin ardışık katmanlarını birleştirerek malların veya parçaların üretilmesidir (Gausemeier vd., 2017, s. 3). Artırılmış gerçeklik, görsel öğeler, ses veya diğer duyuşsal uyaranları kullanan gerçek fiziksel dünyanın gelişmiş bir türevidir (Kenton, 2018). Simülasyon, incelenmekte olan bir sistemin davranışının birçok farklı özelliğini taklit eden bir modelle denenmesi ve bu davranışın simüle edilen model tarafından test edilmesidir (White ve Ingalls, 2015). Yatay ve dikey sistem entegrasyonu, şirketleri, departmanları, işlevleri ve yetenekleri daha uyumlu hale getiren şirketler arası ve evrensel veri entegrasyon ağıdır (Rüßmann vd., 2015). Bulut bilişim, İnternet üzerinden hizmet olarak sunulan uygulamalar ve bu hizmetleri sağlayan veri merkezlerindeki donanım ve sistem yazılımlarını içermektedir (Hayes, 2008). Siber güvenlik; siber saldırılara, sistem güvenlik açıklarına, siber tehditlere ve risklere karşı önlemleri kapsayan sistemlerdir (Lezzi vd., 2018). Büyük veri analitiği, “ürün yaşam döngüsünden üretilen büyük miktarda yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veri” anlamına gelmektedir (Qi ve Tao, 2018). Yapay zeka; görüntü işleme, doğal dil işleme, robotik, makine öğrenmesi vb. ile ilgili bilişsel bir bilimdir (Lee vd., 2018). Makine öğrenmesi; verileri, ön işleme, veri eğitimi, öğrenme modeli uygulaması ve değerlendirme aşamalarında dönüştüren bir algoritmadır (Candanedo, 2018). Blok Zincir Teknolojisi, “tamamen halka açık, sayısız kullanıcı tarafından sürekli olarak güncellenen ve birçoğunun bozulması imkânsız olduğu düşünülen ekonomik işlemlerin dijital defteri” anlamına gelmektedir (Carlozo, 2017). Bu çeşitli kavramlar, robotik ve otomasyonun uzantıları ve endüstriyel dijitalleşmenin temel araçları olarak düşünülebilir (Monostori, 2014). Endüstri 4.0, bilişim teknolojilerindeki yenilikler yoluyla nesnelere ve / veya aktörlerin, aynı zamanda gerçek dünya ve sanal dünyanın güçlü bir şekilde birbirine bağlanmasına dayanmaktadır (El Kadiri vd., 2016).

Bu, endüstriyel ekosistemi daha geniş bir şekilde etkilemekte ve “akıllı tedarik zinciri yönetimi” olarak tanımlanan tedarik zinciri yönetimi dünyasını da dönüştürmektedir.

Bu çalışmanın amacı akıllı ve sürdürülebilir tedarik zincirlerinin Endüstri 4.0’a adaptasyonunu ölçebilen bir olgunluk modeli önerisi sunmaktır. Bu kapsamda, öncelikle Endüstri 4.0, olgunluk modelleri, sonrasında akıllı ve sürdürülebilir tedarik zincirleri sırasıyla ele alınacaktır. İkinci bölümde kapsamlı bir literatür araştırması ve araştırma boşluğuna yer verilirken, önerilen model üçüncü bölümde sunulmuştur. Dördüncü bölümde, modelin uygulanabilirliği örnek olay çalışması üzerinden test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, beşinci bölümde sunulmuştur.

## 2. Literatür Araştırması

Bu çalışmada Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirlik uygulamaları birlikte ele alındığından dolayı, literatür araştırması bölümünde ilk olarak Endüstri 4.0 kavramı, sonra da sürdürülebilirlik kavramı incelenmiştir. Daha sonra ikisinin kesişim noktasında akıllı tedarik zinciri yönetimi incelenmiştir. Şekil 1’deki Venn şemasında bu bölümün içeriği ve çalışmamızda odaklandığımız ve literatürde boşluk olarak gördüğümüz Akıllı ve Sürdürülebilir TZY Olgunluk Endeksi alanı gösterilmektedir.



Şekil 1. Araştırma Yönü ve Literatür İçeriği

### 2.1 Endüstri 4.0 Hazırlık Modellerine Yönelik Literatür Araştırması

Ülkeler arasında Endüstri 4.0’a hazırlık karşılaştırmasına ilişkin ilk çalışmalardan biri Roland Berger (2014) tarafından yapılmıştır. Yazar, Avrupa ülkeleri ve Çin’i, teknolojik potansiyel ve GSYİH’deki üretim faaliyetlerinin yüzdesi açısından önemli farklılıkları göstererek dört küme halinde değerlendirmektedir. Çalışmaya göre öncü ülkelerde (Almanya, İrlanda, Avusturya ve İsviçre) Endüstri 4.0 hazırlık düzeyinin yüksek olmasının yanında, imalat sektörünün GSYİH’deki payında yüksek olduğu görülmektedir. Potansiyeli yüksek ülkeler (Belçika, Finlandiya, Danimarka, Hollanda, İngiltere ve Fransa) öncü ülkelere benzer şekilde Endüstri 4.0 hazırlık düzeylerinin yüksek olmasına karşın imalat sektörünün GSYİH’deki payının düşük olduğu ülkelerdir. Bu ülkeler, Endüstri 4.0’daki hazırlık potansiyellerini imalat sektöründe çıktıya dönüştürmeyi henüz başaramamış ülkelerdir. Gelenekçi ülkeler (Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Slovenya,

Macaristan ve Litvanya) GSYİH’de yüksek sanayi üretimi oranına sahip olmalarına rağmen düşük Endüstri 4.0 hazırlık düzeylerine sahiptirler. Bir diğer ifade ile, güçlü imalat sektörlerini Endüstri 4.0’a hazır hale getirememiş ve yoğun biçimde geleneksel yöntemlerle imalat yapmaktadırlar. Son olarak, tereddütlü ülkeler (İspanya, İtalya, Estonya, Polonya, Hırvatistan ve Bulgaristan) hem GSYİH içinde düşük endüstriyel üretim payına hem de düşük Endüstri 4.0 hazırlık düzeyine sahip ülkelerdir.

Botha (2018) gelecekteki hazırlık ölçümünün yanında gelecekteki hazır olma düzeyi ve endeksine dayanan kavramsal bir model önermektedir. Önerilen yaklaşım, bir işletmenin Endüstri 4.0 için gelecekteki hazırlık seviyesini ölçmekte ve mevcut teknoloji seviyesini, örgütsel davranışı ve olayların gelecekteki şekillenme faktörlerini değerlendirmektedir. De Carolis vd. (2017b) imalat firmalarının dijital olgunluğunu araştırmak ve bir dönüşüm rehberi geliştirmelerine yardımcı olmak için yetenek olgunluk modeli entegrasyonu (YOME) çerçevesine dayanan bir olgunluk değerlendirme yöntemi önermişlerdir. Roland Berger (2014) altyapı, süreçler, veri trafiği ve iş modelleri olmak üzere dört temel faktörü araştırarak şirketlere özgü Endüstri 4.0 olgunluk endeksini hesaplamak için genel bir model sunmaktadır. De Carolis vd. (2017a), şirketleri dijital dönüşüm süreçlerine yönlendirmek için önceki YOME modellerinin ilkelerine dayanan bir Dijital Hazırlık Değerlendirme Olgunluk Modeli (DHDOM) ileri sürmüşlerdir. Ernst ve Frische (2015) ilgili teknolojileri, başarılı bir dijital dönüşümün gerekliliklerini ve stratejik yaklaşımları göz önünde bulundurarak, Nesnelerin İnterneti teknolojisinin gelişimi ile Endüstri 4.0’ın mevcut durumunu araştırmaktadır. Lin vd. (2020) kümelenme analizi kullanan bir olgunluk modeli benimseyerek ve teknolojilerin, süreçlerin ve organizasyonların olgunluk değerlendirmesi ile ilgili konuları ele alarak Tayvanlı şirketlerin akıllı imalata hazırlıklarını incelemişlerdir. Lucato vd. (2019), şirketlerin Endüstri 4.0’a hazır olup olmadığını ölçen ve yöneticilerin Endüstri 4.0’a hazır olma düzeyini artırmak için stratejik eylemleri belirlemelerine yardımcı olan bir model önermektedir. Machado vd. (2019), dönüşüm süreci boyunca karşılaştıkları hazırlık düzeylerini ve teknik zorlukları belirlemek için birçok öz kontrol aracı uygulayarak İsveçli ve Alman şirketlerin dijital hazırlıklarını incelemişlerdir. Basl (2017) ile Basl ve Kopp (2017) bir anket uygulayarak Çek şirketlerinin Endüstri 4.0’a hazırlık seviyesini analiz etmektedir. Basl (2018) şirketlerin Endüstri 4.0’a hazır olup olmadığını ölçmek ve değerlendirmek için yeni yöntemler önermektedir. Stentoft vd. (2019) bir anket araştırması yaparak artan Endüstri 4.0 hazırlık düzeyi uygulamaları için temel motivasyonları ve KOBİ’ler için başarılı bir uygulamanın önündeki engelleri araştırmaktadır.

Yukarıdaki çalışmaların tümünde tedarik zincirlerinin Endüstri 4.0 hazırlık düzeyleri ölçülmüş olmasına rağmen dijital dönüşümün olgunluk düzeyleri incelenmemiştir. Buna ek olarak, akıllı tedarik zinciri ele alınmış olmasına rağmen sürdürülebilirlik konusu ihmal edilmiştir. Bu çalışma ile literatürdeki söz konusu eksikliğin giderilmesi amaçlanmaktadır.

## 2.2 Endüstri 4.0 Olgunluk Modellerine Yönelik Literatür Araştırması

Dijital dönüşüm Dördüncü Sanayi Devrimini başlatan geleceğin eğilimlerini tasvir etmektedir. Dijital veri kullanımı, bağlanabilirlik, izlenebilirlik, otonom ve gerçek zamanlı karar verme yetenekleri, bir sonraki sanayi devriminin başlıca unsurlarından olan akıllı

fabrikaların temel özellikleridir. Lasi vd. (2014); Alcácer ve Cruz-Machado (2019), mevcut literatürü tarayarak Endüstri 4.0'ı mümkün kılan teknolojileri incelemişlerdir. Drath ve Horch (2014) Dördüncü Sanayi Devrimi'nin arka planını, teknik itici güçlerini ve üretimdeki geleceğini tartışmaktadır. Rüßmann vd. (2015), Endüstri 4.0'ın yapı taşları olarak kabul edilen dokuz teknolojik trendi incelemektedir. Hermann vd. (2016) Endüstri 4.0'ın temel kavramlarının açığa kavuşturulması ve Endüstri 4.0'ın uygulanması sırasında kilit teknolojilerin kullanım potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla Endüstri 4.0'ın tasarım ilkelerini tartışmaktadır. Brunelli vd. (2017), Endüstri 4.0'ın uygulanmasında öncü olan ve operasyonlarında dijital dönüşümün faydalarını gören şirketlerden elde edilen Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin yönetsel görüşler sunmaktadır.

Gökalp vd. (2017) mevcut olgunluk modelleri hakkında sistematik bir literatür incelemesi sunmuş, mevcut olgunluk modeli literatüründeki boşluğu vurgulamış ve (1) kapasite ve (2) görüş olmak üzere iki boyuttan oluşan yeni bir olgunluk modeli önermişlerdir. Akdil vd. (2018), Endüstri 4.0 dönüşüm süreci için mevcut olgunluk modellerini gözden geçirip, akıllı ürünler ve hizmetler, akıllı iş süreçleri, strateji ve organizasyon olmak üzere üç boyut içeren yeni bir olgunluk modeli önermektedir. Aguiar vd. (2019), şirketlerin mevcut dijital kapasitelerini değerlendirmelerine ve daha yüksek kapasiteye ulaşmak için bir yol haritası oluşturmalarına yardımcı olan ve (1) süreç ve (2) kapasite boyutlarını kapsayan bir olgunluk modeli geliştirmişlerdir. Veza vd. (2015) çok sayıda işletmeden veri toplamak amacıyla anketler yaparak Hırvat imalat sanayinde Endüstri 4.0'ın mevcut olgunluk düzeyini analiz etmişlerdir. Lichtblau vd. (2015), şirket temsilcileri ile atölye çalışmaları yapılarak belirlenen 6 boyut ve 18 ilişkili alt boyut içeren altı aşamalı bir Endüstri 4.0 hazırlık modeli önermektedir.

Geissbauer vd. (2016), yedi boyuttan oluşan dört aşamalı bir Endüstri 4.0 olgunluk modeli önermiştir. PwC tarafından yayınlanan model, şirketlerin Endüstri 4.0 olgunluk düzeylerini değerlendirmelerine ve öz denetim araçları ile daha iyi bir olgunluk seviyesine ulaşmaları için bir eylem planı sunmaktadır. Önerilen modelin boyutları: (1) dijital iş modelleri ve müşteri erişimi, (2) sunulan ürün ve hizmetlerin dijitalleşmesi, (3) dikey ve yatay değer zincirlerinin dijitalleşmesi ve entegrasyonu, (4) temel yetkinlik olarak veri analitiği, (5) çevik bilişim mimarisi, (6) uyumluluk, güvenlik, yasallık ve vergilendirme ve (7) organizasyon, çalışanlar ve dijital kültürdür. Rockwell Automation (2016), dört teknoloji odaklı boyuttan oluşan "Bağlantılı Kurumsal Olgunluk Modeli" adlı beş aşamalı bir olgunluk değerlendirme modeli sunmaktadır. Samaranayake vd. (2017) hazırlık düzeyini ölçen çalışmalarında altı boyut önermektedirler: (1) İnternet sisteminin geliştirilmesi, (2) teknolojide insan faktörü ve teknik bilgi, (3) aygıtların İnternete bağlanma kapasitesinin geliştirilmesi, (4) büyük veriyi yönetme becerisi, (5) örgüt içinde ve örgütler arası veri paylaşımı ile (6) veri güvenliği sisteminin geliştirilmesidir.

### 2.3 Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Göstergelerine Yönelik Literatür Araştırması

Literatürde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi birçok farklı açıdan incelenmiştir ve çalışmalar çeşitli kavramlara ayrılmıştır. Temelde bu çalışmalar yeşil satın alma ve kapalı döngü içinde entegre tedarik zinciri üzerinde odaklanmaktadır. Wu ve Dunn

(1995) sürdürülebilir tedarik zincirinin, kaynaklardan tasarruf etmeyi, atıkları ortadan kaldırmayı ve verimliliği artırmayı amaçlaması bakımından tersine lojistikten farklı olduğunu belirtmektedir. Hart (1997) sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin en az çevresel ayak izine sahip olması gerektiğini belirtmektedir. Beamon (1999) sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca; çevre tasarımı, kaynak tasarrufu, tehlikeli maddeleri azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüşüm gibi çevresel etkilerini en aza indirmeye çalışan faaliyetleri içerecek şekilde geleneksel tedarik zincirinin genişletilmesi olduğunu ileri sürmektedir. Krikke vd. (2001) kapalı devre tedarik zincirlerinin tasarımı için çeşitli ilkeler önermektedirler. Yazarlar, tersine lojistiğin geleneksel tedarik zincirine entegrasyonunun, sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin entegrasyonuna izin veren en uygun yapı olduğunu ileri sürmektedirler. Fleischmann ve Minner (2004) kapalı devre tedarik zincirini inceleyerek genişletilmiş tedarik zinciri kavramını ortaya atmaktadırlar. Krikke vd. (2004), sürdürülebilir tedarik zincirinin optimal yönetimi için, iadelerin amacı ile tedarik zinciri ağının şekli, ürünlerin modüler olarak yeniden kullanılması ve yeniden kullanıma ilişkin güvenilir bilgi elde edilmesi olmak üzere üç temel eylemi tanımlamaktadırlar. Wells ve Seitz (2005) yeşil tedarik zincirini, tersine lojistik faaliyetlerinin geleneksel tedarik zincirlerine entegrasyonu olarak tanımlamaktadırlar. Hervani vd.'ne (2005) göre sürdürülebilir tedarik zinciri; yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil dağıtım, yeşil pazarlama ve ters lojistiği içermektedir. Guide ve Van Wassenhove (2002), kapalı döngü tedarik zincirini, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca değer yaratmayı en üst düzeye çıkarmak için bir sistemin tasarımı, kontrolü ve çalışması olarak tanımlamaktadır.

#### 2.4 Akıllı Tedarik Zinciri Yönetimine Yönelik Literatür Araştırması

Son zamanlarda birçok bilim insanı Endüstri 4.0'ın teknolojik yönlerine ve tedarik zinciri yönetimindeki etkilerine odaklanmaktadır (Hermann vd., 2016; Tjahjono vd., 2017; Barreto vd., 2017; Vaidya vd., 2018). Butner (2010), akıllı tedarik zincirlerinin maliyet kontrolünü ve tedarik zinciri görünürlüğünü sağlayarak riskle etkili bir şekilde başa çıkabileceğini ve iş hedeflerini karşılayabileceğini öne sürmektedir. Valkokari vd. (2011) akıllı tedarik zincirlerinin, yalnızca müşteri, üretici, tedarikçi ve inovasyon ortağı gibi akıllı TZY'nin dört ana aktörünün stratejik niyetlerini ve süreçteki rollerini anlayarak elde edilebileceğini öne sürmektedir. Zelbst vd. (2012) radyo frekansı tanımlama teknolojisinin üretim verimliliğini ve etkinliğini arttırdığını bulmuştur. Masciari (2012) radyo frekansı tanımlama teknolojisinin tedarik zincirine görünürlük sağladığı görüşünü incelemektedir. Lichtblau vd. (2015)'ne göre şirketlerin sadece %16,8'i, Endüstri 4.0 performanslarını değerlendirmek için bir sisteme sahiptir, ne var ki bunların yarısından azı göstergelerinin yeterli olduğunu düşünmektedir.

Faller ve Feldmüller (2015) teknolojik yönlerin esas olarak akıllı fabrika kavramını, yani üretim sisteminde akıllı ve dinamik öğrenme ortamının yaratılması ile ilgilendiğini ileri sürmektedir. Seitz ve Nyhuis (2015) siber-fiziksel sistemlerin üretim planlama, kontrol ve izleme açısından avantajlarını araştırmaktadır. Bu bağlamda yazarlar, siber-fiziksel üretim sistemlerinin uygulanması yoluyla lojistik model performansının yükseltilmesi ve olası lojistik maliyetlerin azaltılması ile ilgilenmektedir. Wu vd. (2016), akıllı tedarik

zincirlerinin maliyet azaltma ve verimlilik iyileştirme için sunduğu benzersiz fırsatları incelemektedir. Yuvaraj ve Sangeetha (2016), üretim süreçlerinin düşük güçlü kablosuz iletişim sistemleri kullanan akıllı tedarik zincirleri ile hem iç hem de dış ortamlarda izlenebileceğini ifade etmektedir. Strandhagen vd.'ne (2016) göre üretim ortamının, Endüstri 4.0'ın üretim lojistiğine bağlı kilit unsurlarının uygulanabilirliği üzerinde önemli bir etkisi vardır. Prinz vd. (2016)'e göre gerçek ve sanal iş dünyası, büyük veriler kullanılarak üretim açısından daha hızlı, daha verimli ve daha esnek olmak üzere Nesnelerin İnternetine dönüşmektedir. Sanders vd. (2016) akıllı üretimin, dijital olarak birbirine bağlı bir tedarik zinciri oluşturmak için en modern bilişim teknolojileriyle ilişkili olduğunu ileri sürmektedir. Bu aynı zamanda ürünler, makineler, ekosistem ve hatta tüketiciler arasında ve ürün yaşam döngüsünün her aşamasında bir ara bağlantı anlamına gelmektedir. Böylece tedarik zincirleri gittikçe karmaşıklaşmakta ve anlaşılması güçleşmektedir. Özlü (2017), bir Endüstri 4.0 modelinin benimsenmesinin, işgücü verimliliğinin, üretiminin ve ülkenin rekabet avantajının artmasına katkıda bulunabileceğini önermektedir. Schlüter ve Henke (2017), tedarik zincirleri boyunca verilerin proaktif bir şekilde yönetilmesiyle risklerin daha erken bir aşamada önlenilebileceğini veya azaltılabileceğini ortaya koymaktadır. Yazarlar ayrıca, Nesnelerin İnternetinin geleneksel TZY'nin tüm zorlukların üstesinden gelmek için veri, bilgi, ürünler, fiziksel nesneler ve tedarik zincirinin tüm süreçlerini birleştirmek için büyük bir akıllı altyapı oluşturulmasına yardımcı olduğu sonucuna varmıştır.

## 2.5 Literatür Boşluğu

Son yıllarda iyice hızlanan küreselleşme, piyasa rekabetindeki artış, hızla azalan doğal kaynaklar, hızlı ve sürekli demografik değişimler, yasal düzenlemeler ve iklim değişikliği sonucunda, şirketler sürdürülebilir iş modellerine geçiş yapmaya zorlanmıştır. Bunun yanında dijital dönüşüm sonucunda birçok şirket yeni ortaya çıkan akıllı teknolojilere ve uygulamalara büyük bir hızla uyum sağlamaktadırlar. Tüm bunlar göz önüne alındığında şirketlerin rekabet güçlerini korumaları ve değişen şartlara uyum yeteneklerini arttırabilmeleri için dijital dönüşüm süreçleri boyunca akıllı sistemlere geçiş ve sürdürülebilirlik stratejilerinde yeterli bir olgunluk seviyesine ulaşabilmeleri gerekmektedir. Bu sürdürülebilirlik ve dijital dönüşüm seviyelerinin belirlenebilmesi etkin bir hazırlık ve olgunluk modeli kullanılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Literatürde şimdiye kadar hiçbir hazırlık ve olgunluk modeli sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 araçlarını aynı anda kapsamamaktadır. Önerilen model, firmaların dijital tedarik zincirlerinin hazırlık ve olgunluk seviyelerini, akıllılık ve sürdürülebilirlik boyutlarını aynı anda ele alarak ölçmelerine olanak tanıyan ve geometrik ortalamaya dayanan bir değerlendirme aracı sunarak literatürdeki bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

## 3. Model Önerisi

Çalışmanın bu kısmında önceki bölümlerde sunulan literatür taraması temel alınarak yeni bir akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk (ASTZHO) yaklaşımı tanıtılacaktır. Önerilen modelde temel olarak Endüstri 4.0 araçlarının sürdürülebilirliğinin üç temel boyutu olan ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarda tedarik zinciri



yönetimi bağlamında ne derece anlaşıldığı (anlaşılma skoru), ne derece uygulandığı (uygulanma skoru) ve organizasyonel amaçlara ne derece katkı sağladığı (gelişim skoru) kavramsallaştırılmaktadır. Böylece akıllı teknolojilerin tedarik zincirine adaptasyonunda sürekli gelişim ve yenilik faaliyetlerini desteklemek amacıyla mevcut durumu bir hazırlık ve olgunluk yaklaşımı ile değerlendirmek, performans ölçmek ve hedefler belirlemek mümkün olabilmektedir.

ASTZHO modelinin bileşenlerini on iki adet Endüstri 4.0 aracı ile sürdürülebilirliğin 3 ana boyutu (ekonomik, çevresel ve sosyal) oluşturmaktadır. Modelde sürdürülebilirliğin üç boyutu göstergeler ile temsil edilmektedir.

**Ekonomik sürdürülebilirlik boyutu;** maliyet, stok devir hızı, tedarik süresi, hasar ve kayıp oranları ile kârlılık gibi parametreler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

**Çevresel sürdürülebilirlik boyutu;** emisyon, enerji tüketimi, kaynak kullanımı, atık ile kirlilik gibi parametreler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

**Sosyal sürdürülebilirlik boyutu;** ise kariyer gelişimi, iş güvenliği ve sağlığı, iş güvencesi, ikramiye, prim ve yan yardımlar, işgücü istismarı, iş yerinde taciz ve psikolojik şiddet, kamu yararı ile sosyal sorumluluk gibi parametreler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

Her bir boyutun hazırlık ve olgunluk puanı; göstergelerin ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Modelin matematiksel gösterimi ve ana adımları şu şekildedir:

**Adım 1.** Modelin ilk adımında on iki aracın her biri için üç sürdürülebilirlik boyutunda anlaşılma, uygulanma ve gelişime katkı puanları katılımcılardan 5’li Likert ölçeği ile elde edilmektedir. Ölçekte 1 çok düşük, 2 düşük, 3 orta, 4 yüksek, 5 çok yüksek anlaşılma, uygulama veya gelişim skorunu ifade etmektedir. Böylece on iki Endüstri 4.0 aracının satırları sürdürülebilirliğin 3 ana boyutunda anlaşılma, uygulanma ve gelişim skorlarının sütunları oluşturduğu 12x9’luk araç olgunluk birincil matrisi elde edilmektedir.

**Adım 2.** İkinci adımda araç olgunluk birincil matrisindeki değerleri kullanarak on iki Endüstri 4.0 aracının her biri için üç sürdürülebilirlik boyutunda araç boyut skoru Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır. Araç boyut skoru ( $S_{ij}$ ) Endüstri 4.0 aracı  $i$ ’nin sürdürülebilirlik boyutu  $j$ ’deki anlaşılma ( $A_{ij}$ ), uygulanma ( $U_{ij}$ ) ve gelişim ( $G_{ij}$ ) skorlarının geometrik ortalaması alınarak hesaplanmaktadır.

$$S_{ij} = \sqrt[3]{A_{ij} \times U_{ij} \times G_{ij}} \quad (1)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 12$  (Endüstri 4.0 araç sayısı)

$j = 1, 2, 3$  (Sürdürülebilirlik boyutu)

$S_{ij}$ : Endüstri 4.0 aracı  $i$ ’nin sürdürülebilirlik boyutu  $j$ ’deki araç boyut skoru

$A_{ij}$ : Endüstri 4.0 aracı  $i$ ’nin sürdürülebilirlik boyutu  $j$ ’deki anlaşılma (A) hazırlık ve olgunluk skoru

$U_{ij}$ : Endüstri 4.0 aracı  $i$ ’nin sürdürülebilirlik boyutu  $j$ ’deki uygulanma (U) hazırlık ve olgunluk skoru

$G_{ij}$ : Endüstri 4.0 aracı  $i$ 'nin sürdürülebilirlik boyutu  $j$ 'deki gelişime katkı (G) hazırlık ve olgunluk skoru

**Adım 3.** Üçüncü aşamada, her sürdürülebilirlik boyutu için bir toplam hazırlık ve olgunluk skoru Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmaktadır. Endüstri 4.0 aracı  $i$ 'nin araç sürdürülebilirlik hazırlık ve olgunluk skoru ( $P_i$ ) araç boyut skorlarının ( $S_{ij}$ ) aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmaktadır.

$$P_i = \frac{1}{3} \left( \sum S_{ij} \right) \quad (2)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 12$  (Endüstri 4.0 araç sayısı)

$j = 1, 2, 3$  (Sürdürülebilirlik boyutu)

$P_i$ : Endüstri 4.0 aracı  $i$ 'nin araç sürdürülebilirlik hazırlık ve olgunluk skoru

**Adım 4.** Dördüncü aşamada, işletme için her bir sürdürülebilirlik boyutunda  $j$ 'deki akıllı ve sürdürülebilir hazırlık ve olgunluk skoruna Eşitlik 3 yoluyla ulaşılmaktadır. Tedarik zincirinin sürdürülebilirlik boyutu  $j$ 'deki akıllı ve sürdürülebilir hazırlık ve olgunluk skoru ( $T_j$ ) on iki Endüstri 4.0 aracının araç boyut skorlarının ( $S_{ij}$ ) aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmaktadır.

$$T_j = \frac{1}{12} \left( \sum S_{ij} \right) \quad (3)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 12$  (Endüstri 4.0 araç sayısı)

$j = 1, 2, 3$  (Sürdürülebilirlik boyutu)

$T_j$ : Tedarik zincirinin sürdürülebilirlik boyutu  $j$ 'deki akıllı ve sürdürülebilir hazırlık ve olgunluk skoru

**Adım 5.** Son olarak beşinci aşamada, işletme için toplam bir akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk (ASTZHO) skoru Eşitlik 4 yoluyla hesaplanmaktadır. Akıllı ve sürdürülebilirlik tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk skoru ( $Z$ ) tedarik zincirinin üç sürdürülebilirlik boyutundaki akıllı ve sürdürülebilir hazırlık ve olgunluk skorlarının ( $T_j$ ) aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmaktadır.

$$Z = \frac{1}{3} \left( \sum T_j \right) \quad (4)$$

$j = 1, 2, 3$  (Sürdürülebilirlik boyutu)

$Z$ : Tedarik zincirinin akıllı ve sürdürülebilirlik hazırlık ve olgunluk skoru

#### 4. Nümerik Örnek

Çalışmanın bu kısmında önerilen modelin uygulanabilirliği test etmek için yapılan örnek olay çalışmasının detayları ve sonuçları yer almaktadır. Örnek çalışma otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firma bünyesinde yapılmıştır. 1969 yılında kurulan ABC şirketi, Türkiye'nin önde gelen otomobil parçaları tedarikçilerinden biridir. İşletmenin gizlilik politikası nedeniyle çalışmanın örnek olay uygulamasında şirket adı gizlenerek ABC olarak yeniden adlandırılmış ve anket yoluyla elde edilen veriler değiştirilmiştir. ABC, yolcu, ticari ve ağır ticari araçlar için süspansiyon, şase, şanzıman, debriyaj, egzoz,

yakıt, soğutma ve fren sistemleri gibi çeşitli ürünler üretmektedir. Şirketin ana makine ve prosesleri sac ve metal kalıp, alüminyum ve plastik enjeksiyon kalıp, yüksek ve alçak basınçlı döküm, pres baskı ve ileri teknoloji talaşlı imalat üretim hatlarında CAD, CAM, CAE, CAPP yöntemlerinin yanı sıra simülasyon, eklemeli imalat, robotik ve otonom sistemler gibi akıllı teknolojiler kullanılmaktadır. Şirketin Ar&Ge Tasarım ve Mühendislik departmanının yöneticileri ile Endüstri 4.0 araçlarının hazırlık ve olgunluk düzeylerini temsil eden anket çalışması yapılmıştır. Elde edilen verinin 3. Bölümde önerilen model ile analiziyle ulaşılan sonuçlar aşağıda gösterilmektedir.

Örnek olay analizinin ilk adımında her bir Endüstri 4.0 aracı için sürdürülebilirliğin üç boyutunda anlaşılma (A), uygulanma (U) ve gelişim (G) skorlarını temsil eden araç olgunluk birincil matrisi elde edilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Araç olgunluk birincil matrisi

Endüstri 4.0 Aracı (i)	Ekonomik (j=1)			Çevresel (j=2)			Sosyal (j=3)		
	A <sub>ij</sub>	U <sub>ij</sub>	G <sub>ij</sub>	A <sub>ij</sub>	U <sub>ij</sub>	G <sub>ij</sub>	A <sub>ij</sub>	U <sub>ij</sub>	G <sub>ij</sub>
Robotik ve Otonom Sis.	5	4	4	4	4	4	4	4	4
Eklemeli İmalat	5	4	3	4	2	2	4	3	2
Artırılmış Gerçeklik	4	4	4	3	3	3	3	2	2
Simülasyon	5	5	5	4	4	4	4	4	4
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	5	4	4	5	4	4	4	4	4
Nesnelerin İnterneti	5	4	4	5	4	4	4	3	3
Bulut Bilişim	5	5	4	4	4	4	4	3	3
Siber Güvenlik	5	4	4	3	2	3	5	5	4
Büyük Veri Analitiği	4	3	2	3	2	2	3	2	2
Yapay Zeka	4	2	2	3	3	3	3	3	3
Makine Öğrenmesi	4	3	2	3	3	2	2	2	2
Blok Zincir Teknolojisi	4	2	2	3	3	2	3	2	2

İkinci aşamada on iki Endüstri 4.0 aracının her biri için üç sürdürülebilirlik boyutunda araç boyut hazırlık ve olgunluk skorları ile toplam araç hazırlık ve olgunluk skorları hesaplanmaktadır (Tablo 2).

**Tablo 2.** Araç hazırlık ve olgunluk skorları

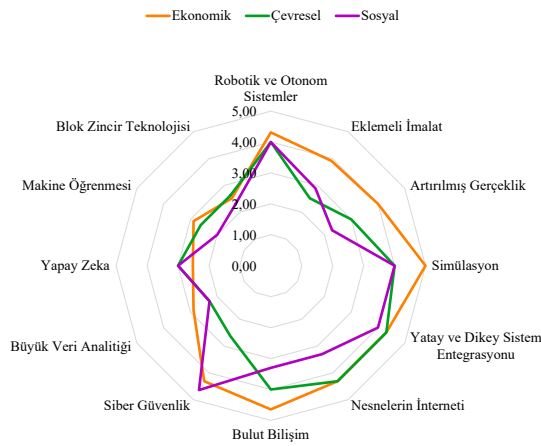
Endüstri 4.0 Aracı (i)	Ekonomik (S <sub>i1</sub> )	Çevresel (S <sub>i2</sub> )	Sosyal (S <sub>i3</sub> )	Araç Skoru (P <sub>i</sub> )
Robotik ve Otonom Sis.	4,309	4,000	4,000	4,103
Eklemeli İmalat	3,915	2,520	2,884	3,106
Artırılmış Gerçeklik	4,000	3,000	2,289	3,096
Simülasyon	5,000	4,000	4,000	4,333
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	4,309	4,309	4,000	4,206
Nesnelerin İnterneti	4,309	4,309	3,302	3,973
Bulut Bilişim	4,642	4,000	3,302	3,981
Siber Güvenlik	4,309	2,621	4,642	3,857
Büyük Veri Analitiği	2,884	2,289	2,289	2,488
Yapay Zeka	2,520	3,000	3,000	2,840
Makine Öğrenmesi	2,884	2,621	2,000	2,502
Blok Zincir Teknolojisi	2,520	2,621	2,289	2,477

Son aşamada işletmenin her bir sürdürülebilirlik boyutundaki akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk skoru hesaplanmaktadır (Tablo 3).

**Tablo 3.** Akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk skorları

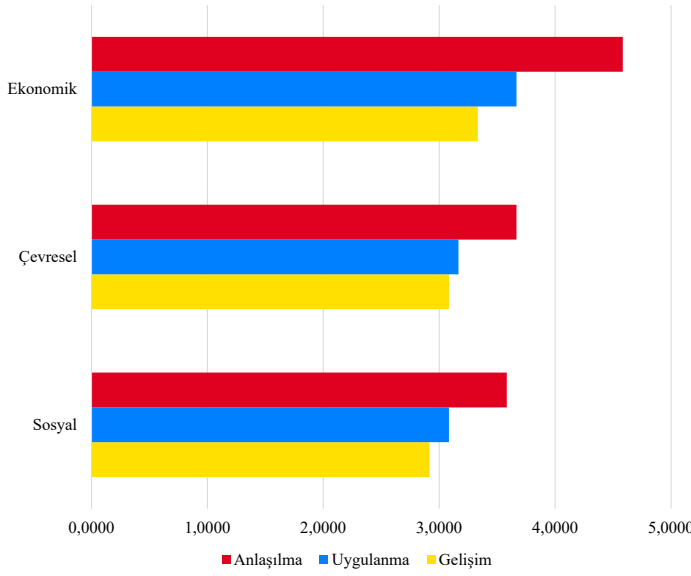
Sürdürülebilirlik Boyutu (j)	Anlaşılma Düzeyi ( $A_j$ )	Uygulanma Düzeyi ( $U_j$ )	Gelişime Katkı Düzeyi ( $G_j$ )	Hazırlık ve Olgunluk Skoru ( $T_j$ )
Ekonomik	4,583	3,667	3,333	3,800
Çevresel	3,667	3,167	3,083	3,274
Sosyal	3,583	3,083	2,917	3,167
ASTZHO (Z)	3,414			

Bu çalışmada önerilen model, yönetici ve karar vericilere Endüstri 4.0'a hazırlık ve uyum sonrası olgunluk düzeylerinin niceliksel ölçümü ve değerlendirilmesi için taktiksel iç görü sağlarken, uzun dönemde stratejik kararlar almalarına yardım etmektedir.



**Şekil 2.** Akıllı teknolojilerin sürdürülebilirlik boyutları ile ilişkisi

Şekil 2’de gösterilen ve nümerik örnekten elde ettiğimiz radar diyagramı, ABC şirketinin ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik skorlarını göstermektedir. Bu skorlar üzerinden yöneticiler Endüstri 4.0 araçlarının sürdürülebilirliğinin üç temel boyutu olan ekonomik, çevresel ve sosyal boyutların tedarik zinciri yönetimi bağlamında ne derece anlaşıldığını, uygulandığını ve gelişime katkı sağladığını görebilmektedirler. Örneğin, simülasyon sürdürülebilirliğinin ekonomik boyutuna göre, yüksek bir olgunluk skoru alırken, çevresel ve sosyal boyutlara göre daha düşük skor almıştır. Siber güvenlik, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik boyutlarında yüksek hazırlık ve olgunluk skoru alırken, çevresel sürdürülebilirlik boyutunda yetersiz kalmaktadır. ABC şirketi, büyük veri analitiği, yapay zeka, makine öğrenmesi ve blok zincir teknolojisi alanlarında sürdürülebilirliğin üç boyutunda düşük skor alırken, diğer akıllı teknolojilerde görece daha olgundur.

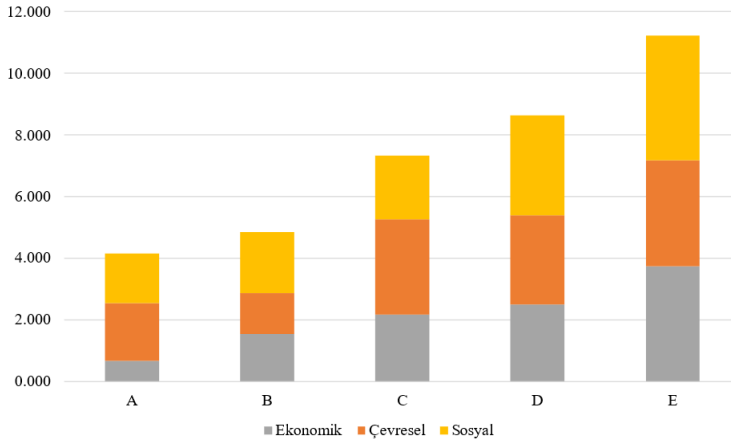


Şekil 3. ASTZHO modelinin parametrelerinin sürdürülebilirlik boyutları ile ilişkisi

Şekil 3'te verilen çubuk diyagramında, akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk (ASTZHO) modelinin üç değişkeni olan anlaşılma, uygulanma ve gelişim skorlarının sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarında aldıkları skorlar gösterilmektedir. Grafiğe göre, modelin akıllı teknolojilerin anlaşılma parametresi her üç sürdürülebilirlik boyutunda uygulanma ve gelişim parametrelerine göre daha yüksektir. Uygulanma parametresi ise gelişime göre daha yüksek skor almıştır.

## 5. Senaryo Analizi

Çalışmanın bu bölümünde önerilen modelin akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk düzeyini doğru ve geçerli bir şekilde ölçtüğünü analiz etmek için, söz konusu modelin boyutlarında farklı anlaşılma, uygulanma ve gelişim seviyelerine dayalı potansiyel senaryolar test edilmektedir. A senaryosuna göre Endüstri 4.0 uygulamaları bakımından temel seviyedeki bir firma, B senaryosuna göre başlangıç seviyesindeki bir firma, C senaryosuna göre orta seviyedeki bir firma, D senaryosuna göre üst-orta seviyedeki bir firma ve E senaryosuna göre ileri seviyedeki bir firmanın akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk skorları modellenmektedir. Bu testlerin sonuçları Şekil 4'te gösterilmektedir. Senaryo analizine göre farklı seviyelerde ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik skorları üst seviyelere geçildikçe artış göstermekte iken çevresel sürdürülebilirlik skorları dalgalı bir değişim göstermektedir. Boyutların ortalaması olan akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk skoru ise her seviyede artmaktadır. Çevresel sürdürülebilirliğin dalgalanmasının muhtemel sebeplerinden biri emisyon, enerji tüketimi, kaynak kullanımı, atık ile kirlilik gibi parametrelerin firmanın teknoloji yoğun üretiminden görece bağımsız olarak sektör, büyüklük, yönetimsel yaklaşım veya kültür gibi bir takım örgütsel niteliklerine dayanması olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4. Senaryo analizi sonuçları

## 6. Yönetimsel Etkiler

Bu çalışma, yöneticilere bir tedarik zincirinin akıllı ve sürdürülebilir boyutlar açısından hazırlık ve olgunluk seviyesini eşzamanlı olarak değerlendirmelerine yardımcı olan bir değerlendirme aracı sunmaktadır. Önerilen model, Endüstri 4.0 araçlarını sürdürülebilirliğin üç temel boyutu olan ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarda inceleyerek bu boyutların anlaşılma derecesini, uygulanma derecesini ve organizasyonel amaçlara katkı derecesini içeren bir olgunluk skoru üretmektedir. Modelin sonucu olarak ortaya çıkan akıllı ve sürdürülebilir hazırlık ve olgunluk skoru, yöneticilerin akıllı ve sürdürülebilir tedarik zincirlerinin mevcut ve hedeflenen performans seviyelerini karşılaştırmasına olanak tanırken, bu akıllı teknolojilerin tedarik zincirine adaptasyonunda sürekli gelişim ve yenilik faaliyetlerini desteklemek amacıyla mevcut durumu değerlendirip, performans ölçer ve gelecek hedefleri belirlemeye yardımcı olur. Örneğin, Tablo 3'te sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarında hazırlık ve olgunluk skorları anlaşılma, uygulanma ve gelişime katkı düzeylerinde verilmektedir. Bu analize göre, ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik hazırlık ve olgunluk skorları sırası ile 3,800, 3,274 ve 3,167 olarak hesaplanmış ve modelin nihai sonucu olan akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk skoru ise 3,414 olarak hesaplanmıştır. Bu skorlar yöneticiler için firmanın Endüstri 4.0'a hazırlık ve uyum düzeyinin 5 üzerinden 3,414 aldığını belirtirken, firmanın eksik ve gelişime açık yönleri hakkında bilgi vermektedir. Şekil 2'de verilen ve firmanın sahip olduğu akıllı teknolojilerin sürdürülebilirlik boyutları ile ilişkisini gösteren grafiğe göre, firmanın zayıf olduğu alanlar blok zincir teknolojisi, makine öğrenmesi, yapay zeka ve büyük veri analitiğidir. Bu alanlardaki eksiklikler akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk skorunu düşürürken, firmanın gelişime açıktır yetkinlikleridir.

## 7. Sonuçlar

Endüstri 4.0, firmaların tedarik zinciri süreçlerinde paradigma kaymasına yol açarken, akıllı teknolojilerin bu süreçlere entegrasyonu ile daha iyi takip kolaylığı, kontrol ve veri görünürlüğü sağlanmaktadır. Bu sayede şirketler üretmiş oldukları ürünleri ve hizmetleri piyasaya daha hızlı, düşük maliyetli ve yüksek kaliteli olarak sunma fırsatı yakalamaktadırlar. Bununla beraber sürdürülebilir tedarik zinciri kavramının ortaya

çıkması, firmaları tedarik zinciri faaliyetlerini ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlar altında sürdürmeye teşvik etmiştir. Bu çalışmada firmaların Endüstri 4.0'a hazırlık ve olgunluk düzeylerinin daha iyi anlaşılabilirliği için, dijital tedarik zincirlerinin akıllı ve sürdürülebilir boyutta olgunluk düzeylerinin eş zamanlı ölçülebilmesine olanak sağlayan bir model önerilmiştir. Bu model akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk (ASTZHO) modeli olarak isimlendirilmiş ve modelin bileşenleri on iki adet Endüstri 4.0 aracı ile sürdürülebilirliğin 3 ana boyutundan (ekonomik, çevresel ve sosyal) oluşturulmuştur. Önerilen model, Endüstri 4.0 araçlarının sürdürülebilirliğin temelinde yatan ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarda tedarik zinciri yönetimi içinde anlaşılma, uygulanma ve organizasyonel amaçlara katkı derecelerini değerlendirerek, en son aşamada bir akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk (ASTZHO) skoru sunmaktadır. Bu skor firmaların Endüstri 4.0'a hazırlık ve uyum sonrası olgunluk düzeylerinin niceliksel ölçümü ve değerlendirilmesi için şirket yöneticilerine Endüstri 4.0 performansına daha iyi odaklanabilme ve gelecek için bir yol haritası belirleyebilme imkanı sağlayacaktır. Endüstri 4.0 olgunluk düzeyinin sektörden sektöre farklı yaklaşımları gerektirmesi nedeniyle (Elibal ve Özceylan, 2011, 2022) sektörel farklılıklara yönelik çalışmalar ileride yapılacak çalışmaların odağını oluşturabilecektir. Bunun yanında, akıllı teknolojilerin tedarik zincirine adaptasyonunda sürekli gelişim ve yenilik faaliyetlerini desteklemek için mevcut durumun bir hazırlık ve olgunluk modeli ile değerlendirilmesi, performans ölçümü ve hedef belirleme konusunda karar vericilere yol gösterecektir.

**Bilgilendirilmiş Onam:** Katılımcılardan bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- S.D., M.A.G., T.P.; Veri Toplama- S.D., M.A.G., T.P.; Veri Analizi/Yorumlama- S.D., M.A.G., T.P.; Yazı Taslağı- S.D., M.A.G., T.P.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- S.D., M.A.G., T.P.; Son Onay ve Sorumluluk- S.D., M.A.G., T.P.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

**Informed Consent:** Written consent was obtained from the participants.

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

**Author Contributions:** Author Contributions: Conception/Design of Study- S.D., M.A.G., T.P.; Data Acquisition- S.D., M.A.G., T.P.; Data Analysis/Interpretation- S.D., M.A.G., T.P.; Drafting Manuscript- S.D., M.A.G., T.P.; Critical Revision of Manuscript- S.D., M.A.G., T.P.; Final Approval and Accountability- S.D., M.A.G., T.P.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

## Kaynakça

- Aguiar, T., Gomes, S. B., da Cunha, P. R., & da Silva, M. M. (2019, October). Digital transformation capability maturity model framework. In 2019 IEEE 23rd International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC) (pp. 51-57). IEEE.
- Ahi, P., & Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of cleaner production*, 52, 329-341.
- Akdil, K. Y., Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). Maturity and readiness model for industry 4.0 strategy. In *Industry 4.0: Managing the digital transformation* (pp. 61-94). Springer, Cham.

- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899-919.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Basl, J. (2017). Pilot study of readiness of Czech companies to implement the principles of Industry 4.0. *Management and Production Engineering Review*, 8(2), 3-8.
- Basl, J. (2018, September). Analysis of industry 4.0 readiness indexes and maturity models and proposal of the dimension for enterprise information systems. In *International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems* (pp. 57-68). Springer, Cham.
- Basl, J., & Doucek, P. (2019). A metamodel for evaluating enterprise readiness in the context of Industry 4.0. *Information*, 10(3), 89.
- Basl, J., & Kopp, J. (2017). Study of the Readiness of Czech Companies to the Industry 4.0. *Journal of Systems Integration*, 8(3), 40-45.
- Beamon, B. M. (1999). Designing the green supply chain. *Logistics information management*.
- Bechtold, J., & Lauenstein, C. (2014). Digitizing Manufacturing: Ready Set Go. Capgemini. [https://www.capgemini.com/consulting-de/wp-content/uploads/sites/32/2017/08/digitizing-manufacturing\\_0.pdf](https://www.capgemini.com/consulting-de/wp-content/uploads/sites/32/2017/08/digitizing-manufacturing_0.pdf).
- Botha, A. P. (2018). Rapidly arriving futures: Future readiness for Industry 4.0. *South African Journal of Industrial Engineering*, 29(3), 148-160.
- Brunelli, J., Lukic, V., Milon, T., & Tantardini, M. (2017). Five lessons from the Frontlines of Industry 4.0. The Boston Consulting Group.
- Butner, K. (2010). The smarter supply chain of the future. *Strategy & Leadership*.
- Candanedo, I. S., Nieves, E. H., González, S. R., Martín, M. T. S., & Briones, A. G. (2018, August). Machine learning predictive model for industry 4.0. In *International Conference on Knowledge Management in Organizations* (pp. 501-510). Springer, Cham.
- Carlozo, L. (2017). What is blockchain?. *Journal of Accountancy*, 224(1), 29.
- Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., & Terzi, S. (2017a, June). Guiding manufacturing companies towards digitalization a methodology for supporting manufacturing companies in defining their digitalization roadmap. In *2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)* (pp. 487-495). IEEE.
- De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E., & Terzi, S. (2017b, September). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (pp. 13-20). Springer, Cham.
- Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58.
- El Kadiri, S., Grabot, B., Thoben, K. D., Hribernik, K., Emmanouilidis, C., Von Cieminski, G., & Kiritsis, D. (2016). Current trends on ICT technologies for enterprise information systems. *Computers in Industry*, 79, 14-33.
- Elibal, K., & Özceylan, E. (2021). A systematic literature review for industry 4.0 maturity modeling: state-of-the-art and future challenges. *Kybernetes*, 50(11), 2957-2994.
- Elibal, K., & Özceylan, E. (2022). Comparing industry 4.0 maturity models in the perspective of TQM principles using Fuzzy MCDM methods. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121379.
- Ernst, F., & Frische, P. (2015). Industry 4.0/industrial internet of things-related technologies and requirements for a successful digital transformation: An investigation of manufacturing businesses worldwide. Available at SSRN 2698137.
- Faller, C., & Feldmüller, D. (2015). Industry 4.0 learning factory for regional SMEs. *Procedia Cirp*, 32, 88-91.



- Fleischmann, M., & Minner, S. (2004). Inventory management in closed loop supply chains. In *Supply chain management and reverse logistics* (pp. 115-138). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gausemeier, J., Schmidt, M., Anderl, R., Schmid, H. J., Leyens, C., Seliger, G., Winzer, P., Kohlhuber, M., Kage, M., & Karg, M. (2017). *Additive Manufacturing*.
- Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. Retrieved from PwC Website: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016>. Pdf.
- Gökalp, E., Şener, U., & Eren, P. E. (2017, October). Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM. In *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination* (pp. 128-142). Springer, Cham.
- Guide, V. D. R. Jr, & Van Wassenhove, L. N. (2002). Closed-loop supply chains. In A. Klose, M. Grazia Speranza, L.N. Van Wassenhove (éd.), *Quantitative Approaches to Distribution Logistics and Supply Chain Management* (pp. 47-60). Berlin: Springer
- Hart, S. L. (1997). Beyond greening: Strategies for a sustainable world. *Harvard Business Review*, 75(1), 66-77.
- Hayes, B. (2008). Cloud computing. *Communications of the ACM*, 51(7), 9-11.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016, January). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)* (pp. 3928-3937). IEEE.
- Hervani, A. A., Helms, M. M., & Sarkis, J. (2005). Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An international journal*.
- Kenton, W. (2018). *Augmented reality. Investopedia Fundamental Analysis: Sectors & Industries Analysis*. Retrieved from Web Site: <https://www.investopedia.com/terms/a/augmented-reality.asp>.
- Kim, T., Glock, C. H., & Kwon, Y. (2014). A closed-loop supply chain for deteriorating products under stochastic container return times. *Omega*, 43, 30-40.
- Kohlegger, M., Maier, R., & Thalmann, S. (2009). Understanding maturity models: Results of a structured content analysis (pp. 51-61).
- Krikke, H., Bloemhof-Ruwaard, J. M., & Van Wassenhove, L. N. (2001). Design of closed loop supply chains: a production and return network for refrigerators. Rotterdam: Erasmus Research Institute of Management (ERIM).
- Krikke, H., Blanc, I. L., & van de Velde, S. (2004). Product modularity and the design of closed-loop supply chains. *California management review*, 46(2), 23-39.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & information systems engineering*, 6(4), 239-242.
- Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 18, 20-23.
- Lee, E. A. (2008, May). Cyber physical systems: Design challenges. In *2008 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC)* (pp. 363-369). IEEE.
- Lezzi, M., Lazoi, M., & Corallo, A. (2018). Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework. *Computers in Industry*, 103, 97-110.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., ... & Schröter, M. (2015). *IMPULS-industrie 4.0-readiness*. Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln.
- Lin, T. C., Wang, K. J., & Sheng, M. L. (2020). To assess smart manufacturing readiness by maturity model: a case study on Taiwan enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(1), 102-115.
- Lucato, W. C., Pacchini, A. P. T., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). Model to evaluate the Industry 4.0 readiness degree in Industrial Companies. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 1808-1813.

- Machado, C. G., Winroth, M., Carlsson, D., Almström, P., Centerholt, V., & Hallin, M. (2019). Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: challenges and enablers towards increased digitalization. *way*, 1(2), 3-4.
- Masciari, E. (2012). SMART: Stream monitoring enterprise activities by RFID tags. *Information Sciences*, 195, 25-44.
- Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia Cirp*, 17, 9-13.
- Özlu, F. (2017). The advent of Turkey's industry 4.0. *Turkish Policy Quarterly*, 16(2), 29-38.
- Prinz, C., Morlock, F., Freith, S., Kreggenfeld, N., Kreimeier, D., & Kuhlenkötter, B. (2016). Learning factory modules for smart factories in industrie 4.0. *Procedia Cirp*, 54, 113-118.
- Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison. *IEEE Access*, 6, 3585-3593.
- Rajnai, Z., & Kocsis, I. (2018, February). Assessing industry 4.0 readiness of enterprises. In 2018 IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI) (pp. 000225-000230). IEEE.
- Rockwell Automation. (2016). The Connected Enterprise Maturity Model. Retrieved from Website: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/ciewp002\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/ciewp002_-en-p.pdf)
- Roland Berger (2014) Think act: Coo insights – Industry 4.0. Available at: <https://www.rolandberger.com/de/Publications/COO-Insights-Industry-4.0.html> (Accessed: 14 February 2020).
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Samaranayake, P., Ramanathan, K., & Laosirihongthong, T. (2017, December). Implementing industry 4.0—A technological readiness perspective. In 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) (pp. 529-533). IEEE.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. P. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 9(3), 811-833.
- Santos, R. C., & Martinho, J. L. (2019). An Industry 4.0 maturity model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Seitz, K. F., & Nyhuis, P. (2015). Cyber-physical production systems combined with logistic models-a learning factory concept for an improved production planning and control. *Procedia CIRP* 32 (2015), 32, 92-97.
- Sisco, C., Chorn, B., & Pruzan-Jorgensen, P. M. (2011). Supply chain sustainability: A practical guide for continuous improvement. United Nations Global Compact.
- Schlüter, F., & Henke, M. (2017). Smart supply chain risk management-a conceptual framework. In *Digitalization in Supply Chain Management and Logistics: Smart and Digital Solutions for an Industry 4.0 Environment*. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), Vol. 23 (pp. 361-380). Berlin: epubli GmbH.
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of cleaner production*, 16(15), 1699-1710.
- Stentoft, J., Jensen, K. W., Philipsen, K., & Haug, A. (2019, January). Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: A SME perspective with empirical evidence. In Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.
- Strandhagen, J. W., Alfnes, E., Strandhagen, J. O., & Swahn, N. (2016, November). Importance of production environments when applying Industry 4.0 to production Logistics-A multiple case study. In 6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation. Atlantis Press.
- Tao, F., Zhang, M., Cheng, J., & Qi, Q. (2017). Digital twin workshop: A new paradigm for future workshop. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 23(1), 1-9.
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does industry 4.0 mean to supply chain?. *Procedia Manufacturing*, 13, 1175-1182.

- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0—a glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233-238.
- Valkokari, K., Kansola, M., & Valjakka, T. (2011). Towards collaborative smart supply chains—capabilities for business development. *International Journal of Enterprise Network Management*, 4(4), 380-399.
- Veza, I., Mladineo, M., & Peko, I. (2015, January). Analysis of the current state of Croatian manufacturing industry with regard to Industry 4.0. In *15th International Scientific Conference on Production Engineering-CIM'2015: Computer Integrated Manufacturing and High Speed Machining*.
- Wells, P., & Seitz, M. (2005). Business models and closed-loop supply chains: A typology. *Supply Chain Management: An International Journal*.
- White, K. P., & Ingalls, R. G. (2015, December). Introduction to simulation. In *2015 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 1741-1755). IEEE.
- Wong, C., Yang, E., Yan, X. T., & Gu, D. (2017, September). An overview of robotics and autonomous systems for harsh environments. In *2017 23rd International Conference on Automation and Computing (ICAC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Wu, H. J., & Dunn, S. C. (1995). Environmentally responsible logistics systems. *International journal of physical distribution & logistics management*.
- Wu, L., Yue, X., Jin, A., & Yen, D. C. (2016). Smart supply chain management: a review and implications for future research. *The International Journal of Logistics Management*.
- Yuvaraj, S., & Sangeetha, M. (2016, March). Smart supply chain management using internet of things (IoT) and low power wireless communication systems. In *2016 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)* (pp. 555-558). IEEE.
- Zelbst, P. J., Green, K. W., Sower, V. E., & Reyes, P. M. (2012). Impact of RFID on manufacturing effectiveness and efficiency. *International Journal of Operations & Production Management*.





Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)

**JTL**

Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1038781

RESEARCH ARTICLE

# Lojistik Servis Sağlayıcılarının Hizmet Kalitesi Boyutlarının SERVQUAL Temelli Best-Worst Yöntemi Kullanılarak Önceliklendirilmesi

## Prioritizing the Service Quality Dimensions of Logistics Service Providers Using SERVQUAL-Based Best–Worst Method

Ertuğrul Ayyıldız<sup>1</sup>

### Öz

Talebin her geçen gün arttığı lojistik sektöründe hizmet kalitesinin ölçülmesi kritik önem taşımaktadır. Firmaların pazarda rekabet edebilmeleri ve hizmet kalitelerini artırabilmeleri için müşterilerini iyi tanımaları ve beklentilerini doğru analiz ederek iyileştirmeler yapmaları gerekmektedir. Bu bağlamda SERVQUAL modeli hizmet kalitesi ölçümünde sıklıkla tercih edilen etkili araçlardan biridir. Ancak dünyayı etkisi altında pandemi, gelişen teknoloji trendlerin gelişimi ve dönüşümü gibi köklü değişimlerin etkileriyle geleneksel SERVQUAL modeli ile müşterilerin tüm beklentilerini sürece dahil etmek mümkün değildir. Bu yüzden bu çalışmada, SERVQUAL modeli lojistik servis sağlayıcılara yönelik beklentiler dikkate alınarak dört farklı boyutla genişletilmiş ve böylece daha kapsamlı bir çerçeve sunulmuştur. Daha sonra her bir boyutun önem derecesinin belirlemek için çok kriterli karar verme yaklaşımı benimsenmiş ve Best-Worst yöntemi kullanılarak boyutların önem dereceleri belirlenmiştir. Önerilen yöntemin tutarlılığını test etmek için karşılaştırmalı analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en önemli hizmet kalitesi boyutu “yanıt verebilirlik” olarak belirlenmiştir. Ayrıca “yeterlik” ve “güvenilirlik” hizmet kalitesini artırmaya yönelik dikkate alınması gereken boyutlardandır.

**Anahtar Kelimeler:** Lojistik Servis Sağlayıcı, Hizmet Kalitesi, Servqual, Best-Worst

### ABSTRACT

The level of service quality for airline transportation, where demand is increasing daily, is vital and must be determined. For companies to compete in the market and increase their service quality, they must know their customers well, analyze their expectations correctly, and make improvements. In this context, the SERVQUAL model is one of the most preferred and effective tools for measuring service quality. However, customers' expectations cannot be included in the process using the traditional SERVQUAL model, especially with the effects of radical changes, such as the pandemic, and the development and transformation of emerging technology trends. Therefore, this study extends the traditional SERVQUAL model with four novel dimensions considering the expectations for logistics service providers, thereby providing a more comprehensive framework. Subsequently, the importance level of each dimension is determined and modeled through a multicriteria decision-making problem. Furthermore, the importance levels of the dimensions are determined using the best–worst method. A comparative analysis is conducted to examine the consistency of the proposed method. The results reveal that the most important service quality dimension is “responsiveness.” In addition, the “competence” and “reliability” dimensions should be considered to increase service quality.

**Keywords:** Logistics Service Provider, Service Quality, Servqual, Best–Worst

**Başvuru/Submitted:** 20.12.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 21.01.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 23.01.2022 • **Kabul/Accepted:** 28.01.2022

<sup>1</sup> **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Ertuğrul Ayyıldız (Dr), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye.  
E-mail: [ertugrulayyildiz@ktu.edu.tr](mailto:ertugrulayyildiz@ktu.edu.tr) ORCID: E.A. 0000-0002-6358-7860

**Atf/Citation:** Ayyıldız, E. (2022). Lojistik servis sağlayıcılarının hizmet kalitesi boyutlarının SERVQUAL temelli best-worst yöntemi kullanılarak önceliklendirilmesi. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 117-135. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1038781>



## Extended Abstract

Quality expresses the customer satisfaction level; it can be elucidated by examining certain service quality indicators. In terms of the service sector, increasing customer satisfaction is a primary goal of quality management. Customer satisfaction is often an expression of subjective feelings arising from the difference between the customers' expectations of the service and their actual experience. Service-producing businesses must analyze the demands and expectations of their customers appropriately and make improvements accordingly to gain a competitive advantage in the market. However, analyzing and implementing quality expectations are not enough. After providing the service, businesses must monitor whether customer expectations are met and how customers perceive the service using the suitable methods. The level of service quality is measured by evaluating the perceptions of the customer. In particular, in recent years, logistics service providers (LSPs), whose demand has further increased, should handle the demands described as the "voice of the customer" with the proper techniques and update their quality characteristics accordingly. Today, numerous LSPs give more importance to customer satisfaction by providing greater customer service. Therefore, customer satisfaction and service quality evaluations are becoming essential for companies. Thus, improvements determined because of the evaluation of service quality can encourage more customers to use the services provided. Hence, companies must evaluate, monitor, and develop strategies for service quality to increase their service quality and keep customer's interest vigorous. The logistics service industry focuses on essential services, such as organizing, planning, and controlling the transport of physical goods and additional value-added services. LSPs should evaluate their processes to maintain their current market position and reach more customers. Service quality is a vital element in creating customer satisfaction; hence, it plays an important role in maintaining the companies' profitability levels. Therefore, measuring service quality is important for companies. This study investigates which dimensions should be considered in this process by focusing on the service performance measurement of LSPs. The SERVQUAL model is employed to gather the dimensions under certain headings and to create a decision hierarchy. In this study, the SERVQUAL model, which is one of the most widely used service quality methodologies, is extended from five to nine main dimensions to adapt to current changes and customer expectations. By adding "Competency," "Technology," "Environmental affects," and "Cost," we can provide an evaluation framework for the service quality of LSPs. In this study, LSPs' service quality is evaluated using the SERVQUAL model without ignoring the current problems of the world and digital technological competitive environment. To prioritize the proposed nine new dimensions, this study considered the problem a multicriteria decision-making problem and applied the best-worst method to determine the weights of each service quality. Among the evaluated dimensions, the dimension with the highest weight is "Responsiveness," whereas the least important dimension is determined as "Environmental impacts."

## Giriş

Kalite, müşteri tatmin düzeyini ifade eden ve hizmet kalitesinin belirli göstergeleri incelenerek açıklanabilen bir terimdir (Stefano, Casarotto Filho, Barichello, & Sohn, 2015). Müşteri hizmetlerinin kalitesi, işletmelerin rekabetçi dünyada göre bir avantaj elde etmelerini kolaylaştırmada belirleyici bir unsur haline gelerek işletmelerin etkinliğine ve refahına önemli bir katkı sağlamaktadır. Müşteri hizmetleri kalitesi, rekabetçi bir iş stratejisinde temel bir alan haline gelmiştir (Kadlubek & Grabara, 2015). Hizmet kalitesi, genel olarak müşteri hizmetleri deneyimine ilişkin algıların toplamı olarak tanımlanmaktadır (Johns, 1992). Hizmet sektöründe hizmet kalitesi, müşteri memnuniyeti için önemli bir faktördür. Gerçek performanstan müşteri beklentisi ile müşteri algısı arasında bir karşılaştırma yapılarak müşteri memnuniyeti belirlenebilir (Parasuraman, Zeithaml, & Berry, 1988).

Hizmet sektörü açısından müşteri memnuniyetini artırmak kalite yönetiminin temel hedeflerinden biridir (Kyriakopoulos, 2011). Müşteri memnuniyeti, hizmet sektöründe üretim sektöründen çok daha önemli ve doğası gereği öznedir. Bu nedenle müşteri memnuniyeti genellikle müşterinin hizmetten beklentileri ile müşterinin gerçek deneyimi arasındaki farktan kaynaklanan subjektif duyguların bir ifadesidir. Hizmet üreten işletmeler, pazarda rekabet avantajı elde edebilmek için müşterilerin istek ve beklentilerini doğru analiz etmek ve bu doğrultuda iyileştirmeler yapmak zorundadır. Ancak sadece kalite beklentilerini analiz etmek ve uygulamak yeterli değildir. İşletmeler hizmeti sağladıktan sonra müşteri beklentilerinin karşılanıp karşılanmadığını ve müşterilerin hizmeti nasıl algıladığını doğru yöntemlerle izlemek zorundadır.

Hizmet kalitesinin seviyesi, müşterinin algısı değerlendirilerek ölçülür (Mulat, 2017). Şirketler, müşterilerine en kaliteli hizmeti sunarak yüksek müşteri memnuniyeti sağlamayı amaçlar (Awasthi, Chauhan, Omrani, & Panahi, 2011). Özellikle son yıllarda talebin arttığı lojistik servis sağlayıcı şirketler, “müşterinin sesi” olarak nitelendirilen talepleri doğru tekniklerle ele almalı ve kalite özelliklerini bu doğrultuda güncellemelidir (Pakdil & Aydin, 2007). Günümüzde birçok lojistik servis sağlayıcı şirket müşterilerine daha fazla hizmet sunarak müşteri memnuniyetine daha fazla önem vermektedir. Dolayısıyla müşteri memnuniyeti ve hizmet kalitesi değerlendirmeleri şirketler için bir zorunluluk haline gelmektedir (Del Castillo & Benitez, 2012). Böylece hizmet kalitesinin değerlendirilmesi sonucunda belirlenen iyileştirmeler, daha fazla müşteriye sağlanan hizmetleri kullanma konusunda teşvik edebilir. Lojistik servis sağlayan firmaların hizmet kalitesinin artırılması ve müşteri ilgisinin dinç tutulması için hizmet kalitesinin değerlendirilmesi, izlenmesi ve stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir.

Rekabetin yoğun olduğu lojistik sektöründe müşterilerin aldıkları hizmetten memnun olmaları oldukça önemlidir. Bu sayede hizmetlerden memnun kalan bir müşteri ile hizmet aldığı şirketi arasında uzun süreli bir ilişki oluşmakta ve böylece müşterinin şirkete bağlılığı artmaktadır. Lojistik servis sektörü, fiziksel malların ve ek katma değerli hizmetlerin taşınmasını organize etme, planlama ve kontrol etme gibi temel hizmetlere odaklanır (König, Caldwell, & Ghadge, 2019). Yakın gelecekte lojistik sektörünün, üstün dijital yetkinliklere sahip lojistik kökenli olmayan şirketlerin pazara girişi nedeniyle artan

rekabetle karşı karşıya kalması beklenmektedir (Wetzel & Hofmann, 2020). Lojistik servis sağlayıcıları, mevcut pazar konumlarını korumak ve daha fazla müşteri elde etmek için süreçlerini gözden geçirmelidirler.

Lojistik servis sağlayıcıları, ürünlerin satış noktasından varış noktasına ve zaman zaman iki kullanıcı arasında transferini gerçekleştirmede önemli bir role sahiptir. Bu bağlamda lojistik servis sağlayıcıların tedarik zincirlerinde önemli paydaşlar olduğu söylenebilir ve bir iç lojistik departmanı olarak görülmesi gerekir (Aktas & Ulengin, 2005). Performansları düzenli olarak değerlendirilmelidir. Hizmet kalitesi, lojistik servis sağlayıcı şirketler için önemli bir pazarlama unsurudur. Hizmet kalitesi sadece gönderici memnuniyetini değil, aynı zamanda varış noktasındaki alıcı memnuniyetini ve gönderici performansını da etkileyebilir (Limsomkiat & Vanichchinchai, 2019). Müşteri memnuniyetinin stratejik önemi, son yıllarda diğer hizmet sektörlerinde olduğu gibi lojistik servis sağlayıcı şirketleri için de artmıştır. Müşterilerin alınan hizmetle ilgili algıları ile beklentileri arasındaki boşlukları doldurmak müşteri memnuniyeti için hayati önem taşımaktadır (Baki, Sahin Basfirinci, Ar, & Cilingir, 2009). Hizmet kalitesi, müşteri memnuniyetinin yaratılmasında hayati bir unsur olduğundan, şirketlerin kârlılık düzeylerinin sürdürülmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, hizmet kalitesinin ölçümü şirketler için önemlidir. Bu noktada SERVQUAL bu görevler için en uygun yöntemlerden biridir (Parasuraman vd., 1988).

Son yıllarda teknolojik gelişmeler ve artan çevresel duyarlılık, müşteri memnuniyetini ölçmek için araştırılması gereken yeni boyutlar yaratmıştır. Bu çalışmada en sık kullanılan müşteri memnuniyeti değerlendirme yöntemlerinden biri olan SERVQUAL, farklı boyutlar eklenerek günümüz koşullarına uyarlanmıştır. Son yıllarda yaşanan çevre sorunları, yakıt tüketimi ve küresel ısınma nedeniyle insanlar çevresel faktörlere dikkat eden firmaları tercih etmeye özen göstermeye başlamışlardır. Bu faktörlerden dolayı “Çevresel etkiler” boyutu eklenmiştir. Ayrıca günümüz bilgi çağında şirketlerin teknolojik gelişmeleri süreçlerine dahil etmesi gerekmektedir. Bu bağlamda “Teknoloji” boyutu hizmet kalitesi değerlendirme modeline eklenmiştir. Bu duruma paralel olarak lojistik servis sağlayıcı şirketlerinin değişen ve artan müşteri taleplerine ne derecede karşılık verebildiği tartışma konusu haline gelmiştir. Bu bağlamda “Yeterlik” boyutunu dikkate almak gereklidir. Son olarak pandemi ile birlikte önemi iyice artan ekonomik faktörler “Maliyet” boyutu ile birlikte hizmet kalitesi değerlendirme modeline entegre edilmiştir.

Literatür taraması sonucunda aşağıdaki gözlemler bu çalışmayı motive etmiştir. Lojistik servis sağlayıcılarının hizmet kalitesinin değerlendirilmesi, mevcut literatürde kapsamlı analizlerle ele alınmamaktadır. Lojistik servis sağlayıcılarının hizmet kalitesini değerlendirmek için eksiksiz ve ayrıntılı bir dizi kriter, tedarik zinciri literatüründe incelenmemiştir. Bu nedenle, bu çalışmada literatürde ilk kez lojistik servis sağlayıcılara yönelik SERVQUAL modeli temelli hizmet kalitesi değerlendirme modeli sunulmaktadır. Bu çalışma, SERVQUAL literatüründen farklı olarak lojistik servis sağlayıcılarına yönelik beklentilerin önemini belirlemeyi amaçlamaktadır. Lojistik servis sağlayıcılarına yönelik beklentileri önceliklendirmek için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerine başvurulmuştur. Bu çalışma ile lojistik servis sağlayıcı literatüründe bahsedilen boşluklara odaklanılmış ve aşağıdaki araştırma sorularına cevap verilmesi



amaçlanmıştır. (i) SERVQUAL modeli lojistik servis sağlayıcılarını değerlendirmek için nasıl genişletilebilir? (ii) Hizmet kalitesinin belirlenmesi hangi boyutlar etkilidir? (iii) Lojistik servis sağlayıcılarının hizmet kalitesine yönelik en önemli performans özellikleri nelerdir?

Bu çalışma şu şekilde organize edilmiştir: SERVQUAL modeli ve önerilen yeni boyutlar Bölüm 2’de açıklanmıştır. Çalışmada kullanılan Best-Worst yöntemi Bölüm 3’te detayları ile açıklanmaktadır. Bölüm 4, hizmet kalitesi boyutlarının önem ağırlığını belirlemek için önerilen metodolojinin uygulamasını sunmaktadır. Elde edilen sonuçlar Bölüm 5’te tartışılmıştır. Karşılaştırmalı analiz Bölüm 6’da gerçekleştirilmiştir. Son bölüm, çalışmanın sonuçlarını, limitleyicilerini ve gelecekteki yönlerini özetlemektedir.

### SERVQUAL Modeli ve Önerilen Boyutlar

SERVQUAL modeli, hizmet kalitesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Pawitra & Tan, 2001). Model çeşitli niteliklere sahiptir ve müşteri beklentileri ile algıları arasındaki farkın ölçüldüğü önemli bir hizmet kalitesi değerlendirme aracıdır (Parasuraman vd., 1988). SERVQUAL modeli Parasuraman tarafından literatüre kazandırılmış ve itibar, güvenlik, erişilebilirlik, iletişim, tüketici anlayışı, somut varlıklar, güvenilirlik, yanıt verme, yeterlilik ve nezaket dahil olmak üzere hizmet kalitesinin özelliğini tanımlamıştır. Daha sonra on özellik beş nitelik altında birleştirilmiştir: fiziksel varlıklar, yanıt verebilirlik, güvenilirlik, güvence ve empati (Parasuraman, Zeithaml, & Berry, 1985). Geleneksel SERVQUAL yöntemi, her biri birçok farklı alt boyuttan oluşan beş ana boyuta sahiptir. Bu alt boyutlar, çalışmaların konusuna veya araştırmacıların tercihlerine bağlıdır, ancak beş ana boyut genellikle sabittir. Tablo 1, Parasuraman tarafından önerilen beş SERVQUAL boyutunu ve kısa açıklamaları göstermektedir (Tumsekcali, Ayyıldız, & Taskin, 2021).

**Tablo 1.** Beş ana SERVQUAL boyutu

Boyut	Kısa açıklama
Fiziksel varlıklar	Fiziksel tesisler ve sahip olunan ekipman, çalışanların görünümü
Güvenilirlik	Tutarlı ve güvenilir hizmet sunma ile ilgili beceriler
Yanıt verebilirlik	Hızlı, çevik ve müşteri odaklı yaklaşımlar
Güvence	Çalışanların tutumları ve zor durumlarla başa çıkma becerileri
Empati	Müşteriye bireysel olarak değer vermek ve ihtiyaçlarını anlamak

Doğru ve güncel bir değerlendirme yapabilmek için yöntemin boyutlarının da güncel olması ve müşterinin kalite beklentilerinin her yönüyle ele alınması gerekmektedir. Bu nedenle değerlendirilecek sistemlerin farkı ve dijitalleşme çağının her alanda kalite beklentilerini dönüştürdüğü günümüz dünyasında SERVQUAL modelinin boyutlarının genişletilmesi gerekmektedir. Ayrıca 2020 yılının ilk yarısından itibaren devam eden pandemi, tüm sektörlerde olduğu gibi taşımacılıkta da ciddi değişim ve dönüşümlere yol açmıştır. Müşteri hizmet kalitesi açısından değişen bu durumları uygun bir araçla ölçmek çok önemlidir.

Literatürdeki birçok çalışma, hizmet kalitesini farklı sistemlerde değerlendirmek için SERVQUAL modelini genişleterek kullanmaktadır. Pakdil & Aydin (2007) beş ana

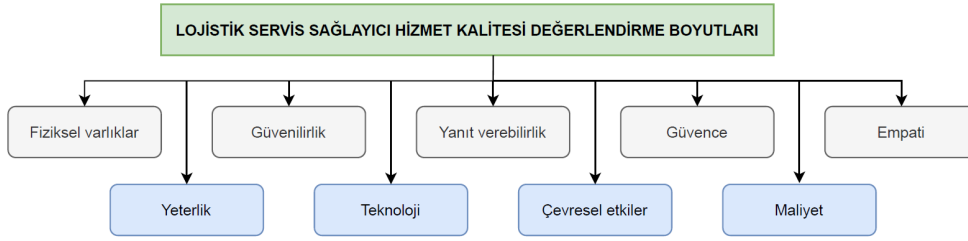
SERVQUAL boyutuna ek olarak uçuş düzeni, erişilebilirlik ve görüntü boyutlarını da dahil ederek Türk havayolları için bir hizmet kalitesi değerlendirmesi yapmıştır. Ağırlıklı faktör analizine dayalı bu çalışmada en önemli boyut olarak yanıt verebilirlik, en az önemli boyut olarak ise erişilebilirlik bulunmuştur. Aagja ve Garg (2010) çalışmalarında kamu hastanelerinin algılanan hizmet kalitesini ölçmek için SERVQUAL modelinin PubHosQual (kamu hastanesi hizmet kalitesi) adlı genişletilmiş bir versiyonunu kullanmışlardır. Kang vd. (2016) e-ticaret sitelerinin elektronik hizmet kalitesinin ölçümü için E-S-QUAL (SERVQUAL'in genişletilmiş versiyonu) modelini önermiştir. Farooq vd. (2018) geliştirdikleri AIRQUAL modelini kullanarak, Malezya Havayolları için hizmet kalitesi boyutlarının müşteri memnuniyeti üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Baber (2019) E-SERVQUAL adlı değiştirilmiş bir model kullanarak bankaların performansını değerlendirmek için mevcut ilişkinin ve potansiyel iş yapmanın müşteri algısı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Suria vd. (2019) SERVQUAL modelinin bir uzantısı olarak önerilen TRANSQUAL modeli ile otobüs kullanıcılarının algı ve beklentilerine dayalı olarak mevcut toplu taşıma sistemlerinin bir otobüs performans indeksi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Asiamah vd. (2021) ilgili hastane hijyeni ve sanitasyon göstergelerini de içeren HEALTHQUAL modelini (Uyarlanmış SERVQUAL) kullanarak hastanelerin hizmet kalitesini değerlendirmişlerdir. Tumsecali vd. (2021) COVID-19 pandemisinin toplu taşıma üzerindeki etkilerini gözetirken aynı zamanda çevresel duyarlılık ve teknolojik gelişmeleri de dikkate alan SERVQUAL temelli kapsamlı bir hizmet kalitesi değerlendirme modeli sunmuşlardır. P-SERVQUAL 4.0 olarak adlandırılan bu model ile İstanbul'daki toplu taşıma alternatifleri değerlendirilmiştir.

İlgili literatür incelendiğinde, SERVQUAL modeli ile çok farklı alanlarda çalışmalar mevcuttur. Model kimi zaman genişletilerek farklı alanlara uyarlanmıştır. Yaygın olarak farklı alanlarda kullanılmasına rağmen, geleneksel beş boyutlu SERVQUAL modeli, teknolojik gelişmeler, taşımacılıkta dijitalleşme, çevresel etkiler ve pandemi gibi güncel boyutları ölçmek için uygun değildir. Müşteri hizmet kalitesi açısından değişen bu durumları uygun bir araçla ölçmek çok önemlidir. Bu nedenle bu ihtiyaçları karşılamak ve SERVQUAL modelini mevcut ihtiyaçlara uyarlamak için farklı boyutlar eklenerek modelin genişletilmesi gereklidir. Bu çalışmada dört farklı boyut eklenerek kargo hizmet kalitesinin daha geniş kapsamlı değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda SERVQUAL modeli, "Yeterlik", "Teknoloji", "Çevresel Etkiler" ve "Maliyet" boyutları eklenerek genişletilmiş ve dokuz ana boyuttan oluşan lojistik servis sağlayıcısı hizmet değerlendirme modeli önerilmiştir. Bu çalışmayla önerilen hizmet kalite boyutlarının kısa açıklamaları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Önerilen SERVQUAL boyutları

Boyut	Kısa açıklama
Yeterlik	Müşteri ihtiyaçlarını karşılama yeteneği
Teknoloji	Firma bünyesinde kullanılan teknolojik altyapı (website, kargo takibi..)
Çevresel etkiler	Firmanın çevresel etkileri dikkate alması
Maliyet	Müşterinin hizmet almak için katlandığı maliyetlerin tamamı

Yeni boyutların belirlenmesinin ardından Şekil 1’de verilen ve dokuz boyuttan oluşan lojistik servis sağlayıcısı hizmet kalitesi değerlendirme modeli önerilmiştir.



Şekil 1. Hizmet kalitesi değerlendirme boyutları

### 3. Best-Worst Yöntemi

Araştırmacılar, yıllar içinde karar verme problemleri ve bu problemlerin uzantıları üzerinde çalışmışlardır. Farklı uygulama alanları olan karar verme problemleri, optimizasyon, ÇKKV gibi farklı karar destek modelleri geliştirilerek çözülebilir. Bu problemler hem nicel hem de nitel faktörleri içerebilir. Genellikle birden fazla kriter içeren karar verme problemleri ÇKKV problemi olarak adlandırılır. Literatürde en sık kullanılan ÇKKV yöntemleri üç başlıkta sınıflandırılabilir: puanlama, sıralama ve ikili karşılaştırma (Ayyıldız & Taskin Gumus, 2021). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP), Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (DEMATEL) ikili karşılaştırmaya dayalı en çok kullanılan ÇKKV yöntemleridir (İlbarhar, Cebi, & Kahraman, 2019).

Kriterler veya alternatifler üzerinde yapılan ikili karşılaştırmalar, çok sayıda kriter/ alternatif üzerinde tutarlı kararlar verme becerisine sahip olmayabilecek için karar vericiler için bir zorluk teşkil eder (Liao, Mi, Yu, & Luo, 2019). Bu zorluğun üstesinden gelmek için Razei, yapılandırılmış ikili karşılaştırma şemasına dayalı Best-Worst yöntemini literatüre kazandırmıştır (Rezaei, 2015). Bu yöntem ile birlikte karar vericiler tüm kriterler arasında ikili kıyaslama yapmaya ihtiyaç duymaz, bunun yerine karar vericilerin sadece en iyi ve en kötü kriterleri diğer kriterlerle karşılaştırması yeterlidir (Mou, Xu, & Liao, 2016). Bu nedenle Best-Worst yönteminin AHP'ye göre daha az karmaşık ve karşılaştırma süresi vardır (Liao et al., 2019). Yöntem, hesaplama süresi ve algoritmanın sağlamlığı ile öne çıkmaktadır. Çoğu zaman Best-Worst yöntemi, AHP'den daha doğru ve güvenilir sonuçlar sağlar (Chen, Faibil, & Agyemang, 2020).

Bahsedilen avantajları nedeniyle Best-Worst yöntemi, literatürde hizmet kalitesi belirlemeye yönelik çalışmalarda kullanılan bir yöntemdir. Gupta (2018) SERVQUAL modelini temel aldığı çalışmasında, hava yolu taşımacılığında hizmet kalitesinin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu bağlamda hizmet kalitesi boyutlarının ağırlıklarını Best-Worst yöntemini kullanarak belirlemiştir. Rezaei, Kothadiya, Tavasszy, & Kroesen (2018) havayolu taşımacılığında kullanılan bagaj taşıma sistemi için algılanan hizmet kalitesini değerlendirmek için SERVQUAL modelini kullanmıştır. Modelde yer alan boyutların ağırlıklarını hesaplamak için Best-Worst yönteminden yararlanılmıştır. Maghsoodi, Saghaei, & Hafezalkotob (2019) kültür merkezlerinin hizmet kalitesini

değerlendirmek için genişletilmiş bir hizmet kalitesi değerlendirme modeli sunmuşlardır. Önerdikleri modelde, hizmet kalitesi boyutlarının önem dereceleri Best-Worst yöntemi ile belirlenmiştir. Nie, Tian, Kwai Sang, & Wang (2020) sağlık hizmet kalitesini artırmak için hasta beklentilerini önceliklendirmek için Best-Worst yöntemini kullanmışlardır. Fei, Lu, & Feng (2020) belirsiz ortamda hastane hizmet kalitesini değerlendirmek için, güçlü belirsiz ifade ve akıl yürütme yeteneğine sahip olan inanç işlevi teorisini kullanarak geleneksel Best-Worst yöntemini genişletmişlerdir. Moslem, Alkharabsheh, Ismael, & Duleba (2020) toplu taşıma sistemlerinin en önemli hizmet kalitesi kriterlerini Best-Worst yöntemi ile birlikte AHP yöntemini kullanarak belirlemişlerdir. Sivakumar, Almehdawe, & Kabir (2022) pandemiden en çok etkilenen sağlık sektöründe hizmette iyileştirme sağlamak için gerekli faktörlerin önem düzeylerini belirlerken Best-Worst yönteminden yararlanmışlardır. Yalcin Kavus, Gulum Tas, Ayyıldız, & Taskin (2022) pandemi sırası ve sonrasında havayolları hizmet kalitesini değerlendirmek için SERVQUAL modelini yeni boyutlar ekleyerek güncellemişlerdir. Çalışmada ana boyutların ağırlıklarının belirlenmesinde Best-Worst yöntemi kullanılmıştır. Yapılan literatür çalışmasından da görülebileceği üzere Best-Worst yöntemi farklı alanlarda hizmet kalitesi ölçümünde başarıyla kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, yöntem SERVQUAL modeli ile birlikte genişletilerek lojistik servis sağlayıcı firmaların hizmet kalitesinin belirlenmesinde öneme sahip olan boyutların önceliklendirilmesinde kullanılmıştır. Best-Worst yöntemin adımları aşağıdaki gibidir (Kheybari, Kazemi, & Rezaei, 2019).

**Adım 1.** Değerlendirilecek kriterler belirlenir ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ )..  $n$  kriter sayısını göstermektedir.

**Adım 2.** En önemli (best) ve en önemsiz (worst) kriterler belirlenir.

**Adım 3.** En önemli olarak belirlenen kriter ile diğer kriterler arasında ikili kıyaslamalar yapılır. Karşılaştırma yapılırken 1 ile 9 arasında bir değer verilir, 1 karşılaştırılan kriterlerin eşit öneme sahip olduğunu ifade ederken, 9 bir kriterin diğerine göre kesinlikle önemli olduğu anlamına gelir. Böylece en önemli kriterin diğer kriterlerle ikili kıyaslamalarından oluşan Best-to-Others vektörü  $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$  oluşturulur.  $a_{Bj}$  en önemli kriterin, kriter  $j$ 'ye göre önem derecesini gösterir. Ayrıca burada  $a_{BB}$  değeri 1 olmalıdır.

**Adım 4.** En önemsiz olarak belirlenen kriter ile diğer kriterler arasında ikili kıyaslamalar yapılır. Böylece en önemsiz kriterin diğer kriterlerle ikili kıyaslamalarından oluşan Worst-to-Others vektörü  $A_w = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$  oluşturulur.  $a_{jW}$  kriter  $j$ 'nin en önemsiz kritere göre önem derecesini gösterir. Ayrıca burada  $a_{wW}$  değeri 1 olmalıdır.

**Adım 5.** Kriterlerin ağırlıkları ( $w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$ ) belirlenir.  $\frac{w_B}{w_j}$  ve  $\frac{w_j}{w_w}$  ikili kıyaslama değerleri Adım 3 ve Adım 4'te belirlenmiştir. Bu adımda amaç,  $\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|$  ve  $\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jW} \right|$  ifadelerini tüm  $j$  değerleri için maksimize edecek optimal kriter ağırlıklarının belirlenmesidir. Negatif olmama (Eşitlik 2) ve ağırlık toplamına ilişkin (Eşitlik 3) kısıtlar eklenerek matematiksel model çözülür.

amaç fonksiyonu

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \right\} \quad (1)$$

kısıtlar

$$w_j \geq 0, \text{ her } j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (3)$$

Bu matematiksel model aşağıdaki gibi özetlenebilir.

amaç fonksiyonu

$\min \zeta$

kısıtlar

(4)

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \zeta, \text{ her } j \quad (5)$$

$$\left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \leq \zeta, \text{ her } j \quad (6)$$

Eşitlik 2 ve 3.

Matematiksel model çözümlenerek kriter ağırlıkları ve  $\zeta$  değeri optimize edilir.  $\zeta$  değeri önerilen modelin tutarlılığını gösterir. Değer arttıkça karşılaştırmaların daha az güvenilir olduğu ve tutarlılığının zayıf olduğu, değer azaldıkça karşılaştırmaların tutarlılığının ve güvenilirliğinin yüksek olduğu söylenebilir.

## Uygulama

Her bir hizmet kalitesi boyutunun önem derecesini belirlemek için deneyimlerine dayalı bir uzman grubu oluşturulmuştur. Şirket yöneticileri, akademisyenler ve lojistik firmalarının yöneticileri, boyutları farklı açılardan değerlendirmek için uzman grubuna dahil edilmiştir. Farklı uzmanlık alanlarından toplam beş uzmanın fikri alınmıştır. Tedarik zinciri ve taşımacılık konularında çalışan iki akademisyen, farklı lojistik servis sağlayıcı şirketlerden iki yönetici ve ulaştırma sektöründen bir uzmana danışılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Uzman-1, bir devlet üniversitesinin Endüstri Mühendisliği bölümünde akademisyen olarak çalışmakta olup doçent unvanına sahiptir. Doktora tezi ve sonrasında üçüncü parti lojistik servis sağlayıcılarına yönelik akademik çalışmalar yapmaktadır. Uzman-2 doktora tezinde hizmet kalitesi değerlendirme üzerine çalışmalar yapan ve bir özel üniversitede araştırma görevlisi pozisyonunda çalışan bir akademisyendir. Uzman-3, altı yıllık yönetici pozisyonunda olmak üzere on beş yıl deneyime sahiptir. Çalıştığı lojistik servis sağlayıcı firmasında halka ilişkiler biriminde çalışmaktadır. Uzman-4, dört yıldır çalıştığı lojistik servis sağlayıcı firmasında ürünlerin dağıtımının planlanmasından sorumludur. Uzman-5 ise belediye bünyesinde ulaşım daire başkanlığında çalışmaktadır. İşi gereği şehirdeki lojistik servis sağlayıcı firmalarla koordineli olarak çalışır. Lojistik servis sağlayıcıların hizmet kalite boyutlarının önceliklendirilmesine yönelik fikirlerini almak için uzmanlarla yüz yüze görüşmeler yapılmıştır.

Best-Worst yönteminin ilk adımında, her uzmandan ilk olarak Şekil 1’de verilen boyutlar arasından en önemli (best) ve en önemsiz (worst) kriterleri belirlemeleri istenir. Devamında ikili kıyaslamalar yapılarak Best-to-Others ve Others-to-Worst vektörleri oluşturulmuştur. Örnek olarak Uzman-1’e göre ağırlıklandırma yapmak için aşağıdaki matematiksel model oluşturulmuştur. İlk olarak Uzman-1 en önemli (best) boyutu “Yanıt verebilirlik” olarak belirlemiştir. En önemli boyutun diğer boyutlarla ikili kıyaslamalarından oluşan  $A_B=(a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$  matrisi oluşturulmuştur. Devamında en önemsiz (worst) boyutu “Fiziksel varlıklar” olarak belirlemiştir ve “Fiziksel varlıklar” boyutu diğer boyutlarla kıyaslanarak  $A_w=(a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$  matrisi oluşturulmuştur.

amaç fonksiyonu

min  $\zeta$

kısıtlar

$$\left| \frac{w_3}{w_1} - 9 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_3}{w_2} - 1 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_3}{w_4} - 2 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_3}{w_5} - 3 \right| \leq \zeta$$

$$\left| \frac{w_3}{w_6} - 3 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_3}{w_7} - 4 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_3}{w_8} - 9 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_3}{w_9} - 6 \right| \leq \zeta$$

$$\left| \frac{w_2}{w_1} - 9 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_3}{w_1} - 9 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_4}{w_1} - 8 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_5}{w_1} - 8 \right| \leq \zeta$$

$$\left| \frac{w_6}{w_1} - 7 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_7}{w_1} - 8 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_8}{w_1} - 3 \right| \leq \zeta, \left| \frac{w_9}{w_1} - 7 \right| \leq \zeta$$

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 + w_7 + w_8 + w_9 = 1$$

$$w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8, w_9 \geq 0$$

Hazırlanan matematiksel modeller IBM ILOG Cplex OPL Optimization Studio 12.8 programı kullanılarak çözülmüştür. Öte yandan örnek olarak Uzman-1 için tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Önerilen modelin tutarlılığını kabull etmek için tutarlılık oranı Eşitlik 7 kullanılarak hesaplanır (Moslem, Campisi, et al., 2020).

$$Tutarlılık\ oranı = \frac{\zeta}{Tutarlılık\ indeksi} \quad (7)$$

Tutarlılık indeksinin değeri Tablo 3’e göre belirlenir (Omranı, Alizadeh, & Amini, 2020; Rezaei, 2015). Tutarlılık oranı 1’den küçük ise matris kabul edilebilir olarak değerlendirilir (Moslem, Campisi, et al., 2020).

**Tablo 3.** Farklı kriter sayıları için tutarlılık indeks değerleri

Kriter Sayısı	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tutarlılık indeksi	0,00	0,44	1,00	1,63	2,3	3,00	3,73	4,47	5,23

Örneğin Uzman-1 için  $\zeta$  değeri 0,073 olarak belirlenmiştir. Böylece Uzman-1'in tutarlılık oranı Eşitlik 7 yardımıyla  $0,073/5,23=0,014$  olarak hesaplanmıştır. Yani Uzman-1'in değerlendirmelerinin tutarlı olduğu söylenebilir.

Daha sonra boyutları ağırlıklandırmak için beş uzmana göre Best-Worst yönteminin prosedürü uygulanmıştır. Uzmanların yaptığı değerlendirmeler Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Uzman değerlendirmeleri

Uzman	Best	Worst	$A_B$	$A^T_W$
1	Yanıt verebilirlik	Fiziksel varlıklar	(9,1,1,2,3,3,4,9,6)	(1,9,9,8,8,7,8,3,7)
2	Yeterlik	Çevresel etkiler	(5,4,5,4,3,1,4,5,3)	(4,5,5,6,2,6,4,1,6)
3	Yanıt verebilirlik	Çevresel etkiler	(7,5,1,2,4,3,6,9,8)	(2,2,9,9,9,9,7,1,8)
4	Güvenilirlik	Çevresel etkiler	(7,1,4,4,3,2,9,9,1)	(2,9,3,5,3,5,1,1,9)
5	Yanıt verebilirlik	Fiziksel varlıklar	(5,2,1,4,4,2,3,4,3)	(1,5,6,3,2,5,4,2,3)

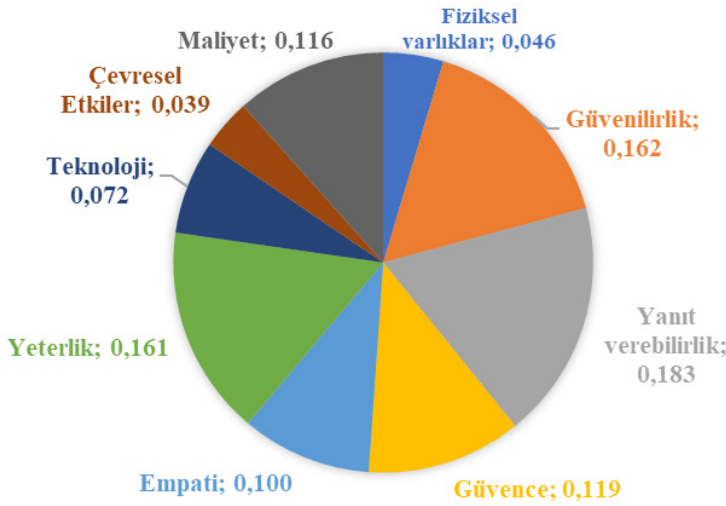
Beş farklı uzman görüşüne başvuru bu çalışmada, üç uzman “Yanıt verebilirlik” boyutunu en önemli boyut olarak belirlerken, birer uzman ise “Yeterlik” ve “Güvenilirlik” boyutlarını en önemli hizmet kalitesi boyutu olarak belirlemiştir. “Çevresel etkiler” ise üç farklı uzman tarafından en önemsiz boyut olarak belirlenmiştir. Son olarak iki uzman “Fiziksel varlıklar” boyutunu en önemsiz boyut olarak ifade etmişlerdir.

Her bir uzman ile yapılan görüşmeler neticesinde elde edilen ikili karşılaştırmalara Adım 5'te verilen matematiksel model uygulanmış ve Tablo 5'te verilen ağırlıklar elde edilmiştir. Tablo 5'te ayrıca her bir uzman için  $\zeta$  değerleri ve tutarlılık oranları verilmiştir.

**Tablo 5.** Hizmet kalitesi boyutlarının ağırlıkları

Boyut	Uzman-1	Uzman-2	Uzman-3	Uzman-4	Uzman-5
Fiziksel varlıklar	0,018	0,076	0,057	0,042	0,038
Güvenilirlik	0,232	0,095	0,080	0,253	0,149
Yanıt verebilirlik	0,232	0,076	0,291	0,074	0,244
Güvence	0,153	0,095	0,201	0,074	0,074
Empati	0,102	0,127	0,100	0,099	0,074
Yeterlik	0,102	0,274	0,134	0,148	0,149
Teknoloji	0,076	0,095	0,067	0,023	0,099
Çevresel etkiler	0,034	0,034	0,020	0,033	0,074
Maliyet	0,051	0,127	0,050	0,253	0,099
$\zeta$	0,073	0,106	0,110	0,043	0,053
Tutarlılık oranı	0,014	0,020	0,021	0,008	0,010

Tablo 5'te verilen tüm tutarlılık oranları 1'den küçüktür. Bu yüzden uzman değerlendirmelerinin tutarlı olduğu söylenebilir. Tüm uzmanların tutarlı olduğu belirlendikten sonra, hizmet kalite boyutlarının nihai ağırlıklarını bulmak için aritmetik ortalamaları alınmıştır ve böylece dokuz farklı hizmet kalitesi hizmet boyutu olan olan “Fiziksel varlıklar”, “Güvenilirlik”, “Yanıt verebilirlik”, “Güvence”, “Empati”, “Yeterlik”, “Teknoloji”, “Çevresel etkiler” ve “Maliyet” boyutlarının önem dereceleri Şekil 2'de verildiği gibi hesaplanmıştır.



Şekil 2. Hizmet kalitesi boyut ağırlıkları

Lojistik servis sağlayıcılarının hizmet kalitesinin belirlenmesinde en önemli boyut olarak “Yanıt verebilirlik” 0,183 önem derecesi ile belirlenmiştir. “Güvenilirlik” ve “Yeterlik” ise birbirlerine oldukça yakın önem derecesine sahip bir şekilde, ikinci ve üçüncü en önemli boyutlar olarak belirlenmiştir. En az öneme sahip boyutlar ise “Fiziksel varlıklar” ve “Çevresel etkiler” olarak belirlenmiştir. Özellikle pandemi sürecinde artan taleplere lojistik servis sağlayıcılarının verebildiği yanıtların sıklıkla tartışıldığı ve insanların şirketlerden beklentilerinin her geçen gün arttığı dikkate alınırsa, karar sürecindeki en önemli servis kalite boyutunun Yanıt verebilirlik olarak bulunması oldukça mantıklıdır. Aynı şekilde lojistik servis sağlayıcı şirketlerin vaat ettikleri hizmetleri gerçekleştirme aşamasında zorlandığı günümüz dünyasında bu şirketlere duyulan güvenin hizmet kalitesinin belirlenmesinde oldukça etkin olduğu söylenebilir. Hizmet kalitesi ağırlıkları için elde edilen sonuçlar karar vericilerle tartışıldığında, elde edilen sonuçların değerlendirme niteliklerinin önem sıralaması için kabul edilebilir olduğunu belirtmektedirler. Özetle bu çalışma sonucunda dikkate alınan dokuz hizmet kalitesi boyutu Yanıt verebilirlik > Güvenilirlik > Yeterlik > Güvence > Maliyet > Empati > Teknoloji > Fiziksel varlıklar > Çevresel etkiler şeklinde sıralanmaktadır.

## Tartışma

Lojistik servis sağlayıcılar özellikle küreselleşme ve gelişen ulaşım ağları ile hemen hemen her sektör için vazgeçilmez bir unsurdur. Lojistik sektörü, yıllar içinde değişen kalite anlayışı ve pazarlama ile yoğun bilgi ve deneyime sahip bir sektör haline gelmiştir. Son müşteriye sağlanan hizmet kalitesi müşteri firma arası ilişkilerin dinç tutulmasında oldukça önemlidir. Ayrıca markalaşma, sunulan hizmetlerin çeşitliği ve müşteri odaklı stratejiler geliştirilmesi hizmet kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle hizmet kalitesinin belirlenmesi lojistik servis sağlayıcı firmalar için stratejik bir karar alma ve yapılması gereken bir süreç haline gelmiştir. Bu nedenle, önerilen yaklaşım, servis kalitesinin belirlenmesinde, lojistik servis sağlayıcılara uygulanmıştır.



SERVQUAL modelinin sektör ihtiyaçları ve günümüz koşulları dikkate alınarak geliştirilmesiyle ele alınan dokuz hizmet kalitesi boyutu içerisinde, en önemli boyut 0,183 ile “Yanıt verebilirlik” olarak belirlenmiştir. Bu da müşterilerin sürekli değişen ve artan ihtiyaçlarına firmaların marka algısını güçlendirmek adına efektif bir şekilde karşılık vermesi gerektiğini göstermektedir. Müşterilerin daha uzun süre beklemede daha az sabır gösterebilecekleri için mümkün olan en kısa sürede taleplerinin karşılanması önemlidir. Ek olarak, bir hizmetten ilk kez yararlanan müşteriler kendilerini çaresiz hissedebilir ve işlemin nasıl ilerlediği konusunda daha az fikre sahip olabilir; bu nedenle, çalışanların gayretli yardımı gereklidir. İkinci en önemli boyut ise 0,162 ile “Güvenilirlik” olarak belirlendi. Müşteriler, lojistik servis sağlayıcıların sunduğu hizmetler hakkında yetkin ve bilgili olduklarında hizmetlerin tatmin edici bir şekilde sunulduğuna inanırlar. Güvenilirlik, çalışanların sorulan tüm sorulara yanıt verme ve müşterilerin karşılaştığı zorluklara çözüm sağlama becerisiyle de ilgili olabilir. Müşteriler, çalışanlara güvenebileceklerini anladıklarında, buna bağlı olarak firmanın genel güvenilirliği artar. Güvenilirliğin yanında, kayıtların doğruluğuna öncelik verilir. Müşteriler, sunulan hizmetlerin belirli ayrıntılardan oluştuğuna inanırlar, bu nedenle kesinlik ve doğruluğa olan hassasiyet her zaman desteklenmelidir.

### Karşılaştırmalı Analiz

Mevcut çalışmanın sonuçlarını güçlendirmek için karşılaştırmalı bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla, SWARA (Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi karşılaştırma yapmak amacıyla kullanılmıştır. SWARA, kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve önem sırasına göre sıralanmasında kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir. SWARA, Keršulienė, Zavadskas, & Turskis (2010) tarafından uzman odaklı bir öznel karar verme yöntemi olarak literatüre kazandırılmıştır. Yöntem, karar vericilere mevcut koşulları dikkate alarak kendi önceliklerini seçme fırsatı verir. SWARA’da karar vericiler, tüm kriterleri en önemli olandan en aza doğru sıralar ve önemsiz kriterleri karar sürecinden çıkarır. Bir sonraki aşamada, kalan kriterler önemliden önemsiz doğru sıralanır ve en önemli kritere “1,00” değeri atanır. Daha sonra bu en önemli kritere dayalı olarak kalan kriterlerin önemi 0,05 puan aralığında belirlenir. Örneğin, ikinci kriter en önemli kriterden %5 daha az önemli ise ikinci kritere 0,95 atanır (Ayyıldız, Yıldız, Taskin Gumus, & Ozkan, 2021). Tüm kriterler birinci (en önemli) kritere göre değerlendirildiği için ağırlığın göreceli önemi elde edilir. Yöntemin adımları aşağıdaki gibidir.

**Adım 1.** Kriterler önem derecelerine göre azalan düzenle sıralanır.

**Adım 2.** İkinci kriterden başlayarak her bir kriter (j) için göreceli önem seviyeleri belirlenir. Bunun için (j) kriteri bir önceki kriter (j-1) ile karşılaştırılır. Bu orana “ortalama değer karşılaştırmalı önemi” denir ve  $S_j$  ile gösterilir.

**Adım 3.** Her bir kriter için katsayı  $k_j$  belirlenir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ S_j + 1 & j \neq 1 \end{cases} \quad (8)$$

**Adım 4.** Her bir kriter için yeni önem seviyeleri belirlenir.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j \neq 1 \end{cases} \quad (9)$$

**Adım 4.** Kriter ağırlıkları yeni önem seviyeleri normalize edilerek belirlenir.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^m q_j} \quad (10)$$

Hizmet kalitesi boyutlarının her birinin önemini belirlemek için SWARA yöntemi uygulanır. Uzman-1 için SWARA yönteminin uygulama adımları ile hizmet kalitesi boyutlarının ağırlıkları Tablo 6’de verilmiştir.

**Tablo 6.** Uzman-1 için SWARA hesaplama adımları ve hizmet kalitesi boyutları ağırlıkları

Uzman-1		$k_j$	$q_j$	$w_j$
Yanıt verebilirlik	1,00	1,00	1,00	0,152
Güvenilirlik	0,05	1,05	0,95	0,144
Güvence	0,10	1,10	0,87	0,131
Yeterlik	0,10	1,10	0,79	0,119
Empati	0,05	1,05	0,75	0,114
Teknoloji	0,10	1,10	0,68	0,103
Maliyet	0,15	1,15	0,59	0,090
Çevresel etkiler	0,20	1,20	0,49	0,075
Fiziksel varlıklar	0,05	1,05	0,47	0,071

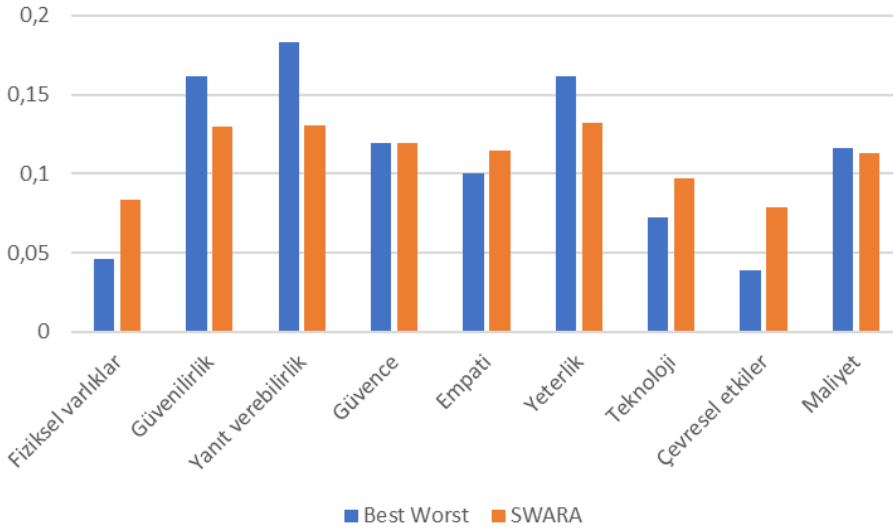
Daha sonra tüm uzmanlar için SWARA yöntemi uygulanmış ve Tablo 7’de verilen hizmet kalitesi boyutları ağırlıkları elde edilmiştir. Hizmet kalite boyutlarının nihai ağırlıklarını bulmak için aritmetik ortalamaları alınmıştır.

**Tablo 7.** SWARA yöntemiyle belirlenen hizmet kalitesi boyutları ağırlıkları

Boyut	Uzman-1	Uzman-2	Uzman-3	Uzman-4	Uzman-5	Nihai Ağırlık
Fiziksel varlıklar	0,071	0,089	0,089	0,087	0,082	0,084
Güvenilirlik	0,144	0,108	0,108	0,154	0,133	0,130
Yanıt verebilirlik	0,152	0,094	0,158	0,105	0,147	0,131
Güvence	0,131	0,114	0,144	0,110	0,100	0,120
Empati	0,114	0,125	0,119	0,121	0,095	0,115
Yeterlik	0,119	0,151	0,130	0,133	0,127	0,132
Teknoloji	0,103	0,103	0,098	0,073	0,110	0,097
Çevresel etkiler	0,075	0,085	0,074	0,069	0,091	0,079
Maliyet	0,090	0,131	0,081	0,147	0,115	0,113

Şekil 3’te çalışmada kullanılan Best-Worst yöntemi ile belirlenen hizmet kalitesi boyutları ağırlıkları ve SWARA yöntemi ile elde edilen hizmet kalitesi boyutları ağırlıkları grafikleştirilmiştir.

Şekil 3’ten de görülebileceği üzere “Güvenilirlik”, “Yanıt verebilirlik” ve “Yeterlik” her iki yöntemde de en önemli üç hizmet kalitesi boyutu olarak belirlenmiştir. Ayrıca en düşük öneme sahip üç hizmet kalitesi boyutu sırasıyla “Çevresel etkiler”, “Fiziksel varlıklar”, ve “Teknoloji” olarak belirlenmiştir. Bu nedenle Best-Worst yöntemi ile elde edilen sonuçların gerçekçi olduğu söylenebilir.



Şekil 3. Karşılaştırmalı analiz sonuçları

### Sonuç

COVID-19'un tüm dünyayı etkisi altına almasıyla birlikte, insanların sosyal mesafe kuralları nedeniyle evde kalmasından dolayı lojistik servis sağlayıcılarına olan talep artmış ve birçok ülkede bu şirketle kapasitelerinin üzerinde hizmet vermeye çalışmaktadır. Personellerin artan iş yükü, yetersiz ekipman, sosyal mesafe ve karantina gibi zorlayıcı uygulamaların eklenmesiyle beraber, lojistik servis sağlayıcı şirketlerin hizmet kalitesinin ve performansının düştüğü gözlemlenmiştir. Bu gibi nedenlerde dolayı, şirketler, özellikle COVID-19 pandemisi sırası ve sonrasında oluşacak yeni koşullar ve zorluklar altında hizmet kalitesini korumaya çalışmalıdır. Bu noktada atılması gereken adımlardan ilki, lojistik servis sağlayıcı şirketlerin hizmet kalitesini etkileyen boyutlarının belirlenmesi olacaktır.

Bu çalışmada, lojistik servis sağlayıcı şirketlerin hizmet performans ölçümüne odaklanılarak bu süreçte hangi boyutların dikkate alınması gerektiği araştırılmıştır. Değerlendirme boyutlarını belirli başlıklar altında toplamak ve karar hiyerarşisi oluşturmak için SERVQUAL modeli uygulanmıştır. Bu çalışmada, mevcut değişikliklere ve müşteri beklentilerine uyum sağlamak ve lojistik servis sağlayıcı şirketlerin hizmet kalitesine yönelik bir değerlendirme çerçevesi sağlamak amacıyla en yaygın kullanılan hizmet kalitesi metodolojilerinden biri olan SERVQUAL modeli beş ana boyuttan dokuz ana boyuta genişletilmiştir. Bu çalışmada, lojistik servis sağlayıcı şirketlerin hizmet kalitesi, günümüz dünyasının sorunları ve dijital teknolojik rekabet ortamı göz ardı edilmeden SERVQUAL modeli ile değerlendirilmektedir. Önerilen yeni dokuz boyutu önceliklendirmek için problem ÇKKV problemi olarak ele alınmış ve her bir hizmet kalitesinin ağırlıklarını belirlemek için Best-Worst yöntemi uygulanmıştır. ÇKKV yaklaşımı, birbiriyle çelişen birçok kriterin değerlendirilmesinde en etkin şekilde kullanılmak üzere benimsenmiştir. Değerlendirilen boyutlar arasında en yüksek ağırlığa sahip boyut "Yanıt verebilirlik", en az önemli boyut ise "Çevresel etkiler" olarak hesaplanmıştır. Boyutların ağırlıklandırılmasında beş kişiden oluşan bir uzman grubuna danışılmıştır.

Sonuçlar, lojistik servis sağlayıcı şirketlerinin aynı anda birçok noktaya odaklanması gerektiğini ve her önemli hizmet kalitesi boyutuna yönelik beklentilerin karşılanması gerektiğini göstermektedir. Şirketlerinin daha iyi hizmet kalitesi için “Yanıt verebilirlik” boyutunda iyileştirmeler yapması gerekmektedir. Daha esnek, çevik yaklaşımlarla müşteri beklentileri hızlı ve istenilen şekilde karşılanmalıdır. Bu, şirketin kalite algısını doğrudan etkileyecektir.

Çalışmanın literatüre katkılarının yanında bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. İlk olarak, servis kalitesini belirlemek üzere değerlendirilen SERVQUAL temelli ana boyut sayısı dokuz ile sınırlıdır. Bu ana boyutların sayısı artırılabilir, ya da ana boyutların altında bazı alt tanımlanarak servis kalitesi değerlendirme boyutları daha spesifik hale getirilebilir. Ana boyut sayısının sınırlı tutulmasının temel nedenlerinden biri Best-Worst yönteminde ikili karşılaştırma sürecinde tutarsız değerlendirmelerin artmasını engellemektir. Bir diğer sınırlılık, yöntem uygulanırken görüşlerine başvuru alan beş uzmana deneyim katsayısı verilmemesi ve doğrudan hepsinin eşit derecede önemli olarak alınmasıdır. Gelecek çalışmalarda, grup karar verme yöntemlerine başvurularak bu sınırlılık aşılabılır. Üçüncü sınırlama, firmaların bilgilerini paylaşmaya sıcak bakmamasıdır. Bu çalışmada önerilen metodoloji temel alınarak, gelecek çalışmalarda firmaların servis kalite düzeyleri kıyaslanabilir.

Küresel ölçekte her konuda olduğu gibi pandemi kriz yönetiminde de şirketlerin iş birliği ve deneyim paylaşımı büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda dünyanın farklı yerlerinde lojistik servis sağlayıcıların hizmet kalitesini artırmaya yönelik yürütülen çalışmalar, başkalarına yol gösterici olması açısından oldukça önemlidir. Dolayısıyla Türkiye’deki şirketlere hizmet kalitesi noktasında yol göstermesi için yapılan bu çalışma diğer ülkeler için de geçerli olabilir. Bu çalışmada önerilen hizmet kalitesi boyutlarına eklemeler yapılarak, ya da alt boyutlar tanımlanarak çalışma genişletilebilir. Ayrıca farklı lojistik servis sağlayıcı firmalar önerilen hizmet kalitesi boyutları kullanılarak kıyaslanabilir. Önerilen metodoloji, farklı sektörlerden kurumların hizmetlerin kalitesini değerlendirmek için kullanılabilir. Bu çalışma, daha fazla ve farklı mesleklerden uzmanlarla görüşülerek veya hizmetlerden yararlanan müşterilerle anket yapılarak genişletilebilir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

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

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

## Kaynakça

Aagja, J. P., & Garg, R. (2010). Measuring perceived service quality for public hospitals (PubHosQual) in the Indian context. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 4(1), 60–83. <https://doi.org/10.1108/17506121011036033>

- Aktas, E., & Ulengin, F. (2005). Outsourcing logistics activities in Turkey. *Journal of Enterprise Information Management*, 18(3), 316–329. <https://doi.org/10.1108/17410390510591996>
- Asiamah, N., Frimpong Opuni, F., Aggrey, M., & Adu-Gyamfi, K. (2021). ADAPTED SERVQUAL: A Health Service Quality Scale Incorporating Indicators of Sanitation and Hygiene. *Quality Management in Health Care*. <https://doi.org/10.1097/QMH.0000000000000269>
- Awasthi, A., Chauhan, S. S., Omrani, H., & Panahi, A. (2011). A hybrid approach based on SERVQUAL and fuzzy TOPSIS for evaluating transportation service quality. *Computers and Industrial Engineering*, 61(3), 637–646. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.04.019>
- Ayyıldız, E., & Taskin Gumus, A. (2021). Interval-valued Pythagorean fuzzy AHP method-based supply chain performance evaluation by a new extension of SCOR model: SCOR 4.0. *Complex & Intelligent Systems*, 7(1), 559–576. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00221-9>
- Ayyıldız, E., Yıldız, A., Taskin Gumus, A., & Ozkan, C. (2021). An Integrated Methodology Using Extended Swara and Dea for the Performance Analysis of Wastewater Treatment Plants: Turkey Case. *Environmental Management*, 67(3), 449–467. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01381-7>
- Baber, H. (2019). E-SERVQUAL and its impact on the performance of Islamic Banks in Malaysia from the customer's perspective. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 6(1), 169–175. <https://doi.org/10.13106/JAFEB.2019>
- Baki, B., Sahin Basfirinci, C., Murat ar, I., & Cilingir, Z. (2009). An application of integrating SERVQUAL and Kano's model into QFD for logistics services: A case study from Turkey. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 21(1), 106–126. <https://doi.org/10.1108/13555850910926272>
- Chen, D., Faibil, D., & Agyemang, M. (2020). Evaluating critical barriers and pathways to implementation of e-waste formalization management systems in Ghana: a hybrid BWM and fuzzy TOPSIS approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(35), 44561–44584. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10360-8>
- Del Castillo, J. M., & Benitez, F. G. (2012). A Methodology for Modeling and Identifying Users Satisfaction Issues in Public Transport Systems Based on Users Surveys. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 1104–1114. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.825>
- Farooq, M. S., Salam, M., Fayolle, A., Jaafar, N., & Ayupp, K. (2018). Impact of service quality on customer satisfaction in Malaysia airlines: A PLS-SEM approach. *Journal of Air Transport Management*, 67, 169–180. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2017.12.008>
- Fei, L., Lu, J., & Feng, Y. (2020). An extended best-worst multi-criteria decision-making method by belief functions and its applications in hospital service evaluation. *Computers and Industrial Engineering*, 142. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2020.106355>
- Gupta, H. (2018). Evaluating service quality of airline industry using hybrid best worst method and VIKOR. *Journal of Air Transport Management*, 68, 35–47. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.06.001>
- İlbahar, E., Cebi, S., & Kahraman, C. (2019, August 1). A state-of-the-art review on multi-attribute renewable energy decision making. *Energy Strategy Reviews*, Vol. 25, pp. 18–33. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.04.014>
- Johns, N. (1992). Quality Management in the Hospitality Industry: Part 1. Definition and Specification. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 4(3), 14–20. <https://doi.org/10.1108/09596119210014219>
- Kadlubek, M., & Grabara, J. (2015). Customers' expectations and experiences within chosen aspects of logistic customer service quality. *International Journal for Quality Research*, 9(2), 265–278.
- Kang, D., Jang, W., & Park, Y. (2016). Evaluation of e-commerce websites using fuzzy hierarchical TOPSIS based on E-S-QUAL. *Applied Soft Computing Journal*, 42, 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.01.017>
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., & 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).

- Kheybari, S., Kazemi, M., & Rezaei, J. (2019). Bioethanol facility location selection using best-worst method. *Applied Energy*, 242, 612–623. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.054>
- König, C., Caldwell, N. D., & Ghadge, A. (2019). Service provider boundaries in competitive markets: the case of the logistics industry. *International Journal of Production Research*, 57(18), 5624–5639. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1535203>
- Kyriakopoulos, G. (2011). The role of quality management for effective implementation of customer satisfaction, customer consultation and self-assessment, within service quality schemes: A review. *African Journal of Business Management*, 5(12), 4901–4915. <https://doi.org/10.5897/AJBM10.1584>
- Liao, H., Mi, X., Yu, Q., & Luo, L. (2019). Hospital performance evaluation by a hesitant fuzzy linguistic best worst method with inconsistency repairing. *Journal of Cleaner Production*, 232, 657–671. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.308>
- Limsomkiat, N., & Vanichchinchai, A. (2019). An analysis of logistics service quality and performance. *PervasiveHealth: Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, 53–56. <https://doi.org/10.1145/3364335.3364353>
- Maghsoodi, A. I., Saghaei, A., & Hafezalkotob, A. (2019). Service quality measurement model integrating an extended SERVQUAL model and a hybrid decision support system. *European Research on Management and Business Economics*, 25(3), 151–164. <https://doi.org/10.1016/J.IEDEEN.2019.04.004>
- Moslem, S., Alkharabsheh, A., Ismael, K., & Duleba, S. (2020). An Integrated Decision Support Model for Evaluating Public Transport Quality. *Applied Sciences*, 10(12), 4158. <https://doi.org/10.3390/app10124158>
- Moslem, S., Campisi, T., Szmelter-Jarosz, A., Duleba, S., Nahiduzzaman, K. M., & Tesoriere, G. (2020). Best-worst method for modelling mobility choice after COVID-19: Evidence from Italy. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17), 6824. <https://doi.org/10.3390/SU12176824>
- Mou, Q., Xu, Z., & Liao, H. (2016). An intuitionistic fuzzy multiplicative best-worst method for multi-criteria group decision making. *Information Sciences*, 374, 224–239. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.08.074>
- Mulat, G. W. (2017). The Effects of Service Quality on Customer Satisfaction: A Study among Private Banks in Mekelle Town. *European Journal of Business and Management Wwww.Iiste.Org ISSN*, 9(13), 72–79.
- Nie, R. xin, Tian, Z. peng, Kwai Sang, C., & Wang, J. qiang. (2020). Implementing healthcare service quality enhancement using a cloud-support QFD model integrated with TODIM method and linguistic distribution assessments. *Journal of the Operational Research Society*. <https://doi.org/10.1080/01605682.2020.1824554>
- Omrani, H., Alizadeh, A., & Amini, M. (2020). A new approach based on BWM and MULTIMOORA methods for calculating semi-human development index: An application for provinces of Iran. *Socio-Economic Planning Sciences*, 70, 100689. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.02.004>
- Pakdil, F., & Aydin, Ö. (2007). Expectations and perceptions in airline services: An analysis using weighted SERVQUAL scores. *Journal of Air Transport Management*, 13(4), 229–237. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2007.04.001>
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. *Journal of Marketing*, 49(4), 41. <https://doi.org/10.2307/1251430>
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, 64(1), 12–40.
- Pawitra, T. A., & Tan, K. C. (2001). Integrating Servqual and Kano's model into QFD for service excellence development. *Managing Service Quality: An International Journal*, 11(6), 418–430.
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega (United Kingdom)*, 53, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>
- Rezaei, J., Kothadiya, O., Tavasszy, L., & Kroesen, M. (2018). Quality assessment of airline baggage handling systems using SERVQUAL and BWM. *Tourism Management*, 66, 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.11.009>

- Sivakumar, G., Almehdawe, E., & Kabir, G. (2022). Developing a Decision-Making Framework to Improve Healthcare Service Quality during a Pandemic. *Applied System Innovation*, 5(1), 3. <https://doi.org/10.3390/ASI5010003>
- Stefano, N. M., Casarotto Filho, N., Barichello, R., & Sohn, A. P. (2015). A fuzzy SERVQUAL based method for evaluated of service quality in the hotel industry. *Procedia CIRP*, 30, 433–438. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.140>
- Suria, H., Ahmad, F. M., & Siti, N. S. (2019). Bus service indicator: The different sight of performance index development. *Journal of Physics: Conference Series*, 1349(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012049>
- Tumsekcali, E., Ayyıldız, E., & Taskin, A. (2021). Interval valued intuitionistic fuzzy AHP-WASPAS based public transportation service quality evaluation by a new extension of SERVQUAL Model: P-SERVQUAL 4.0. *Expert Systems with Applications*, 186, 115757. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2021.115757>
- Wetzel, P., & Hofmann, E. (2020). Toward a Multi-Sided Model of Service Quality for Logistics Service Providers. *Administrative Sciences 2020*, Vol. 10, Page 79, 10(4), 79. <https://doi.org/10.3390/ADMSCI10040079>
- Yalcin Kavus, B., Gulum Tas, P., Ayyıldız, E., & Taskin, A. (2022). A three-level framework to evaluate airline service quality based on interval valued neutrosophic AHP considering the new dimensions. *Journal of Air Transport Management*, 99, 102179. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2021.102179>







Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)

JTL

Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1039692

RESEARCH ARTICLE

## Examining the Efficiency of Automation in Container Terminals

Yaser Jobran<sup>1</sup> , Gökhan Kara<sup>2</sup> 

### ABSTRACT

An increase in container traffic, larger tonnage of vessels, scarcity of port area, and shorter turnaround times have driven terminals to process more containers in less time and less space. Thereby, the increasing focus on costs, safety, and environmental control is forcing terminal operators to search for innovative solutions. Automated container terminals are the potential candidates to improve the performance of container terminals and represent a challenge to any subsequent future fluctuations in maritime transport.

In this study, we examine the improvement in the performance of container ports by adopting automation through simulation modeling. The effect of the automated guided vehicles and automatic stacking cranes-based automatic container terminal system (AGV-ACT/Automated Guided Vehicles - Automatic Container Terminal system) on container handling operations was evaluated. To create a complete port simulation model, the main objects of the container terminal such as tugboats, berths, quay cranes, stacking blocks, stacking cranes, horizontal transport vehicles, external trucks, and the layout of the terminal are simulated as a whole. Firstly, we created a model representing the existing port to evaluate the overall performance of the port and to validate the simulation model by comparing the actual data with those of the real system. Then, a simulation model for the proposed automatic system was created and evaluated. The simulation model was divided into four main logics: ships arrival and berth allocation, ship loading/unloading, external trucks arrival, and containers storage/retrieval logic.

The results of the two systems were compared based on the performance criteria such as ship turnaround time, external trucks turnaround time, and equipment utilization rate. Automation has reduced the turnaround time of the ships and provided a smooth movement for the equipment which showed a high utilization rate. The automated system decreased the ship turnaround time from 9.52 hours to 7.81 hours (18%). The reduction in the waiting times of the container transport vehicles for quay cranes reached 47% and 30% in berths 1 and 2, respectively. On the other hand, external trucks' turnaround time increased by 124% as only one ASC (Automatic Stacking Crane) is run in each block to perform both seaside and landside operations (seaside operations were prioritized). Automation has improved the overall performance of the terminal. Also, the layout of the automated handling system raised the storage capacity of the port. In the new proposed automated layout, the storage area capacity increased by 27.27%.

**Keywords:** Container Terminals, Simulation, Automation

Submitted: 21.12.2021 • Revision Requested: 22.01.2022 • Last Revision Received: 12.02.2022 • Accepted: 19.02.2022

<sup>1</sup> **Corresponding author:** Yaser Jobran (Dr.), Istanbul University- Cerrahpaşa, Department of Maritime Transportation Management, Istanbul, Türkiye. E-mail: [yasserjobran@ogr.iu.edu.tr](mailto:yasserjobran@ogr.iu.edu.tr) ORCID: 0000-0002-6309-8258

<sup>2</sup> Gökhan Kara (Doç. Dr.), Istanbul University- Cerrahpaşa, Department of Maritime Transportation Management, Istanbul, Türkiye. E-mail: [karagok@istanbul.edu.tr](mailto:karagok@istanbul.edu.tr) ORCID: 0000-0001-5796-8707

**Citation:** Jobran, Y., & Kara, G. (2022). Examining the efficiency of automation in container terminals. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 137-155. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1039692>



## 1. Introduction

Shipping lines have begun operating larger, faster, and deeper vessels to handle the increasing freight volume and reduce their operating costs by capturing economies of scale. The port authorities are faced with enormous pressures to find and deploy effective solutions to process more containers in less time and less space at a lower cost. This is an expected result owing to new massive container ships, more container traffic, and shorter turnaround times, safety requirements, the need to reduce costs, ever stricter environmental regulations, as well as the scarcity of the land, the increase of labor cost, and lack of labor resources.

At the same time ports and terminals have evolved and from the 2010s have entered into a fifth stage of evolution characterized by their digital transformation and alignment with Industry 4.0 practices. Internet of Things and sensing solutions, cybersecurity, horizontal and vertical system integration, and simulation and modeling are the pillars of Industry 4.0. The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) is the trend towards automation and data exchange in manufacturing technologies and processes.

Recently, there had been an emphasis in research on the optimization and control of systems. Besides, advances in information technology, telecommunications, data management, computation tools, and robotics have paved the way for automation as a new approach to a container handling system [1].

Terminals reached a higher level of automation in comparison with other types of freight terminals. This is attributed to the practical characteristics of container terminals, such as the standardization of the means of transport (containers), the standardization of how freight is handled, and the high level of interchanges taking place [2].

The first automation experience was in ECT Delta Terminal in 1993 (Rotterdam). The terminal used automated unmanned yard cranes (RMGs) for handling containers in the storage yard, and automated guided vehicles (AGVs) for horizontal quay-yard container movement. Later on, HHLA's CTA facility in Hamburg implemented the automation of container handling systems in 2002. Since that time, automation in container terminals has become the standard for designing and operating large terminals, providing a cost-efficient alternative for traditional operations [3-4].

The list of automated and semi-automated terminals has not stopped growing. Currently, almost 40 numbers of semi or fully ACT are working worldwide with an estimated \$10 billion investment [5]. Thus, after decades of continuing development, automation has become an opportunity that most container terminal operators cannot overlook.

An automated container terminal is a terminal with the most advanced technologies in the world that realizes real-time control and dynamic scheduling of container handling, reduces the turnaround time of ships and trucks, reduces labor and maintenance costs, increases the efficiency of cargo handling, and supports energy conservation and environment protection.

One survey shows that almost 75% of container terminals consider automation risky in order to remain competitive in the next 3 to 5 years, while 65% see it as a key for a secure operational system [21]. Automation introduces an opportunity for terminal operators to create additional value in terms of greater safety and heightened environmental protection. Automation minimizes the potential for human error and improves safety. It also helps to avoid unexpected interruptions that impact productivity and profitability. Automated terminals enhance occupational safety by separating the manpower and the machines. All operations will be controlled from the control rooms, which in turn will increase productivity. However, the most crucial safety element in any automated terminal is maintaining strict separation between automated areas and those with people working in them. Access control, safety systems, and physical boundaries need to be taken into consideration when implementing automation to the system.

Generally, automatic equipment can perform the work cycle without human intervention. Practically, automated container terminals can be fully or semi-automated. In the fully automated terminals, automation of the horizontal transport equipment in the yard and yard cranes has been automated. The ECT Delta Terminal has adopted automated stacking cranes (ASC) for storage operation and automated guided vehicles (AGV) for transferring containers between quay cranes and yard cranes. In semi-automated container terminals, just yard cranes are automated while manual vehicles are still used for horizontal transport operation.

Many research papers were published to compare automated container terminals and conventional terminals for different sizes and capacities in terms of cost and productivity. Kim et al. [6] introduced different new conceptual automated containers handling systems. The study shows that automation can increase the productivity of the entire container handling system. However, they stated that the cost of construction is very high, and in some situations, the throughput rate of the system can be adversely affected due to lower flexibility during operations. Rademaker [7] investigated the feasibility of terminal automation for container terminals with a handling capacity of up to 500,000 TEU (mid-sized terminals) by analyzing the costs and benefits of the automated terminal. Based on the discounted cash flow calculations, he illustrated that, though the rate of return for the automated terminal concept is 5% higher than that of a conventional terminal concept, it is not sufficient for the project to be feasible. He stated that the main reason for the negative result of the financial feasibility study lies in the high initial capital outlay that is required, and the results of the calculation can be positively influenced by spreading the financial investment required over an extended period while increasing the terminal throughput and controlling the handling charge per TEU. Saanen [3] presented a comparison employing simulation and cost modeling between the operational productivity of an AGV-RMG and an ALV-RMG (Automated Lifting Vehicle-Rail Mounted Gantry) terminal. Besides, he compared the two automated concepts with a manually operated shuttle carrier (a one over one straddle carrier, in essence). He mentioned that even though the project risk may be higher, the overall cost of the automated alternative is significantly lower than the manual alternative and with a difference in cost per move of approximately 3 Euro. The additional investment will pay back after 100,000 QC moves. Therefore, automation

pays off and is the right concept for the future. Liu et al. [8] designed and evaluated 4 different ACT concepts. A simulation model was developed and used to evaluate the performance of each terminal system for the same operational scenario. A cost model was used to evaluate the cost associated with each terminal concept. The results indicate that automation could improve the performance of conventional terminals substantially and at a much lower cost. Among the four concepts considered, the one based on automated guided vehicles was found to be the most effective in terms of performance and cost. A manual low-volume container terminal equipped with straddle carriers was compared with an automated container handling system (ASC and AGV) by Ballis et al. [9]. For both systems the layout was designed, a reasonable level of service was adopted, and the required amount of equipment was determined using computer simulation. The results showed that the total cost per container and the layout requirements do not differ extremely though differences exist in the investment capital and the personnel required.

The previous studies were conducted specifically to compare manual or conventional container terminals with automatic container terminals. Many studies have been conducted to enhance the throughput or efficiency of automated container terminals (Yanga et al., 2018; Luo Yanga et. al., 2016; Luo and Wu, 2015; Lau and Zhao, 2008; Duinkerken et. al., 2008; Vis and Harika, 2004; Grunow et. al., 2004).

Besides a large number of scientific research relevant to automated container terminals, many studies have been implemented by various port authorities and terminal operators looking to intensify and enhance their existing container handling operations. TraPac terminal in Los Angeles decided to convert operations on the terminal from manual to a highly automated system. Automation has helped the TraPac terminal stay competitive in an increasingly challenging business environment and stand against the rapidly rising labor and regulatory compliance [10]. Likewise, DP world Brisbane Terminal, with an investment budget of about 250 million dollars, has been converted from reach stackers to automatic stacking cranes in an integrated solution with manned shuttle carriers. The overall annual capacity has risen from around 500,000 TEU to 900,000 TEU, which added to the DP World Brisbane Terminal a significant future development capability [11].

Automation has its benefits on productivity, but at the same time, it has a considerable capital investment cost that would not be recovered unless there is a specified throughput that keeps the utilization of the automated equipment at a high level and reduces the payback period. Therefore, the decision for automation is highly dependent on the characteristics of the terminal, such as availability of land, land price or lease, the calling pattern, local labor costs, the demands from the shipping lines, and the evaluation of alternative handling systems.

The main contribution of this study is to show how strategic decisions regarding the future development of a container terminal can be supported by a simulation study. One of the most important advantages of this study is that it simulates the terminal as a whole, taking in consideration by details all operations and resources in the terminal.

This paper is organized as follows. In section 2, The steps that were followed to conduct this study are provided. In section 3, a detailed description of the simulation model that used in this study is introduced. Numerical experiments and the computational results are presented, analyzed, and discussed in section 4. Finally, conclusions are given in section 6.

## 2. Methodology

- A literature review of automated container terminals and simulation methods used to improve port performance was conducted.
- A simulation model has been created that reflects the existing terminal layout and related container handling operations.
- The simulation model has been modified to suit the proposed automated system (AGV-ACT).
- Each simulation model was run based on the same operational scenario, i.e., containers' volumes, draft, and the length of berths.
- Performance criteria including ship turnaround time, truck turnaround time, and the equipment utilization rate were used to evaluate and compare the systems.
- Finally, the simulation results were presented and discussed.

## 3. Port Simulation Model

Simulation is a recommended tool for analyzing complex systems such as ports. The following main steps for building a simulation model can be recognized [12]:

1. Problem analysis and information collection: At first, the problem itself should be analyzed. The modeler collects information that represents the problem properly. This activity includes identifying input parameters, performance parameters of interest, relationships among parameters and variables, rules governing the operation of system components.
2. Data collection: It is necessary to estimate the model input parameters. Modelers are able to make assumptions about distributions of random variables in the model. In case of missing data, it is possible to assign parameter ranges and simulate the model according to those ranges. Also, we need data collection to validate the model. That is, the output statistics of the model are compared with their counterparts in the real system.
3. Building the model: Once we have thoroughly studied the problem and collected the required data, we can create a model and implement it as a computer program. The computer language used may be a general (e.g., C++, Visual Basic, FORTRAN) or special-purpose language simulation (e.g., Arena, Promodel, GPSS).

In this study, Arena simulation software was used to create a simulation model of the port. Two different models were carried out to analyze port operations and evaluate the enhancement in port performance by the application of automation to the container

handling operations. The first model has represented the existing layout and a manual operation system. It was used to evaluate the current performance of the port and check model validity. In the second model, the proposed automated system (AGV-ACT) was deployed. An automated system (AGV-ACT) is based on an automatic stacking crane for yard operations and an automated guided vehicle for the horizontal transport operations of containers. The second simulation model was used to analyze and examine the efficiency of automation in the container terminals and see how the port's overall performance can be developed by replacing a manual handling system with an automated one.

### 3.1 Problem analysis

The examined container terminal is one of Turkey's largest and most modern ports, with qualified human resources, renewed equipment groups, and automatic system investments that support high business volume. The container terminal can handle container ships up to 22 rows and 400 meters in length. The annual handling capacity is 2,100,000 TEU. Figure 1 shows the general layout of the port.

The port has a total of 6 berths with a total length of 2,180 meters. The features of the berths are summarized in table 1. Berths 1 and 2 are each equipped with 4 and 3 quay cranes, respectively, while six mobile harbor cranes serve berths 4 and 5. Berth 6 is used for small container ships and general cargo ships. The storage area consists of 22 storage blocks, each of which is equipped with one RTG. There are 28 RTGs in the port, 22 RTGs are in use, and 6 RTGs are used as a backup. The containers' horizontal transport operation inside the terminal is carried out with 59 manual terminal tractors. All the handling equipment of the port is shown in table 2. The annual number of ships calling at the port and the port's annual handling capacity are shown in Figures 2 and 3, respectively. The port operates 24 hours a day, with three 8-hour shifts each day.

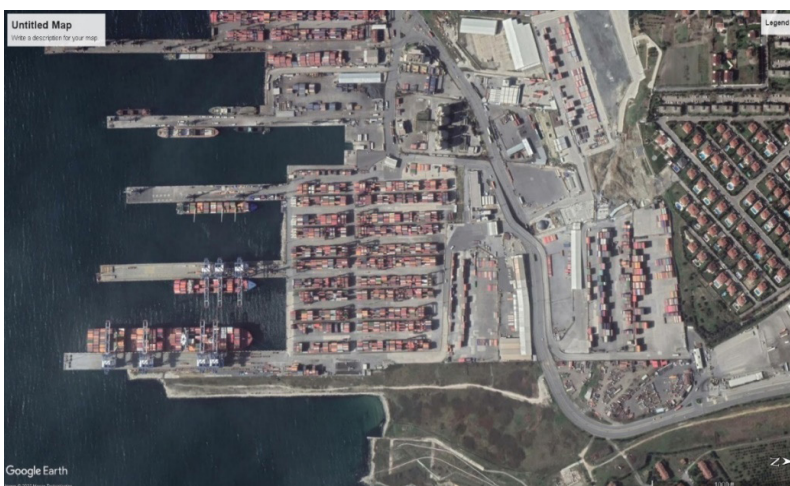


Figure 1. Port layout

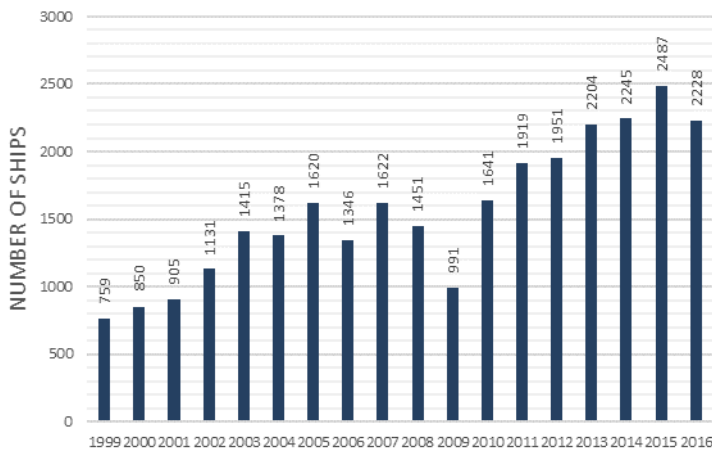


Figure 2. The annual number of ships calling at the port

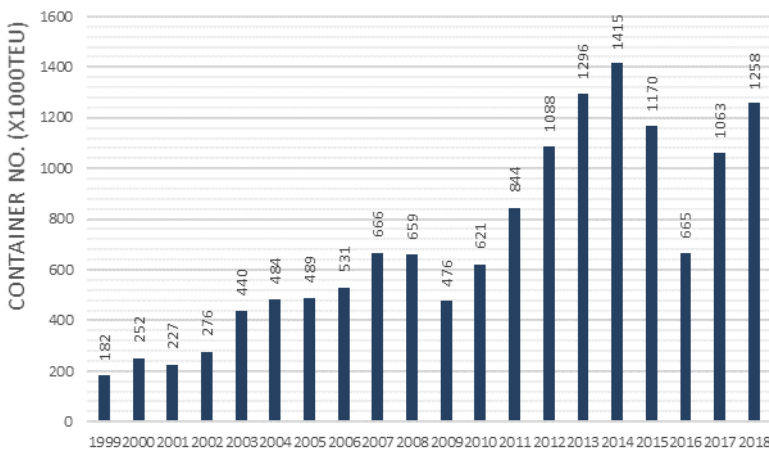


Figure 3. Annual throughput of the port

Table 1. Berths' dimension and classification

Berth No	Length	Width	Draft	Service Type
1	500 m	40 m	16.5 m	Container
2	420 m	35 m	16.5 m	Container
3	370 m	35 m	14.0 m	Container
4	370 m	35 m	15.0 m	Container/G. Cargo
5	370 m	35 m	12.0 m	Container /G. Cargo
6	150 m	40 m	9.0 m	General Cargo

### 3.2 Performance measures of interest

Performance measures that directly affect the average cost per container (ACC) handled at the terminal were used to evaluate the new proposed system and to compare it with the existing one. The performance measures used in simulation model evaluation are shown in table 3.

### 3.3 Input Data

The data used in the simulation model were obtained from the daily documentary records of the current terminal as much as possible, and all missing data were assumed based on

previous studies similar to our case. The principal distributions and parameters used in the simulation model are summarized in table 4.

**Table 2.** Handling equipment of the port

Equipment	Number	Length	Capacity
SSG Crane	4	22 Row Outreach	55 ton
	3	20 Row Outreach	55 ton
	2	24 Row Outreach	65 ton
Mobile Harbour Crane	1	12 Row Outreach	104 ton
	2	18 Row Outreach	104 ton
	2	17 Row Outreach	104 ton
	1	18 Row Outreach	104 ton
Reach Stackers	14	5+1 High	45 ton
Empty Stacker	2	5+1 High	8 ton
	3	5+1 High	9 ton
	2	5+1 High	7 ton
Terminal Tractor	59	-	65 ton
RTG	4	7+1 wide, 5+1 high	45 ton
	24	7+1 wide, 6+1 high	40 ton

**Table 3.** Performance measures used in the simulation model.

Performance measures	Definition
Annual throughput	It is the total number of imports, export, and transshipment containers handled by the quay cranes per year.
Ship's turnaround time	The time that is taken between the arrival of a vessel and its departure.
Truck's turnaround time	The average time the truck takes to enter, serve, and exit the door (processing time at the door is not included).
Equipment utilization rate	The equipment idle time.

**Table 4.** Input data used in the simulation model

Input data	Value	Unit
Number of working days	365	day
Number of working shifts	3	-
ships time between Arrival	4	hour
Containers Dwell time (Import-Export)	15/7	day
Transshipment Rate	70	%
TEU factor	50	%
Berth length	2,180	m
Number of berths	6	No.
Terminal area	402,115	m <sup>2</sup>
Number of field slots	8,994	No.
Terminal capacity	2,100,000	TEU
Number of storage blocks	22	No
Stacking height of the containers	6 + 1	TEU
External trucks Time between arrival (Loaded-Empty)	EXPO (2)	min.
Number of tugboats	5	No.
Equipment travel distances *	-	m.
Equipment travel time **	-	min
Travel speed of equipment (RTG - TT)	130 – 660	m/min.
Cycle time of quay cranes (STS)	144	second
Cycle time of mobile harbor cranes (MHC)	240	second
Cycle times of yard cranes (RTG)	UNIF (2.5,3.5)	min.
Tugboat speed	420	m/min.
Time to tie and unfasten tugboat	10	min.
Number of port gates	3	No.
Service time at gates	TRAN (2,3,5)	min.
Number of gate lane	2	No.

\* Equipment travel distances are simulated according to the actual plan of the port.  
 \*\* Equipment travel times are automatically calculated by the program based on actual travel distance and equipment speed.



It was assumed that the ships arrive at the port at a fixed rate (ship every 4 hours). Later, the number of containers to be loaded and unloaded on each ship was determined. We divided the ships into three types (small, medium, and large), Features of the ships are shown in table 5.

**Table 5.** Ship's data used in the simulation model.

Ship Type	G1	G2	G3
Ship capacity (TEU)	8,000	4,000	1,500
Ship arrival probabilities (%)	40	40	20
Number of unloaded containers (TEU)	600	400	200
Number of loaded containers (TEU)	100	80	50

### ***3.4 Assumptions and limitations of the model***

The model should simulate the actual operating system and processes as much as possible. However, assumptions were made to avoid a high level of detailing that is not important for this study to primarily focus on aspects related to the assumed performance measures. The main assumptions of the simulation model are:

- Although yard cranes differ slightly in their technical specifications, it was assumed that all cranes are of the same type.
- It was assumed that the working conditions of the terminal are not affected by weather conditions and do not differ between working shifts.
- Cranes always work well and are assumed to be able to service vessels 24/7 at all times.
- Failure of equipment was not included.
- There are no restrictions on ship draft and water depth.
- Only one ship can dock per berth at the same time.
- The horizontal movement of the quay cranes is neglected and the cranes do not exceed (or overtake) each other.
- The productivity of cranes was taken as constant.
- It was assumed that all containers are TEU containers.
- There are no direct transactions between external trucks and quay cranes. In other words, all containers are stored in the storage blocks before being loaded on the ship or leaving the port by trucks.
- The storage blocks themselves are not simulated. Therefore, reordering (Marshaling) or re-mixing was not taken into account.
- Reefer containers were ignored.
- CFS operations were not included
- Ro / Ro and general cargo ships were not taken into account.

### 3.5 Building the Model

To create a complete port simulation model, the main objects of the container terminal, such as tugboats, berths, quay cranes, storage blocks, yard cranes, horizontal transport vehicles, external trucks, and the layout of the terminal were simulated as a whole. The simulation model was divided into four main logics: ship arrivals and berth allocation logic, ship loading/unloading logic, external trucks arrival logic, and containers storage/retrieval logic (Storage yard logic).

#### 3.5.1 Ship arrivals and berth allocation logic

When a ship comes to the port, it tries to seize one of the available berths. If one berth is free, it was assumed that the ship is towed to the port with a single tugboat. There are five tugboats in total in the port. It was assumed that the anchorage area is 12,600 meters away from the tugboats station.

Considering the standard tugboat speed of 14 knots (420 meters/minute), the journey between the anchorage area and the berth takes about 30 minutes. According to the information obtained from actual operations, it was considered that linking up ropes with the vessel needs 10 minutes to be done. If there is no berth available, the ship waits in the anchorage area, and it is assigned to the end of a queue according to the FIFO (first-come, first-out) rule. The logic of ship arrivals and berth allocation created in the Arena simulation program is shown in Figure 4.

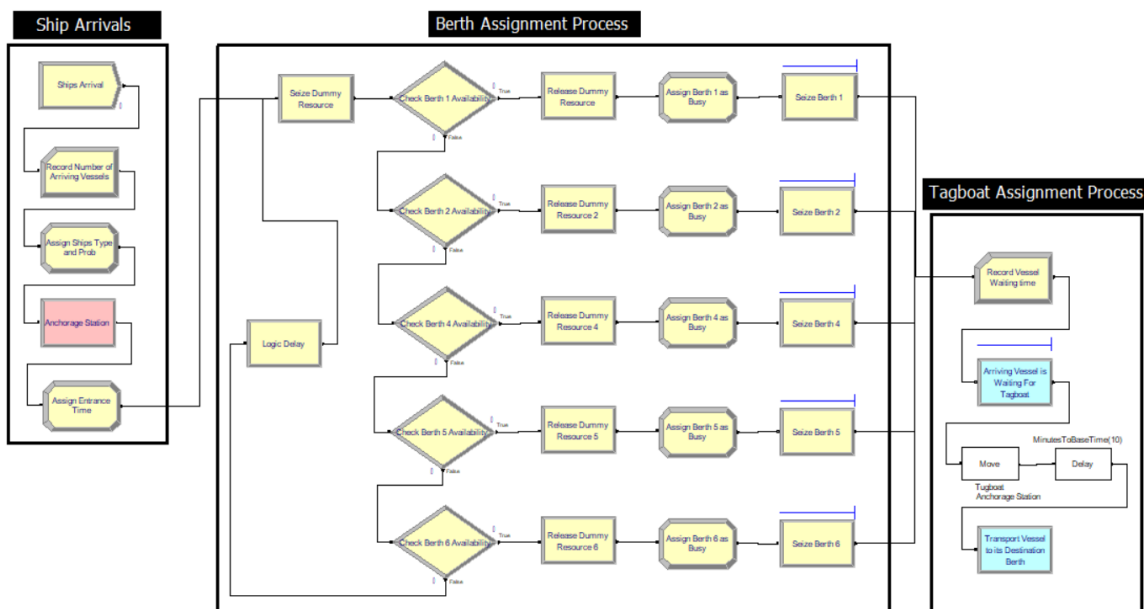


Figure 4. Ship arrivals and berth allocation logic

#### 3.5.2 Ship loading and unloading logic

After the ship mooring process is done, the tugboat is released and the unloading operation begins. Meanwhile, 20 minutes was taken into consideration for the release of tugboat ropes and the ship mooring process. As with real terminals, quay crane operations are pre-ordered according to the ship’s stacking plan. Therefore, in the simulation model,

each quay crane carries out the assigned loading and unloading operations, following the predefined work sequence. In addition, a single cycle operation is used during ship handling. This means that the loading process starts after the unloading process is finished. In this study, cycle times of quay cranes measured in actual operation in the port were used. While the average cycle time of ship-to-shore quay cranes was 144 seconds, the average cycle time of mobile harbor cranes was 240 seconds. A transport vehicle is required to carry out each loading or unloading process. Containers are transported between the berths and the storage area by manned terminal tractor in the existing manual system and by automated guided vehicle in the proposed automated system. Each container transport vehicle is only allowed to transport one container at a time. The number of the manned terminal tractor was 59. However, the number of AGVs has been calculated by optimization studies (OptQuest for Arena). Optimization studies have shown that the number of AGVs required depends largely on the performance of ASCs. The number of AGVs was specified as 80 vehicles.

During the ship unloading process, the quay cranes are occupied by the containers and await the arrival of the required transport vehicle. When the container transport vehicle arrives, the transfer process is carried out and the quay crane is released. In this way, the transfer of containers between quay cranes and container transport vehicles is modeled realistically. Travel times between locations in the terminal is simulated, taking into account realistic values of the speed of travel, and real geometric distances. Considering the values specified in the technical specifications and obtained from real operations, the speed of terminal tractors was defined as 660 meters/minute, while the speed of the automated guided vehicle was 420 meters/minute. The Nearest Vehicle (NV) rule was used to assign transport vehicles to the transportation process. According to the Nearest

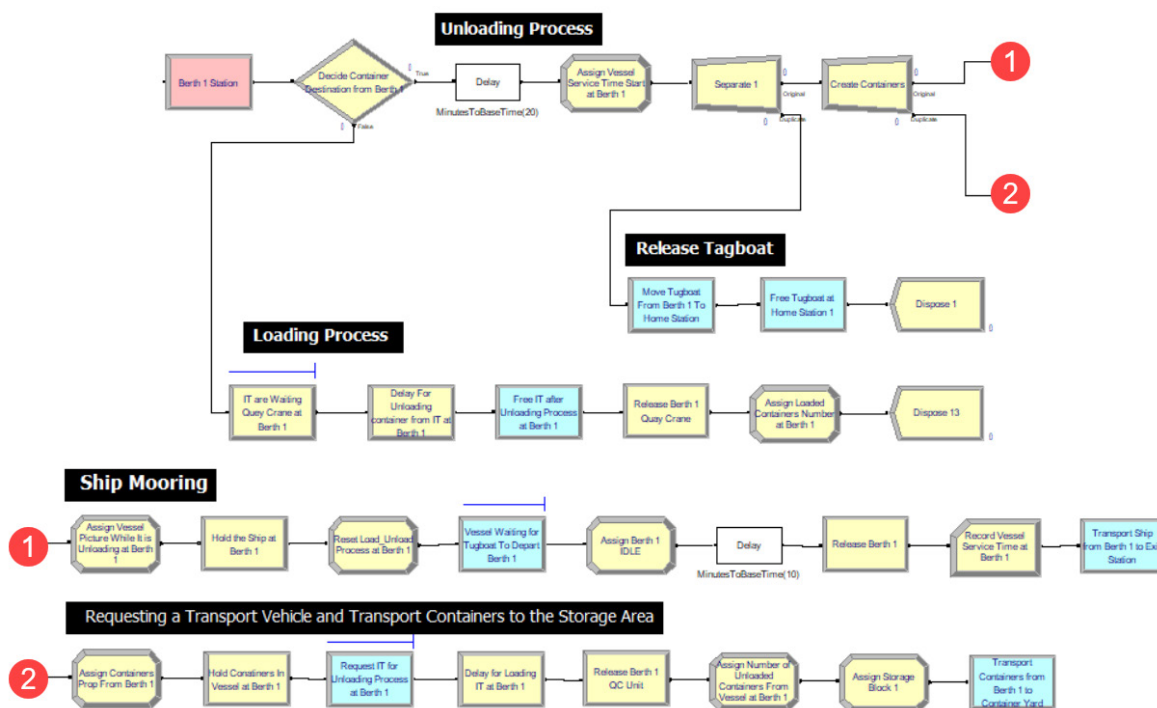


Figure 5. Ship loading/unloading and container horizontal transport logic

Vehicle rule, the free transport vehicle located closest to the relevant berth or yard crane is assigned to the process of transport. After the transport vehicle is loaded by the quay crane, they were directed to the nearest storage block with a minimum workload. After the specified number of import or transshipment containers are unloaded, the loading of the export containers begins.

The horizontal transport vehicles coming from the storage area are handled by the quay cranes, and the export containers are loaded directly to the ship. Figure 5 shows ship loading/unloading and container transport models created in the Arena simulation program. The ship is held at the berth during the loading and unloading process. After all the planned containers are handled, the ship leaves the berth with the help of one tugboat. All statistics regarding the arrival, departure, the time spent in the port, and the waiting time of the ships were collected during the simulation model creation.

### 3.5.3 External trucks arrival logic

In the simulation model, the external trucks coming to the port was divided into two groups; 1) Trucks delivering export containers, 2) Empty trucks coming to take import containers. The time between arrivals of trucks was simulated as an Exponential Distribution (EXPO (2) minutes). It was assumed that trucks arriving and leaving the port gates are stopped for 2 to 5 minutes for documentation and inspection checks. This has been simulated as a Triangular Distribution (TRIA (2,3,5) minutes). Through this logic, external trucks were directed to their destination to pick up or deliver the containers. Considering the distances between the port gate and the storage area and the speed of the external trucks in the port, it is supposed that 5 to 15 minutes are required for each truck to reach the storage area or container location. The triangular distribution is used to simulate this (TRIA (5,10,15)). External trucks' arrival logic is shown in figure 6.

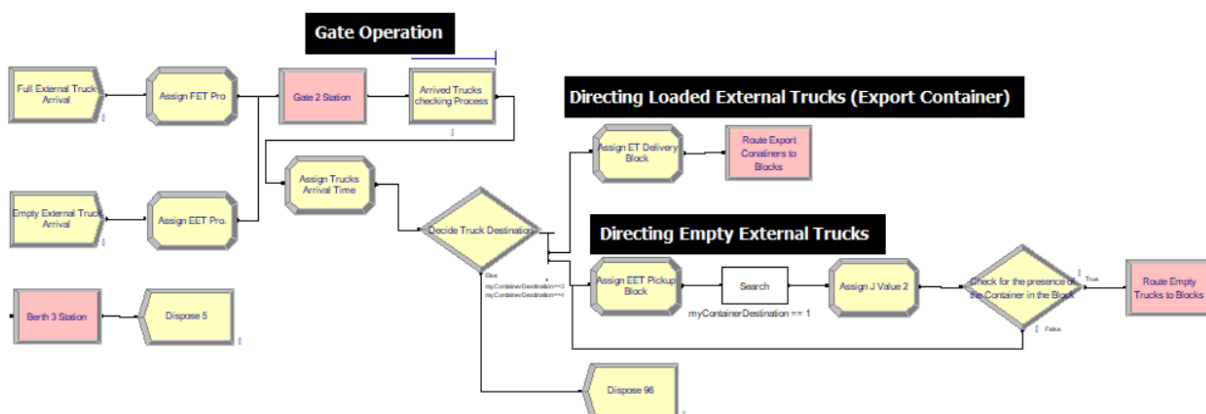


Figure 6. External truck arrivals and directing logic

### 3.5.4 Container storage/retrieval logic

In the first simulation model, the storage yard was simulated exactly like the real system. The storage area consists of 22 storage blocks, an empty container yard, CFS (Container Freight Station), and paths that are used by horizontal container transport vehicles and external trucks. Each storage block was assigned with one RTG crane. According to the

standard specifications of RTG cranes, gantry speed was specified as equal to (130 m/min) and one move cycle time was specified as 2.5 to 3.5 minutes. RTG portal movements are performed automatically by the Arena program taking into account the specified speed and the length of the storage block. The transfer of cranes between different storage blocks was not allowed.

In the second concept, the layout of the manual port had been changed to be fully compatible with the new automated system. A total of 14 blocks now forms the storage yard, each one was assigned with one ASC. ASC width is assumed to be 7 TEU and row length as 47 TEU. The cycle time of the automatic stacking cranes was defined as equal to 60 seconds and their speed equal to 240 m/min. All paths between blocks were removed, loading and unloading of AGVs and external trucks are done in buffers at the end of automatic stacking cranes. We assumed that there are four transfer points at the end of each ASC. In the two systems, the maximum stacking height is equal to six containers. Figure 7 shows the container storage/retrieval logic of simulation models.

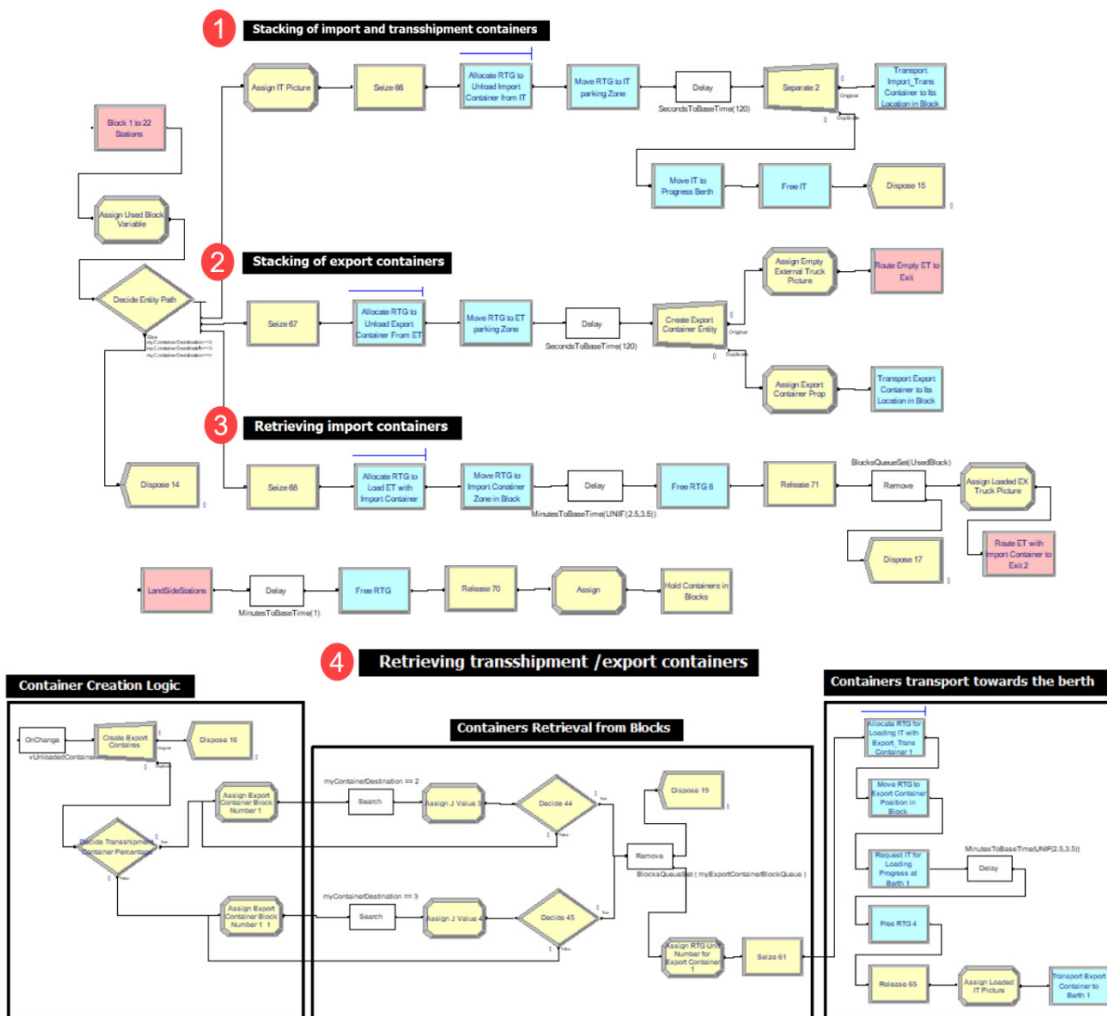


Figure 7. Storage yard logic

Four different operations are carried out in the storage yard;

1. Handling and stacking of import and transshipment containers from the seaside,
2. Handling and stacking of export containers that come with external trucks,
3. Retrieving import containers from blocks and loading the empty external trucks,
4. Retrieving transshipment/export containers from blocks and loading containers transport vehicles.

We defined the priority among these operations as follows. First, the priority was given to the seaside unloading process, then to the seaside loading process, after that to the unloading external trucks process, and finally to the loading external trucks process. The inspected port was simulated as a steady-state simulation, as it operates 24/7 and never stops or restarts. In addition, the simulation model was run for one year.

### 3.5.5 Model Validation

Animation has been recognized as an effective way to logically validate the simulation model. We used the special drawing features in the Arena simulation program to create a 2D animation model of the port.

This 2D model is directly connected to the logic models that represent the port operations showed above. In this way, the entire life cycle of an entity was followed and a comparison was made with the real system. Figure 8 shows the 2D animation models created with the Arena program.

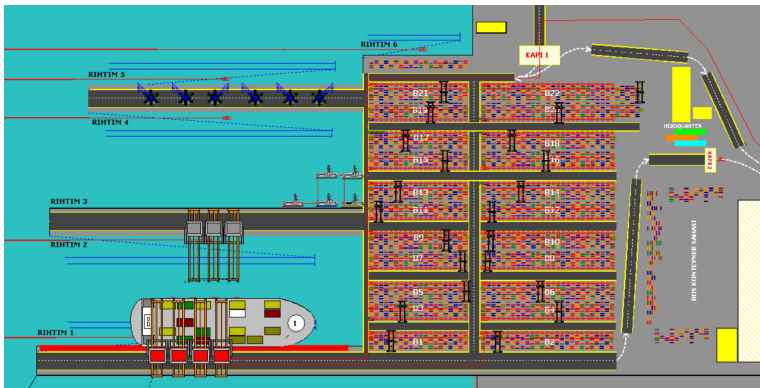
## 4. Results

In the first experiment, the simulation model of the existing manual system was used to analyze the existing layout, evaluate the performance of the current manual system, and examine the model validity. The simulation results are summarized below.

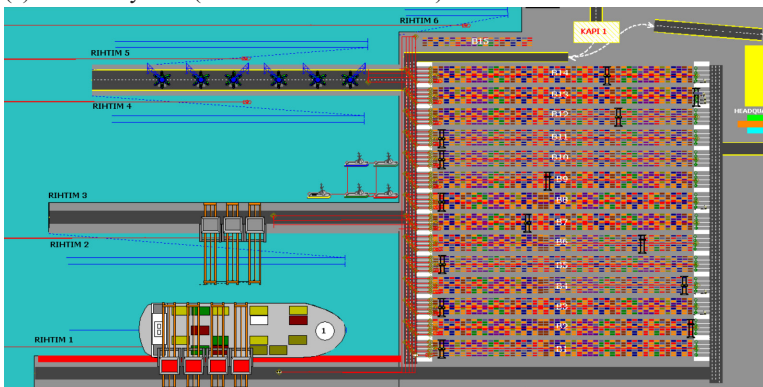
**Table 6.** Results of the existing manual system simulation model.

Performance measures	Value	Unit
Annual Throughput	1,171,131	TEU
The average number of ships handled annually	2,199	.No
(Average vessel turnaround time (service time	9.52	hour
The average number of external trucks handled annually	315,849	.No
(External trucks average turnaround time (does not include time at gates	0.46	hour
Berth 1 occupation rate	82	%
Berth 2 occupation rate	75	%
Utilization of QCs at Berth 1	60	%
Utilization of QCs at Berth 2	59	%
Utilization of terminal tractors	46	%
Utilization of RTG cranes	50	%
(QCs Average timing wait for empty terminal tractors (berth 1/berth 2	0.00/0.00	min
(Loaded terminal tractors average waiting time for QC (berth 1/berth 2	11.40/15.60	min
RTGs average waiting time for empty terminal tractors	1.80	min
.Loaded terminal tractors average waiting time for RTG Cranes	3.60	min
.Loaded external trucks' average waiting time for RTG Cranes	4.20	min
.Empty external trucks average waiting time for RTG Cranes	4.80	min

From the simulation results, we can notice that the annual throughput of the port is (1,171,131 TEU) and the number of ships handled per year is (2,199 No.). These results are very close to the actual numbers given in the presented data of recent years (Figure 2 and 3). Therefore, the validity of the model is considered to be sufficient in the development strategies and evaluate the new proposed automated system. Other performance measures such as equipment utilization rate and berth occupation rate are also shown in table 6.



(a) Manual System (RTG & Terminal Trucks)



(b) Automated System (ASC & AGV)

**Figure 8.** Animated 2D port layouts

From the simulation results, it can be understood that terminal tractors and RTGs operate at approximately half of their capacity; utilization rates are 46% and 50% respectively. This is because the working cycles of terminal tractors and RTGs are closely linked. In other words, RTGs and terminal tractors have to wait for each other to complete their work cycle. Considering the efficiency of the quay cranes, it is seen that they operate at almost 60% of their total capacity. This situation is due to the idle time of the berths (the occupation rates of berths 1 and 2 are 82% and 75 %, respectively).

During the simulation study carried on an existing manual system, we realized that any increase in container volumes will cause a bottleneck in the system. An optimization study was carried out on the system to specify the reason behind that bottleneck. It was recognized that the reason for the bottleneck in the system was the insufficiency of horizontal container transport vehicles. While the QCs unload the container from the ship, they will wait for the arrival of the container transport vehicles. The simulated model will stop at one point when all horizontal transport vehicles are busy with containers and the QCs are busy waiting for the arrival of these vehicles. However, it should be emphasized

that the storage system can become a bottleneck at a certain point where the horizontal transport system will be sufficient. In this case, an optimization study should be carried out to achieve maximum integration between the two systems.

In the second simulation model, the automated container handling system (AGV-ACT) was simulated and evaluated taking into account the characteristics of the specified system and using other data considered in the manual system (Table 4). In Table 7, the results of the AGV-ACT simulation model are summarized.

Since the initial conditions of the simulation models are kept the same in the two models, the annual capacity of the port differs very slightly. However, the ship turnaround time remains the most important performance factor for measuring the improvement in port due to the implementation of the automated system.

**Table 7.** Results of the automated AGV-ACT system simulation model.

Performance criterion	Value	Unit
Annual Throughput	1,192,080	TEU
The average number of ships handled annually	2,208	No.
Average vessel turnaround time (service time)	7.81	hour
The average number of external trucks handled annually	314,496	No.
External trucks average turnaround time (does not include time at gates)	1.03	hour
Berth 1 occupation rate	81	%
Berth 2 occupation rate	78	%
Utilization of QCs at Berth 1	68	%
Utilization of QCs at Berth 2	69	%
Utilization of AGVs	41	%
Utilization of ASC cranes	72	%
QCs Average waiting time for empty AGVs (berth 1/berth 2)	0.00/0.00	min
Loaded AGV average waiting time for QC (berth 1/berth 2)	6.00/10.80	min
ASCs average waiting time for empty AGVs	0.00	min
Loaded AGV average waiting time for ASC Cranes.	6.60	min
Loaded external trucks average waiting time for ASC Cranes.	26.40	min
Empty external trucks average waiting time for ASC Cranes.	46.80	min

The results of the simulation model of the automated system show that ship turnaround time decreased from 9.52 hours to 7.81 hours (18%). The reduction in waiting times of container transport vehicles for quay cranes reached 47% and 30% in berths 1 and 2, respectively. This can help the port handle more ships in the same time window and make the port more attractive to customers. It is important to mention that external trucks turnaround time increased by 124%. This is because priority was given to seaside operations and only one ASC is assigned to each block to handle both seaside and landside operations (This conclusion is based on the optimization study conducted on the same model which will be covered in other articles).

Considering the high utilization rate of ASC cranes (72%), it is important to notice that ASC will create a bottleneck in the future. The simulation study indicates that the number of used ASCs and their specifications are critical to the performance of the port. Any bottleneck caused by ASC can be overcome by applying 2 ASC cranes per block (beyond the scope of this study). Looking at the other simulation results, the productivity of the berth and the utilization rate of quay cranes have also increased. The increase in



the efficiency of quay cranes can also be noticed. The efficiency of the QCs at berths 1 and 2 increased by 13.33% and 16.95%, respectively. As a result, the automated handling system can improve the overall performance of the port.

From another point of view, in the new proposed automated layout the storage area capacity can reach 27,636 TEU. The existing manual layout has a storage capacity of 21,714 TEU, according to that a 27.27% increment in storage capacity can be seen in the new design. This increment is due to the elimination of paths between storage blocks and the optimal use of the yard area obtained from deploying automation in the port. This will increase the annual throughput per acre of the port, and this can be a very important advantage in the ports located in metropolitan areas.

## 5. Conclusions

When choosing a container port handling system, the decision must be made in favor of manual or automated equipment. Although automatic handling equipment requires high investment costs, it also lowers labor and equipment maintenance costs. In this study, the effect of the automated terminal system (AGV-ACT) on container handling operations was analyzed and the possibility of automated system implementation in container ports was examined.

It is essential to have in place an approach that ensures the quality of proposed solutions and minimizes the risk of investment. Therefore, testing the final decision through modeling and simulation of the operations becomes vital to the success of any development project. In this context, operators increasingly view simulation technology as an important tool for studying the available alternatives and making the right decision. In this study, we presented an integrated port simulation model that can be used in making any decision related to improving port performance.

This study showed that automation could enhance the overall performance of the port by decreasing the ship's turnaround time by 18% and reducing waiting times of container transport vehicles for quay cranes. Also, the layout of the automated handling system raised the storage capacity of the port by almost 27.27%. All these improvements in port performance will positively reflect on its competition power in the market and make the port more attractive to customers.

---

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

**Author Contributions:** Conception/Design of Study- Y.J.; Data Acquisition- Y.J., G.K.; Data Analysis/Interpretation- Y.J.; Drafting Manuscript- Y.J.; Critical Revision of Manuscript- Y.J.; Final Approval and Accountability- G.K., Y.J.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

---

## References

- Ioannou, P., 2008, *Intelligent Freight Transportation*, CRC Press: Taylor & Francis Group LLC, USA, ISBN: 13: 978-0-8493-0770-6.
- Martín-Soberón, A.M., Monfort, A., Sapiña, R., Monterde, N. and Calduch, D., 2014, *Automation in Port Container Terminals, Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 160 (2014), 195-204.
- Saanan, Y., 2003, *The Design and Assessment of Next Generation Automated Container Terminals*, 15th European Simulation Symposium, 2003 CS European Council / SCS Europe, ISBN 3-936150-28-1.
- Saanan, A.Y., 2004, *An Approach for Designing Robotized Marine Container Terminals*, Thesis (PhD), Delft University of Technology.
- Container-xchange . [cited 2021 25 April]; Available from: <https://container-xchange.com/blog/container-terminal-automation/>.
- Kim, K.H., Thi Phan, M. and Woo, Y.J., 2012, *New Conceptual Handling Systems in Container Terminals*, *Industrial Engineering & Management Systems*, 11 (4), 299-309.
- Rademaker, W.C.A., 2007, *Container Terminal Automation Feasibility of Terminal Automation for mid-sized Terminals*, Thesis (Master), Delft University of Technology.
- Liu, C., Jula, H. and Ioannou, P., 2002, *Design, Simulation, and Evaluation of Automated Container Terminals*, *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, 3 (1), 12-26.
- Ballis, A., Golias, J. and Abakoumkin, C., 1997, *A Comparison Between Conventional and Advanced Handling Systems for Low Volume Container Maritime Terminals*, *MARIT. POL. MGMT.*, 24 (1), 73-92.
- City of Los Angeles, Harbor Department Planning and Economic Development Division, *Container Terminal Automation*; 2014.
- DP World. [cited 2021 25 March]; Available from: <https://safety4sea.com/dp-world-celebrates-for-brisbane-terminal/>.
- Altiok, T. and Melamed, B., 2007, *Simulation Modeling and Analysis With Arena*, Elsevier Inc., USA, ISBN 10: 0-12-370523-1.
- D. Rossetti M., 2016, *Simulation Modeling and Arena*, 2nd ed., John Wiley and Sons Inc., Publication, New Jersey and Canada, ISBN 13: 978-0-12-370523-5.
- Kelton, D., Sadowski, R. and Swets, N., 2010, *Simulation With Arena*, 5th ed., McGraw-Hill Publications, Singapore, ISBN: 978-007-126771-7.
- Kamal, B., Kara, G., ve Okşas, O., 2020, *An Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process to Overcapacity Absorbing Methods in Container Shipping*. *International Journal of Maritime Engineering*, 162 (331-344).
- Kamal, B., 2019, *Deniz Taşımacılığında Risk Sermayesi*, Kent Akademisi, Volume, 12 (39), Issue 3 (618-633).
- Yanga, Y. and Shen, K., 2013, *Comparison of The Operating Performance of Automated and Traditional Container Terminals*, *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 16 (2), 158-173.
- Rockwell Automation, 2014, *User's Guide: Getting Started With Arena*, Rockwell Automation, Inc., USA.
- Rockwell Automation, 2014, *User's Guide: OptQuest for Arena*, Rockwell Automation, Inc., USA.
- Rockwell Automation, 2014, *User's Guide: Variables Guide*, Rockwell Automation, Inc., USA.
- UNCTAD., 2018, *Review of Maritime Transport 2018*. United Nations publication. Sales No. E.18. II. D.5. New York & Geneva.
- Yanga, Y., Zhonga, M., Dessoukyb, Y. and Postolache, O., 2018, *An Integrated Scheduling Method for AGV Routing in Automated Container Terminals*, *Computers & Industrial Engineering*, 126 (2018), 482-493.
- Luo, J., Wu, Y. and Mendes, A.B., 2016, *Modelling of Integrated Vehicle Scheduling and Container Storage Problems in Unloading Process at an Automated Container Terminal*, *Computers & Industrial Engineering*, 94 (2016), 32-44.
- Luo, J. and Wu, Y., 2015, *Modelling of Dual-Cycle Strategy for Container Storage and Vehicle Scheduling Problems at Automated Container Terminals*, *Transportation Research Part E*, 79 (2015), 49-64.

- 
- Lau, Y.K.H. and Zhao, Y., 2008, *Integrated Scheduling of Handling Equipment at Automated Container Terminals*, *Int. J. Production Economics*, 112 (2008), 665–682.
- Vis, F.A.I. and Harika, I., 2004, *Comparison of Vehicle Types at an Automated Container Terminal*, *OR Spectrum*, 26 (2004), 117–143.
- Grunow, M., Günther, H. and Lehmann, M., 2004, *Dispatching Multi-Load AGVs in Highly Automated Seaport Container Terminals*, *OR Spectrum*, 26(2004), 211–235.





Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)

**JTL**

Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1050330

RESEARCH ARTICLE

## Determining Maritime Health Online Training Needs for Seafarers and Doctors in Maritime Transportation\*

Seher Suendam Arıcı<sup>1</sup> , Esmâ Uflaz<sup>2</sup> , Emre Akyüz<sup>3</sup> , Özcan Arslan<sup>4</sup> 

### ABSTRACT

After the liberalization of the air transportation sector in 2003, we investigate the factors affecting the preference of air transportation as a mode of transportation and the changes in the air transportation preferences of the Turkish households over the years. For this purpose, we analyze the micro datasets of the household budget surveys using logistic regression and decision tree methods. We find that the most critical factors affecting the air transportation preference of the households for the 2003-2017 period are the income level and the occupation of the household head. The fuel expenditures and the existence of transportation subsidies reduce the air transportation preference of the households. In addition, since 2003, there has been a significant increase in the rate of households preferring air transportation in Turkey. So much so that air transportation is the only mode of transportation that has risen over time. A remarkable finding is that air expenditure of the low-income group is not observed in the 2003 survey, whereas it was a small amount in 2017. The literature on transportation preferences is generally based on primary survey data. This study contributes to the literature as it is applied to a relatively large sample of household micro datasets.

**Keywords:** Air Transportation Expenditure, Household Preferences, Liberalization Effect

Submitted: 29.12.2021 • Revision Requested: 08.01.2022 • Last Revision Received: 19.01.2022 • Accepted: 08.02.2022

\* This article is produced from the EU Erasmus + Project entitled "Maritime Health Trainings for Seafarers and Doctors (MariHEALTH)" (Project grant no: 2019-1-TR01-KA202-076813) and has received funding from the Turkish National Agency (EU) "KA202 - Strategic Partnerships for vocational education and training" program.

<sup>1</sup> **Corresponding author:** Seher Suendam Arıcı (Research Assistant ), Istanbul Technical University, Maritime Faculty, Department of Maritime Transportation and Management Engineering, Istanbul, Türkiye. E-mail: [orals18@itu.edu.tr](mailto:orals18@itu.edu.tr) ORCID: 0000-0002-3952-0527

<sup>2</sup> Esmâ Uflaz (Research Assistant ), Istanbul Technical University, Maritime Faculty, Department of Maritime Transportation and Management Engineering, Istanbul, Türkiye. E-mail: [uflaz16@itu.edu.tr](mailto:uflaz16@itu.edu.tr) ORCID: 0000-0003-2229-8242

<sup>3</sup> Emre Akyüz (Assoc. Prof. Dr. ), Istanbul Technical University, Maritime Faculty, Department of Maritime Transportation and Management Engineering, Istanbul, Türkiye. E-mail: [emreakyuz82@gmail.com](mailto:emreakyuz82@gmail.com) ORCID: 0000-0002-0071-9619

<sup>4</sup> Özcan Arslan (Prof. Dr. ), Istanbul Technical University, Maritime Faculty, Department of Maritime Transportation and Management Engineering, Istanbul, Türkiye. E-mail: [arslano@itu.edu.tr](mailto:arslano@itu.edu.tr) ORCID: 0000-0003-4769-6941

**Citation:** Arıcı, S.S., Uflaz, E., Akyuz, E. & Arslan, O. (2022). Determining maritime health online training needs for seafarers and doctors in maritime transportations. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 157-167. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1050330>



## Introduction

Seafarers have more isolated living and working environments compared to people ashore. In case of any health problem, medical intervention has to be carried out on the vessel. This means that although seafarers are in a more dangerous atmosphere than people on land, health care for seafarers has quite different responsibilities and consequences, since their health care needs are not the same as other people's. (Idnani, 2013). The maritime environment includes many risk factors such as threats from chemical and biological materials, harsh weather conditions, physical challenges, a range of different critical operations, the fact that it is a place where accidents can easily happen, its being a stressful working environment, and unsatisfactory health conditions.

In addition, seafarers are at risk not just physically but also psychologically due to intense working hours, insomnia, and fatigue (Andrei et al., 2020). Distance from their homes and loved ones is often a significant contributor to distress. Roberts et al. (2013) underlined that the seafaring profession is among the occupations with the highest risk for suicide. This information shows that seafarers are exposed to various dangers and risks both at work and in their leisure time. The risky nature of the maritime industry can become even more critical as a result of limited medical facilities and inadequate response.

Although an officer is in charge of medical treatment on merchant ships, their skill in providing treatment is not the same as a doctor's. Seafarers without a medical background can easily apply the wrong treatment as a result of lack of knowledge and loss of control. Panic, confusion, and wrong interventions in emergency situations can cause loss of life. Therefore, it is very important for seafarers to have the medical qualifications to perform their duties and to be able to respond correctly in times of stress. Seafarers who become sick or injured at sea should be provided with good essential medical treatment and care until they are transferred to an onshore medical facility so that their lives can be saved (Zhang and Zhao, 2017).

The maritime industry is international for reasons such as its international destinations, partnerships, and contracts of carriage, and seafarers of different nationalities working together. For this reason, maritime standards are protected by international rules. Accordingly, the establishment of global marine health standards is also provided within the framework of international conventions. The IMO (International Maritime Organization) sets minimum training requirements and standards relating to first aid and medical care for seafarers under the STCW (Standards of Training Certification and Watchkeeping) (STCW, 2010).

The WHO (World Health Organization's) International Health Regulations aim to provide an adequate response to maritime and seafarer health, international shipping, health risks, and diseases that can spread between countries (WHO, 2005). The MLC (Maritime Labour Convention) was issued by the ILO (International Labour Organization) in 2006 to specify the responsibilities of both seafarers and ship-owners in matters of health, safety, and the minimum working and living standards of seafarers at sea. Trade Unions such as the ITF (International Transport Workers' Federation) are very sensitive to topics

such as the causes of stress and fatigue at sea and health and safety onboard. In addition, the International Medical Guide for Ships has been published by WHO on behalf of the WHO, ILO, and IMO. The International Ships Medical Guide was first published in 1967. Since its first publication, it has been the standard guide for onboard medical care. It provides a resource for those who need help when seafarers fall ill or are injured onboard.

Standards, trainings, and resources have played an essential role in ensuring that seafarers are effective in responding to shipboard emergencies. However, there is a need for a system where seafarers can get instant information during the implementation and information acquisition phase. The MariHEALTH project aims to design a web-based e-learning/training platform for seafarers and maritime doctors with a focus on advanced medical response applications onboard. Through a distance learning program, existing knowledge gaps will be filled and information will be updated. The program will provide and keep up-to-date skills that will improve seafarers' practical ability to perform better even in the most challenging situations requiring medical attention. Accordingly, the paper is organised as follows. This section gives the motivation behind the study. Section 2 provides a comprehensive literature review. Section 3 introduces the methodology. Section 4 describes the application stages of the project. Section 5 gives the conclusion and potential contribution of the study.

## 1. Literature Reviewing

When the literature on seafarers' health is examined, it is seen that various studies emphasise the importance of the physical and mental health of seafarers. Oldenburg and Jensen (2019) conducted a field study to investigate occupational stress and strain, including assessing seafarers' physical activities. However, as the maritime profession is a time-limited field, the study has many limitations. In another interesting study, the authors examined the marine environmental health risks associated with pathogenic microorganisms in seawater. It has been emphasised that bacteria in sea water can cause health problems such as eye infections, fungal infections, skin diseases and dermatitis as a result of contact (Pougnnet et al., 20) (2018).

Shah et al. (2018) aimed to determine the perceived training needs of maritime professionals in their study. They conducted a cross-sectional study among maritime professionals attending the 14<sup>th</sup> International Marine Health Symposium. As a result of the study, the participants emphasised the necessity of medical and safety training onboard. In a different study, the authors critically examined a number of important issues related to the marine health of Chinese seafarers based on fieldwork and available information. The study identified a significant gap between Chinese practice and the desired international standards. (Zhang and Zhao, 2017). Lucas et al. (2016) reviewed in their article the etiological factors of occupational asthma (OA) to which seafarers and other maritime workers are likely to be exposed. In this review, they aimed to update the existing knowledge base on occupational asthma in the maritime industry and to make recommendations regarding the medical surveillance of workers at risk. Hadjichristodoulou et al. (2013) carried out fifty inspections on passenger vessels within the scope of their project. A total of 393 corrective actions were identified during the

audits. These actions have increased the level of compliance with the hygiene standards of cruise ships sailing in EU waters and improved the conditions that threaten health. Stress factors and harsh working conditions are one of the biggest problems encountered onboard and have significant effects on the psychology of seafarers. For this reason, the most studied health topics are usually on psychology (An et al., 2020; Carotenuto et al., 2012; Oldenburg et al., 2009; Moon et al., 2006). Another important issue related to health at sea is communication. It is vital to get help, such as telemedicine, from land health institutions in an emergency. Telemedicine service is provided by doctors and health personnel working on a duty basis in order to provide remote medical assistance for health problems that may occur onboard vessels. These services are very important for seafarers working away from land (Chen and Li, 2020; Henes et al., 2020; Penninga et al., 2020; Sagaro and Amenta, 2020). Furthermore, the Covid 19 pandemic, which has affected the whole world, undoubtedly affects the maritime industry negatively. Therefore, the protection and treatment of the disease are among the most critical topics in seafarers' health (Lucas et al., 2021; Sagaro et al., 2020; Doumbia, 2020; Sossai et al., 2020).

Although there are significant studies on seafarers' health in the literature, there is no platform where seafarers can access the medical information required during treatment, obtain new information, and keep their existing equipment up-to-date. This gap will be filled by the MariHEALTH project. In addition, the familiarization of maritime doctors who provide medical support to seafarers will increase the effectiveness of medical aid. Therefore, the project aims to design a web-based e-learning/training platform for seafarers and maritime doctors.

## 2. Method and Material

This section describes the methods used in the research, including the conceptual framework of the research aimed at designing a web-based e-learning/training platform for seafarers and maritime doctors.

A robust consortium was established, including three maritime-specific universities; one national public body dealing with maritime health affairs, certifications, medical trainings, etc.; one research and development company handling IT (Information Technology) works; one international seafarer staffing agency; and one civil society organization (chamber of marine engineers).

The project partners are qualified marine lecturers, maritime doctors, research and development software specialists, maritime health regulatory bodies, and seafarer (crew) staffing professionals. The data gathering is a very important step in terms of determining the requirements and obtaining valuable outputs. During this phase, documentation review and questionnaire surveys were carried out.

comprehensive literature review on the topic of marine health has been carried out. In the literature review, current health training methodologies, papers on maritime health, international regulations and rules and training contents were carefully reviewed. Also, the database was investigated and analysed using accident reports, which describe the most frequently witnessed maritime accidents and occupational diseases. In the last and



most important stage, a questionnaire was administered to seafarers and doctors. After analysing the questionnaire and performing statistical analysis, the training needs and focal points were determined. Then, in line with the data analysis and focal points, a total of 24 training modules were created for officers, ratings, and maritime doctors. Finally, a helpful platform was created by transforming the modules into e-learning courses.

### 3. Application

In the application step, the data gathering phase consisting of documentation review and questionnaire processes, and the data processing phase consisted of module preparation and creating web platform processes.

#### 3.1. Data Gathering

The data gathering phase is very significant to determine the scope of the training modules to be created as a project output. At this stage, a comprehensive survey on health at sea was conducted with seafarers and maritime doctors. In addition, 2015-2017 Turkish telehealth service records were analysed in order to gain knowledge about the most common health problems on ships in recent years.

##### 4.1.1 Documentation Review

Creating a web-based health education platform for seafarers and maritime doctors is a process that requires considerable attention and care. For this reason, determining the needs, content, and scope of trainings is very important. First, the Turkish Telehealth service records were examined, and the most common diseases and health problems that doctors faced were listed. The information received from the Turkish Telehealth service covers all flags and ship types that Turkish personnel work on, such as Panama, Malta, Liberia, and Marshall Islands, and especially Turkish flagged vessels.

The most common occupational health problems that occurred onboard ships from 2015-2017 are shown in Table 1. The most experienced disease types from 2015-2017 are shown in Table 2.

**Table 1.** The most common occupational accidents that occurred onboard ships

Type of occupational accidents	Percent
Crash, compression, bruise, ingrowth of objects	22.5%
Accident during welding	19.3%
Unclassified physical injuries	18.0%
Heat/burn injuries	12.5%
Heart attack and brain haemorrhage	10.0%
Suicide attempt	4.0%
Others	8.7%

**Table 2.** The types of diseases experienced onboard ships.

Type of disease	Percent
Dorsalgia	15.0%
Renal colic	14.0%
Foreign object in eye	11.0%
Pain (unclassified)	10.5%
Eye diseases	9.0%
Skin disease (Dermatoses)	8.0%
Dental cavities	5.0%
Others	27.5%

The results confirm the challenging nature of the maritime industry. The most obvious health problem is “bumps, compression, crushing, inward growth of objects while working on the ship” with a percentage of 22.5%. The second most common health problem in the records is “accident during welding” with 19.3%, and “unclassified physical injuries” is in third place with 18%. Moreover, it has been seen that dorsalgia, which occurs as a result of difficult work conditions is the most common disease type, with 15.0% percent. The second is renal colic, with 14.0%, and the following one is foreign object in eye, with 11.0% percent.

The IMO provides regulations regarding the provision of health standards of seafarers and the determination of the content of medical training of the seafarers with the STCW Convention. The STCW Convention requires that every seafarer shall hold a valid medical certificate issued in accordance with the provisions of regulation I/9 and of Section A-I/9 of the STCW Code. (STCW, 2010). For this reason, the content of the STCW code’s seafarer medical training tables has been examined in detail. Table A-VI/1-3 indicates the scope of the specifications for minimum standards of competence in elementary first aid courses required for all seafarers. The scope of the course, which is required for officers and determines the specification of the minimum standard of competence in medical first aid, is given in table A-VI/4-2. And finally, the scope of the specification of minimum standard of competence in medical care course, which is required for chief officers and masters, is table A-VI/4/1 of the STCW Code. In addition, the chapters of the International Medical Guide for Ships, which is an important source, were used in determining the module contents.

#### 4.1.2 Questionnaire Survey

The online questionnaire was prepared in two parts, consisting of different questions for seafarers and maritime doctors. A total of 314 seafarers and medical doctors participated in the survey. Two hundred seventy-nine were seafarers, and 35 were medical doctors dealing with maritime affairs. Among the sailors who participated in the survey, together with officer and rating levels, on average 65.0% work on deck, 25.0% in machinery, and 10.0% in other positions. More specifically, the participants surveyed included 110 ocean-going masters, 47 ocean-going chief officers, 34 ocean-going watch officers, 43 ocean-going chief engineers, 17 first engineers, 8 second engineers, 17 deck and engine cadets, and 26 other positions. Also, the maritime doctors were 32 general practitioners and 3 specialists.

In order to identify the issues that seafarers feel are inadequately handled in medical treatment onboard, the 11 most common health problems onboard were added to the questionnaire (Table 3).

Five topics were identified by seafarers as the most important training needs related to maritime health and medical treatment onboard ship: medical first aid application (72.04%); burns, scalds, and the effects of heat and cold (62.01%); injection and serious fluid application (54.48%); fractures, dislocations, and muscular injuries (47.67%); and pharmacology and drugs (47.31%). In another part of the survey, seafarers were asked to choose the first 3 additional training programs they would like to see during the information acquisition phase. As a result, it has been determined that the seafarers want to receive training where they can gain experience with the practices; they think that model courses should be developed, and need online platforms where they can easily access information.

**Table 3.** Most important training needs related to maritime health and medical treatment, according to seafarers

Health Problem	Response percentage	Response number
Medical first aid application	72.04%	201
Burns, scalds, and effects of heat and cold	62.01%	173
Injection and serious fluid application	54.48%	152
Fractures, dislocations, and muscular injuries	47.67%	133
Pharmacology and drugs	47.31%	132
Physical examination of casualty or patient	40.86%	114
medical care of rescued persons	40.86%	114
Pandemic and infectious diseases	34.77%	97
Drowning and intoxication	31.9%	89
Spinal injuries	22.58%	63
Sterilization	19.35%	54

The second stage of the questionnaire was conducted with maritime doctors. This section aims to determine the subjects on which doctors need training related to the maritime industry and vessels, and the extent of seafarers’ medical knowledge based on the experience of doctors. On average, 85% of the doctors surveyed had more than 10 years of professional experience. Doctors were asked whether seafarers had adequate training in the practice of medical first aid. 15% of the doctors said that the seafarers are

**Table 4.** Most important training needs related to maritime health and medical treatment, according to maritime doctors

Health Problem	Response percentage	Response number
Medical first aid application	97.14%	34
Injection and serous fluid applications	71.43%	25
Fractures, dislocations, and muscular injuries	65.71%	23
Burns, scalds, and effects of heat and cold	65.71%	23
Pandemic and infectious diseases	60.00%	21
Drowning and intoxication	51.43%	18
Physical examination of patient	34.29%	12
Medical care of rescued persons	34.29%	12
Sterilization	25.71%	9
Pharmacology and drugs	25.71%	9
Spinal injuries	22.86%	8

definitely inadequate, while 40% said they are not adequate. Maritime doctors assessed the topics that reflect the most important training needs related to maritime health and medical treatment for seafarers onboard ships (Table 4).

34 out of 35 doctors surveyed emphasised that seafarers need training in medical first aid burns and fractures (second place) and drowning and intoxication (third place). The questionnaire, documentation review, and research of previous year records are an essential basis for creating training modules.

### 3.2. Data Processing

The data processing step refers to the period in the project when the carefully collected data is evaluated and implemented. In this step, training modules were prepared with the analysed data and the joint participation of all partners. The project aimed to create a platform that seafarers and maritime doctors can easily access by transforming the prepared modules into e-training courses (web-based e-learning/training platform).

#### 4.2.1 Modules Preparation

A total of 24 training modules were prepared according to the result of the survey. The modules consist of three parts. These include Training Module for Rating Level of Seafarers (indicated by R), Training Module for Officer Level of Seafarers (indicated by O), and Training Module for Maritime Doctors (indicated by MMD).

The training modules have been prepared based on the subject scopes in the STCW code training content tables. The modules for ratings enable seafarers to remain competent at implementing basic life-saving techniques and know-how to handle an emergency. The purpose of the training for the officers is to provide refreshment courses and increase practical capabilities in harsh medical environments, such as applying bandages, placing intravenous access, suturing wounds, administering strong painkillers, treating hypothermia, treating toothaches, etc. Finally, the training modules created for maritime doctors aim to familiarise them with the working environment onboard and improve their knowledge of marine diseases, injuries, and accidents. Under three main headings, 24 training modules have been created for ratings, officers, and maritime doctors (**Table 5**). Each module consists of a handout section that provides information in the form of a reading, a multiple choice question section to test what participants have learned, and a 2D/3D animation/video section based on visual learning.

#### 4.2.2 Creating Web Platform

In addition to training modules, a Web platform was created to allow information sharing related to a common set of medical concerns of seafarers, health and safety risk assessment based on historical data regarding accidents and injuries, and health problems. Furthermore, the e-training courses (web-based e-learning/training platform) provide instant access to information in modules. Users will access the training courses by logging into their accounts with their user IDs and password. Hence, seafarers, maritime students, maritime medical students, and maritime professionals can continue their medical training anywhere.

**Table 5.** Content of training modules.

Trainings	Modules	Content of training
Training-1	MMD	Familiarisation to shipboard working environment
Training-2	O	Maritime medical environment and publications
Training-3	MMD	Maritime accidents and injuries
Training-4	MMD	Common maritime diseases
Training-5	O	Medical equipment used onboard
Training-6	R & O	Using materials in emergency medical kits
Training-7	R & O	Body structure and functions (including circulatory and respiratory system)
Training-8	R & O	Medical first aid application (including position casualty, causality assessment, resuscitation technique, bleeding control, cardiac massage, basic shock management, etc.)
Training-9	O	Burns, scalds, frostbite, and the effects of heat
Training-10	O	Fractures, dislocations, and muscular injuries
Training-11	O	Head and spinal injuries
Training-12	O	Wounds, wound healing, and infection (including sterilisation, bandaging, etc.)
Training-13	O	Cardiac arrest, drowning, and intoxication (chemical, gas, etc.)
Training-14	O	Food poisoning and seasickness
Training-15	O	Minor surgical treatment (including technique of sewing and clamping)
Training-16	O	Injection and serous fluid application
Training-17	MMD	Psychologic and mental problems of seafarers
Training-18	O	Tropical and infectious diseases (including pandemics)
Training-19	O	Dental care
Training-20	R & O	Rescue and transport causality (including elementary medical care of rescued person)
Training-21	O	Basic pharmacology and drugs
Training-22	MMD & O	Telemedicine
Training-23	R & O	Evacuation of casualty from enclosed space
Training-24	MMD	Seafarer's medical examination for doctors

#### 4. Conclusion

Mariners' health is the most critical situation in the safe operation of ships at sea. The safety and health standards of seafarers are essential not only for the themselves but also for maritime safety. For this purpose, continuous improvements are made by maritime and labour organizations around the world to improve the health conditions of personnel working on ships, and the determined working standards are published. Countries serving in the maritime sector also update their legislation and carry out the necessary studies according to these international standards. Seafarers have a different working environment than people on land. It is characterised by huge distances and long periods in which immediate intervention by a doctor is impossible. When someone becomes ill or injured under these harsh conditions, seafarers with little or no medical experience may have to contend with illness or injury for days or in an emergency even need to save the casualty from death. First aid at sea and intervention for the patient in an emergency require practical knowledge. However, the training and courses that seafarers receive are theory-oriented. Therefore, they have difficulties in the implementation phase. The project plans to overcome these difficulties by supporting the training modules with 2D and 3D practical training. Currently, medical attention that can be obtained may be limited to radio medical advice. The study's primary purpose is to enable seafarers to quickly access the medical information they need.

Due to the adverse health effects of harsh working conditions on seafarers and the lack of medical services provided to seafarers, it is very important to improve the scope and quality of services and to create an international medical platform for seafarers around the world to follow.

The target groups of the study are maritime doctors, crew onboard ships (deck and engine ratings as well as deck and engine officers), shore-based maritime professionals such as DPAs (Designated person ashore), HSEQ (Health, Safety, Environment, and Quality) managers, and maritime health authorities. The expected results of the training modules are to enhance the medical knowledge level of seafarers as much as possible to perform medical interventions easily onboard ship, to develop e-training courses (web-based e-learning/training platform), to improve the medical consciousness of seafarers and maritime doctors, to transform theoretical medical knowledge into high-quality practical training, and to increase the knowledge level of maritime doctors about the shipboard working environment as well as marine-specific injuries, diseases, and illnesses. The potential longer benefit of the projects is recognition of the training program by European sea transportation operators, which will raise the health consciousness of seafarers with the result of making them more knowledgeable. However, it will also immensely contribute to the training of maritime doctors. Furthermore, since the project improves training modules for maritime doctors and seafarers, it can be the first unique internationalised web-based e-learning platform.

---

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

**Author Contributions:** Conception/Design of Study- E.A., Ö.A., S.S.A., E.U.; Data Acquisition- E.A., Ö.A., S.S.A., E.U.; Data Analysis/Interpretation- E.A., Ö.A., S.S.A., E.U.; Drafting Manuscript- S.S.A., E.A. ; Critical Revision of Manuscript- S.S.A., E.A.; Final Approval and Accountability- E.A., Ö.A., S.S.A., E.U.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** This project funding from the Turkish National Agency (EU) “KA202 - Strategic Partnerships for vocational education and training” program.

**Acknowledgment:** This article is produced from the EU Erasmus + Project entitled “**Maritime Health Trainings for Seafarers and Doctors (MariHEALTH)**” (Project grant no: 2019-1-TR01-KA202-076813) and has received funding from the Turkish National Agency (EU) “KA202 - Strategic Partnerships for vocational education and training” program. Project web-site (<https://marihealth-project.maritimehealth.org/>).

---

## References

- An, J., Liu, Y., Sun, Y., & Liu, C. (2020). Impact of work–family conflict, job stress and job satisfaction on seafarer performance. *International journal of environmental research and public health*, 17(7), 2191.
- Andrei, D. M., Griffin, M. A., Grech, M., & Neal, A. (2020). How demands and resources impact chronic fatigue in the maritime industry. The mediating effect of acute fatigue, sleep quality and recovery. *Safety science*, 121, 362-372.
- Carotenuto, A., Molino, I., Fasanaro, A. M., & Amenta, F. (2012). Psychological stress in seafarers: a review. *International maritime health*, 63(4), 188-194.
- Chen, B., & Li, J. (2020). Smart Health Management Framework for Maritime Communication System. *Journal of Coastal Research*, 104(SI), 286-290.
- Doumbia-Henry, C. (2020). Shipping and COVID-19: protecting seafarers as frontline workers. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 19(3), 279-293.

- Hadjichristodoulou, C., Mouchtouri, V. A., Guglielmetti, P., Lemos, C. M., Nichols, G., Paux, T., ... & Kremastinou, J. (2013). Actions for prevention and control of health threats related to maritime transport in European Union. *Travel medicine and infectious disease*, 11(4), 238-242.
- Henes, F. O., Stappenbeck, P., Tahir, E., Koehler, A., Petutschnigg, B., Adam, G., & Bannas, P. (2020). Implementation of a 24-Hour Teleradiology Service for Cruise Ships: A Pilot Study. *American Journal of Roentgenology*, 214(4), 754-760.
- IMO, STCW Code Regulations (2010). Mandatory Minimum Requirements Related to Medical First Aid and Medical Care
- Idnani S. (2013) The sea as a working place. In: Carter T, Schreiner A (eds) Textbook of maritime medicine, 2nd edition. Norwegian Centre for Maritime Medicine, Bergen <<http://textbook.ncmm.no/>>.
- Lucas, D., Lodde, B., Jepsen, J. R., Dewitte, J. D., & Jegaden, D. (2016). Occupational asthma in maritime environments: an update. *International maritime health*, 67(3), 144-152.
- Lucas, D., Jago, C., Jensen, O. C., Loddé, B., Pougnet, R., Dewitte, J. D., ... & Jegaden, D. (2021). Seafarers' mental health in the COVID-19 era: lost at sea. *International maritime health*, 72(2), 138-141.
- Moon, S. B., Jung, U. S., Ha, H. D., Jun, S. H., & Kim, J. H. (2006). A study on health status and occupational stress of seafarer. In *Proceedings of the Korean Institute of Navigation and Port Research Conference* (pp. 39-46). Korean Institute of Navigation and Port Research.
- Ildenburg, M., Jensen, H. J., Latza, U., & Baur, X. (2009). Seafaring stressors aboard merchant and passenger ships. *International journal of public health*, 54(2), 96-105
- Oldenburg, M., & Jensen, H. J. (2019). Maritime field studies: methods for exploring seafarers' physical activity. *International maritime health*, 70(2), 95-99.
- Nninga, L., Lorentzen, A. K., & Davis, C. (2020). A telemedicine case series for acute medical emergencies in Greenland: a model for austere environments. *Telemedicine and e-Health*, 26(8), 1066-1070.
- Pougnet, R., Pougnet, L., Allio, I., Lucas, D., Dewitte, J. D., & Loddé, B. (2018). Maritime environment health risks related to pathogenic microorganisms in seawater. *International maritime health*, 69(1), 35-45.
- Roberts, S. E., Jaremin, B., & Lloyd, K. (2013). High-risk occupations for suicide. *Psychological medicine*, 43(6), 1231-1240.
- Sagaro, G. G., & Amenta, F. (2020). Past, present, and future perspectives of telemedical assistance at sea: a systematic review. *International Maritime Health*, 71(2), 97-104.
- Agaro, G. G., Battineni, G., Chintalapudi, N., Di Canio, M., & Amenta, F. (2020). Telemedical assistance at sea in the time of COVID-19 pandemic. *International maritime health*, 71(4), 229-236.
- Shah, B., Andrioti, D., & Jensen, O. C. (2018). Training needs among maritime professionals: a cross sectional study. *International maritime health*, 69(2), 129-136.
- Sossai, P., Uguccioni, S., Mela, G. S., DiCanio, M., & Amenta, F. (2020). Coronavirus variant COVID-19 pandemic: a report to seafarers. *International maritime health*, 71(3), 191-194.
- World Health Organization International health regulations. (2005). Viewed 22 October 2021 <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/246107/9789241580496-eng.pdf>>
- Zhang, P., & Zhao, M. (2017). Maritime health of Chinese seafarers. *Marine Policy*, 83, 259-267.







Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)

**JTL**

Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1062266

RESEARCH ARTICLE

## Determination of Officer of the Watch Selection Criteria for Ship Types

Ozan Hikmet Arıcan<sup>1</sup> , Olgay Okşas<sup>2</sup> 

### ABSTRACT

Maritime education is given in accordance with the Training, Certification, and Watchkeeping Standards of Seafarers (STCW) around the world. These standards provide seafarers with the necessary licenses and certificates to work on board but their operational performance depends on their personal characteristics and qualifications. In order to minimize personnel-induced risks and related costs while at the same time enhancing operational efficiency, it is essential to choose personnel whose qualifications best match the ship/cargo type. There are many officers of the watch (OOW) with different qualifications and educational histories in the maritime sector. Choosing the most suitable among these OOWs specific to the ship/cargo is more difficult than the selection of masters. In the light of this, this study focuses on an appropriate selection process of OOWs and aims to identify the predominant selection criteria according to two main types of vessel: tankers and general cargo ships. The priorities of selection criteria based on the type of vessel are outlined for employing the OOW. Analytical Hierarchy Process (AHP) is used to determine the relative weights of OOW selection criteria. The study concludes that the global relative weight distributions of criteria for tankers and general cargo ships are quite different from each other, except for experience. It is thought that the criteria determined will provide companies with a more accurate evaluation advantage in the selection of OOWs.

**Keywords:** Ship Personnel Selection, AHP Method, Tankers, General Cargo Ships, Officer of the Watch

Submitted: 24.01.2022 • Revision Requested: 01.03.2022 • Last Revision Received: 05.04.2022 • Accepted: 14.04.2022

<sup>1</sup> Ozan Hikmet Arıcan (Lecturer), Kocaeli University, Department of Maritime Transportation Management Engineering, Kocaeli, Türkiye.  
E-mail: [ozanhikmet.arican@kocaeli.edu.tr](mailto:ozanhikmet.arican@kocaeli.edu.tr) ORCID: 0000-0003-2061-6112

<sup>2</sup> **Corresponding author:** Olgay Okşas (Dr.), Istanbul University, Cerrahpaşa, Department of Maritime Transportation Management Engineering, Istanbul, Türkiye.  
E-mail: [olgay.oksas@iu.edu.tr](mailto:olgay.oksas@iu.edu.tr) ORCID: 0000-0001-8235-6526

**Citation:** Arıcan, O.H. & Okşas, O. (2022). Determination of officer of the watch selection criteria for ship types. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 169-183. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1062266>



## 1. Introduction

Human error is one of the most frequent causes of maritime accidents. Between the years 2000 and 2018, human error accounted for over 90% of all ship accidents (Pense, 2018). In order to minimize human-induced risk on ships, the International Maritime Organization (IMO) and the International Labor Organization (ILO) introduced the Training, Certification, and Watchkeeping Standards of Seafarers (STCW 78/95) and the Maritime Labor Convention in 2006 (MLC 2006). This ensures that the maritime education being given by various educational institutions around the world is conducted according to STCW. The level of this education differs depending on the type of school, be it private, public, high school, vocational school, or schools which offer graduate degrees. Furthermore, a certain amount of training is needed to keep up with the updates in maritime education even after working on board after graduation. The licenses and certificates that are given to seafarers at the end of these training sessions indicate their competence to work at sea. Although all personnel working on board have the qualifications to work aboard ship, their operational performance depends on their personal characteristics and qualifications as well.

Since a ship is a closed structure, human relations on board and the process of adaptation to the ship are important issues. Moreover, ship operations carry many risks owing to their nature and the ship crew plays a great part in the emergence and/or prevention of those risks. Hence, the personal characteristics of seafarers are important in regard to maritime safety. The qualifications of ship personnel affect all stakeholders in maritime transport such as insurance companies, financial investment companies as well as ship owners and operators. Therefore, choosing appropriate personnel for the ship becomes an important issue.

Shipping companies may have a different number of vessels in their fleet. The technical characteristics of the ships in each fleet, the types of cargo they carry, and the routes they travel are very different from each other. Depending on these factors, the ship operation processes and the operational risks may differ. Accidents caused by dangerous goods are particularly common on ships. In this respect, it is important to select the ship's personnel by determining appropriate criteria specific to the ship/cargo type in terms of increasing operational efficiency, minimizing human-induced risks, and related costs.

Maritime companies generally select the crew for ships through subjective or objective methods. Due to their limited number, it is often an easy matter for companies to choose suitable masters who are already specialized in one type of cargo and who have previous experience. However, the selection of the most suitable OOW is no easy matter, as there are high numbers of OOWs with different educational histories and qualifications in the maritime industry. Added to this, most of them are recent graduates. In this respect, in order to manage the process well, it is necessary to develop decision methods specific to the ship/cargo type for the selection of OOWs.

Although various academic studies on the selection of ship personnel have been carried out, only a few of them deal with selecting the appropriate personnel for a particular ship

type. However, there is no research that focuses on the selection criteria of OOWs based on type of ship. Most of the approaches used in these studies make it difficult to assess applicants in practice because of the high number of criteria determined. More selective and practical decision methods specific to the ship/cargo type are needed for companies to choose suitable OOWs.

In this context, this study aims to determine the selection of appropriate OOWs in terms of type of vessel. The ship types were categorized under two main groups: tankers and general cargo ships. The study particularly aims to identify the predominant criteria in the selection of OOWs. Due to the specific requirements, it is inevitable that there will be differences in the OOW selection criteria of these ship types. In this regard, a questionnaire was conducted with maritime companies in Turkey. The relative weights of the criteria related to the selection of OOWs are determined using the AHP method. Thus, the criteria priorities for both ship types are discussed comparatively and the required qualifications of OOWs are also determined according to the type of ship. The unique feature of this study is that different criteria based on ship types are proposed in order to provide shipping companies with a more effective OOW selection process.

## 2. Literature review

Various academic studies related to human resources and personnel selection in the maritime industry have been carried out and multi-criteria decision-making (MCDM) approaches are used in these studies for the assessment of the applicants. Acer and İnci (2020) conducted a study on the selection of personnel for port yard operations. They evaluated six main criteria and 27 sub-criteria in their study using the AHP-based MOORA (Multi-objective Optimization on the basis of Ratio Analysis) method and selected the most ideal applicant for yard operations. By addressing the problem of personnel selection in a port operation, Efe and Kurt (2018) created a decision-making model using AHP and fuzzy TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) applications. They offered distance and similarity-based solutions to port management in the selection of human resources experts.

In addition to these studies related to port management, various other studies are concerned with the selection of ship personnel. However, most of these deal with the selection of seafarers without specifying their particular duties. Furthermore, these studies do not take into account the type of ship that personnel work on. Ertürk et al., (2017) conducted a study on the determination of the recruitment process required by personnel departments of maritime companies regarding the stages of recruitment. Ding and Liang (2005) conducted a study for the selection of seafarers of Taiwan-flagged ship owners. The Binary Logit Model was used for the selection of seafarers. In the study, seafarer selection was made using 16 different factors. Koutra et al. (2017) used the AHP method to approach candidate recruitment processes by addressing the issue of multiple criteria selection in the Greek maritime industry and the selection of seafarers in the maritime sector. They introduced a new criterion sorting technique based on Correspondence Analysis (CA) using a powerful data-based approach that does not rely on priority scales to pick the highest-evaluated criteria. Wang and Tae Yeo (2016) conducted a study on the selection of seafarers from

other countries to work on Korean flagships. Delphi, Fuzzy AHP, and Fuzzy TOPSIS were the employed methods in the study. During the study, seafarers from five countries were evaluated according to 15 criteria.

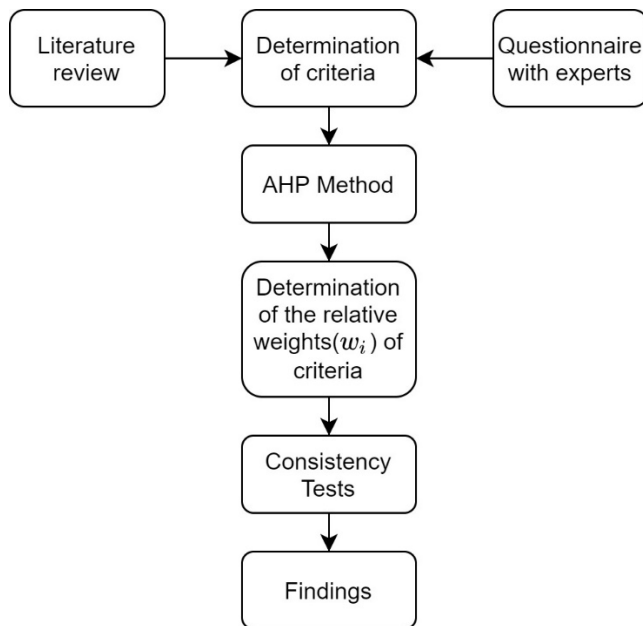
Unlike the studies outlined above, Celik et al., (2009) conducted research which focused particularly on the selection of masters for ships. In the study, they used four main criteria and 28 sub-criteria for the master selection using the ANP (Analytic Network Process) method. As a result of the study, they proposed a model for maritime companies and proposed to develop a computer-based test and a human-based interview. Different from all the studies that do not make a distinction regarding ship type, FıŖkın and Zorba (2015) dealt with personnel selection criteria for tankers that are leased by Major Oil Companies (MOC). They used the weighting scoring method with the data obtained verbally from 12 tanker company officials. Their study showed that tanker ship experience, foreign language, and references are the most important selection criteria for candidates hoping to work on tanker ships. Another study on tankers was carried out by Elidolu et al., (2020). Using the fuzzy AHP method they proposed a solution to a tanker company regarding which criteria should be highlighted in the recruitment of a captain and which of the candidates would be the most suitable.

Similar to this study, there are several other studies that deal with OOWs specifically. However, the main focus of their research was not the selection of appropriate OOWs for the type of vessel. Kececi et al., (2015) studied the performance evaluation of ship officers employed by shipping companies. They considered 34 variables which are grouped into nine categories regardless of ship type. Another study carried out by Uğurlu (2015) researched the problem of appropriate ship selection of graduate officers. Uğurlu developed a model that determines which ship is selected by officers using the fuzzy AHP method. Kartal et al. (2019) proposed a model to identify the qualifications of an ideal OOW by comparing multinational officers. They used the fuzzy AHP method to compare officers from chosen countries and determined main and sub-criteria for both positive and negative aspects.

Unlike the studies mentioned above, the scope of this study is the appropriate OOW selection specifically for the two main ship types.

### 3. Methodology

Priorities of OOW selection criteria were determined specific to the type of vessel. For this aim, ships were divided into two main groups, namely a group of tankers (GoT) and a group of general cargo ships (GoG), according to the characteristics of transported cargo. In the study, GoT includes Chemical and LPG ships, and GoG consists of Container, Dry cargo, and Ro-Ro. In this regard, a questionnaire was conducted to determine the criteria and the priorities that maritime companies consider in the selection of OOWs. The general methodology for determining OOW selection criteria is given in Figure 1. This methodology is valid for both groups of ships.



**Figure 1.** Methodology for determining OOW selection criteria

AHP method was used to determine the relative weights of OOW selection criteria as specific to the ship type and the relative criteria weights were calculated using the Expert Choice program. AHP is a mathematical method that can evaluate both quantitative and qualitative variables at the same time and enables the qualitative criteria to be converted into quantitative. AHP also allows decision-makers to model complex problems in a hierarchical structure that shows the relationship between the main criteria, sub-criteria and alternatives (T. Saaty & Vargas, 2012). Since the criteria for the selection of personnel are of a qualitative nature AHP can be used to transform these criteria into a quantitative structure in order to develop a more objective perspective (Ilgaz, 2018).

### **3.1. Determination of criteria and sub-criteria**

In order to determine criteria and sub-criteria, twenty human resource managers working in Turkish maritime companies and involved in the selection of OOWs were contacted. They were selected from the personnel departments of major shipping companies and they all have at least ten years of experience in the shipping industry. All of them have maritime-related university degrees. When selecting them, we also took into account the type of ship that their company has and the number of seafarers employed in these ships. Out of twenty companies, one has ten general cargo ships, another has eight tanker ships, and the rest of the companies have an average number of five ships. The distribution of the number of seafarers is similar to the number of vessels. Table 1 shows both the total number of ships and the number of seafarers employed by these companies. Data was collected via online or face-to-face semi-structured interviews. The personnel selection criteria in the literature was discussed and then a questionnaire to determine the specific OOW criteria and the hierarchy of criteria was conducted with the experts. Open-ended questions were also included in the questionnaire.

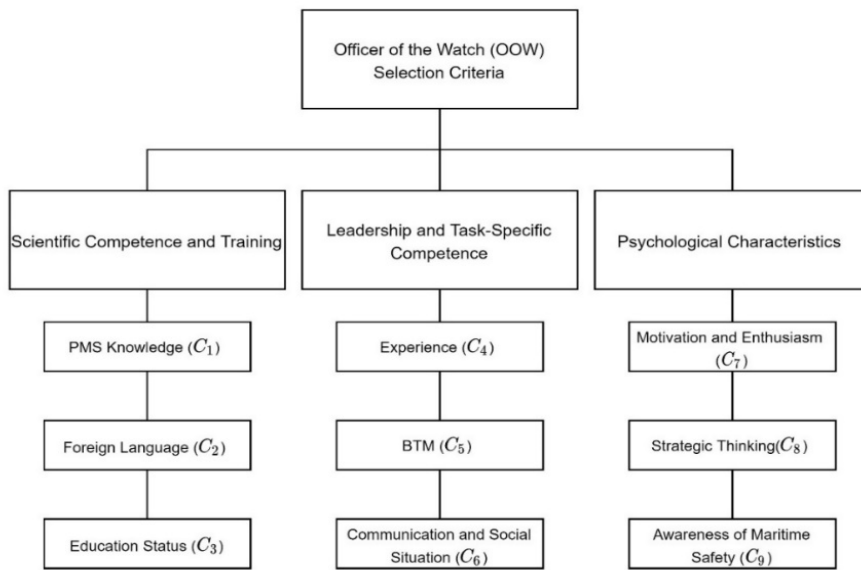


Figure 2. OOW selection criteria.

Table 1. Total number and type of ships of the companies

Type of Ship	Number of Companies	Number of Ships	Total Number of Seafarer Employment
Group of Tankers	10	50	1123
Group of General Cargo Ships	10	53	1078

To determine the deck officer selection criteria, the studies of Celik et al., (2009); Cicek, Akyuz, & Celik, (2019); Efe & Kurt, (2018); Fışkın & Zorba, (2015); Kartal et al., (2019); and Koutra et al., (2017) were comprehensively examined to find out the criteria used in the maritime industry. While some of the criteria in these studies were common such as experience, educational status, foreign language and communication skills, there were several differences in many of the criteria and also in their classification. Due to the need for criteria specific to OOW selection as well as these differences, the main and sub-criteria were determined and classified according to the interviews with the experts.

Consequently, three main criteria were identified as being relevant in the selection of OOWs. These main criteria are scientific competence and training, leadership and task-specific competence, and psychological characteristics. Three sub-criteria were determined for each of these main criteria. The identified main criteria and sub-criteria are shown in Figure 2. Explanations about the main and sub-criteria are also given in Table 2.

**Table 2.** Explanations of main and sub-criteria.

Scientific Competence and Training	This refers to the education level obtained by the OOW and competence in the knowledge of the planned maintenance system (PMS) used in ships in parallel with foreign language knowledge and skills in technology .
PMS Knowledge (C1)	This involves knowing the PMS planned maintenance system, making data entries, and following the departments that are responsible for the ship.
Foreign Language (C2)	Demonstrates the officer's ability to speak and write in maritime English.
Education Status (C3)	The quality of the diploma he/she received from the last school he/she studied (High School – undergraduate - graduate – postgraduate)
Leadership and Task-Specific Competence	This can be defined as the leadership competencies of the OOW in terms of Bridge Team Management (BTM) and communication skills on board as well as his/her previous sea experience.
Experience (C4)	Refers to the length of time that the officer was on the same mission and total sea experience on board. It also includes job references.
Bridge Team Management (C5)	This refers to the consistency and level of knowledge about teamwork with other watchkeeping officers on the bridge, thus ensuring safe navigation and properly implemented bridge team management procedures.
Communication and Social Situation (C6)	This demonstrates the high level of cooperation and understanding of the officer during the work on board. It includes rules for interpreting the social interactions of officers in the ship environment.
Psychological Characteristics	This is related to the main characteristics and personality traits of the OOW combined with their occupational experience.
Motivation and Enthusiasm (C7)	These are the driving forces that encourage employees to mobilize and pursue goals in the ship environment.
Strategic Thinking (C8)	This demonstrates an important reasoning feature in making personal and professional decisions. It refers to a deliberate and rational thought process that focuses on the analysis of critical factors and variables that will affect the long-term success of a ship bridge team or an individual.
Awareness of Maritime Safety (C9)	In addition to the knowledge of the basic maritime rules that the officer has learned at the school he/she graduated from, he/she demonstrates his/her ability to adapt to the new maritime safety rules developed as a result of technological developments.

### 3.2. Determination of the relative weights of criteria

To determine the relative weights of criteria using AHP, it is first necessary to create the pairwise comparison matrix ( $A_{n \times n}$ ) such as the one below that indicates the relative importance of the criteria (Saaty and Vargas 2012).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \tag{1}$$

Where the element ( $a_{ij}$ ) denotes the relative importance of the  $i$ -th criteria compared to the  $j$ -th criteria ( $i, j=1, \dots, n$ ).  $a_{ij}$  is determined based on the scores of experts using the 1-9 importance scale given in Table 3. If the value of the element  $a_{ji}$  in this matrix is  $k$ ,

**Table 3.** 1-9 importance scale (Saaty 1990).

Intensity of importance	Explanation
1	Two activities contribute equally to the objective
3	Experience and judgment slightly favor one activity over another activity
5	Experience and judgment strongly favor one activity over another activity
7	Activity is favored very strongly over another
9	Evidence that favors one activity over another has the highest possible level of affirmation.
2,4,6,8	Intermediate values

$a_{ji}$  will be equal to  $1/k$ .

Then, to formulate the normalized pairwise comparison matrix ( $B_{n \times n}$ ) the pairwise comparison matrix ( $A_{n \times n}$ ) is normalized by the following equation,

$$b_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \tag{2}$$

The relative weights of the criteria are the average of the row elements of the normalized pairwise comparison matrix ( $B_{n \times n}$ ) That is, the relative weight of  $i$ -th criteria ( $W_i$ ) is calculated as follows,

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_{ij} \tag{3}$$

To test the (CR) consistency degree of the pairwise comparison matrix, the consistency ratio must be calculated as follows,

$$CR = CI/RI \tag{4}$$

$RI$  and  $CI$  are the random index value and the consistency index value for the matrix ( $A_{n \times n}$ ) respectively. The random index value  $RI$  can be determined using the table of random index values or the following equation,

$$RI = \frac{1.98 (n-2)}{n} \tag{5}$$

The consistency index value  $CI$  is calculated by the following equation,

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \tag{6}$$



where,  $\lambda_{max}$  is the largest eigenvalue. If the  $CR$  value is less than 0.1, the pairwise comparisons are consistent (Taha 2017; Saaty and Vargas 2012). Otherwise, the analysis should be reviewed from the beginning and rearranged with different values if necessary.

#### 4. Results

The relative importance score of each criterion in the pairwise comparison matrix is determined based on the arithmetic mean of the scores given by the experts. These scores given by each expert are very close to each other. The main criteria relative weights of GoT and GoG that are calculated based on the pairwise comparison matrices are given in Table 4. The criterion psychological characteristics has the least relative weights value with 0.21 and 0.24, respectively for both GoT and GoG. Leadership and task-specific competence has the highest relative weights value with 0.54 for GoT and 0.45 for GoG.

**Table 4.** Main criteria relative weights for GoT and GoG.

Main Criteria	GoT	GoG
	Relative Weights ( $w$ )	Relative Weights ( $w$ )
Scientific Competence and Training	0.25	0.31
Leadership and Task-Specific Competence	0.54	0.45
Psychological Characteristics	0.21	0.24

Table 5 shows the sub-criteria relative weights belonging to the main criteria for both groups. While the communication and social situation criterion has the least weight value with 0.13 among the sub-criteria of leadership and task-specific competence for GoT, it also has the least weight value with 0.22 for GoG. Experience, which is another sub-criterion of leadership and task-specific competence, has the highest values with 0.45 and 0.55 respectively for GoT and GoG.

The relative weight of foreign language is 0.49 for GoT and 0.48 for GoG. These values are the highest sub-criterion weights for scientific competence and training. Awareness

**Table 5.** Sub-criteria weights for GoT and GoG.

Sub-Criteria	GoT	GoG
	Sub-Criteria Weights	Sub-Criteria Weights
<b>Scientific Competence and Training</b>		
C <sub>1</sub> PMS Knowledge	0.28	0.30
C <sub>2</sub> Foreign Language	0.49	0.48
C <sub>3</sub> Education Status	0.22	0.23
<b>Leadership and Task-Specific Competence</b>		
C <sub>4</sub> Experience	0.45	0.55
C <sub>5</sub> BTM	0.41	0.23
C <sub>6</sub> Communication and Social Situation	0.13	0.22
<b>Psychological Characteristics</b>		
C <sub>7</sub> Motivation and Enthusiasm	0.24	0.37
C <sub>8</sub> Strategic Thinking	0.15	0.54
C <sub>9</sub> Awareness of Maritime Safety	0.59	0.08

of maritime safety has the highest relative weight with 0.59 among the sub-criteria of psychological characteristics for GoT. Its value is 0.08 for GoG. The sub-criterion having the highest relative weight among the sub-criteria of psychological characteristics is strategic thinking with a value of 0.54 for GoG.

The main criteria consistency ratios of pairwise comparison matrices for GoT and GoG are calculated as 0.0021 and 0.0070 respectively. Also, sub-criteria consistency ratios are shown in Table 6 for GoT and GoG. It can be seen that all ratios are less than 0.1 which means they are consistent.

**Table 6.** Consistency ratio of pairwise comparison matrices for GoT and GoG.

Pairwise comparison matrices	GoT	GoG
	Consistency Ratio	Consistency Ratio
Scientific Competence and Training	0.0669	0.0020
Leadership and Task-Specific Competence	0.0247	0.0530
Psychological Characteristics	0.0433	0.0750

Global relative weights of sub-criteria and selection ranks are given in Table 7. Experience has the highest global relative weight value with 0.243 and is ranked in first place in the selection for GoT. BTM is the second with 0.222 and awareness of maritime safety is the third with 0.125. Strategic thinking has the lowest global relative weight value with 0.035. Experience has the highest global relative weight value with 0.247 and it is ranked in the first place of selection for GoG as well. Foreign language with 0.148 has the second-highest value. Strategic thinking comes third with 0.130 for GoG.

**Table 7.** Sub-criteria global relative weights and ranking.

Sub-Criteria	GoT		GoG	
	Sub-Criteria Global Relative Weights	Ranking	Sub-Criteria Global Relative Weights	Ranking
PMS Knowledge (C <sub>1</sub> )	0.075	5	0.093	6
Foreign Language (C <sub>2</sub> )	0.123	4	0.148	2
Education Status (C <sub>3</sub> )	0.056	7	0.071	8
Experience (C <sub>4</sub> )	0.243	1	0.247	1
BTM (C <sub>5</sub> )	0.222	2	0.103	4
Communication and Social Situation (C <sub>6</sub> )	0.069	6	0.099	5
Motivation and Enthusiasm (C <sub>7</sub> )	0.052	8	0.090	7
Strategic Thinking (C <sub>8</sub> )	0.035	9	0.130	3
Awareness of Maritime Safety (C <sub>9</sub> )	0.125	3	0.019	9

## 5. Discussion

Scientific competence and training, leadership and task-specific competence, and psychological characteristics were determined as the main criteria for the selection of qualified OOWs. These are general criteria that indicate the characteristics of applicants in other sectors as well. Similarly, most of the sub-criteria are common personnel selection criteria. However, due to the nature of maritime transport, compliance with these criteria is more important than it is in other sectors. PMS knowledge, awareness of maritime safety, and BTM are specific only to maritime companies.

When the relative weight values of the main criteria are examined, it is seen that although the relative weights of the main criteria for GoT and GoG are different from each other, their ranking by importance is the same as each other. Leadership and task-specific competence is the most important main criterion for both groups. However, while the relative weight of this criterion for GoG is not much different from that of scientific competence and training, the relative weight of it for GoT is at least twice as high as for the other main criteria. This result demonstrates that leadership and task-specific competence is more important for GoT than for GoG.

The importance ranking of the sub-criteria of leadership and task-specific competence for both GoT and GoG is the same. Experience is the most important sub-criterion for both. However, the relative weight values of all sub-criteria are very different from each other. The most significant difference is observed between their BTM criteria. Namely, BTM and experience have nearly the same relative weight value for GoT, while the relative weight value of the experience for GoG is at least two times higher than BTM. The relative weight values of all the sub-criteria of scientific competence and training for GoT are almost the same as those for GoG. It is noted that foreign language is the most important sub-criterion for both GoT and GoG. The relative weight values of the sub-criteria of psychological characteristics for GoT and GoG are quite different from each other. Even though awareness of maritime safety for GoT is the predominant sub-criterion among other sub-criteria of psychological characteristics, it has the least importance for GoG. Similarly, strategic thinking has the highest relative weight value for GoG but it is the least important sub-criterion among other sub-criteria of psychological characteristics for GoT.

As for the global relative weight values of the sub-criteria, this study shows that there are differences in the ranking of sub-criteria between GoT and GoG except for experience. Naturally, experience is the most important sub-criterion that plays a role in the selection of OOWs for both GoT and GoG as it reflects expertise according to the type of cargo. Although the relative weight of it is almost the same for both GoT and GoG, the effects on the total score differ from each other. While it has a 24.7% effect in calculating the total score, all other criteria effects vary between 14.8% and 2%. Moreover, it has almost the same effect as BTM in determining the total score for GoT. This means that the experience score of the applicant significantly determines the total score for GoG. However, BTM has as much effect as experience in determining the score for GoT. This can be explained by the fact that BTM plays an important role in MOC inspections. The finding of this study regarding experience complies with the results of the previous study of Fışkın and Zorba (2015) about ship personnel selection for tankers. Namely, experience was the most important criterion in this study as well. This study shows that foreign language knowledge is second in the ranking for GoG, while it is fourth in the ranking for GoT. However, its effect in determining the total score is approximately the same for both.

The sub-criterion which showed distinct differences between GoT and GoG is that of strategic thinking. It is the least important sub-criterion for GoT, while it ranks as the third in the importance ranking for GoG. That is, although its effect in the determination of the total score is about 13% for GoG, this value for GoT is 3%. This might lead to the

conclusion that strategic thinking is not important for GoT because tanker operations are carried out according to the procedures. However, seamanship knowledge is used more during cargo operations in GoG, especially in any problematic situation. Another critical distinguishing sub-criterion is awareness of maritime safety. It is placed as third in the importance ranking for GoT and its effect on the total score is about 12.5%. However, it is the least important sub-criteria for GoG and it has only a 2% effect in determining the total success score. Due to the nature of the cargoes transported, issues related to maritime safety are much more important in GoT when compared to GoG. Therefore, it is requisite that the OOWs have awareness of maritime safety. There are many rules for the transportation of dangerous goods such as the International Safety Guide for Tankers and Terminals (ISGOTT), International Bulk Carrier (IBC) code, International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG), United State Coast Guard (USCG) rules, and Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals (SIGTTO) in addition to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) and the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) which regulate basic maritime rules. Accordingly, GoT is subjected to many strict commercial inspections. On the other hand, in GoG, it is sufficient to comply with MARPOL and SOLAS, which include only Port State Controls. In this respect, awareness of maritime safety by OOWs is very important for GoT.

Regarding the criterion of PMS knowledge, there is a difference of about 2% between GoT and GoG. Similarly, education status is nearly the same for the two groups. This means that, between GoT and GoG, neither of these are distinctive criteria for selecting OOWs. The effect of communication and social situation in determining the total score for GoG is 3% higher than for GoT. This result can be explained by the fact that GoT works between closer ports and there are shorter transit times as well as shorter waiting times at ports. Like communication and social situation, there is a small difference between GoT and GoG in motivation and enthusiasm.

Some of the criteria determined in this study are document-based and others are (objective and subjective) qualitative and quantitative criteria. Therefore, in order to quantitatively evaluate applicants' scores for each criterion, different assessment methods such as the scale of importance and rating out of 100 points can be used. For example, the performance of applicants according to education status and experience might be evaluated by a point given out of 100 for each level. Similarly, the performance of the applicant for other criteria might be determined out of 100 by examination or psychoanalytic tests as well. In addition, the performance of the applicant during her/his education may be taken into account with a determined score. In this respect, it is thought that using these criteria would provide a more accurate evaluation advantage and be practical for companies. In practice, pre-joining familiarization training is applied to all OOWs before their embarkment on related ships. Selecting appropriate and qualified OOWs would increase the effectiveness of the familiarization and reduce training time.

Although maritime education has global standards, the prolongation of the time from graduation or internship to starting date of employment requires that some information

be updated. Besides, some types of special ships need different certifications compared to standard vessels. Therefore, additional training can be given to the OOW candidates regarding the determined criteria for the necessary ship type, either in training institutions or in the training departments of companies. This will minimize the possible risks on the ship that may arise from the inexperience of OOWs.

In terms of personnel departments, especially if OOWs will have their first work experience on a vessel, the selection process should be done more accurately. Personnel changes are costly and not frequent due to the closed working environment of ships. For this reason, OOW candidates who will be assigned to the ship for the first time should be recruited more carefully than experienced officers.

In the study, the practice of ranking OOWs according to the total score was deemed unnecessary. That is to say, the main task of the study was to determine the dominant evaluation criteria according to the type of ship. However, in future research, OOW applicants could be ranked easily using multi-criteria decision-making methods such as AHP or/and TOPSIS, VIKOR or the weighted total method. The advantages and disadvantages of these methods as well as the features of the criteria should also be considered. An application with real data would allow the results to be compared with each other and the best method to be found. Thus, maritime companies can make the OOW evaluations more objectively with a quantitative evaluation.

## 6. Conclusions

This paper has determined the selection criteria for OOWs and the priorities of those criteria by maritime companies based on the ship types. The criteria determined in the study also reveal the qualifications that should be possessed by OOWs according to the type of vessel. The study concludes that although the main criteria priorities by maritime companies based on ship types are the same as each other, their relative weights are a little different from each other. The most important main criterion for both GoT and GoG is leadership and task-specific competence. The sub-criteria priorities of leadership and task-specific competence and scientific competence and training are the same for GoT and GoG despite the difference in the relative weight distribution. However, the sub-criteria priorities of psychological characteristics for GoT and GoG are significantly different from each other. While awareness of maritime safety is the predominant sub-criterion for GoT, it is strategic thinking for GoG.

The global relative weight distributions of sub-criteria of GoT and GoG are quite different from each other, except for experience. The results of this study demonstrate that experience is the most important sub-criterion in the selection of OOWs for both GoT and GoG. However, while experience has a predominant role in the determination of the total score for GoG, experience and BTM have an almost equal impact on GoT. Other sub-criteria having an important effect on GoT are awareness of maritime safety and foreign language. As for GoG, the prominent sub-criteria are foreign language, strategic thinking, and BTM. This study shows that the relative weights of other sub-criteria for GoG are not very different from each other, except for the awareness of maritime safety which has the least importance.

In this study, a multi-criteria decision support model was presented to help managers working in the personnel departments of maritime companies, especially in the selection process of OOWs. One of the unique aspects of the study was to develop the model through two main ship types so as to investigate the differences of the criteria compared to each ship type. Hence, it was found that all criteria did not have the same importance for GoT and GoG. For this reason, the importance of the selection criteria should be considered according to ship type.

This study showed that the proposed criteria for the assessment of OOWs should be practical and analytical in order to help managers make more accurate decisions. In this regard, the selection of qualified OOWs according to the type of ship would ensure maritime safety by minimizing human-induced risks and errors. Although the study proposes a model for only OOW selection, in future studies it could be extended to other ship personnel by determining new criteria.

---

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

**Author Contributions:** Conception/Design of Study- O.H.A., O.O.; Data Acquisition- O./H.A.; Data Analysis/ Interpretation- O.H.A., O.O.; Drafting Manuscript- O.H.A., O.O.; Critical Revision of Manuscript- O.O.; Final Approval and Accountability- O.H.A., O.O.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

---

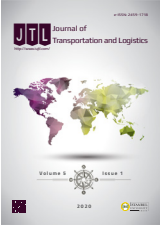
## References

- Acer, A., & İnci, H. (2020). Personel Seçimi Sürecinin AHP Tabanlı MOORA Yöntemi ile Değerlendirilmesi: Liman Saha Operasyon Elemanı Seçimi Üzerine Bir Uygulama. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 16(29 Ekim Özel Sayısı), 1–1. <https://doi.org/10.26466/opus.716542>
- Celik, M., Er, I. D., & Topcu, Y. I. (2009). Computer-based systematic execution model on human resources management in maritime transportation industry: The case of master selection for embarking on board merchant ships. *Expert Systems With Applications*, 36, 1048–1060. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.11.004>
- Cicek, K., Akyuz, E., & Celik, M. (2019). Future Skills Requirements Analysis in Maritime Industry. *Procedia Computer Science*, 158, 270–274. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.051>
- Ding, J. F., & Liang, G. S. (2005). The choices of employing seafarers for the national shipowners in Taiwan: An empirical study. *Maritime Policy and Management*. <https://doi.org/10.1080/09523980500062643>
- Efe, B., & Kurt, M. (2018). Bir Liman İşletmesinde Personel Seçimi Uygulaması. In *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi* (Vol. 8). Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi: Bülent Ecevit University. <https://doi.org/10.7212/zkufbd.v8i2.750>
- Elidolu, G., Uyanık, T., & Arslanoğlu, Y. (2020). Seafarer personnel selection with Fuzzy AHP. *5th International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2020)*, 632–636. Antalya.
- Ertürk, A., Demirel, O., & Polat, M. (2017). A holistic approach for HR selection and placement process: A model proposal for maritime industry. *Journal of Naval Sciences and Engineering*, 13(2), 1–13.
- Fışkın, R., & Zorba, Y. (2015). An Analysis of The Effects of Major Oil Companies on Crew Selection Criteria for Tanker Operating Ship Management Companies. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 7(2), 154–170.
- İlgaz, A. (2018). Lojistik Sektöründe Personel Seçim Kriterlerinin Ahp ve TOPSIS Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Journal of Süleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, 3(32), 586–605.

- Kartal, Ş. E., Uğurlu, Ö., Kaptan, M., Arslanoğlu, Y., Wang, J., & Loughney, S. (2019). An analysis and comparison of multinational officers of the watch in the global maritime labor market. *Maritime Policy & Management*, 46(6), 757–780. <https://doi.org/10.1080/03088839.2019.1597290>
- Kececi, T., Bayraktar, D., & Arslan, O. (2015). A Ship Officer Performance Evaluation Model Using Fuzzy-AHP. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*, 5(1). <https://doi.org/10.17265/2159-5879/2015.01.004>
- Koutra, G., Barbounaki, S., Kardaras, D., & Stalidis, G. (2017). A Multicriteria Model for Personnel Selection in Maritime Industry in Greece. *2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI)*, 1, 287–294. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CBI.2017.52>
- Pense, C. (2018). Deniz kazalarında insan faktörü ve bir çözüm olarak e-seyir. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(2), 72–86.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)
- Saaty, T., & Vargas, L. (2012). Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. In ... *-Driven Demand and Operations Management Models*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>
- Taha, H. A. (2017). *Operations research an introduction*. © Pearson Education Limited 2017.
- Uğurlu, Ö. (2015). Application of Fuzzy Extended AHP methodology for selection of ideal ship for oceangoing watchkeeping officers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 47, 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.01.013>
- Wang, Y., & Tae Yeo, G. (2016). The Selection of a Foreign Seafarer Supply Country for Korean Flag Vessels. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 32(4), 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2016.12.005>







Available online at [www.iujtl.com](http://www.iujtl.com)

**JTL**

Journal of Transportation and Logistics  
7 (1) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1087801

CASE STUDY

## Türkiye’de Transit Sisteminde Teminat Uygulamaları ve Risk Yönetimi: Tobbund Örneği

### Guarantee Practices and Risk Management Modalities of the Turkish Transit System: the Tobbund Case

Mehmet Uylukçu<sup>1</sup> , Gülvade Akdemir<sup>2</sup> , Duygu Korucu<sup>3</sup> 

#### Öz

Transit rejimi gümrük mevzuatı kapsamında temel gümrük rejimlerinden biri olup ihracat ve serbest dolaşıma giriş (ithalat) rejimlerinde eşyanın bir noktadan bir diğer noktaya taşınmasını sağlayan rejimdir. Uluslararası taşımacılık ve transit geçiş söz konusu olduğundan her iki rejimde de eşya henüz gümrüklenmemiş ve vergileri ödenmemiş olduğundan taşınan eşyanın vergileri ve diğer yükleri için teminat verilmesi zorunludur. Transit işlemlerinde teminat yönetimi ile operasyonel risk analizi ve bunun yönetimi her ne kadar zorlu bir süreç olsa da işlemlerin devamlılığı ve sorunsuz yürütülmesi bakımından önem arz eden iki temel husus olarak ön plana çıkmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Gümrük, Transit, Teminat, Risk Yönetimi

#### ABSTRACT

Customs transit is essential to customs regimes as it plays a transitional role between export and import, thereby enabling the movement of goods from one place to another. For goods subjected to international transportation under export or import regimes that are not yet cleared by customs, the relevant authorities may check for a customs guarantee. Therefore, it is essential to urgently establish a sustainable and manageable infrastructure for reliable guarantee execution and effective risk analysis.

This case study uniquely exemplifies how TOBBUND has created an effective guarantee management system with proactive risk analysis methods. It also gives important insights into other transit guarantee management systems.

**Keywords:** Customs, Transit, Guarantee, Risk Management

**Başvuru/Submitted:** 15.03.2022 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 28.04.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 04.05.2022 • **Kabul/Accepted:** 09.05.2022

<sup>1</sup> **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Mehmet Uylukçu (Uzman), Ankara, Türkiye. E-mail: [mehmet.uylukcu@tobbund.com.tr](mailto:mehmet.uylukcu@tobbund.com.tr)  
ORCID: 0000-0001-6720-5316

<sup>2</sup> Gülvade Akdemir (Uzman), Ankara, Türkiye. E-mail: [gulvade.akdemir@tobbund.com.tr](mailto:gulvade.akdemir@tobbund.com.tr) 0000-0002-9880-3076

<sup>3</sup> Duygu Korucu (Uzman), Ankara, Türkiye. E-mail: [duygu.korucu@tobbund.com.tr](mailto:duygu.korucu@tobbund.com.tr) 0000-0001-8487-4343

**Atf/Citation:** Uylukcu, M., Akdemir, G. & Korucu, D. (2022). Türkiye’de transit sisteminde teminat uygulamaları ve risk yönetimi: tobbund örneği. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(1), 185-197. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1087801>



## Giriş

Dış ticaret faaliyetlerinde, dış ticarete konu ürün veya hizmetlerin ülke sahalarından geçişi (bu sınırlara girişi veya çıkışı) sırasında, söz konusu ticari faaliyeti gerçekleştiren ülkeler arasında birtakım işlemler yürütülmektedir ve bu işlemlerin tamamı genel olarak “gümrük faaliyetleri” veya “gümrükleme işlemleri” şeklinde adlandırılabilir. Günümüzde ülkelerin ekonomik varlıklarını sürdürebilmelerinin en önemli temellerinden sayılan gümrük faaliyetleri; çeşitli kanun, yönetmelik ve benzeri mevzuat eliyle düzenlenmekte ve bu mevzuat vasıtasıyla gümrük işlemlerine ilişkin belirli çerçeveler çizilmeye çalışılmaktadır.

Uluslararası ticaretin teknolojiyle birlikte hızla gelişmesi ve ülke dış ticaretlerinin birbirine sıkı bir şekilde “karşılıklı bağımlı” olması (interdependency), bazı regülasyonların ulusal ve bölgesel boyutu aşır uluslararası boyutta uygulanmasına neden olmuştur. Ülkemizde de gümrük işlemleri ile ilgili olarak başta 4458 sayılı Gümrük Kanunu<sup>1</sup> olmak üzere, temel gümrük mevzuatı ile Türkiye Cumhuriyeti Gümrük Bölgesi’ne giren ve çıkan her türlü eşyaya uygulanacak gümrük kuralları ve faaliyetleri belirlenmiştir. Gümrük Kanunu’nun 4. Maddesinde de belirtildiği üzere; gümrük idareleri ile ilgili faaliyetleri yerine getiren kişilerin; (i) mevzuat hükümlerine uymak, (ii) yetkili kurum ve kuruluşların mevzuat hükümlerine göre yapacağı gözetim ve kontrollere tabi olmak, (iii) devlet veya her türlü devlet organı tarafından tahsil edilen her tür vergi, harç ve benzeri ücretleri ödemek veya bunlara ilişkin teminatları sağlamak ve (iv) mevzuat hükümlerinin uymayı zorunlu kıldığı her türlü diğer işlemi yerine getirmek gibi yükümlülükleri bulunmaktadır.

Gümrük mevzuatı ve bunların uygulamaları bir taraftan uluslararası ticaretin liberalleşmesini destekleyici şekilde evrilirken diğer taraftan da güvenlik (ülke güvenliği, gıda güvenliği, halk sağlığı v.b), korumacı politikalar, ülkelerin kendi sektörlerini destekleyici faaliyetleri nedeniyle liberalleşmeye aykırı uygulamalara da yer verildiği görülmektedir. Küresel ticaretin, 2021 yılında toplam ticaret hacminin 28.5 trilyon dolar olarak gerçekleştiği, 2020 yılına göre %25 oranında büyüme yaşandığı bildirilmektedir<sup>2</sup>. Bu denli bir büyüklüğün sürdürülebilir olabilmesi için liberal politikaların devamı, uluslararası ticaretteki engellerin kaldırılması, ticaretin akışının devamlılığı, sınır geçişlerinde kolaylığa ilişkin politikalar önem arz etmektedir. Bu zincirin en temel halkalarından biri de gümrük transitine ilişkin uygulamalardır. Yüklerin ülkeler arası hareketliliğini doğrudan etkileyen transit geçişlerde dünya üzerinde uygulanan farklı transit sistemleri mevcuttur. Global bazda uygulanan TIR sistemi yanında bölgesel olarak Latin Amerika transiti veya Bağımsız Devletler Topluluğu’nun uyguladığı transit sistemi mevcuttur. Bunlar arasında en gelişmiş olan ve Avrupa Birliği üye ülkeleri ile EFTA ülkeleri (Norveç, İsviçre, İzlanda ve Lihtenştayn) ile İngiltere, Türkiye, Kuzey Makedonya ve Sırbistan arasında uygulanan Ortak Transit (Common Transit) sistemidir. Ortak transit, temeli Topluluk içi transite dayanan bir uluslararası sözleşme olan Ortak Transit Sözleşmesi (Common Transit Convention) çerçevesinde yürütülen, 2005 yılından itibaren de tamamen dijitalleşerek NCTS (New Computerized Transit System) platformu altında yürütülen bir transit uygulamasıdır. OTS’ye taraf olan her ülke kendi transit rejimini Sözleşme’ye uygun olarak revize etmek ve transit rejimi

1 458 sayılı Gümrük Kanunu, 04.11.1999 tarih ve 23866 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

2 <https://unctad.org/news/global-trade-hits-record-high-285-trillion-2021-likely-be-subdued-2022>

beyannamelerinin bilgisayarlı ortamda düzenlerken NCTS teknik alt yapısına uygun olarak düzenlemesini gerektiren bir sistemdir. Türkiye de 2012 yılında Ortak Transit Sözleşmesine taraf olmuş<sup>33</sup> ve ortak transit rejimini kullanmaya başlamıştır.

Transit geçişlerin serbestleştirilmesinin en önemli mihenk taşlarından biri de 2017 tarihli Ticaretin Kolaylaştırılması Anlaşması olmuştur. Anlaşma’nın (TFA) 5.maddesi kapsamında transit serbestisi (freedom of transit) temel madde olarak ele alınmıştır<sup>4</sup>. Yine Türkiye, 2017 yılından itibaren TFA kabul eden ülke konumdadır.

Türkiye bir taraftan Ortak Transit Sözleşmesi, TIR Sözleşmesi üyesi ve TFA üyesi iken diğer taraftan da ulusal transit rejiminde söz konusu regülasyonlara uygun olarak gerekli düzenlemeleri gerçekleştirmiştir. Ulusal bazda Gümrük Kanunu ve Yönetmeliği ve bunlara bağlı ikincil mevzuat ile gerekli düzenlemeler yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir.

Transit rejimi gümrük mevzuatı kapsamında temel gümrük rejimlerinden biri olup ihracat ve serbest dolaşıma giriş (ithalat) rejimlerinde eşyanın bir noktadan bir diğer noktaya taşınmasını sağlayan rejimdir. Uluslararası taşımacılık ve transit geçiş söz konusu olduğundan her iki rejimde de eşya henüz gümrüklenmemiş ve vergileri ödenmemiş olduğundan taşınan eşyanın vergileri ve diğer yükleri için teminat verilmesi zorunludur. Transit işlemlerinde teminat yönetimi ile operasyonel risk analizi ve bunun yönetimi her ne kadar zorlu bir süreç olsa da işlemlerin devamlılığı ve sorunsuz yürütülmesi bakımından önem arz eden iki temel husus olarak ön plana çıkmaktadır. Bu amaçla, çalışmada yer alan örnek olay (case study) incelemesi tekil (unique) olması ve daha önce spesifik olarak herhangi bir akademik çalışmada rastlanmadığı düşünüldüğünde, lojistik süreçlerinin sürdürülebilir ve devamlılığı bakımından bundan sonraki akademik çalışmalara öncülük edeceği öngörülmektedir.

## Transit Rejiminde Teminat Sistemi

Her türlü ticari faaliyette olduğu gibi gümrüklerin de dahil olduğu dış ticaret faaliyetleri kapsamında da söz konusu işlemleri yürüten kişilerin işlemlerdeki vergi veya benzeri para ödemeleri veya yükümlülüklerle ilişkin olarak finansal bir garanti vermesi sistemi uygulanmakta ve böylece devletin temel gelir kaynaklarından biri olan vergi kayıplarının önüne geçilmeye çalışılmaktadır. (Erol, 2019) Normalde vergilere ilişkin düzenlemeler 213 sayılı Vergi Usul Kanunu<sup>5</sup> kapsamında yapılmakla birlikte, Vergi Usul Kanunu’nun 2. Maddesi uyarınca, gümrük vergileri Vergi Usul Kanunu uygulaması dışında kalmaktadır ve gümrükten kaynaklanan vergilere veya diğer maddi yükümlülüklerle ilişkin olarak ödeme, teminat ve benzeri düzenlemeler, gümrük mevzuatı içerisinde yer almaktadır. “Gümrük ve dış ticaret uygulamalarında ise, yükümlüler yürüttükleri gümrük işlemlerinin içeriğine bağlı olarak gümrük mevzuatımızda yer alan hükümler çerçevesinde gümrük idarelerine teminat vermekte ve gümrük yükümlüğünü doğuran işlemin sona ermesinin veya ibra edilmesinin akabinde teminatlarını iade almaktadır.” (Uzun, 2020) Gümrük Kanunu’nda doğrudan bir tanımı olmayan ve temel olarak Gümrük Kanunu’nun Üçüncü Bölümü’nü oluşturan Madde 202 ve devamında düzenlenen teminatlar, gümrük mevzuatı kapsamında

3 Ortak Transit Sözleşmesi, 30.06.2012 tarihli, 28339 sayılı R.G

4 [https://www.wto.org/english/res\\_e/publications\\_e/ai17\\_e/gatt1994\\_art5\\_gatt47.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/ai17_e/gatt1994_art5_gatt47.pdf)

5 213 sayılı Vergi Usul Kanunu, 10.01.1961 tarih ve 10703 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

“muafiyet kapsamında ithali yapılan eşyalara ait vergi ve resimlerin belli bir taahhüt karşılığında geri alınmak üzere yatırılması” (Erol, 2019) biçiminde tanımlanabilecektir.

Gümrük Kanunu’nun “Eşyanın Geçici Depolanması”, “Gümrükçe Onaylanmış İşlem veya Kullanım”, “Şartlı Muafiyet Düzenlemeleri ve Ekonomik Etkili Gümrük Rejimleri” gibi birden fazla bölümü altındaki maddelerinde kendine yer bulan teminat düzenlemeleri; dış ticarete konu olan eşyaya ilişkin herhangi bir işlemin yapılabilmesi, eşyanın muayene veya teslim edilmesi, antrepo işletme izninin alınması gibi gümrük faaliyetlerine ilişkin muhtelif konularda önem arz etmektedir. Diğer bir ifadeyle, gümrük mevzuatı çerçevesinde hangi rejim için hangi teminatların nasıl kullanılacağına ilgili rejim hükümleri içerisinde yer verilmiştir. Gümrük faaliyetleri bakımından teminat verilmesinin, ilgili yükümlüye tanınan ödeme süresinin uzatılması ve benzeri<sup>6</sup> faydalar sağlayabildiği de unutulmamalıdır. Teminat olarak kabul edilecek değerler, teminatın sunulması ve kabulü, sisteme kaydedilmesi ve değiştirilmesi, miktarı, teminatın çözülmesi veya gümrük işlemleri bakımından teminat aranmayacak haller gibi hususlar, Gümrük Kanunu ve bağlı ikincil mevzuat sayesinde düzenlenmekte ve pratikte uygulanmaktadır.

Teminat alınmasını gerektiren gümrük vergileri veya yükümlülüklerinin tutarı kesin olarak tespit edilebiliyorsa, teminata ilişkin bu miktar; tespit edilemiyorsa tahakkuk eden veya edilebilecek vergiler veya yükümlülüklerden en yüksek miktarda olanı temel alınarak teminat tutarı belirlenmektedir. Bu noktada gümrük mevzuatı kapsamında yer alan toplu teminat ve diğer teminat türlerinin anılması yerinde olacaktır. Gümrük Kanunu’nun 203. Maddesi’ne göre gümrük idareleri, yükümlü kişilerin talebi üzerine birden fazla gümrük yükümlülüğünü kapsayacak şekilde toplu teminat verilmesine izin verirler. Ayrıca gümrük faaliyetleri bakımından götürü teminat, bireysel teminat ve kapsamlı teminat uygulanması da mümkündür. Bu teminatların kullanılma şartları ve kullanılabilirdikleri gümrük rejimleri birbirinden farklı olup; dış ticaret faaliyetine konu her bir eşyanın niteliğine, yapılan işlemin ithalat, ihracat veya başka tipte bir işlem olmasına ve uygulanacak mevzuat hükümlerine bağlı olarak hangi teminatın ne şekilde uygulanacağı değişiklik göstermektedir. Kanun’un 85. Maddesi kapsamında ise, teminat aranmayacak veya kısmi teminat alınması ile yetinilecek haller düzenlenmektedir. Teminat aranmayacak hallerde, denizyolu veya boru hattı ile taşınan eşya örnek verilebilir.

Gümrük Yönetmeliği’nin 495. Maddesi, gümrük faaliyetleri ile ilgili olarak teminat alınması gereken hallerde, kabul edilebilecek olan teminat türlerini de düzenlemektedir. Buna göre; nakit Türk Lirası, bankalar tarafından verilen süresiz teminat mektupları, devlet iç borçlanma senetleri veya bu senetler yerine düzenlenen belgeler, hükümetçe belli edilecek millî esham ve tahvilât (yani hisse senetleri ve tahviller), belirli şartlarla haczedilen menkul ve gayrimenkul eşya, kamu idarelerinin, belediyelerin, sermayesinin tamamı devlete ait olan kamu iktisadî teşebbüslerinin ve Türkiye’deki yabancı misyon şeflerinin verecekleri garanti mektupları ve Merkez Bankası tarafından kabul edilen dövizler, teminat olarak idare tarafından kabul edilecektir.

6 Bu durumun bir örneği için, Gümrük Kanunu’nun 198. Maddesi’ne bakılabilir.

Transit rejiminde teminat işleyişi ise Ortak Transit Sözleşmesi ve TIR Sözleşmesi ile gümrük mevzuatı çerçevesinde yürütülmektedir. Türkiye’deki gümrük teminat sistemine ilişkin olarak transit rejiminde kullanılan teminat türü önemli bir noktada yer almaktadır.

Ülkemizdeki uygulamalar bakımından son 10 yılı ciddi biçimde etkileyen Ortak Transit Rejimi ile ilgili olarak; Ticaret Bakanlığı’nın web sitesinde yayımlanan soru cevap bölümünde de belirtildiği üzere<sup>7</sup>, “Ortak Transit Rejimi; 1987 yılında imzalanan Ortak Transit Sözleşmesine taraf olan ülkeler (Avrupa Birliği ve Avrupa Serbest Ticaret Birliği - EFTA üyesi ülkeler) arasında eşyanın gümrük vergilerinin askıya alınarak taşındığı rejimdir.” Türkiye bu sisteme ve Ortak Transit Sözleşmesi’ne 01.12.2012 tarihi itibarıyla taraf olmuş ve Türkiye’deki gümrük faaliyetleri, bu tarihten sonra Ortak Transit Sözleşmesi’ne bağlı olarak da şekillenmiştir. Bu rejimin avantajlarının sayıldığı kısımda ise, işlemlerin hızlandırılması ve basitleştirilmesi amacıyla getirilen sistemlerden biri olan kapsamlı teminat uygulaması ve teminatların takip edilebilirliği de sayılmıştır. Yine Ticaret Bakanlığı’nın açıkladığı üzere (2019) kapsamlı teminat; Gümrük Kanunu ve ikincil mevzuat kapsamında Ortak Transit Rejimi öncesinde kullanılan teminatlardan farklı olarak, gümrük işlemlerini yürüten bir kişinin birden fazla transit işleminde kullanabileceği bir teminat türüdür. Burada bahsedilen kapsamlı teminat tutarı, gümrük idaresi tarafından söz konusu gümrük rejimine ilişkin hak sahibi ile ortak biçimde belirlenen bir tutara, ki buna referans tutar da denebilir, eşit olur ve referans tutarı kadar, ilgili teminat idaresine teminat mektubu verilir. Kapsamlı teminat hakkında bahsedilen bu tutar, dış ticarete konu eşyanın ortak transit rejimine tabi tutulmasından, bu rejimin ibra edilmesine yani sürecin sonlanmasına kadarki sürede, teminatın verilmiş olduğu (ve teminat verilmesi gereken) her bir ortak transit işlemine ilişkin ödenebilecek yükümlülük tutarına karşılık gelecektir. Kapsamlı teminat, diğer teminat tiplerinden farklı olarak; düşümlü biçimde çalışmaktadır ve bu hususa ilişkin işlemler için ilgili makam, T.C. Ticaret Bakanlığı’na bağlı olan Gümrükler Genel Müdürlüğü’dür.

Yukarıda da belirtildiği üzere, 2012 yılından önce transit rejimi çerçevesinde yapılan işlemler için toplu veya götürü teminat veya TIR karnesi kullanılırken, bu tarihten itibaren ortak transit rejimi uygulamaları için kapsamlı teminat yeni bir teminat modeli olarak karşımıza çıkmaktadır. TIR Sözleşmesi uyarınca yapılan transit işlemlerinde gümrüklenmemiş eşyanın teminatı olarak kefil kuruluştan temin edilen TIR karnesi gerekirken, ortak transit işlemleri için bireysel teminat (kullanımı çok sınırlı) veya çoğunlukla kullanılan kapsamlı teminat gerekmektedir. *Ortak Transit ve NCTS Cep Kitabı Sık Karşılaşılan Sorular ve Cevapları* isimli çalışmada teminat, “Transit rejimine konu eşyaya ilişkin doğabilecek gümrük vergileri ve diğer yükler toplamının, eşyanın herhangi bir şekilde ülke sınırları içerisinde bırakılması ihtimaline karşın garanti olarak alınmasıdır.” biçiminde tanımlanmaktadır. (Uylukcu ve Şedele) Kapsamlı teminat, bir veya birden fazla transit işlemi için kullanılabilen bir teminat şekli olarak Ortak Transit Sözleşmesi’nin ilgili hükümlerinde bir basitleştirme türü olarak yer almakta olup eşyanın hareket idaresinden transit rejiminin başlamasıyla teminatın bağlanması, varış idaresine vardığının NCTS üzerinden bildirilmesiyle (aar\_adv) teminatın çözülmesi prensibinde işleyen bir sisteme dayanmaktadır. TIR dahil klasik transit sistemlerinde teminatın

<sup>7</sup> İlgili soru cevap bölümüne, T.C. Ticaret Bakanlığı’nın resmi web sitesi olan <https://ticaret.gov.tr/gumruk-islemleri/sikca-sorulan-sorular/ticari/ortak-transit-rejimi-ve-ncts> adresinden ulaşılabilir.

çözülmesi için yükün varışa varması yeterli olmayıp transit işleminin sonlanması ve ibra edilmesi gerekmekte iken, ortak transit rejiminde kapsamlı teminat uygulamasında eşyanın varış idaresindeki gümrüğe vardığının bildirilmesi yeterli olacaktır. Kısacası, diğer transit sistemlerinin teminat uygulamalarına kıyasla ortak transit kapsamlı teminat uygulaması daha hızlı ve kolayca çözülebilen bir basitleştirme türü olarak uygulanmaktadır.

Kapsamlı teminat bir nevi basitleştirme türü olduğundan belirli şartlara bağlanmıştır. Ortak Transit Sözleşmesi Ek I Madde 10 uyarınca, transit rejiminde rejim hak sahibi olan kişi teminat vermek durumundadır. Söz konusu teminatın türü de genellikle kapsamlı teminat olmaktadır. Kapsamlı teminat izni alınabilmesi için gerekli şartlar, OTS Ek I Madde 57 ile Gümrük Yönetmeliği’nin 230.maddesi (basitleştirme izni genel koşulları) ve 4 Seri Nolu Gümrük Genel Tebliği’nin 8, 9, 10 ve 11.maddeleri altında düzenlenmiştir. Söz konusu şartları yerine getiren rejim hak sahibinin teminat idaresine<sup>8</sup> başvurması ve bu idarece yetkilendirildikten sonra teminatı, kefil yoluyla teminat idaresine verilmesi gerekmektedir. Ortak transit sisteminde kefil banka, sigorta veya finans kuruluşu olurken rejim hak sahibi farklı bir tüzel veya gerçek kişi olmak durumundadır.

Bir rejim hak sahibinin hangi miktarda kapsamlı teminat alması gerektiğini belirleyen husus ise referans tutar dediğimiz husustur. Genel olarak referans tutar, rejim hak sahibinin bir haftada gerçekleştirmeyi planladığı transit işleminin toplam teminat tutarına eşittir. Teminatın düşümlü bir modelde çalışıp genelde de 6-7 günlük bir sürede bağlanma ve çözülme döngüsünün gerçekleşmesi nedeniyle bu süre ve miktar esas alınmaktadır.

Kapsamlı teminat düşümlü çalışan bir teminattır. Basit bir örnek verecek olursak; 1000 TL tutarında kapsamlı teminat varsa yapılan ilk transit işleminde 100 TL’lik teminat bağlanmış olsun, bu miktar 1000 TL’den düşmekte geriye 900 TL teminat miktarı kalmaktadır. Eşya varış gümrüğüne ulaşır varış bildiriminin yapılması halinde 100 TL çözülerek 900 TL’nin üzerine eklenmektedir. Kapsamlı teminattaki bu döngü, NCTS üzerinden mesajlar yoluyla gerçekleştirilmektedir. Hareket idaresi teminatı bağlamakta, varış idaresi ise teminatı çözmektedir. Kapsamlı teminatın bu döngüsünde herhangi bir şekilde bir sorun çıkması halinde teminat sahibi rejim hak sahibi nezdinde veya eşyanın gittiği varış ülke gümrük idaresi nezdinde araştırma usulleri devreye girmektedir. Bu usuller sonucunda da herhangi bir şekilde eşyanın ilgili hükümlere uygun olarak vardığına veya boşaltıldığına ilişkin bir ispat ilişkisi kurulamıyorsa tahsilat usulleri gereğince söz konusu eşyanın gümrük borcu (gümrük vergi ve yükleri) kadar tahsilat, rejim hak sahibinden gerçekleştirilecektir.

Kapsamlı teminat kullanma izninin teminat idaresi tarafından bir kere verildikten sonra rejim hak sahibi tarafından yeni teminat kullanımı ihtiyacının doğması halinde her seferinde yeniden teminat kullanma izni alınmasına gerek yoktur. Yeni teminat miktarı için teminat idaresine yazılı bir bildirimde bulunularak referans tutar artırım talebinde bulunulması ve yeni teminat mektubunun kefil tarafından teminat idaresine iletilmesi yeterli olacaktır.

8 Teminat idaresi OTS’ye taraf olan her ülkede farklı olabilir. Ülkemizde teminat idaresi Ticaret Bakanlığı Gümrükler Genel Müdürlüğü olarak belirlenmiştir. Hollanda’da, mesela, teminat idaresi yerel birkaç gümrük bölge idaresi olarak belirlenmiştir.

Kapsamlı teminatın teminat idaresinin bilgisayar sistemine tanıtılmasını müteakip ilgili teminat miktarı Ortak Transit Sözleşmesine taraf olan tüm ülkelerde kullanılması mümkün olacaktır. Teminat idaresi, sisteme tanıtılan teminat mektubu için bir TC31 sertifikası düzenleyip sistem tarafından da otomatik oluşturulan garanti referans numarasını (GRN-guarantee reference number) rejim hak sahibine bildirir. Rejim hak sahibi bu referans numarasıyla OTS taraf ülkelerde transit işlemi yapma imkanına kavuşacaktır. Yani, Türkiye’den alınan bir teminat mektubu kapsamlı teminat olarak sisteme tanımlandıktan ve GRN oluşturulduktan sonra Almanya’da veya Hollanda’da transit işlemi için kullanılması mümkün hale gelir.

Kapsamlı teminatın bir transit işleminde kullanılması için teminat idaresi tarafından tahsis edilen garanti referans numarası ilgili hareket gümrük idaresinin sisteminde görülecek ve söz konusu transit işlemi için teminat bağlanması aşamasında teminatın kullanılması (gua\_use) mümkün olacaktır. Teminatın herhangi bir şekilde sorunlu olması, numaranın hatalı olması veya teminat miktarının yetersi olması halinde, sistem gümrük görevlisine teminatın geçersiz (gua\_inv) olduğuna ilişkin hata mesajı dönecek ve transit işlemini başlatmayacaktır.

Kapsamlı teminat sisteminde hareket gümrük idaresince teminat hesaplaması 4 Seri No’lu Gümrük Genel Tebliği (Transit Rejimi)<sup>9</sup> 4. Maddesi uyarınca; “*Transit rejimi kapsamında taşınan eşyaya ilişkin gerekli teminatın hesaplanmasında aynı eşyanın serbest dolaşıma girmiş olması durumunda uygulanabilir ithalat vergileri dâhil en yüksek oranlar esas alınarak hesaplanmak suretiyle doğabilecek gümrük vergilerinin tam tutarı dikkate alınır*” denilerek, teminatın gümrük vergilerinin garanti altına alınmasının sağlanması esasına dayandığı ifade edilmektedir. Transit işlemlerinde gümrük vergileri veya ithalat vergileri temel olarak gümrük borcu veya gümrük yükümlülüğü altında değerlendirilmektedir. Gümrük borcu; Ortak Transit Sözleşmesi’ne göre, bir kişinin, ortak transit rejimine tabi tutulan eşya ile ilgili olarak doğabilecek ithalat ve ihracat vergileri ile diğer yüklerin tutarını ödeme yükümlülüğüdür. Ülkemizde ihracata ilişkin herhangi bir vergi uygulaması olmadığı için gümrük borcu doğrudan ithalattan alınan vergi ve diğer yükleri kapsamaktadır. Gümrük mevzuatı gereği teminat hesaplanırken aynı tür eşyanın serbest dolaşıma sokulmuş olması durumunda uygulanabilir ithalat vergileri dahil en yüksek oranlar esas alınarak hesaplanmak suretiyle doğabilecek gümrük vergilerinin tam tutarını dikkate alarak karar verilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus gümrük vergisinin yanında diğer yükler dediğimiz eş etkili vergi ve benzeri yükümlülüklerdir. Bu kapsamda, ithalatta alınacak vergi ve eş etkili yükümlülükler; eşyanın İthalat Rejim Kararı ile belirlenen gümrük vergisi oranı sonucu çıkacak vergi miktarı ile birlikte KDV’si, ÖTV’si ve varsa ilave gümrük vergisi ve gözetim gibi ticaret politikası önlemleri sonucu uygulanan vergi benzeri yüklerin toplamı olacaktır.

Herhangi bir transit işleminde eşyanın ithalatında teminat altına alınacak vergi hesaplamasına örnek olarak sıvıların naklini sağlayan çelik boru ithali gerçekleştirilecek bir transit işlemini düşünelim. Bu transit işleminde teminat hesaplaması yapılabilmesi için öncelikle bu ürüne ait gümrük tarife istatistik pozisyonunun (GTİP) tespit edilerek buna İthalat Rejim Kararında denk gelen vergi oranını bulmak olacaktır. Buna göre;

9 4 Seri No’lu Gümrük Genel Tebliği (Transit Rejimi), 01.08.2017 tarih ve 30141 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

- Gümrük tarife cetvelinde eşya GTİP’i: 7306.30.12.10.00
- Eşya tanımı: Sivil hava taşıtlarına kullanılmaya mahsus gaz ve sıvıların naklinde kullanılan türde olanlar (bağlantı parçaları takılmış)
- KDV oranı: %18
- ÖTV oranı: %0
- GV oranı: %46
- İthalatta İlave Gümrük Vergisi Uygulamasına İlişkin Karar uyarınca İGV oranı: %5
- Eşyanın fatura bedeli: 10 000 Euro olması halinde; fatura bedeline yukarıdaki oranların uygulanması sonucunda ortaya çıkacak miktar teminat tarhına konu edilecek miktar olacaktır. Buna ek olarak, Gümrük Kanunu’nun 202.maddesi uyarınca, “gümrük idarelerinin gümrük vergilerinin ve diğer amme alacaklarının ödenmesini sağlamak üzere bir teminat verilmesini gerekli görmeleri halinde, bu teminat söz konusu vergiler tutarının %20 fazlasıyla yükümlü veya yükümlü olması muhtemel kişi tarafından verilir” hükmü çerçevesinde hesaplamayla ortaya çıkacak miktara %20 ilave edilerek çıkan miktar teminata bağlanacaktır. Yani; 10 000 Euro’luk fatura bedelli eşya için yukarıdaki oranlar uygulandıktan sonra 5000 Euro’luk bir miktar bulunduğunu düşünelim, bunun da %20’si eklenerek 6000 Euro için teminatın bağlanması ve transit işleminin gerçekleştirilmesi sağlanacaktır.

İhracata bağlı transit işleminde ise hesaplama aynı şekilde tüm ithalata ilişkin gümrük vergi ve eş etkili yükümlülükler dikkate alınıp %20 oranını ekleyip teminat hesaplaması gerçekleştirilecektir.

### **Transit Rejiminde Risk Yönetimi**

Gümrük transit rejimleri bir taraftan transit geçişlerini kolaylaştırarak uluslararası ticarete eşya hareketliliğini hızlandırma amacını taşırken diğer taraftan da global ticarete güvenlik risklerini de yönetmek ikilemini yaşamaktadırlar. Küreselleşmenin de hızla devam etmesi ülkelerin ticarete liberalleşmesini gerektirirken özellikle sınırlar arası eşya geçişlerinde milli güvenlik, çevre koruma, göç ve benzeri gibi sosyal sorunların sürekli yaşanması, ticareti engellemeden veya yavaşlatmadan riskleri bertaraf etme gerekliliğini ortaya koymuştur.

Diğer gümrük rejimlerinde olduğu gibi transit rejiminde de risk unsuruna her zaman rastlanmakta ve bunların yönetimi konusunda farklı modeller geliştirilmektedir. Transit rejiminde özellikle teminat sistemi kendine özgü riskler barındırmaktadır. Bu noktada gümrük mevzuatının risk tanımına bakacak olursak; Gümrük Kanunu Madde 3/24 uyarınca; “risk deyimi, Türkiye Gümrük Bölgesi ve diğer ülkeler arasında taşınan dış ticarete konu eşyanın giriş, çıkış, transit, nakil ve nihai kullanımına ve serbest dolaşımında bulunmayan eşyaya ilişkin olarak, (i) ulusal ya da uluslararası düzeyde alınmış önlemlerin doğru bir şekilde uygulanmasını engelleyen, (ii) ülkenin mali çıkarlarını tehlikeye düşüren, (ii) ülkenin güvenlik ve emniyetine, kamu güvenliği ve kamu sağlığına, çevreye



veya tüketicilere yönelik tehdit oluşturan bir olayın ortaya çıkma ihtimali”<sup>10</sup> biçiminde tanımlanmaktadır. Her ne kadar teminat sistemine ilişkin risklerin değerlendirilmesi sırasında bu tanım doğrudan kullanılmayacak olsa da tanım, gümrük işlemleri bakımından risk değerlendirmesine ilişkin olarak bizlere bir fikir sağlamaktadır. Öncelikle, ülkemizde gümrük teminat sisteminin elektronikleştirilmesi ile, özellikle teminatların geçerliliğine ilişkin risklerin azaltıldığı söylenebilecektir.

Klasik transit rejimlerinden farklı olarak (basit transit veya TIR sisteminden farklı olarak), ortak transit rejimi teminat sisteminde, tamamıyla bilgisayar ortamında şeffaf ve ilgili otoriteler tarafından izlenebilir olduğundan riskin göreceli olarak daha yönetilebilir ve olası risklere daha hızlı müdahale edilebilir hale gelmiştir. Ortak transitte bir transit işleminde rejim hak sahibi, taşıyıcı, hareket idaresi, sınır idaresi ve varış idaresi arasında cereyan eden işlemlerin tamamı NCTS üzerinden gerçekleştirildiği düşünüldüğünde, eşyaya ilişkin oluşabilecek risklerin anlık takibi her zaman mümkün olmaktadır. Yine ortak transitte teminat sisteminin temel amacının, gümrük yükümlülükleri kapsamında ödenmesi gereken bedellerin idare lehine garanti altına alınması olduğu düşünüldüğünde, sistem oluşabilecek mali riskleri baştan (preemptively) garanti altına almaktadır.

Temel risk analizi anlayışında tam tespit, yani yükün fiziki kontrolü, belge kontrolü, yani yüke ait dokümanların kontrolü veya kolaylaştırılmış hatlar (mavi veya yeşil hat uygulaması gibi) kapsamında bazı güvenlik şartlarını karşılayan firmaların yüklerinin kontrolsüz geçişine izin verilmesi şeklinde gerçekleştirilen risk yönetimi yapısı transit rejiminde de uygulanmaktadır. Çoğunlukla, belge kontrolü (sarı hat) uygulamasının gerçekleştirildiği transit işlemlerinde aynı özet beyan verilmesi gibi ön beyan uygulaması söz konusudur. Diğer bir ifadeyle, ülkelerin özellikle kendilerine gelen yüklerde (ithalat yönlü) gelen eşyanın riskli olup olmadığını veya alıcı veya ithalatçının riskli olup olmadığını analiz edebilmeleri bakımından yüke ilişkin özet bilgilerin önceden beyan edilmesini istemektedirler. Bu kapsamda, transit rejiminde, ön beyan (ens örneğinin bir ön beyan tipidir) risk analizinin doğru ve gerçekçi yapılabilmesinin temelini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, ortak transit rejiminde, rejim beyanının söz konusu risk analizine cevaz verecek biçimde düzenlenmesini mümkün kılacak yapı mevcuttur. Bunun için *transit refakat belgesi* yerine güvenlik bilgilerini içeren (safety/security) *transit güvenlik refakat belgesinin*<sup>11</sup> düzenlenmesi yeterlidir. Transit güvenlik refakat belgesinin düzenlenmesi halinde, transit rejimine konu edilen eşya için ayrıca ön beyan yapılmasına gerek kalmamaktadır. Bunun tek istisnası ro-ro hatlarının kullanılması halinde Avrupa’ya girişte bir çeşit giriş özet beyan olan “ens” (entry summary declaration) düzenlenmesi gerekliliğidir.

Transit rejiminde risk analizli sonucu aracın tam tespit (kırmızı hat) yapılması istenmesi halinde araç kısmen veya tamamen boşaltılarak içerisindeki yükün fiziki olarak muayene edilmesi sağlanır. Tam tespit hali gümrük idarelerince tesadüfi (random) uygulamaya konu olabileceği gibi aracın veya yükün belirli risk kriterlerine takılması halinde de söz konusu olabilmektedir. Örneğin, transit rejiminde sıkça rastlandığı üzere, Avrupa’dan transit

10 Gümrük Kanunu m. 3/24.

11 Transit güvenlik refakat belgesi OTS kapsamında düzenlenmesi gereken bir belge olmayıp AB Gümrük Kodu uygulamalarından kaynaklanan bir belgedir.

beyannamesi düzenlenmeden (T1 veya T2) deniz yoluyla gelip limandan içeri aktarma halinde ulusal transit konu edilmek istenen araçlar tam tespite yönlendirilmektedir.

Sadece belge kontrolünün (sarı hat) olduğu durumlar ise genel uygulamaya tabi durumlardır. Eşya hareketliliğinin hızını sağlama bakımından her aracın tam tespite yönlendirilerek fiziki muayene yapılması yük hareketliliğini imkansız hale getirmektedir. Bunun yerine eşyaya ilişkin belgelerin kontrol edilerek şüphe halinde aracın tam tespite yönlendirilmesi uygulaması genel uygulamadır. Belge kontrolünde ilgili personel, eşyanın beyannamesi ve eşlik eden belgeler olan fatura cmr veya konşimento gibi belgeleri kontrol edip alıcı/ithalatçı, gönderici/ihracatçı ve yükün cinsi (GTİP, mal tanımı v.s) gibi temel bilgilere bakarak risk değerlendirmesi yapmaktadır. Buna örnek olarak; yurt dışından ithali gerçekleştirilecek bir eşyanın serbest dolaşıma girişten önce GTİP, eşya tanımı, kap/kilo ve taşıma aracına ilişkin bilgileri içeren özet beyanın, mevzuat tarafından belirlenen sürelerden önce (örneğin, deniz yoluyla getirilecek konteyner kapsamı eşya için en az 24 saat önce) verilmesi esastır. Serbest dolaşıma giriş işlemi gerçekleştirilecek giriş gümrük idaresi, verilen bu özet beyandaki bilgiler çerçevesinde risk hattını sarı hat, yani sadece eşyaya ilişkin belge kontrolü olarak belirlemişse, eşyanın fatura, cmr veya konşimento gibi taşıma belgeleri ile özet beyan bilgilerinin kontrolünü yaparak gerekli izni vermektedir. Herhangi bir şekilde belge ve bilgilerden şüphelenilmesi halinde, ilgili gümrük idaresinin her zaman eşyayı tam tespite (kırmızı hatta) yönlendirmesi mümkündür.

Bu iki hat dışında, bir kontrole tabi olmadan geçiş sağlayan basitleştirmeler ise günümüz ticaret dünyasında gittikçe artan önemi haizdir. Bu tür izinlerden yararlanılabilmesi için yükün ihracatçısı, ithalatçısı veya taşıyıcısının belirli güvenlik şartlarını karşılaması ve gümrük otoritelerinden izin almaları gerekmektedir. Son yıllarda Avrupa uygulamasına benzer uygulamalar olan yetkilendirilmiş yükümlü (YY5) veya izinli gönderici/izinli alıcı uygulamaları bu tür basitleştirilmiş kontrollerden yararlanmak isteyen firmalara büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu tür basitleştirilmiş usul uygulamaları, belli başlı şartların sağlanması ve bu şartların kamu idaresi tarafından rutin kontrolleri ile gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin belirlenmesine dayanmaktadır. Kısacası, işlemlerin hızlandırılması ve daha az prosedüre tabi tutularak gerçekleştirilmesi için firmalara belirli kolaylıklar sağlanmakta ancak buna ilişkin şartlar yerine getirilmediğinde de bu izinlerin iptali veya askıya alınması mümkün olmaktadır.

### **TOBBUND Teminat ve Risk Yönetimi Uygulamaları**

Ticaret Bakanlığı tarafından verilen kapsamlı teminat kullanma izin belgesi ve sertifikasına istinaden, ortak transit rejimi kapsamında taşınan eşyaya ilişkin transit beyannamesinin, kullandığı web tabanlı (NCTS) yazılım aracılığıyla elektronik ortamda, Ortak Transit Sistemi üzerinden gümrük idarelerine sunulması ve bu eşyalara ilişkin olarak gümrük vergi vb. yükümlülüklerine ilişkin teminat sağlanması konusunda, uluslararası taşımacılık yapan firmalara Rejim Hak Sahibi (Asıl Sorumlu) olarak hizmet vermekte olan Tobbund Lojistik Yatırım AŞ 2012 yılında Türk Lojistik Sektörüne hizmet etmek ve sektör firmalarının transit süreçlerine destek vererek, müşterilerine sınır geçişlerini kolaylaştırmak için Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) ile Uluslararası Nakliyeciler Derneği (UND) işbirliği olarak kurulmuştur. TOBBUND sadece bir lojistik firması ve lojistik partneri

olmak dışında ülkemizin Avrupa’ya ihracatında kilit bir rol oynamaktadır. Türkiye’nin en büyük ticaret ortağı olan Avrupa Birliği’ne ihracatımızda, ihraç yüklerinin taşınmasında kullanılan ortak transit rejimi teminatının %65 oranında sağlayan bir firma olarak TOBBUND;

- 28 Şubat 2012 tarihinde Türkiye’de ulusal transit işlemlerinde geçerli ilk kapsamlı teminat izni alan firma olarak faaliyetlerine başlamıştır.
- 3 milyar 009 milyon TRY tutarındaki kapsamlı teminatı ile 1 Mart 2012 tarihinden itibaren bugüne kadar 2,5 milyon adedi aşan transit işlemini Rejim Hak Sahibi (Asıl Sorumlu) olarak gerçekleştirmiştir.
- ISO 9001 Kalite Yönetim, ISO 27001 Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi Sertifikalarına sahiptir.

Bunların yanında, TOBBUND, Avrupa’da 90’a yakın partneri ile aynı zamanda Almanya, İtalya, Fransa, Bulgaristan, Romanya, Kuzey Makedonya ve Hırvatistan’da doğrudan transit teminat hizmeti sağlayan firma olarak Türk lojistik sektörünün çözüm ortağı olarak hareket etmektedir.

TOBBUND’de transit işlemleri, transit beyannamesi için gerekli olacak her türlü ihtiyacı karşılayacak şekilde dizayn edilmiş ncts (new computerized transit system) platformu ([www.ncts.com.tr](http://www.ncts.com.tr)) ve yurt dışındaki işlemlerin kolaylıkla gerçekleştirilebileceği NctsHub ile sağlanmaktadır. Söz konusu platform başlı başına bir ERP sistemi gibi çalışmakta olup;

- Etkin teminat yönetimi
- Etkin risk yönetimi
- Hızlı, kolay ve kullanıcı dostu beyanname yazımını sağlayan menü ve arayüz
- Müşteri taleplerine öncelik veren raporlama çeşitleri
- Beyanname statülerini anlık ve kolayca takibini sağlayan modüller
- Müşterinin kendi kapsamlı teminatını kullanmasını sağlayan modüller
- Beyannamelerinin açık/kapalı takibini yapabilecekleri alt menüler
- Dijital/otomatik plaka ve iş ortağı ekleme imkanı gibi taşıyıcı firmalarımızın günlük operasyonlarını kesintisiz bir şekilde yürütmesini sağlayacak temel olanakları barındırmaktadır.

TOBBUND transit platformu ile lojistik firmalarının transit beyannamelerini 7/24 yazdırma ve gümrüğe sunup tescil ettirme imkanına sahip olup hata veya değişiklik olması halinde anlık düzeltmeler ile kısa sürede işlemlerini tesis ettirebilmektedirler.

TOBBUND NCTS uygulamasında risk analiz süreçleri ise risk yönetiminin hızlı ve kolay, transit işlemlerini aksatmadan ancak riski de minimum seviyede yönetebilme gerekliliği üzerine oturtulmuştur. TOBBUND risk yönetimi, 3 temel aşamada gerçekleştirilmektedir. Birinci aşamada, teminat kullanmak isteyen firmaların filtrelenmesi ve analizi; ikinci

aşamada, operasyonel risk yönetimi (günlük beyan taleplerinin analizi); üçüncü aşamada ise riskin ortaya çıkması halinde uygulanacak analiz ve prosedürler olarak yürütülmektedir.

Firma değerlendirmesi, teminat kullanacak olan firmaların belirli kriterlere göre analizleri ve sınıflandırılmasına dayanmaktadır. Operasyonel risk yönetimi ise daha kritik ve dinamik bir modelleme çerçevesinde uygulanmaktadır. Burada mevzuat kapsamında tanımlanan risk kriterleri çerçevesinde taşımaların GTİP/Gönderici/Alıcı/Taşımacı/Güzergah/İşlem Frekansı/ Saha İstihbaratı ve taşıma projesi gibi kıstaslar doğrultusunda veri araştırılması yapılarak karar verilmektedir. Bu iki önleyici aşama sonucunda her durumda yine bir risk oluşması halinde son aşamada oluşan riskin boyutlarının analiz edilip risk sonucu olabilecek zarardan etkilenmemek için ne yapılması gerektiğinin ortaya konulduğu değerlendirilmiştir.

Neticede, TOBBUND risk yönetim modeli bir yandan lojistik firmalarının işlemlerini aksamaması diğer yandan da firmaları oluşabilecek risklerden korumaya yönelik hayati bir uygulamadır.

## Sonuç

Uluslararası ticaretin hızla büyümesi ve buna bağlı olarak dünya eşya hareketliliğinin çok hızlı bir şekilde akması, ülkelerin zor rekabet koşullarında bu akışı daha da hızlandırabilecek uygulamalara yönelmesini gerektirmiştir. Özellikle sınır geçişlerinde prosedürlerin azaltılması ve yüklerin hareketliliğinde bekleme sürelerinin azaltılması hayati önem kazanmıştır. Bunun yansıması olarak da transit geçişlerde zaman ve maliyette tasarruf sağlayacak sistemler veya uygulamalar öne çıkmaktadır.

Bir gümrük rejimi olarak transit rejimindeki global ve bölgesel sistemlerin günümüzdeki en gelişmiş modeli başta AB ülkelerinin kendi aralarında Topluluk transiti olarak uyguladığı, daha sonra da Türkiye, Kuzey Makedonya ve Sırbistan gibi AB veya EFTA üyesi olmayan ülkelere yaygınlaştırdığı ortak transit sistemi olmuştur.

Ülkemizde 2012 yılından itibaren uygulamaya konulan sistem, dijitalleşmenin ve transit geçişlerin hızlı ve kolay bir şekilde mümkün olduğu derecede prosedürlerden arındırılmış olarak gerçekleştirilmesi anlayışı taşımaktadır.

Ortak transit sisteminin temelini ise bir basitleştirme uygulaması olan kapsamlı teminat oluşturmaktadır. Kapsamlı teminat, basitleştirme olduğu için izne bağlı, transit işleminin ibrasının beklenmesine gerek olmayan, NCTS üzerinden takip edilebilen ve düşümlü çalışan çağdaş bir teminat modelidir.

Transit işlemlerinin uluslararası ticaretteki eşya hareketliliğinin omurgasını oluşturduğu düşünüldüğünde, bir taraftan bu hareketliliği hızlandırmak ve kolaylaştırmak, diğer taraftan da oluşabilecek risklerin minimize etmek amacıyla etkin bir risk yönetimi sağlamak önem taşımaktadır. Günümüzde, ulusal güvenlik endişeleri, sosyal ve çevreye ilişkin güvenlik konuları uluslararası ticaretin en önemli çelişkilerinden biri olarak durmaktadır. Bu amaçla, ticaretin temel yönetimini elinde tutan gümrük rejimleri de olası riskleri azaltmaya yönelik uygulamalar geliştirmektedirler. Bu minvalde, fiziki kontroller riskli yüklerin fiziki olarak tespit edilmesi, belge kontrolüyle yüke ait belgelerin analizi, şarta

bağlı izinler çerçevesinde güvenli olduğu düşünülen firmaların yüklerinin kontrol dışı bırakılması gibi modellerle risk yönetimi yürütülmektedir.

Çalışmada örnek incelemeye konu edilen TOBBUND transit teminat ve risk yönetimi sisteminin, gümrük transit uygulamalarını bütüncül yaklaşımla ele alıp diğer ülke uygulamalarında rastlanmayan tekil bir örnek olarak yer aldığı söylenebilir. Bu bakışla, Türkiye’nin ve Avrupa’nın en gelişkin transit uygulamalarından biri olan TOBBUND transit platformu ([www.ncts.com.tr](http://www.ncts.com.tr)) ortak transit işlemlerinde ve buna uygun olarak lojistik süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Bir yandan teminat yönetimi, diğer yandan da oluşabilecek risklerin yönetimi konusunda efektif bir şekilde yürütülen bir sistem olarak günlük 1000’i aşkın kullanıcının 2000-3000 arası transit işlemini rahatça gerçekleştirdiği bir platform olarak tüm lojistik firmalarının önemli bir çözüm ortağı haline gelmiştir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Çalışma Konsepti/Tasarım- V.G., A.Ö., M.K.K.; Veri Toplama- V.G.; Veri Analizi/Yorumlama- A.Ö., V.G., M.K.K. ; Yazı Taslağı- M.K.K., V.G., A.Ö.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- A.Ö., V.G., M.K.K.; Son Onay ve Sorumluluk- V.G., A.Ö., M.K.K.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

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

**Author Contributions:** Conception/Design of Study- V.G., A.Ö., M.K.K.; Data Acquisition- V.G.; Data Analysis/ Interpretation- A.Ö., V.G., M.K.K.; Drafting Manuscript- M.K.K., V.G., A.Ö.; Critical Revision of Manuscript- A.Ö., V.G., M.K.K.; Final Approval and Accountability- V.G., A.Ö., M.K.K.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support.

## Kaynakça

- 213 sayılı Vergi Usul Kanunu, 10.01.1961 tarih ve 10703 sayılı Resmi Gazete 4458 sayılı Gümrük Kanunu, 04.11.1999 tarih ve 23866 sayılı Resmi Gazete
- 4 Seri No’lu Gümrük Genel Tebliği (Transit Rejimi), 01.08.2017 tarih ve 30141 sayılı R.G Ortak Transit Sözleşmesi, 30.06.2012 tarihli, 28339 sayılı R.G
- Erol, T. (2019). Gümrüklerde Teminat. Hukuki Haber. 03.02.2022 tarihinde, <https://www.hukukihaber.net/makale/gumruklerde-teminat-h432898.html> adresinden erişilmiştir.
- T.C. Ticaret Bakanlığı (2019). Ortak Transit Rejimi ve NCTS. 03.02.2022 tarihinde, <https://ticaret.gov.tr/gumruk-islemleri/sikca-sorulan-sorular/ticari/ortak-transit-rejimi-ve-ncts> adresinden erişilmiştir.
- Uylukcu, M. ve Şedele, U. Ortak Transit ve NCTS Cep Kitabı Sık Karşılaşılan Sorular ve Cevapları. 04.02.2022 tarihinde [https://ticaret.gov.tr/data/5d4835c513b8762b40ceae4a/3641086be9ab596313caf57\\_eb15daca7.pdf](https://ticaret.gov.tr/data/5d4835c513b8762b40ceae4a/3641086be9ab596313caf57_eb15daca7.pdf) adresinden erişilmiştir.
- Uzun, F. (2020). Gümrük Mevzuatında Teminat Uygulaması. 04.02.2022 tarihinde, <http://nazaligudem.com/tr/yayinlar/gumruk-mevzuatinda-teminat-uygulamasi> adresinden erişilmiştir.



## AMAÇ VE KAPSAM

Ulaştırma ve Lojistik Dergisi (JTL), İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi'nin çok disiplinli ve altı aylık resmi bir dergisidir. Derginin amacı, taşımacılık ve lojistik endüstrisinin küresel ekonomi için geri döndürülemez hale gelen sorunları hakkında yeni fikirleri yayınlamaktır. JTL, akademisyenlere ve saha uygulayıcılarına ulaştırma ve lojistik için yeni konuları tartışmak ve analiz etmek için dinamik bir platform sunmaktadır. JTL Dünya çapında iş yöneticileri ve araştırmacılar arasında lojistik ve tedarik zinciri yönetimi ile ilgili bilgi alışverişinin yanı sıra, lojistik ve tedarik zinciri yönetim sorunları ve teknikleri hakkında yeni bir düşünce platformunda bağımsız, özgün ve özenli bir analiz olanağı sunar. Dergimize akademisyenler ve saha uygulayıcıları tarafından yapılan ulaştırma, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi ve uygulamalarını geliştiren makaleler, araştırma çalışmaları, örnek olay analizleri ve inceleme makaleleri davet edilmektedir. Ulaştırma, lojistik veya tedarik zinciri yönetiminin herhangi bir alanındaki makaleler dergimize kabul edilmektedir. Dergimiz editörleri gelen çalışmalar ile ilgili eserlerin teorik ve yönetsel süreçlerin uygulamalar ile ne derecede örtüştüğünü test etmektedirler. Yayınlamak üzere gönderilen makalelerin tedarik zincirinde ulaştırma ve lojistik süreci perspektifinden uygulamalarının yapılması ve yorumlanması kabul için öncelikli tercih nedeni olmaktadır. Bu nedenle, dergimize işletmecilik, girişimcilik, yönetim, muhasebe, kurumsal yönetim müşteri ilişkileri yönetimi (CRM), pazarlama, insan kaynakları yönetimi, ekonomi, finans, işletme, imalat sanayi, lojistik, tedarik zinciri yönetimi, ulaşım endüstrileri, yeşil lojistik, ters lojistik, insani lojistik, sürdürülebilirlik, şehir lojistiği sektörleri ile ilgili çalışmalar kabul edilmektedir. Tüm makaleler, hakemler tarafından yayınlamak üzere olarak incelenmektedir.

## POLİTİKALAR

### Yayın Politikası

Dergi yayın etiğinde en yüksek standartlara bağlıdır ve Committee on Publication Ethics (COPE), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA) ve World Association of Medical Editors (WAME) tarafından yayınlanan etik yayıncılık ilkelerini benimser; Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing başlığı altında ifade edilen ilkeler için: <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>

Gönderilen makaleler derginin amaç ve kapsamına uygun olmalıdır. Orijinal, yayınlanmamış ve başka bir dergide değerlendirme sürecinde olmayan, her bir yazar tarafından içeriği ve gönderimi onaylanmış yazılar değerlendirilmeye kabul edilir.

Makale yayınlamak üzere Dergiye gönderildikten sonra yazarlardan hiçbirinin ismi, tüm yazarların yazılı izni olmadan yazar listesinden silinemez ve yeni bir isim yazar olarak eklenemez ve yazar sırası değiştirilemez.

İntihal, duplikasyon, sahte yazarlık/inkar edilen yazarlık, araştırma/veri fabrikasyonu, makale dilimleme, dilimleyerek yayın, telif hakları ihlali ve çıkar çatışmasının gizlenmesi, etik dışı davranışlar olarak kabul edilir. Kabul edilen etik standartlara uygun olmayan tüm makaleler yayından çıkarılır. Buna yayından sonra tespit edilen olası kuraldışı, uygunsuzluklar içeren makaleler de dahildir.

### İntihal

Ön kontrolden geçirilen makaleler, iThenticate yazılımı kullanılarak intihal için taranır. İntihal/kendi kendine intihal tespit edilirse yazarlar bilgilendirilir. Editörler, gerekli olması halinde makaleyi değerlendirme ya da üretim sürecinin çeşitli aşamalarında intihal kontrolüne tabi tutabilirler. Yüksek benzerlik oranları, bir makalenin kabul edilmeden önce ve hatta kabul edildikten sonra reddedilmesine neden olabilir. Makalenin türüne bağlı olarak, bunun oranın %15 veya %20'den az olması beklenir.

### Çift Kör Hakemlik

İntihal kontrolünden sonra, uygun olan makaleler baş editör tarafından orijinallik, metodoloji, işlenen konunun önemi ve dergi kapsamı ile uyumluluğu açısından değerlendirilir. Editör, makalelerin adil bir şekilde çift taraflı kör hakemlikten geçmesini sağlar ve makale biçimsel esaslara uygun ise, gelen yazıyı yurtiçinden ve /veya yurtdışından en az iki hakemin değerlendirmesine sunar, hakemler gerek gördüğü takdirde yazıda istenen değişiklikler yazarlar tarafından yapıldıktan sonra yayınlamasına onay verir..

### Açık Erişim İlkesi

Dergi açık erişimlidir ve derginin tüm içeriği okura ya da okurun dahil olduğu kuruma ücretsiz olarak sunulur. Okurlar, ticari amaç haricinde, yayıncı ya da yazardan izin almadan dergi makalelerinin tam metnini okuyabilir, indirebilir, kopyalayabilir, arayabilir ve link sağlayabilir. Bu HYPERLINK "<https://www.budapestopenaccessinitiative.org/translations/turkish-translation>" BOAI açık erişim tanımıyla uyumludur.

Derginin açık erişimli makaleleri Creative Commons Atıf-GayrıTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.tr>) olarak lisanslıdır.

### İşleme Ücreti

Derginin tüm giderleri İstanbul Üniversitesi tarafından karşılanmaktadır. Dergide makale yayını ve makale süreçlerinin yürütülmesi ücrete tabi değildir. Dergiye gönderilen ya da yayın için kabul edilen makaleler için işleme ücreti ya da gönderim ücreti alınmaz.

### Telif Hakkında

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları Creative Commons Atıf-GayrıTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.tr> olarak lisanslıdır. CC BY-NC 4.0 lisansı, eserin ticari kullanım dışında her boyut ve formatta paylaşılmasına, kopyalanmasına, çoğaltılmasına ve orijinal esere uygun şekilde atıfta bulunmak kaydıyla yeniden düzenleme, dönüştürme ve eserin üzerine inşa etme dâhil adapte edilmesine izin verir.

### ETİK

#### Yayın Etiği Beyanı

Journal of Transportation and Logistics, yayın etiğinde en yüksek standartlara bağlıdır ve Committee on Publication Ethics (COPE), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA) ve World Association of Medical Editors (WAME) tarafından yayınlanan etik yayıncılık ilkelerini benimser; Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing başlığı altında ifade edilen ilkeler için: <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>

Gönderilen tüm makaleler orijinal, yayınlanmamış ve başka bir dergide değerlendirme sürecinde olmamalıdır. Her bir makale editörlerden biri ve en az iki hakem tarafından çift kör değerlendirmeden geçirilir. İntihal, duplikasyon, sahte yazarlık/inkar edilen yazarlık, araştırma/veri fabrikasyonu, makale dilimleme, dilimleyerek yayını, telif hakları ihlali ve çıkar çatışmasının gizlenmesi, etik dışı davranışlar olarak kabul edilir.

Kabul edilen etik standartlara uygun olmayan tüm makaleler yayından çıkarılır. Buna yayından sonra tespit edilen olası kuraldışı, uygunsuzluklar içeren makaleler de dahildir.

#### Araştırma Etiği

Journal of Transportation and Logistics araştırma etiğinde en yüksek standartları gözetir ve aşağıda tanımlanan uluslararası araştırma etiği ilkelerini benimser. Makalelerin etik kurallara uygunluğu yazarların sorumluluğundadır

- Araştırmanın tasarlanması, tasarımın gözden geçirilmesi ve araştırmanın yürütülmesinde, bütünlük, kalite ve şeffaflık ilkeleri sağlanmalıdır.
- Araştırma ekibi ve katılımcılar, araştırmanın amacı, yöntemleri ve öngörülen olası kullanımları; araştırmaya katılımın gerektirdikleri ve varsa riskleri hakkında tam olarak bilgilendirilmelidir.
- Araştırma katılımcılarının sağladığı bilgilerin gizliliği ve yanıt verenlerin gizliliği sağlanmalıdır. Araştırma katılımcıların özerkliğini ve saygınlığını koruyacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Araştırma katılımcıları gönüllü olarak araştırmada yer almalı, herhangi bir zorlama altında olmamalıdır.
- Katılımcıların zarar görmesinden kaçınılmalıdır. Araştırma, katılımcıları riske sokmayacak şekilde planlanmalıdır.
- Araştırma bağımsızlığıyla ilgili açık ve net olunmalı; çıkar çatışması varsa belirtilmelidir.
- Deneysel çalışmalarda, araştırmaya katılmaya karar veren katılımcıların yazılı bilgilendirilmiş onayı alınmalıdır. Çocukların ve vesayet altındakilerin veya tasdiklenmiş akıl hastalığı bulunanların yasal vasisinin onayı alınmalıdır.



- Çalışma herhangi bir kurum ya da kuruluşta gerçekleştirilecekse bu kurum ya da kuruluştan çalışma yapılacağına dair onay alınmalıdır.
- İnsan ögesi bulunan çalışmalarda, “yöntem” bölümünde katılımcılardan “bilgilendirilmiş onam” alındığının ve çalışmanın yapıldığı kurumdaki etik kurul onayı alındığı belirtilmesi gerekir.

#### **Yazarların Sorumluluğu**

Makalelerin bilimsel ve etik kurallara uygunluğu yazarların sorumluluğundadır. Yazar makalenin orijinal olduğu, daha önce başka bir yerde yayınlanmadığı ve başka bir yerde, başka bir dilde yayınlanmak üzere değerlendirilmediği konusunda teminat sağlamalıdır. Uygulamadaki telif kanunları ve anlaşmaları gözetilmelidir. Telifle ilgili materyaller (örneğin tablolar, şekiller veya büyük alıntılar) gerekli izin ve teşekkürle kullanılmalıdır. Başka yazarların, katkıda bulunanların çalışmaları ya da yararlanılan kaynaklar uygun biçimde kullanılmalı ve referanslarda belirtilmelidir.

Gönderilen makalede tüm yazarların akademik ve bilimsel olarak doğrudan katkısı olmalıdır, bu bağlamda “yazar” yayınlanan bir araştırmanın kavramsallaştırılmasına ve dizaynına, verilerin elde edilmesine, analizine ya da yorumlanmasına belirgin katkı yapan, yazının yazılması ya da bunun içerik açısından eleştirel biçimde gözden geçirilmesinde görev yapan birisi olarak görülür. Yazar olabilmenin diğer koşulları ise, makaledeki çalışmayı planlamak veya icra etmek ve / veya revize etmektir. Fon sağlanması, veri toplanması ya da araştırma grubunun genel süpervizyonu tek başına yazarlık hakkı kazandırmaz. Yazar olarak gösterilen tüm bireyler sayılan tüm ölçütleri karşılamalıdır ve yukarıdaki ölçütleri karşılayan her birey yazar olarak gösterilebilir. Yazarların isim sıralaması ortak verilen bir karar olmalıdır. Tüm yazarlar yazar sıralamasını Telif Hakkı Formunda imzalı olarak belirtmek zorundadırlar.

Yazarlık için yeterli ölçütleri karşılamayan ancak çalışmaya katkısı olan tüm bireyler “teşekkür / bilgiler” kısmında sıralanmalıdır. Bunlara örnek olarak ise sadece teknik destek sağlayan, yazıma yardımcı olan ya da sadece genel bir destek sağlayan, finansal ve materyal desteği sunan kişiler verilebilir.

Bütün yazarlar, araştırmanın sonuçlarını ya da bilimsel değerlendirmeyi etkileyebilme potansiyeli olan finansal ilişkiler, çıkar çatışması ve çıkar rekabetini beyan etmelidirler. Bir yazar kendi yayınlanmış yazısında belirgin bir hata ya da yanlışlık tespit ederse, bu yanlışlıklara ilişkin düzeltme ya da geri çekme için editör ile hemen temasa geçme ve işbirliği yapma sorumluluğunu taşır.

#### **Editör, Hakem Sorumlulukları ve Değerlendirme Süreci**

Baş editör, makaleleri, yazarların etnik kökeninden, cinsiyetinden, uyruğundan, dini inancından ve siyasi felsefesinden bağımsız olarak değerlendirir. Yayına gönderilen makalelerin adil bir şekilde çift taraflı kör hakem değerlendirmesinden geçmelerini sağlar. Gönderilen makalelere ilişkin tüm bilginin, makale yayınlanana kadar gizli kalacağını garanti eder. Baş editör içerik ve yayının toplam kalitesinden sorumludur. Gereğinde hata sayfası yayınlamalı ya da düzeltme yapmalıdır.

Baş editör; yazarlar, editörler ve hakemler arasında çıkar çatışmasına izin vermez. Hakem atama konusunda tam yetkiye sahiptir ve dergide yayınlanacak makalelerle ilgili nihai kararı vermekle yükümlüdür.

Hakemlerin araştırmayla ilgili, yazarlarla ve/veya araştırmanın finansal destekçileriyle çıkar çatışmaları olmamalıdır. Değerlendirmelerinin sonucunda tarafsız bir yargıya varmalıdırlar. Gönderilmiş yazılara ilişkin tüm bilginin gizli tutulmasını sağlamalı ve yazar tarafında herhangi bir telif hakkı ihlali ve intihal fark ederlerse editöre raporlamalıdırlar.

Hakem, makale konusu hakkında kendini vasıflı hissetmiyor ya da zamanında geri dönüş sağlaması mümkün görünmüyorsa, editöre bu durumu bildirmeli ve hakem sürecine kendisini dahil etmemesini istemelidir.

Değerlendirme sürecinde editör hakemlere gözden geçirme için gönderilen makalelerin, yazarların özel mülkü olduğunu ve bunun imtiyazlı bir iletişim olduğunu açıkça belirtir. Hakemler ve yayın kurulu üyeleri başka kişilerle makaleleri tartışamazlar. Hakemlerin kimliğinin gizli kalmasına özen gösterilmelidir. Bazı durumlarda editörün kararıyla, ilgili hakemlerin makaleye ait yorumları aynı makaleyi yorumlayan diğer hakemlere gönderilerek hakemlerin bu süreçte aydınlatılması sağlanabilir.

### Hakem Süreci

Daha önce yayınlanmamış ya da yayınlanmak üzere başka bir dergide halen değerlendirilmedi olmayan ve her bir yazar tarafından onaylanan makaleler değerlendirilmek üzere kabul edilir. Gönderilen ve ön kontrolü geçen makaleler iThenticate yazılımı kullanılarak intihal için taranır. İntihal kontrolünden sonra, uygun olan makaleler baş editör tarafından orijinallik, metodoloji, işlenen konunun önemi ve dergi kapsamı ile uyumluluğu açısından değerlendirilir. Baş editör, makaleleri, yazarların etnik kökeninden, cinsiyetinden, uyruğundan, dini inancından ve siyasi felsefesinden bağımsız olarak değerlendirir. Yayına gönderilen makalelerin adil bir şekilde çift taraflı kör hakem değerlendirmesinden geçmelerini sağlar.

Seçilen makaleler en az iki ulusal/uluslararası hakeme değerlendirmeye gönderilir; yayın kararı, hakemlerin talepleri doğrultusunda yazarların gerçekleştirdiği düzenlemelerin ve hakem sürecinin sonrasında baş editör tarafından verilir.

Hakemlerin değerlendirmeleri objektif olmalıdır. Hakem süreci sırasında hakemlerin aşağıdaki hususları dikkate alarak değerlendirmelerini yapmaları beklenir.

- Makale yeni ve önemli bir bilgi içeriyor mu?
- Öz, makalenin içeriğini net ve düzgün bir şekilde tanımlıyor mu?
- Yöntem bütünlüklü ve anlaşılır şekilde tanımlanmış mı?
- Yapılan yorum ve varılan sonuçlar bulgularla kanıtlanıyor mu?
- Alandaki diğer çalışmalara yeterli referans verilmiş mi?
- Dil kalitesi yeterli mi?

Hakemler, gönderilen makalelere ilişkin tüm bilginin, makale yayınlanana kadar gizli kalmasını sağlamalı ve yazar tarafında herhangi bir telif hakkı ihlali ve intihal fark ederlerse editöre raporlamalıdır. Hakem, makale konusu hakkında kendini vasıflı hissetmiyor ya da zamanında geri dönüş sağlaması mümkün görünmüyorsa, editöre bu durumu bildirmeli ve hakem sürecine kendisini dahil etmemesini istemelidir.

Değerlendirme sürecinde editör hakemlere gözden geçirme için gönderilen makalelerin, yazarların özel mülkü olduğunu ve bunun imtiyazlı bir iletişim olduğunu açıkça belirtir. Hakemler ve yayın kurulu üyeleri başka kişilerle makaleleri tartışamazlar. Hakemlerin kimliğinin gizli kalmasına özen gösterilmelidir.

### YAZILARIN HAZIRLANMASI

#### Dil

Dergide Türkçe ve İngilizce makaleler yayınlanır. Gönderilen makalelerde makale dilinde öz, İngilizce öz ve İngilizce geniş özet olmalıdır. Ancak makale İngilizce ise, İngilizce geniş özet istenmez.

#### Yazıların Hazırlanması ve Yazım Kuralları

Aksi belirtilmedikçe gönderilen yazılarla ilgili tüm yazışmalar ilk yazarla yapılacaktır. Makale gönderimi online olarak <https://jtl.istanbul.edu.tr/en/> sayfasından erişilen <https://mc04.manuscriptcentral.com/jtl> üzerinden yapılmalıdır. Gönderilen yazılar, makale türünü belirten ve makaleyle ilgili detayları içeren (bkz: Son Kontrol Listesi) Kapak Sayfası; yazının elektronik formunu içeren Microsoft Word 2003 ve üzerindeki versiyonları ile yazılmış elektronik dosya ve tüm yazarların imzaladığı Telif Hakkı Anlaşması Formu eklenerek gönderilmelidir.

1. Makale ana metninde, çift taraflı kör hakemlik süreci gereği, yazarın / yazarların kimlik bilgileri yer almamalıdır.
2. Yayınlanmak üzere gönderilen makale ile birlikte yazar bilgilerini içeren Kapak Sayfası gönderilmelidir. Kapak Sayfasında, makalenin başlığı, yazar veya yazarların bağlı oldukları kurum ve unvanları, kendilerine ulaşılabilecek adresler, cep, iş ve faks numaraları, ORCID ve e-posta adresleri yer almalıdır (bkz. Son Kontrol Listesi).
3. Giriş bölümünden önce 180-200 kelimelik çalışmanın kapsamını, amacını, ulaşılan sonuçları ve kullanılan yöntemi kaydeden makale dilinde öz ve İngilizce öz ile 600-800 kelimelik İngilizce genişletilmiş özet yer almalıdır. Makale İngilizce ise Türkçe özet ve İngilizce geniş özet istenmez. Çalışmanın içeriğini temsil eden, 3'er adet anahtar kelime yer almalıdır.
4. Çalışmaların başlıca şu unsurları içermesi gerekmektedir: Makale Türkçe ise; Türkçe dilinde başlık, öz ve anahtar kelimeler; İngilizce başlık, öz ve anahtar kelimeler, İngilizce geniş özet, ana metin bölümleri,

kaynaklar, tablolar ve şekiller. Makale İngilizce ise; sadece İngilizce dilinde başlık öz ve anahtar kelimeler, ana metin bölümleri, kaynaklar, tablolar ve şekiller yer almalıdır

##### 5. Makale Türleri:

**Araştırma Makaleleri:** Orijinal araştırma makaleleri derginin kapsamına uygun konularda önemli, özgün bilimsel sonuçlar sunan araştırmaları raporlayan yazılardır. Orijinal araştırma makaleleri, Öz, Anahtar Kelimeler, İngilizce Geniş Özet, Giriş, Yöntem, Bulgular, Tartışma, Sonuçlar, Kaynaklar bölümlerinden ve Tablo, Grafik ve Şekillerden oluşur.

**Öz:** İngilizce özetler 180-200 kelime arasında olmalı ve çalışmanın amacını, yöntemini, bulgularını ve sonuçlarını belirtmelidir. Makale Türkçe ise; Türkçe ve İngilizce 180-200 kelimelik özet ve 600-800 kelimelik İngilizce genişletilmiş özet de özetlerden sonra yer almalıdır.

**Giriş:** Giriş bölümünde konunun önemi, tarihçe ve bugüne kadar yapılmış çalışmalar, hipotez ve çalışmanın amacından söz edilmelidir. Hem ana hem de ikincil amaçlar açıkça belirtilmelidir. Sadece gerçekten ilişkili kaynaklar gösterilmeli ve çalışmaya ait veri ya da sonuçlardan söz edilmemelidir. Giriş bölümünün sonunda çalışmanın amacı, araştırma soruları veya hipotezler yazılmalıdır.

**Yöntem:** Yöntem bölümünde, veri kaynakları, çalışmaya katılanlar, ölççekler, görüşme/değerlendirmeler ve temel ölçümler, yapılan işlemler ve istatistiksel yöntemler yer almalıdır. Yöntem bölümü, sadece çalışmanın planı ya da protokolü yazılırken bilinen bilgileri içermelidir; çalışma sırasında elde edilen tüm bilgiler bulgular kısmında verilmelidir.

**Bulgular:** Ana bulgular istatistiksel verilerle desteklenmiş olarak eksiksiz verilmeli ve bu bulgular uygun tablo, grafik ve şekillerle görsel olarak da belirtilmelidir. Bulgular yazıda, tablolarda ve şekillerde mantıklı bir sırayla önce en önemli sonuçlar olacak şekilde verilmelidir. Tablo ve şekillerdeki tüm veriyi yazıda vermemeli, sadece önemli noktaları vurgulanmalıdır.

**Tartışma:** Tartışma bölümünde o çalışmadan elde edilen veriler, kurulan hipotez doğrultusunda hipotezi destekleyen ve desteklemeyen bulgular ve sonuçlar irdelenmeli ve bu bulgu ve sonuçlar literatürde bulunan benzeri çalışmalarla kıyaslanmalı, farklılıklar varsa açıklanmalıdır. Çalışmanın yeni ve önemli yanları ve bunlardan çıkan sonuçları vurgulanmalıdır. Giriş ya da sonuçlar kısmında verilen bilgi ve veriler tekrarlanmamalıdır.

**Sonuçlar:** Çalışmadan elde edilen sonuçlar belirtilmelidir. Sonuçlar, çalışmanın amaçları ile bağlantılı olmalıdır, ancak veriler tarafından yeterince desteklenmeyen nitelsiz ifadeler ve sonuçlardan kaçınılmalıdır. Yeni hipotezler gerektiğinde belirtilmeli, ancak açıkça tanımlanmalıdır.

**Şekil, Resim, Tablo ve Grafikler:** Metin içinde kullanılan fotoğraf, plân, harita vb. materyallerin “.jpg / .tiff” uzantılı kayıtları gönderilecek dokümanlara eklenmelidir. Bu tür belgelerin baskı tekniğine uygun çözünürlükte (en az 300 piksel) ve sayfa alanını aşmayacak büyüklükte olmasına dikkat edilmelidir. Fotoğraf ve levhaların 10 sayfayı aşmamasına dikkat edilmeli ve metin içinde parantezle atıfta bulunulan resim, harita veya diğer ekler makalenin sonuna eklenmelidir.

**Derleme:** Yazının konusunda birikimi olan ve bu birikimleri uluslararası literatüre yayın ve atıf sayısı olarak yansıtmış uzmanlar tarafından hazırlanmış yazılar değerlendirmeye alınır. Yazarları dergi tarafından da davet edilebilir. Derleme yazısı, başlık, öz, anahtar kelimeler, İngilizce geniş özet (Türkçe, Almanca, Fransızca ve İtalyanca makaleler için), ana metin bölümleri ve kaynaklardan oluşmalıdır.

6. Referanslar derginin benimsediği American Psychological Association (APA) 6 stiline uygun olarak hazırlanmalıdır.

7. Kurallar dâhilinde dergimize yayınlanmak üzere gönderilen çalışmaların her türlü sorumluluğu yazar/ yazarlarına aittir.

#### KAYNAKLAR

##### Referans Stili ve Formatı

Journal of Transportation and Logistics, metin içi alıntılama ve kaynak gösterme için APA (American Psychological Association) kaynak sitilinin 6. edisyonunu benimser. APA 6.Edisyon hakkında bilgi için:

- American Psychological Association. (2010). Publication manual of the American Psychological Association (6th ed.). Washington, DC: APA.
- <http://www.apastyle.org/>

Kaynakların doğruluğundan yazar(lar) sorumludur. Tüm kaynaklar metinde belirtilmelidir. Kaynaklar aşağıdaki örneklerdeki gibi gösterilmelidir.

#### Metin İçinde Kaynak Gösterme

Kaynaklar metinde parantez içinde yazarların soyadı ve yayın tarihi yazılarak belirtilmelidir.

Birden fazla kaynak gösterilecekse kaynaklar arasında (;) işareti kullanılmalıdır. Kaynaklar alfabetik olarak sıralanmalıdır.

#### Örnekler:

##### **Birden fazla kaynak;**

(Esin ve ark., 2002; Karasar 1995)

##### **Tek yazarlı kaynak;**

(Akyolcu, 2007)

##### **İki yazarlı kaynak;**

(Sayiner ve Demirci, 2007, s. 72)

##### **Üç, dört ve beş yazarlı kaynak;**

Metin içinde ilk kullanımda: (Ailen, Ciambrene ve Welch, 2000, s. 12–13) Metin içinde tekrarlayan

kullanımlarda: (Ailen ve ark., 2000)

##### **Altı ve daha çok yazarlı kaynak;**

(Çavdar ve ark., 2003)

#### Kaynaklar Bölümünde Kaynak Gösterme

Kullanılan tüm kaynaklar metnin sonunda ayrı bir bölüm halinde yazar soyadlarına göre alfabetik olarak numaralandırılmadan verilmelidir.

#### Kaynak yazımı ile ilgili örnekler aşağıda verilmiştir.

#### Kitap

##### **a) Türkçe Kitap**

Karasar, N. (1995). *Araştırmalarda rapor hazırlama* (8.bs). Ankara: 3A Eğitim Danışmanlık Ltd.

##### **b) Türkçeye Çevrilmiş Kitap**

Mucchielli, A. (1991). *Zihniyetler* (A. Kotil, Çev.). İstanbul: İletişim Yayınları.

##### **c) Editörlü Kitap**

Ören, T., Üney, T. ve Çölkesen, R. (Ed.). (2006). *Türkiye bilişim ansiklopedisi*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

##### **d) Çok Yazarlı Türkçe Kitap**

Tonta, Y., Bitirim, Y. ve Sever, H. (2002). *Türkçe arama motorlarında performans değerlendirme*. Ankara: Total Bilişim.

##### **e) İngilizce Kitap**

Kamien R., & Kamien A. (2014). *Music: An appreciation*. New York, NY: McGraw-Hill Education.

##### **f) İngilizce Kitap İçerisinde Bölüm**

Bassett, C. (2006). Cultural studies and new media. In G. Hall & C. Birchall (Eds.), *New cultural studies: Adventures in theory* (pp. 220–237). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.

##### **g) Türkçe Kitap İçerisinde Bölüm**

Erkmen, T. (2012). Örgüt kültürü: Fonksiyonları, öğeleri, işletme yönetimi ve liderlikteki önemi. M. Zencirkıran (Ed.), *Örgüt sosyolojisi kitabı* içinde (s. 233–263). Bursa: Dora Basım Yayın.

##### **h) Yayımcının ve Yazarın Kurum Olduğu Yayın**

Türk Standartları Enstitüsü. (1974). *Adlandırma ilkeleri*. Ankara: Yazar.

#### Makale

##### **a) Türkçe Makale**

Mutlu, B. ve Savaşer, S. (2007). Çocuğu ameliyat sonrası yoğun bakımda olan ebeveynlerde stres nedenleri ve azaltma girişimleri. *İstanbul Üniversitesi Florence Nightingale Hemşirelik Dergisi*, 15(60), 179–182.

##### **b) İngilizce Makale**

de Cillia, R., Reisiğl, M., & Wodak, R. (1999). The discursive construction of national identity. *Discourse and Society*, 10(2), 149–173. <http://dx.doi.org/10.1177/0957926599010002002>

**c) Yediden Fazla Yazarlı Makale**

Lal, H., Cunningham, A. L., Godeaux, O., Chlibek, R., Diez-Domingo, J., Hwang, S.-J. ... Heineman, T. C. (2015). Efficacy of an adjuvanted herpes zoster subunit vaccine in older adults. *New England Journal of Medicine*, 372, 2087–2096. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1501184>

**d) DOI'si Olmayan Online Edinilmiş Makale**

Al, U. ve Doğan, G. (2012). Hacettepe Üniversitesi Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü tezlerinin atıf analizi. *Türk Kütüphaneciliği*, 26, 349–369. Erişim adresi: <http://www.tk.org.tr/>

**e) DOI'si Olan Makale**

Turner, S. J. (2010). Website statistics 2.0: Using Google Analytics to measure library website effectiveness. *Technical Services Quarterly*, 27, 261–278. <http://dx.doi.org/10.1080/07317131003765910>

**f) Advance Online Olarak Yayımlanmış Makale**

Smith, J. A. (2010). Citing advance online publication: A review. *Journal of Psychology*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.1037/a45d7867>

**g) Popüler Dergi Makalesi**

Semerciöglü, C. (2015, Haziran). Sıradanlığın rayihası. *Sabit Fikir*, 52, 38–39.

**Tez, Sunum, Bildiri****a) Türkçe Tezler**

Sarı, E. (2008). *Kültür kimlik ve politika: Mardin'de kültürlerarasılık*. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

**b) Ticari Veritabanında Yer Alan Yüksek Lisans Ya da Doktora Tezi**

Van Brunt, D. (1997). *Networked consumer health information systems* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses. (UMI No. 9943436)

**c) Kurumsal Veritabanında Yer Alan İngilizce Yüksek Lisans/Doktora Tezi**

Yaylalı-Yıldız, B. (2014). *University campuses as places of potential publicness: Exploring the political, social and cultural practices in Ege University* (Doctoral dissertation). Retrieved from: <http://library.iyte.edu.tr/hizli-erisim/iyte-tez-portali>

**d) Web'de Yer Alan İngilizce Yüksek Lisans/Doktora Tezi**

Tonta, Y. A. (1992). *An analysis of search failures in online library catalogs* (Doctoral dissertation, University of California, Berkeley). Retrieved from <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~tonta/yayinlar/phd/ickapak.html>

**e) Dissertations Abstracts International'da Yer Alan Yüksek Lisans/Doktora Tezi**

Appelbaum, L. G. (2005). Three studies of human information processing: Texture amplification, motion representation, and figure-ground segregation. *Dissertation Abstracts International: Section B. Sciences and Engineering*, 65(10), 5428.

**f) Sempozyum Katkısı**

Krinsky-McHale, S. J., Zigman, W. B., & Silverman, W. (2012, August). Are neuropsychiatric symptoms markers of prodromal Alzheimer's disease in adults with Down syndrome? In W. B. Zigman (Chair), *Predictors of mild cognitive impairment, dementia, and mortality in adults with Down syndrome*. Symposium conducted at American Psychological Association meeting, Orlando, FL.

**g) Online Olarak Erişilen Konferans Bildiri Özeti**

Çınar, M., Doğan, D. ve Seferoğlu, S. S. (2015, Şubat). *Eğitimde dijital araçlar: Google sınıf uygulaması üzerine bir değerlendirme* [Öz]. Akademik Bilişim Konferansında sunulan bildiri, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. Erişim adresi: <http://ab2015.anadolu.edu.tr/index.php?menu=5&submenu=27>

**h) Düzenli Olarak Online Yayımlanan Bildiriler**

Herculano-Houzel, S., Collins, C. E., Wong, P., Kaas, J. H., & Lent, R. (2008). The basic nonuniformity of the cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 12593–12598. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0805417105>

**i) Kitap Şeklinde Yayımlanan Bildiriler**

Schneider, R. (2013). Research data literacy. S. Kurbanoğlu ve ark. (Ed.), *Communications in Computer and Information Science: Vol. 397. Worldwide Communalities and Challenges in Information Literacy Research and Practice* içinde (s. 134–140). Cham, İsviçre: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-03919-0>

**j) Kongre Bildirisi**

Çepni, S., Bacanak A. ve Özsevgeç T. (2001, Haziran). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının fen branşlarına karşı tutumları ile fen branşlarındaki başarılarının ilişkisi*. X. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu

## Diğer Kaynaklar

### a) Gazete Yazısı

Toker, Ç. (2015, 26 Haziran). 'Unutma' notları. *Cumhuriyet*, s. 13.

### b) Online Gazete Yazısı

Tamer, M. (2015, 26 Haziran). E-ticaret hamle yapmak için tüketiciyi bekliyor. *Milliyet*. Erişim adresi: <http://www.milliyet>

### c) Web Page/Blog Post

Bordwell, D. (2013, June 18). David Koepp: Making the world movie-sized [Web log post]. Retrieved from <http://www.davidbordwell.net/blog/page/27/>

### d) Online Ansiklopedi/Sözlük

Bilgi mimarisi. (2014, 20 Aralık). Vikipedi içinde. Erişim adresi: [http://tr.wikipedia.org/wiki/Bilgi\\_mimarisi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Bilgi_mimarisi)  
Marcoux, A. (2008). Business ethics. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Retrieved from <http://plato.stanford.edu/entries/ethics-business/>

### e) Podcast

Radyo ODTÜ (Yapımcı). (2015, 13 Nisan). *Modern sabahlar* [Podcast]. Erişim adresi: <http://www.radyoodtu.com.tr/>

### f) Bir Televizyon Dizisinden Tek Bir Bölüm

Shore, D. (Senarist), Jackson, M. (Senarist) ve Bookstaver, S. (Yönetmen). (2012). Runaways [Televizyon dizisi bölümü]. D. Shore (Baş yapımcı), *House M.D.* içinde. New York, NY: Fox Broadcasting.

### g) Müzik Kaydı

Say, F. (2009). Galata Kulesi. *İstanbul senfonisi* [CD] içinde. İstanbul: Ak Müzik.

## SON KONTROL LİSTESİ

Aşağıdaki listede eksik olmadığından emin olun:

- Makalenin türünün belirtilmiş olduğu
- Başka bir dergiye gönderilmemiş olduğu
- Sponsor veya ticari bir firma ile ilişkisi varsa, bunun belirtildiği
- İngilizce yönünden kontrolünün yapıldığı
- Referansların derginin benimsediği APA 6 edisyonuna uygun olarak düzenlendiği
- Yazarlara Bilgide detaylı olarak anlatılan dergi politikalarının gözden geçirildiği
- Telif Hakkı Anlaşması Formu
- Daha önce basılmış materyal (yazı-resim-tablo) kullanılmış ise izin belgesi
- Kapak sayfası
  - ✓ Makalenin kategorisi
  - ✓ Makale dilinde ve İngilizce başlık
  - ✓ Yazarların ismi soyadı, unvanları ve bağlı oldukları kurumlar (üniversite ve fakülte bilgisinden sonra şehir ve ülke bilgisi), e-posta adresleri
  - ✓ Sorumlu yazarın e-posta adresi, açık yazışma adresi, iş telefonu, GSM, faks nosu
  - ✓ Tüm yazarların ORCID'leri
  - ✓ Finansal destek (varsa belirtiniz)
  - ✓ Çıkar çatışması (varsa belirtiniz)
  - ✓ Teşekkür (varsa belirtiniz)
- Makale ana metni
  - Makale Türkçe ise:
    - ✓ Makalenin Türkçe ve İngilizce başlığı
    - ✓ Özetler; 180-200 kelime Türkçe ve 180-200 kelime İngilizce
    - ✓ Anahtar Kelimeler: 3-5 arası Türkçe ve 3-5 arası İngilizce
    - ✓ İngilizce genişletilmiş özet (Extended Abstract) 600-800 kelime
    - ✓ Makale ana metin bölümleri
    - ✓ Teşekkür (varsa belirtiniz)
    - ✓ Kaynaklar
    - ✓ Tablolar-Resimler, Şekiller (başlık, tanım ve alt yazılarıyla)

- Makale İngilizce ise:
  - ✓ Makalenin İngilizce başlığı
  - ✓ 180-200 kelime İngilizce özet
  - ✓ İngilizce anahtar kelimeler
  - ✓ Makale ana metin bölümleri
  - ✓ Teşekkür (varsa belirtiniz)
  - ✓ Kaynaklar
  - ✓ Tablolar-Resimler, Şekiller (başlık, tanım ve alt yazılarıyla)

## **AIM AND SCOPE**

Journal of Transportation and Logistics (JTL) is a multidisciplinary and semi-annual published official journal of Istanbul University, The Faculty of Transportation and Logistics. The aim of the journal is to disseminate the new ideas on the issues and problems faced by transportation and logistics industry which becomes irrevocable for the global economy. JTL provides academicians and practitioners with a dynamic platform to discuss and analyze the new issues for transportation and logistics. It presents an independent, original and elaborated analysis to facilitate the interchange of information about logistics and supply chain management among business planners and researchers on a world-wide basis as well as a platform for new thinking on the problems and techniques of logistics and supply chain management. Academicians and practitioners are invited to submit articles, research papers, case studies and review articles that progress the science and practice of transportation, logistics and supply chain management. While articles in any area of transportation, logistics or supply chain management are welcomed, the editors are especially interested in those dealing with managerial applications of theory and technique. Articles which provide guidelines for framing, interpreting or implementing the transport and logistics process in the supply chain are of particular interest. Thus, subjects covered in this journal may include business; entrepreneurship; management and accounting; corporate governance; customer relationship management (CRM); marketing; human resources management; economics, finance, business & industry; industry & industrial studies; logistics; inbound and outbound logistics; supply chain management; transport industries; green logistics; reverse logistics; humanitarian logistics; sustainability; city logistics. All articles are anonymously reviewed for publication by referees who look for original ideas that are clearly presented.

## **POLICIES**

### **Publication Policy**

The journal is committed to upholding the highest standards of publication ethics and pays regard to Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing published by the Committee on Publication Ethics (COPE), the Directory of Open Access Journals (DOAJ), the Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA), and the World Association of Medical Editors (WAME) on <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>

The subjects covered in the manuscripts submitted to the Journal for publication must be in accordance with the aim and scope of the Journal. Only those manuscripts approved by every individual author and that were not published before in or sent to another journal, are accepted for evaluation.

Changing the name of an author (omission, addition or order) in papers submitted to the Journal requires written permission of all declared authors.

Plagiarism, duplication, fraud authorship/denied authorship, research/data fabrication, salami slicing/salami publication, breaching of copyrights, prevailing conflict of interest are unethical behaviors. All manuscripts not in accordance with the accepted ethical standards will be removed from the publication. This also contains any possible malpractice discovered after the publication.

### **Plagiarism**

Submitted manuscripts that pass preliminary control are scanned for plagiarism using iThenticate software. If plagiarism/self-plagiarism will be found authors will be informed. Editors may resubmit manuscript for similarity check at any peer-review or production stage if required. High similarity scores may lead to rejection of a manuscript before and even after acceptance. Depending on the type of article and the percentage of similarity score taken from each article, the overall similarity score is generally expected to be less than 15 or 20%.

### **Double Blind Peer-Review**

After plagiarism check, the eligible ones are evaluated by the editors-in-chief for their originality, methodology, the importance of the subject covered and compliance with the journal scope. The editor provides a fair double-blind peer review of the submitted articles and hands over the papers matching



the formal rules to at least two national/international referees for evaluation and gives green light for publication upon modification by the authors in accordance with the referees' claims.

#### **Open Access Statement**

The journal is an open access journal and all content is freely available without charge to the user or his/her institution. Except for commercial purposes, users are allowed to read, download, copy, print, search, or link to the full texts of the articles in this journal without asking prior permission from the publisher or the author. This is in accordance with the HYPERLINK "<https://www.budapestopenaccessinitiative.org/read>" BOAI definition of open access.

The open access articles in the journal are licensed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International ( HYPERLINK "<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en>" CC BY-NC 4.0) license. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en>)

#### **Article Processing Charge**

All expenses of the journal are covered by the Istanbul University. Processing and publication are free of charge with the journal. There is no article processing charges or submission fees for any submitted or accepted articles.

#### **Copyright Notice**

Authors publishing with the journal retain the copyright to their work licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (CC BY-NC 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> ) and grant the Publisher non-exclusive commercial right to publish the work. CC BY-NC 4.0 license permits unrestricted, non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### **ETHICS**

##### **Publication Ethics and Publication Malpractice Statement**

The Journal of Transportation and Logistics is committed to upholding the highest standards of publication ethics and pays regard to Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing published by the Committee on Publication Ethics (COPE), the Directory of Open Access Journals (DOAJ), to access the Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA), and the World Association of Medical Editors (WAME) on <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>

All parties involved in the publishing process (Editors, Reviewers, Authors and Publisher) are expected to agree on the following ethical principles.

All submissions must be original, unpublished (including as full text in conference proceedings), and not under the review of any other publication synchronously. Each manuscript is reviewed by one of the editors and at least two referees under double-blind peer review process. Plagiarism, duplication, fraud authorship/denied authorship, research/data fabrication, salami slicing/salami publication, breaching of copyrights, prevailing conflict of interest are unethical behaviors.

All manuscripts not in accordance with the accepted ethical standards will be removed from the publication. This also contains any possible malpractice discovered after the publication. In accordance with the code of conduct we will report any cases of suspected plagiarism or duplicate publishing.

##### **Research Ethics**

The Journal of Transportation and Logistics adheres to the highest standards in research ethics and follows the principles of international research ethics as defined below. The authors are responsible for the compliance of the manuscripts with the ethical rules.

- Principles of integrity, quality and transparency should be sustained in designing the research, reviewing the design and conducting the research.
- The research team and participants should be fully informed about the aim, methods, possible uses and requirements of the research and risks of participation in research.

- The confidentiality of the information provided by the research participants and the confidentiality of the respondents should be ensured. The research should be designed to protect the autonomy and dignity of the participants.
- Research participants should participate in the research voluntarily, not under any coercion.
- Any possible harm to participants must be avoided. The research should be planned in such a way that the participants are not at risk.
- The independence of research must be clear; and any conflict of interest must be disclosed.
- In experimental studies with human subjects, written informed consent of the participants who decide to participate in the research must be obtained. In the case of children and those under wardship or with confirmed insanity, legal custodian's assent must be obtained.
- If the study is to be carried out in any institution or organization, approval must be obtained from this institution or organization.
- In studies with human subject, it must be noted in the method's section of the manuscript that the informed consent of the participants and ethics committee approval from the institution where the study has been conducted have been obtained.

#### **Author Responsibilities**

It is authors' responsibility to ensure that the article is in accordance with scientific and ethical standards and rules. And authors must ensure that submitted work is original. They must certify that the manuscript has not previously been published elsewhere or is not currently being considered for publication elsewhere, in any language. Applicable copyright laws and conventions must be followed. Copyright material (e.g. tables, figures or extensive quotations) must be reproduced only with appropriate permission and acknowledgement. Any work or words of other authors, contributors, or sources must be appropriately credited and referenced.

All the authors of a submitted manuscript must have direct scientific and academic contribution to the manuscript. The author(s) of the original research articles is defined as a person who is significantly involved in "conceptualization and design of the study", "collecting the data", "analyzing the data", "writing the manuscript", "reviewing the manuscript with a critical perspective" and "planning/conducting the study of the manuscript and/or revising it". Fund raising, data collection or supervision of the research group are not sufficient roles to be accepted as an author. The author(s) must meet all these criteria described above. The order of names in the author list of an article must be a co-decision and it must be indicated in the Copyright Agreement Form. The individuals who do not meet the authorship criteria but contributed to the study must take place in the acknowledgement section. Individuals providing technical support, assisting writing, providing a general support, providing material or financial support are examples to be indicated in acknowledgement section.

All authors must disclose all issues concerning financial relationship, conflict of interest, and competing interest that may potentially influence the results of the research or scientific judgment.

When an author discovers a significant error or inaccuracy in his/her own published paper, it is the author's obligation to promptly cooperate with the Editor to provide retractions or corrections of mistakes.

#### **Responsibility for the Editor and Reviewers and Evaluation Process**

Editor-in-Chief evaluates manuscripts for their scientific content without regard to ethnic origin, gender, citizenship, religious belief or political philosophy of the authors. He/She provides a fair double-blind peer review of the submitted articles for publication and ensures that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential before publishing.

Editor-in-Chief is responsible for the contents and overall quality of the publication. He/She must publish errata pages or make corrections when needed.

Editor-in-Chief does not allow any conflicts of interest between the authors, editors and reviewers. Only he has the full authority to assign a reviewer and is responsible for final decision for publication of the manuscripts in the journal.

Reviewers must have no conflict of interest with respect to the research, the authors and/or the research funders. Their judgments must be objective.

Reviewers must ensure that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential and must report to the editor if they are aware of copyright infringement and plagiarism on the author's side.

A reviewer who feels unqualified to review the topic of a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

The editor informs the reviewers that the manuscripts are confidential information and that this is a privileged interaction. The reviewers and editorial board cannot discuss the manuscripts with other persons. The anonymity of the referees must be ensured. In particular situations, the editor may share the review of one reviewer with other reviewers to clarify a particular point.

#### **Peer Review Process**

Only those manuscripts approved by its every individual author and that were not published before in or sent to another journal, are accepted for evaluation.

Submitted manuscripts that pass preliminary control are scanned for plagiarism using iThenticate software. After plagiarism check, the eligible ones are evaluated by Editor-in-Chief for their originality, methodology, the importance of the subject covered and compliance with the journal scope. Editor-in-Chief evaluates manuscripts for their scientific content without regard to ethnic origin, gender, citizenship, religious belief or political philosophy of the authors and ensures a fair double-blind peer review of the selected manuscripts.

The selected manuscripts are sent to at least two national/international referees for evaluation and publication decision is given by Editor-in-Chief upon modification by the authors in accordance with the referees' claims.

Editor-in-Chief does not allow any conflicts of interest between the authors, editors and reviewers and is responsible for final decision for publication of the manuscripts in the journal.

Reviewers' judgments must be objective. Reviewers' comments on the following aspects are expected while conducting the review.

- Does the manuscript contain new and significant information?
- Does the abstract clearly and accurately describe the content of the manuscript?
- Is the problem significant and concisely stated?
- Are the methods described comprehensively?
- Are the interpretations and conclusions justified by the results?
- Is adequate references made to other Works in the field?
- Is the language acceptable?

Reviewers must ensure that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential and must report to the editor if they are aware of copyright infringement and plagiarism on the author's side.

A reviewer who feels unqualified to review the topic of a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

The editor informs the reviewers that the manuscripts are confidential information and that this is a privileged interaction. The reviewers and editorial board cannot discuss the manuscripts with other persons. The anonymity of the referees is important.

#### **MANUSCRIPT ORGANIZATION**

##### **Language**

Articles in Turkish and English are published. Submitted manuscript must include an abstract both in the article language and in English, and an extended abstract in English as well. However extended abstract in English is not required for articles in English.

##### **Manuscript Organization and Submission**

All correspondence will be sent to the first-named author unless otherwise specified. Manuscript is to be submitted online via <https://jtl.istanbul.edu.tr/en/> that can be accessed at <https://mc04.manuscriptcentral.com/jtl> and it must be accompanied by a Title Page specifying the article category

(i.e. research article, review etc.) and including information about the manuscript (see the Submission Checklist). Manuscripts should be prepared in Microsoft Word 2003 and upper versions. In addition, Copyright Agreement Form that has to be signed by all authors must be submitted.

1. Manuscripts should be prepared using the Article Template. Due to double blind peer review, manuscript file must not include any information about the author.
2. A title page including author information must be submitted together with the manuscript. The title page is to include fully descriptive title of the manuscript and, affiliation, title, e-mail address, ORCID, postal address, phone, mobile phone and fax number of the author(s) (see The Submission Checklist).
3. Before the introduction part, there should be an abstract of 180-200 words in English. If the manuscript is in Turkish, extended abstract in English between 600-800 word is required.. Underneath the abstracts, 3 keywords that inform the reader about the content of the study should be specified.
4. The manuscripts should contain mainly these components: title, abstract and keywords; extended abstract in English (for articles in Turkish), sections, references, tables and figures.

5. **Article Types**

**Research Article:** Original research articles report substantial and original scientific results within the journal scope. Original research articles are comprised of Abstract, Key Words, Introduction, Methods, Results, Discussion, Conclusion, References and Figures, Tables and Graphics.

**Abstract:** The abstracts in English must be between 180-200 words and state aim, method, result and conclusions of the study. If the article is in Turkish 180-200 words of abstract both in Turkish and English and extended abstract of 600-800 words in English must be written as well following the abstracts.

**Introduction:** This section must contain a clear statement of the general and specific objectives as well as the hypotheses which the work is designed to test. It should also give a brief account of the reported literature. It should clearly state the primary and secondary purposes of the article. Only, the actual references related with the issues have to be indicated and data or findings related with the current study must not be included in this section.

**Methods:** This section must contain explicit, concise descriptions of all procedures, materials and methods (i.e. data sources, participants, scales, interviews/reviews, basic measurements, applications, statistical methods) used in the investigation to enable the reader to judge their accuracy, reproducibility, etc. This section should include the known findings at the beginning of the study and the findings during the study must be reported in results section.

**Results:** The results should be presented in logical sequence in the text, tables, and figures, giving the main or most important findings first. The all the data in the tables or figures should not be repeated in the text; only the most important observations must be emphasized or summarized.

**Discussion:** The findings of the study, the findings and results which support or do not support the hypothesis of the study should be discussed, results should be compared and contrasted with findings of other studies in the literature and the different findings from other studies should be explained. The new and important aspects of the study and the conclusions that follow from them should be emphasized. The data or other information given in the Introduction or the Results section should not be repeated in detail.

**Conclusions:** Conclusions derived from the study should be stated. The conclusions should be linked with the goals of the study but unqualified statements and conclusions not adequately supported by the data should be avoided. New hypotheses should be stated when warranted, but should be labeled clearly as such.

**Figures, Tables and Graphics:** Figures, tables and graphics materials should be “.jpg, .tiff or .jpeg” format and they should be submitted with the article. These materials should be min. 300 pixels and they must not be bigger than page size. The illustrations should not exceed 10 pages. All illustrations should be labelled and a list of figures with captions, legends, and credits should be provided on a separate page.

**Review Article:** Reviews prepared by authors who have extensive knowledge on a particular field and whose scientific background has been translated into a high volume of publications with a high citation potential are welcomed. These authors may even be invited by the journal. Review article should contain title, abstract and keywords; body text with sections, and references.

6. References should be in accordance with American Psychological Association (APA) style 6<sup>th</sup> Edition.
7. Authors are responsible for all statements made in their work submitted to the journal for publication.

## REFERENCES

### Reference Style and Format

The Journal of Transportation and Logistics complies with APA (American Psychological Association) style 6th Edition for referencing and quoting. For more information:

- American Psychological Association. (2010). *Publication manual of the American Psychological Association* (6th ed.). Washington, DC: APA.

- <http://www.apastyle.org>

Accuracy of citation is the author's responsibility. All references should be cited in text. Reference list must be in alphabetical order. Type references in the style shown below.

### Citations in the Text

Citations must be indicated with the author surname and publication year within the parenthesis.

If more than one citation is made within the same parenthesis, separate them with (;).

### Samples:

#### **More than one citation;**

(Esin, et al., 2002; Karasar, 1995)

#### **Citation with one author;**

(Akyolcu, 2007)

#### **Citation with two authors;**

(Sayiner & Demirci, 2007)

#### **Citation with three, four, five authors;**

First citation in the text: (Ailen, Ciambriune, & Welch, 2000) Subsequent citations in the text: (Ailen, et al., 2000)

#### **Citations with more than six authors;**

(Çavdar, et al., 2003)

### Citations in the Reference

All the citations done in the text should be listed in the References section in alphabetical order of author surname without numbering. Below given examples should be considered in citing the references.

### Basic Reference Types

#### Book

##### **a) Turkish Book**

Karasar, N. (1995). *Araştırmalarda rapor hazırlama* (8<sup>th</sup> ed.) [Preparing research reports]. Ankara, Turkey: 3A Eğitim Danışmanlık Ltd.

##### **b) Book Translated into Turkish**

Mucchielli, A. (1991). *Zihniyetler* [Mindsets] (A. Kotil, Trans.). İstanbul, Turkey: İletişim Yayınları.

##### **c) Edited Book**

Ören, T., Üney, T., & Çölkesen, R. (Eds.). (2006). *Türkiye bilişim ansiklopedisi* [Turkish Encyclopedia of Informatics]. İstanbul, Turkey: Papatya Yayıncılık.

##### **d) Turkish Book with Multiple Authors**

Tonta, Y., Bitirim, Y., & Sever, H. (2002). *Türkçe arama motorlarında performans değerlendirme* [Performance evaluation in Turkish search engines]. Ankara, Turkey: Total Bilişim.

##### **e) Book in English**

Kamien R., & Kamien A. (2014). *Music: An appreciation*. New York, NY: McGraw-Hill Education.

##### **f) Chapter in an Edited Book**

Bassett, C. (2006). Cultural studies and new media. In G. Hall & C. Birchall (Eds.), *New cultural studies: Adventures in theory* (pp. 220–237). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.

**g) Chapter in an Edited Book in Turkish**

Erkmen, T. (2012). Örgüt kültürü: Fonksiyonları, öğeleri, işletme yönetimi ve liderlikteki önemi [Organization culture: Its functions, elements and importance in leadership and business management]. In M. Zencirkıran (Ed.), *Örgüt sosyolojisi* [Organization sociology] (pp. 233–263). Bursa, Turkey: Dora Basım Yayın.

**h) Book with the same organization as author and publisher**

American Psychological Association. (2009). *Publication manual of the American psychological association* (6<sup>th</sup> ed.). Washington, DC: Author.

**Article**

**a) Turkish Article**

Mutlu, B., & Savaşer, S. (2007). Çocuğu ameliyat sonrası yoğun bakımda olan ebeveynlerde stres nedenleri ve azaltma girişimleri [Source and intervention reduction of stress for parents whose children are in intensive care unit after surgery]. *Istanbul University Florence Nightingale Journal of Nursing*, 15(60), 179–182.

**b) English Article**

de Cillia, R., Reigl, M., & Wodak, R. (1999). The discursive construction of national identity. *Discourse and Society*, 10(2), 149–173. <http://dx.doi.org/10.1177/0957926599010002002>

**c) Journal Article with DOI and More Than Seven Authors**

Lal, H., Cunningham, A. L., Godeaux, O., Chlibek, R., Diez-Domingo, J., Hwang, S.-J. ... Heineman, T. C. (2015). Efficacy of an adjuvanted herpes zoster subunit vaccine in older adults. *New England Journal of Medicine*, 372, 2087–2096. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1501184>

**d) Journal Article from Web, without DOI**

Sidani, S. (2003). Enhancing the evaluation of nursing care effectiveness. *Canadian Journal of Nursing Research*, 35(3), 26–38. Retrieved from <http://cjr.mcgill.ca>

**e) Journal Article with DOI**

Turner, S. J. (2010). Website statistics 2.0: Using Google Analytics to measure library website effectiveness. *Technical Services Quarterly*, 27, 261–278. <http://dx.doi.org/10.1080/07317131003765910>

**f) Advance Online Publication**

Smith, J. A. (2010). Citing advance online publication: A review. *Journal of Psychology*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.1037/a45d7867>

**g) Article in a Magazine**

Henry, W. A., III. (1990, April 9). Making the grade in today's schools. *Time*, 135, 28–31.

**Doctoral Dissertation, Master's Thesis, Presentation, Proceeding**

**a) Dissertation/Thesis from a Commercial Database**

Van Brunt, D. (1997). *Networked consumer health information systems* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 9943436)

**b) Dissertation/Thesis from an Institutional Database**

Yaylı-Yıldız, B. (2014). *University campuses as places of potential publicness: Exploring the political, social and cultural practices in Ege University* (Doctoral dissertation). Retrieved from: <http://library.iyte.edu.tr/tr/hizli-erisim/iyte-tez-portali>

**c) Dissertation/Thesis from Web**

Tonta, Y. A. (1992). *An analysis of search failures in online library catalogs* (Doctoral dissertation, University of California, Berkeley). Retrieved from <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~tonta/yayinlar/phd/ickapak.html>

**d) Dissertation/Thesis abstracted in Dissertations Abstracts International**

Appelbaum, L. G. (2005). Three studies of human information processing: Texture amplification, motion representation, and figure-ground segregation. *Dissertation Abstracts International: Section B. Sciences and Engineering*, 65(10), 5428.

**e) Symposium Contribution**

Krinsky-McHale, S. J., Zigman, W. B., & Silverman, W. (2012, August). Are neuropsychiatric symptoms markers of prodromal Alzheimer's disease in adults with Down syndrome? In W. B. Zigman (Chair), *Predictors of mild cognitive impairment, dementia, and mortality in adults with Down syndrome*. Symposium conducted at the meeting of the American Psychological Association, Orlando, FL.

**f) Conference Paper Abstract Retrieved Online**

Liu, S. (2005, May). *Defending against business crises with the help of intelligent agent based early warning solutions*. Paper presented at the Seventh International Conference on Enterprise Information Systems, Miami, FL. Abstract retrieved from [http://www.iceis.org/iceis2005/abstracts\\_2005.htm](http://www.iceis.org/iceis2005/abstracts_2005.htm)

**g) Conference Paper - In Regularly Published Proceedings and Retrieved Online**

Herculano-Houzel, S., Collins, C. E., Wong, P., Kaas, J. H., & Lent, R. (2008). The basic nonuniformity of the cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*, 12593–12598. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0805417105>

**h) Proceeding in Book Form**

Parsons, O. A., Pryzwansky, W. B., Weinstein, D. J., & Wiens, A. N. (1995). Taxonomy for psychology. In J. N. Reich, H. Sands, & A. N. Wiens (Eds.), *Education and training beyond the doctoral degree: Proceedings of the American Psychological Association National Conference on Postdoctoral Education and Training in Psychology* (pp. 45–50). Washington, DC: American Psychological Association.

**i) Paper Presentation**

Nguyen, C. A. (2012, August). *Humor and deception in advertising: When laughter may not be the best medicine*. Paper presented at the meeting of the American Psychological Association, Orlando, FL.

**Other Sources**

**a) Newspaper Article**

Browne, R. (2010, March 21). This brainless patient is no dummy. *Sydney Morning Herald*, 45.

**b) Newspaper Article with no Author**

New drug appears to sharply cut risk of death from heart failure. (1993, July 15). *The Washington Post*, p. A12.

**c) Web Page/Blog Post**

Bordwell, D. (2013, June 18). David Koepp: Making the world movie-sized [Web log post]. Retrieved from <http://www.davidbordwell.net/blog/page/27/>

**d) Online Encyclopedia/Dictionary**

Ignition. (1989). In *Oxford English online dictionary* (2<sup>nd</sup> ed.). Retrieved from <http://dictionary.oed.com>  
Marcoux, A. (2008). Business ethics. In E. N. Zalta (Ed.). *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Retrieved from <http://plato.stanford.edu/entries/ethics-business/>

**e) Podcast**

Dunning, B. (Producer). (2011, January 12). *in Fact: Conspiracy theories* [Video podcast]. Retrieved from <http://itunes.apple.com/>

**f) Single Episode in a Television Series**

Egan, D. (Writer), & Alexander, J. (Director). (2005). Failure to communicate. [Television series episode]. In D. Shore (Executive producer), *House*; New York, NY: Fox Broadcasting.

**g) Music**

Fuchs, G. (2004). Light the menorah. On *Eight nights of Hanukkah* [CD]. Brick, NJ: Kid Kosher.

## SUBMISSION CHECKLIST

Ensure that the following items are present:

- Confirm that the category of the manuscript is specified.
- Confirm that “the paper is not under consideration for publication in another journal”.
- Confirm that disclosure of any commercial or financial involvement is provided.
- Confirm that last control for fluent English was done.
- Confirm that journal policies detailed in Information for Authors have been reviewed.
- Confirm that the references cited in the text and listed in the references section are in line with APA 6<sup>th</sup>.
- Copyright Agreement Form
- Permission of previous published material if used in the present manuscript
- Title page
  - ✓ The category of the manuscript
  - ✓ The title of the manuscript both in the language of the article and in English
  - ✓ All authors’ names and affiliations (institution, faculty/department, city, country), e-mail addresses
  - ✓ Corresponding author’s email address, full postal address, telephone and fax number
  - ✓ ORCIDs of all authors.
  - ✓ Grant support (if exists)
  - ✓ Conflict of interest (if exists)
  - ✓ Acknowledgement (if exists)
- Main Manuscript Document
  - If the article is in Turkish
    - ✓ Important: Please avoid mentioning the author (s) names in the manuscript
    - ✓ The title of the manuscript both in the language of the article and in English
    - ✓ Abstract: 180-200 words in Turkish and 180-200 words in English
    - ✓ Key words: 3-5 in Turkish and 3-5 in English
    - ✓ Extended abstract in English: 600-800 words
    - ✓ Body text sections
    - ✓ References
    - ✓ All tables, illustrations (figures) (including title, explanation, captions)
  - If the article is in English
    - ✓ Important: Please avoid mentioning the author (s) names in the manuscript
    - ✓ The title of the manuscript in English only
    - ✓ Abstract: 180-200 words in English
    - ✓ Key words: d 3-5 in English
    - ✓ Body text sections
    - ✓ References
    - ✓ All tables, illustrations (figures) (including title, explanation, captions)