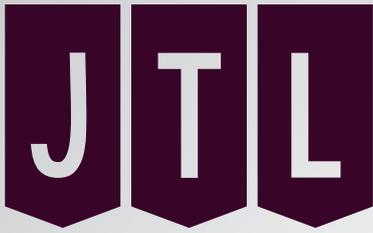


e-ISSN: 2459-1718



Journal of Transportation and Logistics

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



Volume 7



Issue 2



2022



İSTANBUL
UNIVERSITY
PRESS



Available online at www.ijtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



Indexing and Abstracting / Dizinler

TÜBİTAK-ULAKBİM TR Dizin

Open AIRE

DOAJ

ERIH PLUS

SOBİAD

EBSCO Central & Eastern European Academic Source

Cabells Journalytics





Available online at www.iujtl.com



Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 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

<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 May and November.
Mayıs ve Kasım 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



Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 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

Assoc. Prof. Abit BALIN

Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – 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

Assoc. Prof. Erkan ÇELİK

Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Department of Transportation and Logistics, Istanbul, Turkey – erkancelik@istanbul.edu.tr

Prof. Yi-Hsien WANG

Chinese Culture University, Department of Banking and Finance, Taipei, Taiwan – 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

Language Editors / Dil Editörleri

Elizabeth Mary EARL

Istanbul University, Department of Foreign Languages, Istanbul, Turkey – elizabeth.earl@istanbul.edu.tr

Alan James NEWSON

Istanbul University, Department of Foreign Languages, Istanbul, Turkey – 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 – burcua@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

Prof. Dr. Ayşe Güldem CERİT

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty, School of Maritime Business and Management, İzmir, Turkey – gcerit@deu.edu.tr

Prof. Dr. Bruce C.T. Ho

National Chung Hsing University, Institute of Technology Management, Taichung, Taiwan – bruceho@nchu.edu.tw

Prof. Dr. Chelsea WHITE

Georgia Institute of Technology, Transportation and Logistics, Atlanta, GA, USA – cwhite@isye.gatech.edu

Prof. Dr. Ergün EROĞLU

Istanbul University, Faculty of Business Administration, Department of Business Administration, Istanbul, Turkey – eroglu@istanbul.edu.tr

Prof. Dr. Goh MARK

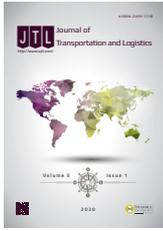
National University of Singapore, Department of Decision Sciences, School of Business, Singapore – tligohkh@nus.edu.sg

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

Prof. Dr. Kannan GOVINDAN

University of Southern Denmark, Department of Technology and Innovation, Odense, Denmark – kgov@iti.sdu.dk



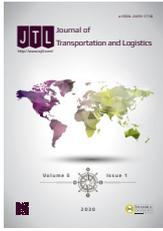
Available online at www.ijtl.com



Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



- Prof. Dr. Kulwant PAWAR
University of Nottingham, Department of Operations Management and Information Systems, Nottingham, UK – kulwant.pawar@nottingham.ac.uk
- Prof. Dr. M. Mehdi AMINI
Memphis University, Department of Marketing & Supply Chain Management, Memphis, TN, USA – mamini@memphis.edu
- Prof. Dr. Malgorzata PANKOWSKA
University of Economics, Department of Informatics, Katowice, Poland – 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
- Prof. Dr. Mukesh Kumar BARUA
Indian Institute of Technology Roorkee, Department of Management Studies Uttarakhand, India – mukesh.barua@ms.iitr.ac.in
- Prof. Dr. Murat KIYILAR
Istanbul University, School of Business, Department of Finance, Istanbul, Turkey – 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
- Prof. Dr. Ömer ÖZKAN
Cyprus West University, Faculty of Law, Department of Law, Famagusta, North Cyprus – 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
- Prof. Dr. Sadettin ÖZEN
Maltepe University, Faculty of Business Administration and Management Sciences, Istanbul, Turkey – 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
- Prof. Dr. Sanjay MISRA
Covenant University, Department of Electrical and Information Engineering, OTA, Nigeria – sanjay.misra@covenantuniversity.edu.ng
- Prof. Dr. Seung-Chul KIM
Hanyang University, Department of Operations and Service Management, Seoul, Korea – sckim888@hanyang.ac.kr
- Prof. Dr. SiHyun PAIK
Yanbian University of Science & Technology, School of Business, Yanji, Jilin, China – shpaik@yust.edu
- Prof. Dr. Talha HARCAR
Penn State University, Department of Business, Pennsylvania, USA – 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
- Prof. Dr. Vedat SARIKOVANLIK
Istanbul University, School of Business, Department of Finance, Istanbul, Turkey – 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
- Prof. Dr. Tuncay ÇELİK
Kayseri University, Faculty of Applied Sciences, Department of International Trade and Logistics, Kayseri, Turkey – 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



Available online at www.ijtl.com



Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



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



Available online at www.ijttl.com



Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



CONTENTS

RESEARCH ARTICLES

- Exploring the Sources of Centrality in the Turkish Domestic Airport Network
Keziban Seçkin Codal, Samet Güner.....199
- A Multi Depot Multi Product Split Delivery Vehicle Routing Problem with Time Windows: A Real Cash in Transit Problem Application in Istanbul, Turkey
Ertuğrul Ayyıldız, Mehmet Can Şahin, Alev Taşkın213
- Türkiye-Fransa Mermer Taşımacılığında Optimal Rotanın Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Belirlenmesi
Determining Optimal Routes for Marble Transport Between Turkey and France Using the Multi-Criteria Decision Making
Melih Çelik, Yasin Gültekin233
- Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamaları ile Performans Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Bir Meta-Analiz Çalışması
Examining the Relationship Between Green Supply Chain Management Practices and Performance: A Meta-Analytic Study
Yasin Kılıçlı, Emrullah Kıpçak.....261
- Kaynak: Meta-analize dâhil edilen çalışmalar kaynakçada “*” ile işaretlenmiştir.
Bir Lojistik Firmasının En Kısa Yol Problemine Düğüm Kombinasyonu Algoritmasının Uygulanması
Applying the Node Combination Algorithm to the Shortest Path Problem for a Logistics Firm
Kevser Arman, Ayşegül Tuş.....289
- Planlı Davranış Teorisi Çerçevesinde Kargo Otomat (Kargomat) Sisteminin İncelenmesi: Elektronik Son Adım Teslimat Süreçlerinin E-Ticaret Platformları Özelinde Araştırılması
Investigating Smart Parcel Locker System s in the Framework of Planned Behavior Theory: A Study of Electronic Last Mile Delivery Processes on E-Commerce Platforms
Yavuz Toraman.....303
- Lojistik Köy Seçimi için AHP-TOPSIS Temelli Bir Karar Verme Yaklaşımı
A Decision Making Approach for Logistics Village Selection Based on AHP-TOPSIS
Sezin Güleriyüz, Şebnem Coşmuş.....321
- Türk Deniz ve Kıyı Sularında Yük Taşımacılığı Sektörünün Entropi-COPRAS Yöntemleriyle Finansal Performansının Analizi
Financial Performance Analysis of the Sea and Coastal Freight Water Transport Sector Using the Entropy-Based COPRAS Method
İsmail Fatih Ceyhan, Ferhat Demirci.....341



Available online at www.ijtl.com



Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



CONTENTS

RESEARCH ARTICLES

- An Analysis of the Driving Behaviours of Professional Truck Drivers: A Pilot Study in Turkey
Ján Beňuš, Merve Seher Cebeci357
- What Are The Barriers to the Adoption of Industry 4.0 in Container Terminals? A Qualitative Study on Turkish Ports
Elif Koç367
- Çanakkale-Balıkesir Çıkışlı Çok Modlu Lojistik Faaliyetlerinde 1915 Çanakkale Köprüsünün Rolü
The 1915 Çanakkale Bridge's Role in Multimode Logistics Activities Between Çanakkale and Balıkesir
Mehmet Gürtürk, Yener Pazarcık387
- Locating Consolidation Centres For Aggregation of Subsistence Agricultural Products From The Southwestern Region of Nigeria
Sulaimon Adebisi, Jonathan Ekpudu, Olamide Awe405
- Bir Hizmet Olarak Hareketlilik-MaaS Perspektifi ve Türkiye Analizi
The Perspective of Mobility as a Service (MaaS) and an Analysis of Türkiye
Özgür Talih, Necla Tektaş431
- Radyo Frekans Tanımlama Teknolojisinin Depo Yönetimine Katkıları
The Contributions of Radio Frequency Identification Technology to Warehouse Management
Ozan Ateş465
- A Sequential Workforce Scheduling and Routing Problem for the Retail Industry: A Case Study
Uğur Eliyi, Onur Uğurlu, Sel Özcan Tatari479
- Improving the Packaging Process of a Textile Company with Lean Production, Time Study and REBA Analysis
Dilara Muhacır, Muhammed İdris Aktaş, Eren Özceylan499
- Assessment of the municipal bus fleet electrification in Istanbul
Elena Eroğlu523
- Predicting the Time of Bus Arrival for Public Transportation by Time Series Models
Süleyman Mete, Erkan Çelik, Muhammet Gül541



Available online at www.ijtl.com

JTL

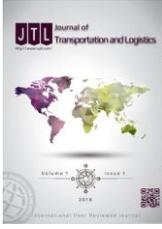
Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



CONTENTS

RESEARCH ARTICLES

- The Effect of Logistics Innovativeness on the Relationship Between Logistics Capabilities and Logistics Performance: An Empirical Analysis of 3PL Firms
Karahan Kara, Emre İpekçi557
- A Method for Public Transit OD Estimation Using Transit Smart Card Data
Akif Fidanoğlu, Ilgin Gökaşar579
- Post-Earthquake Casualty Transport Optimization
Salih Özçelik, Halim Kazan589



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1109878

RESEARCH ARTICLE

Exploring the Sources of Centrality in the Turkish Domestic Airport Network

Keziban Seçkin Codal¹ , Samet Güner² 

ABSTRACT

Air passenger transportation in Turkey has been in rapid development since the mid-1980s due to the increasing investments in infrastructure and deregulating policies. This paper analyzed the network performances of Turkish airports and assessed the evolution from 2012 to 2020, from both topological and spatial perspectives. Unweighted and weighted graphs based on flight frequencies were used to determine airport centrality. Sabiha Gökçen (SAW) was defined as the most central airport in the domestic network and airport centrality showed significant improvement during the observation period. The weighted graph recorded significant losses in the centrality performances of airports, excluding eigenvector, during the pandemic process. Exogenous sources of airport centrality were also examined using Gradient Boosting Modeling. Results demonstrated the importance of the population and economic strength of the city in airport centrality, the decisive role of tourism demand and international flights on betweenness centrality, and the necessity of passenger terminal size on eigenvector centrality.

Keywords: Complex network, Turkish airport system, Airport centrality, Gradient Boosting Modeling

Submitted: 27.04.2022 • Revision Requested: 04.07.2022 • Last Revision Received: 10.10.2022 • Accepted: 12.10.2022

1 **Corresponding author:** Keziban Seçkin Codal (PhD. Lecturer) Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Business Administration, Department of Management Information Systems, Ankara, Türkiye. E-mail: kseckin@ybu.edu.tr ORCID: 0000-0003-1967-7751

2 Samet Güner (Assoc. Dr.), Sakarya University, Faculty of Business Administration, Department of Business Administration, Sakarya, Türkiye. E-mail: sguner@sakarya.edu.tr ORCID: 0000-0002-4095-3370

Citation: Seckin Codal, K., & Guner, S. (2022). Exploring the sources of centrality in the turkish domestic airport network. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 199-212. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1109878>



1. Introduction

Air passenger transportation has increased significantly since the mid-1980s in Turkey due to liberalization policies and growing investments in infrastructure. The Turkish airport system includes fifty-six airports and is one of the region's largest markets for air passenger transport. 839.8 thousand flights were operated and 99.9 million passengers were carried in 2019¹ within the domestic airport network. Despite the increasing role of air transport in Turkey, studies in the literature regarding the spatial and topological characteristics and network performances of Turkish airports are limited.

Kılıç Depren and Gökalp Yavuz (2018) examined the air transport structure of Turkey and assessed inter-country network characteristics (airports, routes, and clustering coefficients) and degree and betweenness centralities. Their results indicated that Istanbul has a huge impact on the air transport network and Germany and Cyprus have the largest connection with Turkey. The authors also emphasized that the degree centrality values decline exponentially with one or two dominant airports, while betweenness has a power distribution. Moreover, a high correlation was found between centrality and passenger volume. Erdem et al. (2019) examined the topology of the air transport network in Turkey based on passenger, flight, and cargo flows. The average degree, clustering coefficient, average clustering coefficient, modularity, average path length, and graph density were considered as measures of network topology. The authors found that the Turkish aviation industry is heavily dependent on passenger transport. The airports of Istanbul, Ankara, Izmir, and Antalya located in the western part were more connected than the eastern part based on passenger and cargo flow.

The current paper intends to improve the literature by studying the topological, temporal, and spatial aspects of Turkish airport centrality. Unlike the previous research, this paper examines the evolution of Turkish airport centrality between 2012 and 2020, thus aiming to capture temporal changes in the network. The airport-level centrality was examined with unweighted and weighted graphs based on flight frequencies. The experiment provided substantial support to our main idea, that is, spatial network structure based on the weighted graph is more successful in capturing the temporal and geographic evolution of the airport network and was able to explain the impact of macro-environmental factors such as the Covid 19 pandemic.

The exogenous sources of airport centrality at the domestic level were also addressed in this paper. As demonstrated by many previous researches, contextual variables such as macro-environmental factors, governance and ownership structure, geographical location, and competition have a strong impact on the operational performances of airports (Chi-Lok and Zhang, 2009; Wanke, 2013; Chaouk et al. 2020). However, only limited research in the literature examined the impact of exogenous contextual variables on the network performance of airports. Wang et al. (2011) found a strong correlation between the centrality indices of Chinese airports with population, gross regional domestic product, and passenger volumes of the cities. Lin (2012) discussed the impact of the tourism industry

¹ These figures were dramatically decreased to 572.9 thousand flights and 49.7 million passengers in 2020 because of the coronavirus pandemic.

and competition among transportation modes on separate distance flights. Wandelt and Sun (2015) investigated the impact of various contextual variables (population, area, GNI per capita, life expectancy at birth) on topologic and functional criticality measures and found a strong correlation between a country's GDP and airport centrality.

The current paper considered various contextual variables and assessed their impact on the network performances of Turkish airports using Gradient Boosting Modeling. Therefore, we explored the key exogenous properties that provide stronger connections to hub airports in the domestic networks. Consistent with the literature, we found the positive effects of population and economic development on airport centrality. Also, we revealed the decisive impact of foreign tourist mobility and the percentage of international flights on betweenness centrality. Results also demonstrated the importance of passenger terminal size on eigenvector centrality.

In summary, this paper aims to answer three questions: 1) how has the domestic centrality of Turkish airports changed during the observation period?, 2) how has the Covid-19 pandemic affected airport centrality?, 3) what are the factors affecting airport centrality? The answers to these questions are important in determining the importance and position of each airport in the domestic network. Thus, critical hubs within the network can be identified and the basis for further analysis to measure the robustness of the network can be established. Moreover, determining the factors affecting centrality will reveal the necessary conditions for airports to have a stronger hub position.

The paper is organized as follows. Section 2 outlines the methodology of the research. Section 3 presents the findings, and Section 4 offers a conclusion.

2. Methodology

This research attempts to capture the temporal and spatial evolution of Turkish airport centrality by highlighting the impacts of macro-environmental changes and demonstrating the importance of exogenous sources for airport centrality. Using data from the Turkish domestic airport system, the network performance will be assessed in the first stage by utilizing centrality measures. The exogenous sources of airport centrality were explored in the second stage using Gradient Boosting Modeling.

2.1. Data

From January 2012 to December 2020, this research covers Turkish airports serving the domestic network. The number of airports was 49 at the end of 2011. However, it changed during the observation period due to new airports and temporary closures. Six new airports were opened (BGG, NKT, KFS, YKO, OGU, and IST), whereas one airport was permanently closed (ISL). Several airports (USQ, NOP, GKD, BZI, and TJK) were temporarily shuttered and subsequently reopened during this period, while others temporarily suspended domestic flights (ISE and ONQ). Due to a lack of commercial aviation traffic, CII was never included in the analysis. According to current data, the view of the domestic air transportation network in Turkey is shown in Figure 1. The data gathered from DHMI (General Directorate of State Airports Authority) contains

the routes and the number of direct flights from airport i to airport j within the domestic network. Graphs are a type of data and display airports and their connections to be modeled and analyzed. The unweighted graph considers basic connectivity and equalizes all relationships to 1 when the flight occurs, otherwise it is 0. The weighted graph tracks the number of flights between two airports.

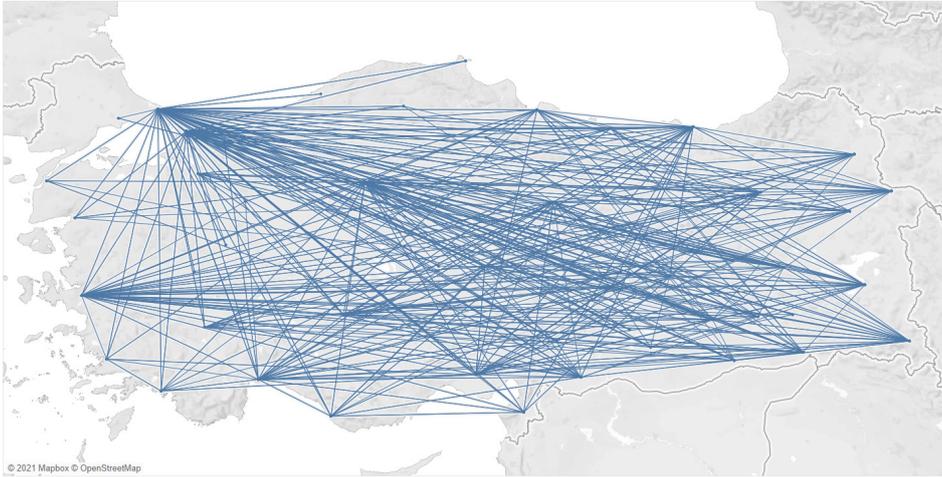


Figure 1. Turkish domestic airport network in 2020

2.2. Centrality Measures

The centralization is possessed by the center of a network (Freeman, 1978) and it is important to assess the hub potential of a node, identify travel decisions in a network, and measure the system's performance based on unit-level (Wellman and Leighton, 1979; Li et al., 2021). Degree centrality, betweenness centrality, and eigenvector centrality measures were used in this study to assess the centrality performance of each airport.

Degree Centrality (DC): The degree of a node simply refers to the number of edges (connections or links) it has. Degree centrality measures the total number of edges connected to a particular node and refers to local connectivity (Cats and Krishnakumari, 2020). A higher degree centrality shows higher local connectivity and indicates the hub potential of an airport in the network. The degree centrality of i^{th} airport can be measured by Eq. 1:

$$DC_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

The degree centrality can be distinguished into in-degree and out-degree. The former refers to the number of edges connecting from other nodes to node i . The latter refers to the number of edges connected from node i to other nodes. Both measures are useful to capture the frequency of travel paths in a transportation network.

Betweenness Centrality (BC): Betweenness centrality refers to how much a given node is in-between others (Perez and Germon, 2016) and is defined as a transit point along

the shortest geodesic path between two other airports in the network (Freeman, 1978). As Wang et al. (2011) discussed, a node will be more impactful if it is located on the shortest paths connecting many other node pairs. In airport practice, this measure can be interpreted as a transit point along the shortest geodesic path between two other airports in the network. The betweenness centrality of i^{th} airport can be measured by Eq. 2:

$$BC_i = \sum_{st} \frac{n_{st}^i}{g_{st}} \quad (2)$$

where n_{st}^i is the number of geodesic paths from node S to t that pass through node i and g_{st} is the total number of geodesic paths from node S to t .

Eigenvector Centrality (EC): Eigenvector centrality is an extended type of degree centrality and considers both the number of neighbors of a node in the network and the centrality properties of these neighbors. Hence, this measure quantifies the impact of the centrality of neighbors (Kosorukoff, 2011) and depicts the strength of a connection. Thus, the higher eigenvector centrality value indicates that the airport is linked to hub airports and has a strong connection. The eigenvector centrality of i^{th} airport can be measured by Eq. 3:

$$EC_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (3)$$

where λ refers a constant value and a_{ij} is an element of the adjacency matrix and x is the vector with elements x_j . There will be many different eigenvalues λ lambda for which a non-zero eigenvector solution exists. However, the requisite related to all the entries in the eigenvector be non-negative refers that only the greatest eigenvalue results in the desired centrality measure (Newman, 2008).

2.3. Gradient Boosting Modeling

As a machine learning approach, gradient boosting is an efficient tool for solving regression and classification tasks. The prediction of gradient boosting modeling is built in a stage-wise fashion. A general gradient boosting architecture has developed for additive regression models through the perspective of numerical optimization in function space (Friedman, 2001). The model update is computed by sequentially fitting a simple parameterized function with current pseudo-residuals using least squares at each iteration (Friedman, 1999). In function estimation, a regression function is generated, $f(x)$, that minimizes the expectation of some loss function, $\psi(y, f)$, as shown in iterations.

Initialize $\hat{f}(x)$ to be constant, $\hat{f}(x) = \underset{p}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^N \psi(y_i, p)$. For t in $1, \dots, T$ do (Ridgeway, 2012)

1. Compute the negative gradient as the working response

$$z_i = \frac{\partial}{\partial f(x_i)} \psi(y_i, f(x_i)) \Big|_{f(x_i)=\hat{f}(x_i)} \quad (4)$$

2. Fit a regression model, $g(x)$, predicting Z_i from the covariates X_i

3. Choose a gradient descent step size as

$$\rho = \underset{\rho}{\operatorname{arg\,min}} \sum_{i=1}^N \psi f \left(y_i, \hat{f}(x_i) + \rho g(x_i) \right) \quad (5)$$

4. Update the estimate of $f(x)$ as

$$\hat{f} \leftarrow \hat{f}(x) + \rho g(x) \quad (6)$$

Gradient boosting of regression models results in processes that are competitive, highly robust, and interpretable. Besides, Friedman (2001) has also developed an extension of a variable's relative influence for boosted estimates. The relative influence of a variable x_j is

$$J_j = \sum_{\text{splitson } x_j} I_t^2 \quad (7)$$

where I_t is the empirical improvement by splitting on x^2 at that point. As a partial justification, I^2 can be interpreted by the relevance of the predictor variable x_j (Friedman, 2001).

Gradient Boosting can provide fast and reliable models for many engineering simulations and also find the optimal variables of a defined objective function. There are many publications that focus on predicting future trends based on gradient boosting as a machine-learning model. Dahiya, Saini and Chalak (2021) estimate the time period of the irregular precast concrete structural system with cross bracing using gradient boosting-based regression modeling. There are also studies that use gradient boosting for forecasting the impact of climate change (Cai, Wei, Xu, & Ding, 2021; Cheng et al., 2021) and energy prediction (Qiu et al., 2022). In addition, some scholars concentrate on the comparison of the performance of the machine learning models (Dyer et al., 2022) and develop a hybrid model using gradient boosting (Zhou, Fujita, Ding, & Ma, 2021).

Gradient Boosting can optimize different loss functions and provide several hyper parameter-tuning options that make the function fit very flexible. On the other hand, GBMs can be time and memory exhaustive and can also over-emphasize outliers and cause over-fitting. Using cross-validation to neutralize the over-fitting is suggested.

3. Findings

3.1. Airport-Level Centrality

Centrality analyses provide a snapshot of the network at a single time. That is, how many routes an airport has and which airports are most central and serve as a hub in the network (Newman, 2010). Table 1 displays the main characteristics of the Turkish airport network, including the number of airports, the number of edges (flight routes), and centrality measures. The number of active airports increased from 2012 to 2020, since some airports were temporarily closed and then reopened. The total number of routes has increased steadily and significantly except in 2018. Currently, 51 airports have 580 routes covering the dyadic and unique edge. From an airport management point of view, this demonstrates the improved accessibility in the system.

The overall changes in the centrality values from 2012 to 2020 provide important insights into the evolution of the Turkish airport system. Approximately 43% of airports had fewer than five destinations in 2012. This rate dropped to 30% in 2020. Thus, the number of destinations has increased. The accessibility of airports has also improved during the same period. While 32% of airports could be accessed from less than only five departure points in 2012, this rate decreased to 20% in 2020.

The unweighted graphs exhibit the topological characteristics of the network, and the weighted graphs consider the flight frequencies (Table 2). The unweighted graph indicates an increased performance on the average values of each centrality indicator. In the weighted graph, averages of degree centrality and eigenvector regularly increased until 2018, but decreases were recorded after this year. The averages of betweenness showed irregular patterns both in the weighted and unweighted graphs.

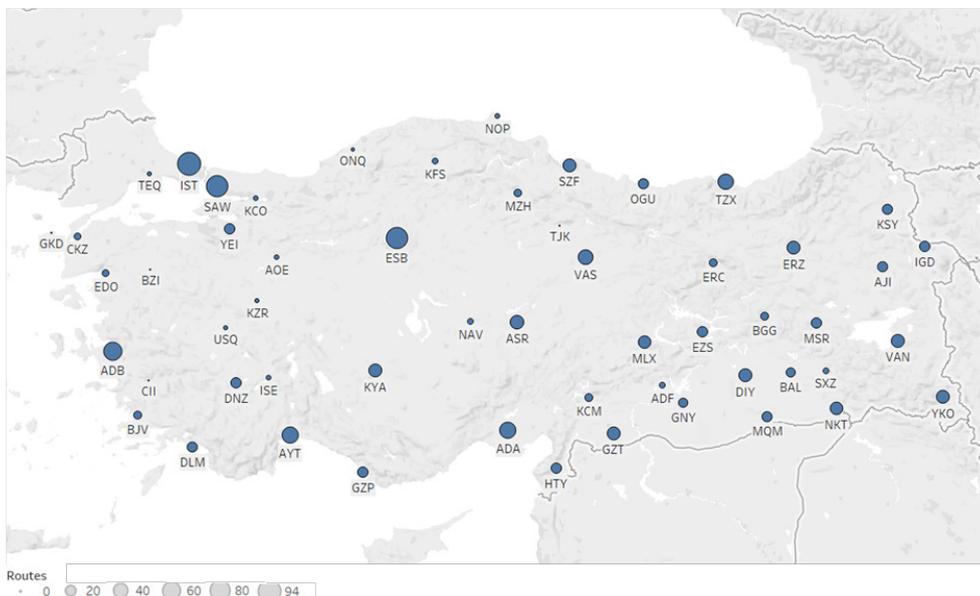


Figure 2. Distribution of degree centralities in 2020

Airport-specific in-degree values showed that the airports in Istanbul (SAW, ISL, and IST) are the most popular destinations in domestic flights both in unweighted and weighted graphs. Readers should recall that ISL was closed in May 2019, and all operations were moved to IST. These airports also had the highest out-degree connections during the observation period except in 2012. Figure 2 shows the degree centralities of airports as of 2020. Please note that this figure displays the total number of connections of each airport and does not present the flight frequency. As can be seen from the figure, ESB, ADB, AYT, TZX, ADA, and VAS are other airports with high degrees. It has also been observed that although the airport density is high in the southeast part of the country, the degrees of the airports in this region are relatively low.

Similar to degree centrality, airports in Istanbul yielded the highest eigenvector centrality scores both in unweighted and weighted graphs. SAW received the highest eigenvector centrality score from 2012 to 2016 in the unweighted graph, while ISL and IST received

the highest score from 2017 to 2020. In the weighted graph, however, ISL yielded the maximum eigenvector centrality score in the early years of observation, while SAW has come to the fore since 2016. 2016 is a breaking point; because, for the first time, the number of domestic flights operated from/to SAW exceeded those from ISL.

Nearly 35% of airports received a betweenness value of zero in 2012, which indicates that a significant proportion of the sample had no shortest routes between other city pairs. This rate decreased to 13.7% in 2020. The average betweenness has an inconsistent trend and peaked in 2019. Although this value is lower in 2020, it is still greater than in earlier periods. This suggests that there were more transit points during the outbreak era. Similar to other centrality measures, airports of Istanbul (SAW, IST, and ISL) yielded the maximum betweenness centrality scores in the unweighted graph.

Table 1: Unweighted Graph for Network Centrality

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Airports		47	50	50	52	51	50	50	52	51
Flight Routes		428	535	542	553	545	548	540	578	580
In-degree	Max	40 (SAW)	42 (SAW)	45 (ISL)	46 (SAW)	45 (SAW, ISL)	46 (ISL)	45 (ISL)	47 (IST, ISL)	46 (IST)
	Avg.	9.106	10.7	10.84	10.634	10.686	10.96	10.8	11.115	11.372
Out-degree	Max	39 (ESB)	43 (SAW)	46 (SAW)	45 (SAW)	44 (SAW)	44 (ISL)	45 (ISL)	48 (IST)	46 (IST)
	Avg.	9.106	10.7	10.84	10.634	10.686	10.96	10.8	11.115	11.372
Betweenness	Max	523.003 (ESB)	597.867 (SAW)	564.835 (SAW)	655.645 (SAW)	596.324 (SAW)	537.405 (ISL)	573.862 (ISL)	624.905 (IST)	766.250 (IST)
	Avg.	38.191	39.5	39.04	41.615	40.313	39.04	39.28	40.730	40.333
Eigenvector	Max	1.00 (SAW)	1.00 (SAW)	1.00 (SAW)	1.00 (SAW)	1.00 (SAW)	1.00 (ISL)	1.00 (ISL)	1.00 (ISL)	1.00 (IST)
	Avg.	0.363	0.379	0.372	0.363	0.367	0.366	0.371	0.377	0.381

Table 2: Weighted Graph for Network Centrality

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
In-degree	Max	114753 (ISL)	126530 (ISL)	133020 (ISL)	132697 (ISL)	139878 (SAW)	134215 (SAW)	141203 (SAW)	132133 (SAW)	81174 (SAW)
	Avg.	10285.85	11083.32	12121.24	12861.87	13709.14	14243.6	14369.64	11991.92	7023.588
Out-degree	Max	114734 (ISL)	126520 (ISL)	132865 (ISL)	132846 (ISL)	140220 (SAW)	134300 (SAW)	141222 (SAW)	132111 (SAW)	81444 (SAW)
	Avg.	10285.85	11083.32	12121.24	12861.87	13709.14	14243.6	14369.64	11991.92	7023.588
Betweenness	Max	610.783 (AYT)	516.10 (AYT)	842.864 (AYT)	686.711 (KCO)	578.466 (AYT)	457.284 (AYT)	593.906 (AYT)	1186.252 (AYT)	495.00 (SAW)
	Avg.	113.013	109.184	110.456	107.888	121.058	111.904	113.421	140.865	119.570
Eigenvector	Max	1.00 (ISL)	1.00 (ISL)	1.00 (ISL)	1.00 (ISL)	1.00 (SAW)	1.00 (SAW)	1.00 (SAW)	1.00 (SAW)	1.00 (SAW)
	Avg.	0.133	0.133	0.142	0.150	0.157	0.167	0.159	0.136	0.143

The top ten most central airports for unweighted and weighted graphs are listed in Tables 3 and 4. The list has not changed significantly from 2012 to 2020. ESB, operating in the capital city, was ranked at the top in 2012 and just followed the airports in Istanbul in the remaining years. Remarkably, some airports with high degree and eigenvector centrality

scores did not list in the betweenness centrality (ESB, ADB, GZT, BJV, DIY) of the weighted graph. This finding is consistent with Wang et al. (2011), who found that airports with a high degree centrality do not necessarily receive high betweenness scores. The hub airports with high degree and eigenvector received relatively low betweenness centrality scores. AYT, which is the main tourist destination, received the highest betweenness score in most years.

Table 3: Most central airports (unweighted graph)

Rank	In-degree		Out-degree		Betweenness		Eigenvector	
	2012	2020	2012	2020	2012	2020	2012	2020
1	SAW	IST	ESB	IST	ESB	IST	SAW	IST
2	ESB	SAW	SAW	SAW	SAW	SAW	ESB	ESB
3	ISL	ESB	ISL	ESB	ISL	ESB	ISL	SAW
4	AYT	ADB	AYT	ADB	AYT	ADB	AYT	ADB
5	ADB	ADA	ADB	VAS	ADB	AYT	ADB	AYT
6	TZX	AYT	ERZ	AYT	TZX	TZX	TZX	ADA
7	ADA	TZX	ADA	TZX	ADA	ADA	ADA	TZX
8	ASR	GZT	TZX	ADA	ERZ	SZF	ASR	VAS
9	YEI	ERZ, VAN	EZS	ASR	YEI	VAS	GZT	ASR
10	GZT	NKT	ASR	KYA	SZF	ERZ	ERZ	KYA

Table 4: Most central airports (weighted graph)

Rank	In-degree		Out-degree		Betweenness		Eigenvector	
	2012	2020	2012	2020	2012	2020	2012	2020
1	ISL	SAW	ISL	SAW	AYT	SAW	ISL	SAW
2	SAW	IST	SAW	IST	ERZ	ERZ	ADB	ADB
3	ESB	ESB	ESB	ESB	SAW	TZX	ESB	IST
4	ADB	ADB	ADB	ADB	YEI	ADA	SAW	ESB
5	AYT	AYT	AYT	AYT	DNZ	KFS	AYT	AYT
6	ADA	ADA	ADA	ADA	KYA	IST	ADA	ADA
7	TZX	TZX	TZX	TZX	ADA	AYT	TZX	TZX
8	BJV	GZT	BJV	GZT	GZT	SZF	BJX	GZT
9	GZT	BJV	GZT	BJV	ESB	VAS	GZT	BJV
10	DIY	DIY	DIY	DIY	EZS	ASR	DIY	ASR

Considering all centrality measures, IST appears to be topologically the most central airport of the domestic network as of 2020. However, SAW has been the most central domestic airport recently when the numbers of flights are taken into account. ESB, ADB, AYT, ADA, TZX, VAS, GZT, and ASR appeared to be the other hubs in the Turkish domestic air transport system based on node-level centrality. Besides, the weighted graph clearly exhibits the temporal and seasonal effects, geographical condition change, and more. The tourism centers, financial centers, and regions with high population density can also be specified in the weighted graph. Meanwhile, the permanent impact of the Covid-19 pandemic outbreak on the aviation network has been observed in the weighted graph.

Unweighted and weighted graphs produced quite different results for airport-level centrality, where the topological perspective based on the unweighted graph could not capture the temporal changes specific to the pandemic period. The weighted graph,

on the other hand, successfully explained the changes in the airport network during the pandemic period and revealed the losses in in-degree, out-degree, and eigenvector centrality. Indeed, as Table 3 shows, the values of these metrics gradually decreased during the pandemic. Betweenness centrality peaked in 2019 but dropped again in 2020. Still, the average betweenness centrality is slightly higher compared to pre-pandemic, indicating increased transit points.

3.2. Sources for Airport Centrality

The spatial characteristics of the geographical area can significantly affect airport centrality. As demonstrated in previous studies, economic development (Wang et al. 2011; Wandelt and Sun, 2015), population (Wang et al., 2011), tourism demand, and competition among transportation modes (Lin, 2012) can improve the centrality of an airport. In the current paper, the impacts of nine contextual variables on Turkish domestic airport centrality were examined using Gradient Boosting Modeling: population of the city, socio-economic development index (SEDI) and human development index (HDI) of the city, terminal size (m²) of the airport, the annual number of citizen and foreign tourists hosted in the city, percentage of international flights, nearest airport (km), and distance to the city center (km). The results are presented in Table 5. The coefficients in the table show the relative influence of each contextual variable on weighted centrality measures. The nearest airport and distance to the city center as contextual variables do not have an empirical improvement on weighted centrality measures, which have no value in Table 5.

Table 5: Relative influences of contextual variables on weighted centrality measures

Variables	In-degree	Out-degree	Betweenness	Eigenvector
Population	59.552	57.237	67.512	28.255
SEDI	36.573	37.854	3.962	19.860
Terminal size	3.469	3.471	-	47.364
Citizen tourist	0.406	0.406	11.402	4.521
Foreign tourist	-	-	13.107	-
HDI	-	1.032	-	-
Percentage of international flights	-	-	4.016952	-
Nearest airport	-	-	-	-
Distance to the city center	-	-	-	-

The results demonstrated the different drivers of each centrality metric in the Turkish domestic airport network. In-degree and out-degree centralities are affected by similar contextual variables. The city's population is the most decisive attribute and the socio-economic development of the population is the second major source. This finding supports Wang et al. (2011) and Wandelt and Sun (2015), who highlighted the importance of population and economic power for airport centrality. The size of the terminal area and the number of citizen tourists are relatively less effective on in-degree and out-degree centralities where the number of foreign tourists has no impact. This finding was expected since the domestic network was examined in this study. Unlike in-degree, the out-degree centrality is barely affected by the human development index of the city.

Similar to in-degree and out-degree, the city's population is the major source of betweenness centrality. The numbers of both citizens and foreign tourists are more important for betweenness centrality than other centrality metrics. While the percentage of international flights improves the betweenness centrality, SEDI is much less effective. This finding demonstrates the importance of tourism demand of the region (particularly the foreign tourists) and international flights for an airport to have control over the connections in the network and serve as a transshipment point. The drivers of the eigenvector centrality are much different. The size of the terminal area is the most important driver for eigenvector centrality and is followed by population and SEDI, where the impact of citizen tourists is minimal. Eigenvector centrality in air transportation is associated with connections to high-scoring airports, such as hubs, that are contributed by accessibility via more frequent flights to a wider range of destinations. Larger terminal size allows for more gates and improved facilities and can facilitate access to hubs, resulting in high eigenvector centrality.

4. Conclusion

This research examined the temporal and spatial evolution of the airport network and demonstrated the importance of exogenous sources for airport centrality. The network performances of Turkish domestic airports were assessed by centrality measures. In addition to unweighted topological assessments, weighted analysis was also performed based on the flight frequencies.

The results indicated the most and least central airports and highlighted the temporal changes during the observation period. Sabiha Gökçen (SAW) is the most central airport in the domestic network. IST, ESB, ADB, AYT, and ADA are the airports with the most domestic connections. Erzurum (ERZ), Trabzon (TZX), Adana (ADA), Kastamonu (KFS), and Istanbul (IST) are the important hubs that connect the most airports in the domestic network. Furthermore, Adnan Menderes (ADB), Istanbul (IST), Esenboğa (ESB), and Antalya (AYT) were identified as the airports with the strongest connections.

The average in-degree and out-degree centrality increased steadily until 2018. The degree values decreased in 2019 due to the contraction in the domestic passenger market. Due to the Covid-19 pandemic, the weighted degrees dramatically reduced in 2020. The average betweenness followed an irregular course and reached a peak in 2019. Although it decreased significantly in 2020, it is still higher than in previous periods. This indicates increased transit points during the pandemic period. Here, we observed that the topological perspective of the unweighted graph failed to explain the real impact of the pandemic on the Turkish airport network. Therefore, we concluded that the weighted graph is more useful for capturing the temporal and spatial evolution of the airport network by highlighting the impacts of macro-environmental changes, such as the pandemic outbreak, and produced more robust results than the unweighted graph.

The exogenous sources of airport centrality at the domestic level were investigated using Gradient Boosting Modeling. The results demonstrated the importance of the population and economic strength of the city on degree centrality, and the decisive roles of tourism

demand (mainly the foreign tourists) and international flights on betweenness centrality. This demonstrates the importance of location advantage for airport centrality. For eigenvector centrality, the size of the passenger terminal seems to be more important than others, which implies the importance of infrastructure on access to the main hubs in the domestic network.

Finally, a suggestion for future studies will be presented. In the literature, the robustness of the airport network structures in the face of unexpected events (such as random failures and terrorist attacks) has been extensively analyzed (Lordan et al., 2014; Chen et al., 2020; Sun and Wandelt, 2021). However, such a study has not yet been conducted for the Turkish airport system. Further studies can address this issue and analyze the impact of a hub airport's temporary closure on the overall network, define the most critical airports, and provide recovery suggestions.

Appendix: Airports with IATA codes

Airport	IATA	Airport	IATA	Airport	IATA
İstanbul Atatürk	ISL	Batman	BAL	Konya	KYA
İstanbul	IST	Bingöl	BGG	Malatya	MLX
İstanbul Sabiha Gökçen	SAW	Bursa Yenişehir	YEI	Mardin	MQM
Ankara Esenboğa	ESB	Çanakkale	CKZ	Muş Sultan Alparslan	MSR
İzmir Adnan Menderes	ADB	Çanakkale Gökçeada	GKD	Kapadokya	NAV
Antalya	AYT	Denizli Çardak	DNZ	Ordu-Giresun	OGU
Gazipaşa Alanya	GZP	Diyarbakır	DIY	Samsun Çarşamba	SZF
Muğla Dalaman	DLM	Elazığ	EZS	Siirt	SXZ
Muğla Milas-Bodrum	BJV	Erzincan	ERC	Sinop	NOP
Adana	ADA	Eskişehir Hasan Polatkan	AOE	Sivas Nuri Demirağ	VAS
Trabzon	TZX	Hakkâri Yüksekova Selahaddin Eyyubi	YKO	Şanlıurfa GAP	GNY
Erzurum	ERZ	Hatay	HTY	Şırnak Şerafettin Elçi	NKT
Gaziantep	GZT	Iğdır Şehit Bülent Aydın	IGD	Tekirdağ Çorlu Atatürk	TEQ
Adıyaman	ADF	Isparta Süleyman Demirel	ISE	Tokat	TJK
Ağrı Ahmed-i Hani	AJI	Kahramanmaraş	KCM	Uşak	USQ
Amasya Merzifon	MZH	Kars Harakani	KSY	Van Ferit Melen	VAN
Aydın Çıldır	CII	Kastamonu	KFS	Zafer	KZR
Balıkesir Koca Seyit	EDO	Kayseri	ASR	Zonguldak Çaycuma	ONQ
Balıkesir Merkez	BZI	Kocaeli Cengiz Topel	KCO		

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support

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

References

- Cai, W., Wei, R., Xu, L., & Ding, X. (2021). A method for modelling greenhouse temperature using gradient boost decision tree. *Information Processing in Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2021.08.004>
- Cats, O. and Krishnakumari, P. (2020), Metropolitan rail network robustness, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 549, 124317.

- Chaouk, M., Pagliari, R. and Moxon, R. (2020), The impact of national macro-environment exogenous variables on airport efficiency, *Journal of Air Transport Management*, 82, 101740
- Chen, Y., Wang, J. and Jin, F. (2020), Robustness of China's air transport network from 1975 to 2017, *Physica A*, 539, 122876.
- Cheng, B., Ma, Y., Feng, F., Zhang, Y., Shen, J., Wang, H., Guo, Y., Cheng, Y. (2021). Influence of weather and air pollution on concentration change of PM_{2.5} using a generalized additive model and gradient boosting machine. *Atmospheric Environment*, 255, 118437. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118437>
- Chi-Lok, A.Y. and Zhang, A. (2009), Effects of competition and policy changes on Chinese airport productivity: An empirical investigation, *Journal of Air Transport Management*, 15, 166–174.
- Dahiya, N., Saini, B., & Chalak, H. D. (2021). Gradient boosting-based regression modelling for estimating the time period of the irregular precast concrete structural system with cross bracing. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.08.004>
- Dyer, A. S., Zaengle, D., Nelson, J. R., Duran, R., Wenzlick, M., Wingo, P. C., Bauer, J. R., Rose, K., Romeo, L. (2022). Applied machine learning model comparison: Predicting offshore platform integrity with gradient boosting algorithms and neural networks. *Marine Structures*, 83. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2021.103152>
- Erdem, U., Tsiotas, D, and Cubukcu, K.M. (2019), Population Dynamics in Network Topology: The Case of Air Transport Network in Turkey, *Management Research and Practice*, 11(2), 5-20.
- Freeman, L. C. (1978). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1, 215–239.
- Friedman, J. H. (2001). Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine. In *Source: The Annals of Statistics* (Vol. 29).
- Friedman, J. H. (1999). Stochastic Gradient Boosting. *Computational Statistics & Data Analysis*, 38(4), 367–378. [https://doi.org/10.1016/S0167-9473\(01\)00065-2](https://doi.org/10.1016/S0167-9473(01)00065-2)
- Kılıç Depren, S. and Gökcalp Yavuz, F. (2018), The Network Analysis of the Domestic and International Air Transportation Structure of Turkey, *Mugla Journal of Science and Technology*, 4(2), 148-155.
- Kosorukoff, A. (2011). *Social Network Analysis: Theory and Applications*. Retrieved from https://www.politaktiv.org/documents/10157/29141/SocNet_TheoryApp.pdf
- Li, N., Huang, Q., Ge, X., He, M., Cui, S., Huang, P., Li, S, and Fung, S. F. (2021), A Review of the Research Progress of Social Network Structure. *Complexity*, Vol. 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6692210>.
- Lin, J. (2012), Network analysis of China's aviation system, statistical and spatial structure, *Journal of Transport Geography*, 22, 109-117.
- Lordan, O., Sallan, J.M., Simo, P. and Gonzalez-Prieto, D. (2014), Robustness of the air transport network, *Transportation Research Part E*, 68, 155–163.
- Newman, M. E. J. (2010), *Networks: An Introduction*. New York.
- Newman, M. E. (2008), The mathematics of networks. *The New Palgrave Encyclopedia Of Economics*, 2(2008), 1-12.
- Perez, C., and Germon, R. (2016), Graph Creation and Analysis for Linking Actors: Application to Social Data. In R. Layton & P. A. Watters (Eds.), *Automating Open Source Intelligence*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802916-9.00007-5>
- Sun, X. and Wandelt, S. (2021), Robustness of Air Transportation as Complex Networks: Systematic Review of 15 Years of Research and Outlook into the Future, *Sustainability*, 13, 6446.
- Wandelt, S. and Sun, X. (2015), Evolution of the international air transportation country network from 2002 to 2013, *Transportation Research Part E*, 82, 55-78.
- Wang, J., Mo, H., Wang, F. and Jin, F. (2011), Exploring the network structure and nodal centrality of China's air transport network: A complex network approach, *Journal of Transport Geography*, 19, 712-721.
- Wanke, P.F. (2013), Physical infrastructure and flight consolidation efficiency drivers in Brazilian airports: A two-stage network-DEA approach, *Journal of Air Transport Management*, 31, 1-5.

- Wellman, B., and Leighton, B. (1979), Networks, Neighborhoods, and Communities: Approaches to the Study of the Community Question. *Urban Affairs Quarterly*, 14(3), 363–390.
- Qiu, R., Liu, C., Cui, N., Gao, Y., Li, L., Wu, Z., Jiang, S., Hu, M. (2022). Generalized Extreme Gradient Boosting model for predicting daily global solar radiation for locations without historical data. *Energy Conversion and Management*, 258, 115488. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115488>
- Ridgeway, G. (2012). *gbm: Generalized Boosted Regression Models*, R package version 1.6-3.2.
- Zhou, L., Fujita, H., Ding, H., & Ma, R. (2021). Credit risk modeling on data with two timestamps in peer-to-peer lending by gradient boosting. *Applied Soft Computing*, 110, 107672. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107672>



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1113726

RESEARCH ARTICLE

A Multi Depot Multi Product Split Delivery Vehicle Routing Problem with Time Windows: A Real Cash in Transit Problem Application in Istanbul, Turkey

Ertuğrul Ayyıldız¹ , Mehmet Can Şahin² , Alev Taşkın³ 

ABSTRACT

In today's highly competitive world market, companies and private enterprises deliver their business on time. Their value and total costs play an essential role in their positions in the market. The most costly and difficult factors to regulate are shipping and distribution systems. The high cost of transportation and distribution systems is one reason for the increase in vehicle routing problems and studies in logistics network design. Vehicle routing problems (VRPs) are concerned with finding the optimal or near-optimal routes for vehicles to follow in meeting the demands of customers or facilities. The cash in transit (CIT) problem as a version of the VRP, deals with the planning of money distribution from the depot(s) to Automated Teller Machines (ATMs) safely and quickly. This paper investigates a novel CIT problem, which is a variant of split delivery VRP with time windows. To establish a novel approach to the CIT problem, different money currencies are considered. Also, multiple depots and heterogeneous fleet are included in the problem. To handle the CIT problem more realistically, a risk constrained multi-depot multi-product heterogeneous fleet split delivery VRP with a time windows formulation is proposed. The problem is hence formulated as a mixed-integer mathematical model. The mathematical model is run for different scenarios and optimal routes are obtained. The experimental analysis shows that the mathematical model developed, can help decision-makers to obtain effective solutions for their CIT operations with different money currencies.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Cash-In Transit, Split-Delivery, Istanbul

Submitted: 08.05.2022 • Revision Requested: 20.07.2021 • Last Revision Received: 22.07.2022 • Accepted: 17.08.2022

¹ **Corresponding author:** Ertuğrul Ayyıldız (Dr.), Karadeniz Technical University, Industrial Engineering Department, Trabzon, Türkiye. E-mail: ertugrulayyildiz@ktu.edu.tr ORCID: 0000-0002-6358-7860

² Mehmet Can Şahin (Mr.), Yıldız Technical University, Industrial Engineering Department, Istanbul, Türkiye. E-mail: mehmetcan161@gmail.com ORCID: 0000-0002-3846-587X

³ Alev Taşkın (Prof. Dr.), Yıldız Technical University, Industrial Engineering Department, Istanbul, Türkiye. E-mail: ataskin@yildiz.edu.tr ORCID: 0000-0003-1803-9408

Citation: Ayyıldız, E., Şahin, M.C., & Taskin, A. (2022). A multi depot multi product split delivery vehicle routing problem with time windows: A real cash in transit problem application in Istanbul, Turkey. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 213-232. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1113726>



1. The Cash in Transit Problem

The cash transportation problem has not received much attention in the literature, and there are few studies focusing on this problem. One of the key reasons why robberies are so common is the lack of security analysis during the route planning process (Hepenstal & Johnson, 2010). CIT operations should be carefully planned in case of theft. Banks' cash management is of great interest due to significant changes in interest rates and the availability of funds, particularly during periods of recession. This emphasis on cash management is prompted, in part, by the relatively low cost of cash management costs compared to general banking costs, and in part by a cost effective process due to increased liquidity in times of a liquidity crunch (Ágoston, Benedek, & Gilányi, 2016). CIT transport activities include the receipt, transportation, and distribution from payment centers, bank branches, ATMs, jewelers, and retail stores of valuables (i.e., cash, shares, jewelry, and other financial instruments). Financial companies, such as banks, exchange offices, jewelers, major supermarket stores, etc., perform CIT operations. Such services are requested by businesses that process large amounts of cash and other valuables daily (Bozkaya, Salman, & Telciler, 2017). However, following the global economic downturn, the volume of cash in circulation worldwide has risen annually and continues to play an important role in recent decades. Cash sales globally were valued at \$11.6 trillion in 2012, with a 1.75 percent increase between 2008 and 2012. The CIT business, banknotes, coins and valuables are used for this purpose. In general, cash and valuables are exchanged between consumers and one or more cash depositors or institutions, usually via ground vehicles (armored or unarmored) (Talarico, 2016).

Crime is a major concern due to the nature of the items being carried, and CIT carriers are constantly vulnerable to serious security risks such as theft and gun attacks. Attacks on CIT instruments are certainly not uncommon, but the number of incidents, risk ratios and average casualties differ by region. The United Kingdom is the European country with the most attacks on cash carriers and the highest risk ratio and casualty statistics. In 2008, there were over 1,000 confirmed attacks against CIT carriers (Talarico, Sörensen, & Springael, 2015). Vehicle routing and timing for cash transportation are critical for security carriers to reduce operating costs and ensure safe cash delivery (Yan, Wang, & Wu, 2012). It is vital to develop strategies to better avoid the outbreak of robbery. Cash transport companies supply cash, valuable documents, precious metals and other items used by the banking and finance industries. It provides storage, counting and custody services for these institutions' shares and payment system equipment. Cash transport companies are responsible for the relevant value within the time it takes to deliver the money and value it receives. The CIT company is primarily responsible for the losses that may occur in the assets transported and stored within the liability period specified as a trap in the sector. For this reason, cash transportation companies have arranged all their operation processes, the containers they use in transportation, to protect the value of vehicles and buildings. Armored vehicles are equipped with different armor levels according to the risk of the mission. The cash counting centers where cash is stored have been designed and built to meet the needs in terms of architecture and construction. Up-to-date electronic protection and detection systems are used in armored vehicles, and cash counting and

cashing centers. In this respect, cash transportation companies stand out as businesses that constantly invest in security systems. To maximize cash conveyance protection in actual activities, regular cash transportation vehicle routes and schedules must vary significantly, making certain vehicle routes and schedules challenging to formulate.

Boonsam et al. consider a case study on the application of techniques for solving an assignment problem (AP) and a vehicle routing problem with time windows (VRPTW) that occurred in the cash distribution of a bank in Bangkok, Thailand (Boonsam, Suthikarnnarunai, & Chitphaiboon, 2011). Michallet et al. address a periodic VRPTW submitted by a software company specialized in transportation problems with security constraints. The hours of visits to each customer over the planning horizon must be spread in the customer's time window (Michallet, Prins, Amodeo, Yalaoui, & Vitry, 2014). Van Anholt et al. introduce the model and solve a rich multi-period inventory-routing problem with pick-ups and deliveries motivated by replenishing ATMs in the Netherlands (Van Anholt, Coelho, Laporte, & Vis, 2016). Larrain et al. model rich and challenging VRP, called the inventory-routing problem with cassettes and stockouts, as the inventory-routing problem (Larrain, Coelho, & Cataldo, 2017). Tarantilis and Kiranoudis present a decision support system (DSS) that uses an intelligent metaheuristic approach and exploits risk methodologies and spatial data information to allow logistics planners to design safe intra-city distribution routes. The DSS routes reduce the likelihood of a profitable vehicle burglary at a certain point on the road network while still satisfying all the operating constraints of the delivery problem (Tarantilis & Kiranoudis, 2004). Sorensen et al. present a version of the VRP to improve protection in the CIT market. A particular index is used to measure the vulnerability of a vehicle to the possibility of being stolen along its path (Talarico, Sørensen, & Springael, 2017). Ghannadpour and Zandiyeh aim to develop a model for solving VRP with two objective functions; risk minimization and distance minimization to optimize the safety of cash/valuable commodities transportation (Ghannadpour & Zandiyeh, 2020).

In the CIT problem handled in this study, most of the ATMs contain different currencies. Some regions with more tourists and these people need more global currencies. In other words, their amounts vary for each location. Some of them require more global currencies, while others require the main currency of the country. Furthermore, banks take certain constraints into account when transporting money to ATMs. One of them is the time window. Banks define the time intervals for each ATM that money can be delivered to the ATM. This time window may also differ between ATMs. This difference may vary according to the ATM location, the population density of the region, traffic density and transportation networks. In the problem discussed, the allocation of money to each ATM must be between the starting and ending times of the time window. The vehicle arriving at the ATM early will have to wait until the starting time of the ATM's time window. However, due to parking problems at some ATMs, waiting is not allowed. So, it reduces the flexibility of the vehicles while avoiding risks. With split delivery, some vehicles deliver some money and go for the further deliveries, and others can top up the rest of the money. With this feature, vehicles have more flexibility in creating their routes at cheaper costs. The traveling time of the vehicle depends on the location of the ATM/

depot. So, if there is more than one depot, the vehicle could be more flexible regarding the cheaper route and avoid risks during delivery.

This paper's main contributions can be summarized as follows: (1) With multi-product features, the ATMs' demands become more realistic. (2) The split delivery and multi depot problem becomes more complex and allows the vehicles more flexibility. (3) Since the products inside the vehicle are valuable, there is some risk of theft, so with this problem, the vehicles avoid the risks while creating their routes. (5) A new mathematical formulation for the novel CIT problem is presented. (6) Money distribution routes are created for different numbers and types of vehicles.

This study is organized as follows: the basic explanations for VRP are given in Section 2. In Section 3, the proposed methodology to obtain the optimal route(s) is explained. The results are presented and discussed through a sensitivity analysis in Section 4. The last section shows the conclusions and future recommendations.

2. Vehicle Routing Problem

The VRP, in its simplest and general form, is a routing problem in which the constraints are taken into account in order to provide a full service to customers and at the same time it aims to minimize the cost. Dantzig and Ramser proposed the first VRP model in 1959 (Dantzig & Ramser, 1959). The problem can be described as "the design of a set of minimum cost vehicle routes that start and end from a central warehouse for a fleet of vehicles while serving a range of customers". The VRP is a model that serves a set of customers in multiple vehicles in one or more warehouses. It is concerned with finding the most fitting routes for its fleet. The challenge is designing the lowest priced routes for vehicles with complex constraint sets. The definitions of costs can differ from one situation to another. The expense description can vary from one situation to another, but the total distance of vehicles is considered as the objective function in the simplest case. While a pure routing problem has only a regional component, a timing element and a time component require more practical considerations.

In the first proposed VRP model, the homogeneous vehicles supply services/products to customers using the available resources of a depot. The vehicles are identical, have the same capacity and speed (homogeneous fleet). Each customer has a demand and this demand must be satisfied by vehicles. Additionally, each arc from one node to another (customer and depot) has a transportation cost. These costs usually represent distances, traveling times, or a combination of these factors (Caceres-Cruz, Arias, Guimarans, Riera, & Juan, 2014). The VRP and its extensions are a well-studied research area among academics and researchers. According to problem structures, these extensions deal with certainty (deterministic) and uncertainty (i.e. stochastic, fuzzy, or robust). These issues can include a wide variety of real-life constraints related to time and distance factors, the use of heterogeneous fleets, linkage with inventory and scheduling problems, security conditions, environmental and energy issues, traffic density, and more (Caceres-Cruz et al., 2014).

In VRP, which is encountered during the distribution of goods and services in companies, if various assistance such as consultancy, tracking systems and programming are not

received for this problem, this situation causes high costs in some sectors. Due to these very high costs, the practical solution to VRPs is important for companies in reducing their costs. Figure 1 shows an example of a VRP solution.

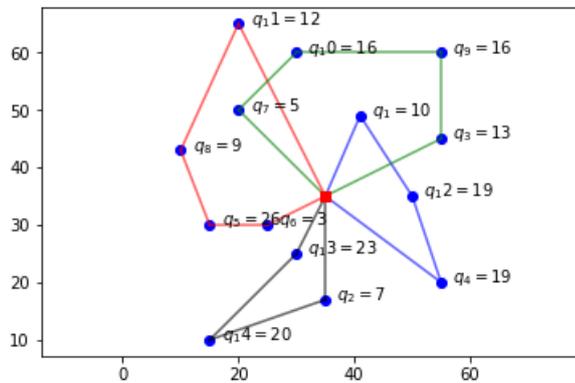


Figure 1: An example of a VRP solution

The topics reviewed are usually more accessible than the challenges of everyday life. Although certain restrictions are omitted, the studies usually model key features and include key findings used in examining and executing real-life problem structures. There are a lot of different variations of VRP. Various types of VRP are available in the literature according to the constraints. The road network, customers, depots, vehicles and drivers are key components of VRP. Different restrictions and situations can be placed on each variable to build various versions of VRP, and each may be necessary to achieve unique goals. We can count these variants as Simple VRP, Capacitated VRP (CVRP), vehicles with capacity, VRP with time windows (VRPTW), and a VRP generalization with additional permissible complication time windows. In these situations, a customer's operation involving the pick-up (delivery) of goods or services, may begin within the time window specified by the earliest and latest times the customer will allow the service to begin (Desrochers, Desrosiers, & Solomon, 1992). A customer must be visited by one vehicle rule is flexible and can be visited by more than one vehicle in Split Delivery VRP (SDVRP) (Archetti & Speranza, 2012). In Multi Depot VRP (MDVRP), each customer is visited by a vehicle-based at one of several depots (Ramos, Gomes, & Barbosa-Póvoa, 2020). In some VRP applications, the distance to be travelled may be limited for vehicles to be used in routing. Such problems are called Distance Restricted VRP (DCVRP). Periodic VRP (PVRP) is the problem of making the planning period more than one day. Each customer must be visited at least once within the specified period. In VRP with back-haul (VRPB), consumers can demand or return these goods. It is currently an extension of CVRP in which customers are split into two subsets: customers with line-haul and back-haul. In VRP with Pick-up and Delivery, the starting and ending points of the routes are the depots and each customer requests a vehicle, and while this is done, the vehicle capacity cannot exceed the total demand on the route (Goksal, Karaoglan, & Altıparmak, 2013).

Extensions used in this study are briefly described: *Time Window*: The feature that distinguishes the vehicle routing problem with a time window from others is that the customer is visited within a certain time interval. VRPTW is divided into two according to the time interval mentioned. It is a hard VRPTW when the delivery/transaction cannot be made before the specified time interval and a soft VRPTW when the delivery/transaction is carried out, but the penalty cost is incurred when the delivery/transaction is gone (Ho & Haugland, 2004). *Multi Depot Vehicle Routing Problem*: There is only one warehouse for traditional VRP, and all vehicles in that warehouse start and finish their routes. MDVRP has several depots. In this problem, each client in one of several depots is visited by a vehicle (Stodola, 2018). *Split-Delivery Vehicle Routing Problem*: In this VRP type with split demand, more than one vehicle can visit the customer, and the customer demand can be divided. Since one of the purposes is to minimize the cost, if cost reduction is in, VRP may be handled in this way. Some of the remarkable studies in the literature considering the extensions mentioned above are summarized according to the constraints in Table 1.

Table 1. Constraints of some of the remarkable studies

Study	Heterogeneous Fleet	Multi Depot	Split Delivery	Multi Product	Time Window	Risk
(Afshar-Nadjafi & Afshar-Nadjafi, 2017)	Yes	Yes	No	No	Yes	No
(Xu, Wang, & Yang, 2012)	Yes	Yes	No	No	Yes	No
(Yao, Yu, Hu, Gao, & Zhang, 2016)	Yes	No	No	No	No	No
(Levy, Sundar, & Rathinam, 2014)	Yes	Yes	Yes	No	No	No
(Soeanu, Ray, Berger, Boukhtouta, & Debbabi, 2020)	No	Yes	No	No	No	Yes
(Wang et al., 2020)	Yes	Yes	No	No	No	Yes
(Nugroho, Nafisah, Khannan, Mastroiswadi, & Ramdhani, 2020)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
(Park, Yoo, & Park, 2016)	No	No	Yes	No	Yes	No
(Kaabachi, Jriji, & Krichen, 2017)	No	Yes	No	No	Yes	No
(Sharma & Saini, 2020)	No	Yes	No	No	No	No
This study	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Kaabachi et al. propose an advanced meta-heuristic ant colony optimization and local search to resolve the new type of multi-depot heterogeneous VRP with time windows. In this type, the proposed green multi-depot heterogeneous VRP with time windows, they try to optimize the cost of fuel consumption and emission (Kaabachi et al., 2017). Nugroho et al. focus on the distribution of fuel for Premium and Bio-Solar products. In determining the distribution route and distribution time, a heterogeneous fleet, split delivery, multiple products, multiple trips and time windows constraints are considered (Nugroho et al., 2020). Xu et al. solved the multi depot heterogeneous fleet VRP with time windows by constructing and modifying a variable neighborhood search algorithm (Xu et al., 2012).

As a result of the literature research, it is seen that the problem handled in this study is a novel VRP concerning the banking sector. This study deals with the multi-depot, multi-product, heterogeneous fleet, time window and split delivery VRP considering the risk. This study also has a real-life application.

3. Proposed Mathematical Model

The problem is defined on a directed graph expressed as $G = (N, A)$, where N represents the set of nodes and A represents the set of arcs between nodes. The location of each ATM and depot is represented as a node. The index “1” and “2” represent the depot node. The set of arcs defined on $A = \{(i, j) : \forall i, j \in N, i \neq j\}$. In this model, P represents the set of products, and each product is represented as set $p \in P$. The problem is given by a set of ATMs J , at different locations. Each connection between location (i, j) , where $i \neq j$ and $i, j \in N$ and, has a travel time t_{ij} and a distance traveled C_{ij} that are not symmetrical ($t_{ji} \neq t_{ij}$ and $c_{ji} \neq c_{ij}$) and t_{ij} is nonnegative; denoted by d_{ip} the demand at the point i . The ATM is served from two depots with a limited and heterogeneous fleet. The vehicle has to leave from and return to the depot at the end. There is a set of K of the vehicle with identical capacities for each product. The capacity of each vehicle for each product $k \in V$ is represented by q_{kpi} . There are two different depots, and all depots have the capacity for three products V_{ip} . Each ATM $i \in J$ has a time window, i.e., between $[e_i, l_i]$, where $e_i \leq l_i$ which means the earliest time of the ATM and the ATM's latest time to start service for ATM i . Let S_i be the service time at ATM i . When the vehicle arrives at the depot, it might be waiting in the parking area for the service time if there is a parking area. More than one vehicle can fulfill the demand of an ATM. This happens in all situations where any demand exceeds the vehicle's capability, but in other cases, it may also be cost-effective. There are robbery risks (r_{ij}) between nodes and the sum of the risks at the used arcs cannot exceed the maximum risk (R)

Set/Indices

- N Set of all nodes (depots and ATMs)
- J Set of all ATMs
- I Set of all depots
- P Set of all products
- K Set of all vehicles
- Q Set of all locations that don't have a parking area

Parameters

- M Big Number
- m number of ATMs
- C_{ij} distance between i and j

d_{ip} the demand of customer i for product p

q_{kp} the capacity of vehicle k for product p

V_{ip} the capacity of depot i for product p

S_i service time for ATM i

e_i earliest service time for ATM i

l_i latest service time for ATM i

r_{ij} risk between i and j

Decision Variables

x_{ijk} 1, if ATM j is supplied after ATM i by vehicle k ; 0, otherwise

z_{ij} 1, if ATM j is served from depot i ; 0, otherwise

U_{ik} auxiliary variable for sub-tour elimination constraints for vehicle k

β_{jkp} fraction of ATM j 's demand p delivered by vehicle k

L_{ik} leaving time for vehicle k at node i

A_{ik} arriving time for vehicle k at node i

W_{ik} waiting time for vehicle k at node i

Formulation

$$\sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} x_{ijk} c_{ij} \tag{3.1}$$

The objective of the proposed mathematical model is to minimize the total cost under the following constraints:

$$\sum_{j \in N} d_{ip} \beta_{jkp} \leq q_{kp} \quad \forall k \in K, \forall p \in P \tag{3.2}$$

Constraint (3.2) is a vehicle capacity constraint that guarantees that each product's vehicle capacity is not exceeded.

$$U_{ik} - U_{jk} + mX_{ijk} \leq (m - 1) \quad \forall i, j \in J, \forall k \in K \tag{3.3}$$

Constraint (3.3) is a sub-tour elimination constraint.

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} - \sum_{j \in N} x_{jik} = 0 \quad \forall i \in N, \forall k \in K \tag{3.4}$$

Constraint (3.4) is a balance constraint for each node in each of the routes.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (3.5)$$

Constraint (3.5) provides a vehicle to exit from one depot at the most.

$$\sum_{j \in J} d_{ip} z_{ij} \leq V_{ip} \quad \forall i \in I, \forall p \in P \quad (3.6)$$

Constraint (3.6) is the constraint of depot capacity that accounts for the total demands of ATMs assigned to a depot not to exceed the depot's capacity.

$$Mz_{ij} \geq \sum_{f \in N} (x_{ifk} + x_{fjk}) \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (3.7)$$

Constraint (3.7) provides an ATM to be on the depot route to which the ATM is assigned.

$$\sum_{i \in N} x_{jik} \geq \beta_{jkp} \quad \forall j \in J, \forall k \in K, \forall p \in P \quad (3.8)$$

Constraint (3.8) ensures that each ATM's demand can be met only if the vehicle goes through that location.

$$\sum_{k \in K} \beta_{jkp} = 1 \quad \forall j \in J, \forall k \in K, \forall p \in P \quad (3.9)$$

Constraint (3.9) ensures that each ATM 's total demand can be met.

$$A_{jk} - L_{ik} + M(1 - x_{ijk}) \geq t_{ij} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in K \quad (3.10)$$

$$A_{jk} - L_{ik} + M(x_{ijk} - 1) \leq t_{ij} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in K \quad (3.11)$$

Constraint (3.10) and (3.11) add the departure time and travel time to determine the relevant node's arrival time.

$$A_{jk} + s_i + W_{ik} = L_{ik} \quad \forall i \in J, \forall k \in K \quad (3.12)$$

Constraint (3.12) adds the waiting and service time passed at any node to the arrival time, allowing it to determine when it leaves the relevant node.

$$A_{ik} + W_{ik} \geq e_i \quad \forall i \in N, \forall k \in K \quad (3.13)$$

$$L_{ik} \leq l_i \quad \forall i \in N, \forall k \in K \quad (3.14)$$

Constraints (3.13) and (3.14) are time window constraints.

$$L_{1k} = 0 \quad \forall k \in K \quad (3.15)$$

$$L_{2k} = 0 \quad \forall k \in K \quad (3.16)$$

With constraints (3.15) and (3.16), the vehicle leaves the depots (node 1 and 2) at the start.

$$W_{qk} = 0 \quad \forall q \in Q, \forall k \in K \quad (3.17)$$

With constraint (3.17), the vehicles cannot wait for the ATM with no parking area.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} r_{ij} x_{jik} \leq R \quad \forall k \in K \tag{3.18}$$

Constraint (3.18) ensures that the total risk cannot exceed the maximum risk for each vehicle.

$$U_{ik}, \beta_{jkp}, L_{ik}, A_{ik}, W_{ik} \geq 0 \quad \forall i, j \in N, \forall k \in K, \forall p \in P \tag{3.19}$$

Constraint (3.19) is a non-negativity constraint for decision variables.

$$\sum_{k \in V} \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} x_{ijk} = 0 \quad \forall i, j \in I, \forall k \in K \tag{3.20}$$

Constraint (3.20) ensures that there are no routes to be travelled between any two depots.

$$x_{ijk}, z_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in K \tag{3.21}$$

Constraint (3.21) is a binary constraint for decision variables.

4. The Real Case Application in Istanbul

Within the scope of the study, the Beşiktaş district of Istanbul is considered as an application area for the CIT problem. The socio-economic population, location, shopping centers, schools, and business centers of the district play an important role in selecting the region. The process of money distribution to the ATMs of a public bank operating in this region is discussed. The bank has 19 ATMs and 2 depots in this region. All nodes can be

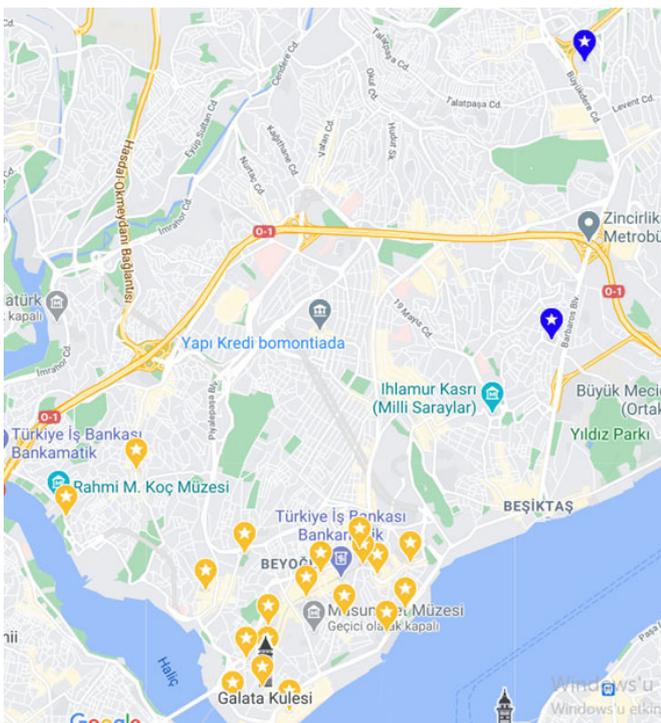


Figure 2: ATMs and depots at Beşiktaş region

seen in Figure 2. In the proposed methodology, the locations of the ATMs, the departure nodes and available parking areas are important. Google maps is used to determine the locations of these nodes. The distances between the ATMs are determined considering the actual travel/traffic distances.

Within the scope of this study, the CIT problem for 19 ATMs located in the Beşiktaş region in Istanbul is handled. Eight of these ATMs are located at bank branches, three in shopping centers, seven on the streets and one at the metro station. The locations of ATMs affect service times and time windows. For example, while the money loading service to ATMs should be completed before the shopping center is opened, for ATMs at bank branches, this service should be performed after the branch opening. Likewise, service times depend on ATM locations, too. For example, the service times of the ATMs at the metro stations are longer than the others. All the service times and time windows of the ATMs are determined according to historical data and expert opinions, and given in Table 2. The money distribution process starts at 06:00 and must finish before 14:00.

Table 2. Types, service times and time windows of ATMs

ATM ID	Service Time(min)	Earliest	Latest	ATM ID	Service Time(min)	Earliest	Latest
3	20	06:00	10:00	13	25	10:00	14:00
4	25	10:00	14:00	14	20	06:00	10:00
5	25	10:00	14:00	15	30	06:00	07:00
6	30	06:00	07:00	16	30	06:00	07:00
7	25	10:00	14:00	17	20	06:00	10:00
8	20	06:00	10:00	18	20	06:00	10:00
9	40	06:00	07:00	19	25	10:00	14:00
10	25	10:00	14:00	20	25	10:00	14:00
11	20	06:00	10:00	21	25	10:00	14:00
12	25	10:00	14:00				

Table 3. The demands of each ATM

ATM ID	Demand			ATM ID	Demand		
	€	\$	₺		€	\$	₺
3	10000	8000	150000	13	12000	15000	180000
4	10000	8000	170000	14	9000	12000	140000
5	20000	25000	240000	15	5000	6000	200000
6	5000	5000	200000	16	6000	5000	250000
7	14000	20000	220000	17	12000	10000	180000
8	4000	5000	140000	18	2500	10000	160000
9	22000	15000	300000	19	2000	2000	120000
10	9000	7000	130000	20	2000	2000	120000
11	5000	4000	150000	21	3000	3000	90000
12	15000	20000	280000				

The amount of money deposited to and withdrawn from the ATMs during the day is important for determining the daily money needs of the ATMs. Therefore, it is necessary to determine the daily money accurately. In this study, historical data is used to determine the amount of money required for each ATM. Table 3 gives the demand for each type of money for each ATM.

Armored vehicles are used to safely transport money from one destination to another. The cash needs of ATMs are met from the depot by armored vehicles. These vehicles have different types and different capacity constraints.

They have the same technical properties as each other; in other words, they are identical. The only difference is in terms of their insurance levels. The insurance level determines the maximum amount of money that a vehicle can carry; the higher the capacity of the vehicle, the more the cost of insurance. The firm has two different types of vehicles, two of each. The armored vehicles' capacities are given in Table 4.

Table 4. Vehicle capacities

Vehicle	Capacity		
	€	\$	₺
1	47000	47000	1050000
2	47000	47000	1050000
3	42000	42000	700000
4	42000	42000	700000

The firm distributes money to ATMs from two different depots. These depots have different capacities for each money type. The capacities of depots are given in Table 5.

Table 5. Depot capacities

Depot	Capacity		
	€	\$	₺
1	85750	90250	1800000
2	85750	90250	1800000

In this study, the CIT problem is studied. For the CIT problem, the risk factors are determined by a comprehensive literature review and then the most appropriate ones are specified by consulting with the anonymous experts that work on or study money transportation operations. As a result, the critical risk factors for money distribution are determined as the distance to residential areas, traffic density, the structure of the road, etc.

Road factors are important in determining risks for CIT operations. Traffic on the road, conditions of the road affect the accident risks that may cause theft. Road capacity can be determined according to the number of lanes in the road. The road material (gravel, asphalt, etc.) is taken into consideration in determining the risks. Also, deteriorated roads may cause an accident. So road condition plays an important role for money

distribution. These factors are very important for possible accident and/or theft of the vehicle, which carries money from a depot to the ATMs. In this study, the risks of the roads the vehicle uses in the distribution network are determined by expert interviews. The experts determine the risk values of the roads between 0.1 and 0.9 considering the proximity of the road to shopping and residential areas, traffic density, the structure of the road, etc.

In this study, the Delphi technique is used when determining the risks. In the technique, interviews with five different experts were carried out face-to-face and via e-mail during the assessment of the risks. These experts work for money transportation operations. In addition, the opinions of two different academics taking part in academic studies and projects on similar subjects are also taken, and the first meeting is held with the experts and ideas were collected to better understand the current situation and the problem. These negotiations are repeated until consensus is achieved, and expert opinions are obtained again and again. At the end of the process, a comprehensive common opinion is shared with the experts about the risks. As a result of the evaluations expressed by the experts of the risks, it is concluded that the experts had same opinions about the risks. Thus, the identified risks are integrated into the study. Lastly, the maximum risk is set at 1.4 according to firm policy and consultation with experts to determine the optimum route.

After the values of all the parameters are determined, the optimum distribution routes obtained by the mathematical model are shown in Figure 3 with different colors for each vehicle. The mathematical model is solved by IBM ILOG Cplex OPL Optimization Studio 12.8.

The ATMs that each vehicle distributes according to their capacity, traveling times between ATMs, arrival times to ATMs, service and waiting times at ATMs and departure times from ATMs are given in Table 6.

The objective function for this route is determined as 87750 TL (Turkish Lira). According to obtained route, Vehicle 1 distributes money during the time period between 06:00-14:00. The vehicle departing from the depot follows the route of Depot 2-ATM 16-ATM 8-ATM 17-ATM 14-ATM 12-Depot 2. It arrives at ATM 16 at 06:12:00 and completes the money loading process at 06:42:00 including 30 minutes of service time, and departs from ATM 16. It arrives at ATM 8 at 06:47:00 and completes the money loading process at 07:07:00 including 20 minutes of service time; the vehicle waits for 2 hours and 3 minutes at ATM 8 and departs from ATM 8 at 09:10:00. It arrives at ATM 17 at 09:15:00 and completes the money loading process at 09:35:00 including 20 minutes service time and departs from ATM 17. It arrives at ATM 14 at 09:40:00 and completes the money loading process at 10:00:00 including 20 minutes of service time, and departs from ATM 14. Finally, Vehicle 1 arrives at ATM 12 at 10:03:00 and waits until 13:35:00 because of the earliest service time, then completes the money loading process at 14:00:00 including 25 minutes of service time and departs from ATM 12 and goes to Depot 2.

Vehicle 2 distributes money during the time period between 06:00-14:00. The vehicle departing from the depot follows the route of Depot 1-ATM 15-ATM 18-ATM 19-ATM

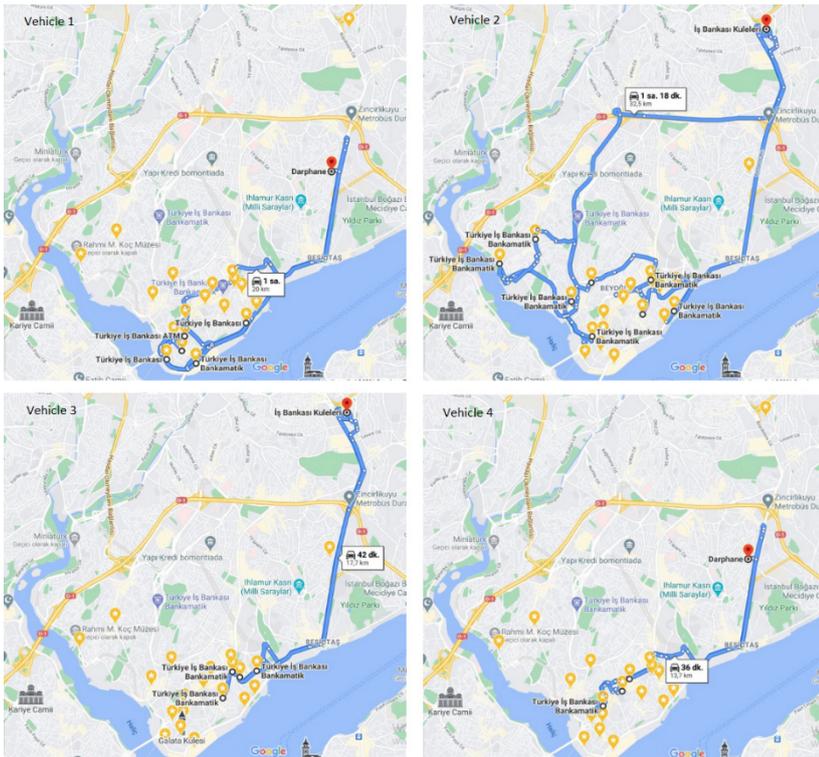


Figure 3: Optimum money distribution routes

7-ATM 10-ATM 5-Depot 1. It arrives at ATM 15 at 06:13:00 and completes the money loading process at 06:43:00 including 30 minutes service time and departs from ATM 9. It arrives at ATM 18 at 06:47:00 and completes the money loading process at 07:07:00 including 20 minutes of service time; the vehicle waits for 2 hours and 53 minutes at ATM 18 and departs from ATM 18 at 10:00:00. It arrives at ATM 19 at 10:04:00 and completes the money loading process at 10:29:00 including 25 minutes service time, and the vehicle waits for 2 hours and 4 minutes at ATM 19 and departs from ATM 19 at 12:33:00. It arrives at ATM 17 at 12:37:00 and completes the money loading process at 13:02:00 including 25 minutes of service time and departs from ATM 7. After that vehicle arrives at ATM 7 at 12:37:00 and completes the money loading process at 13:02:00 including 25 minutes of service time and departs from ATM 7. After that vehicle arrives at ATM 10 at 13:07:00 and completes the money loading process at 13:32:00 including 25 minutes service time and departs from ATM 10. Finally, vehicle 2 arrives at ATM 5 at 13:35:00 and completes the money loading process at 14:00:00 including 25 minutes of service time and departs from ATM 7 and goes to Depot 1.

Vehicle 3 distributes money during the time period between 06:00-14:00. The vehicle departing from the depot follows the route of Depot 2-ATM 9-ATM 8-ATM 13-ATM 21-ATM 20-Depot 2. It arrives at ATM 16 at 06:10:00 and completes the money loading process at 06:50:00 including 40 minutes of service time and departs from ATM 16. It arrives at ATM 8 at 06:52:00 and completes the money loading process at 07:12:00 including 20 minutes of service time; the vehicle waits for 2 hours and 48 minutes at ATM 8 and departs from ATM 8 at 10:00:00. It arrives at ATM 13 at 10:08:00 and completes the money loading process at 10:33:00 including 25 minutes of service time; the vehicle

Table 6. Money distribution route for each vehicle

Stop	Distance (km.)	Driving Time	Arrival Time	Service Time	Waiting Time	Departure Time
Vehicle 1						
Depot 2	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 16	6.2	00:12:00	06:12:00	00:30:00	-	06:42:00
ATM 8	1.9	00:05:00	06:47:00	00:20:00	02:03:00	09:10:00
ATM 17	1.8	00:05:00	09:15:00	00:20:00	-	09:35:00
ATM 14	1.1	00:05:00	09:40:00	00:20:00	-	10:00:00
ATM 12	0.8	00:03:00	10:03:00	00:25:00	03:32:00	14:00:00
Depot 2	6.6	00:11:00	14:11:00	-	-	-
Vehicle 2						
Depot 1	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 15	11.3	00:13:00	06:13:00	00:30:00	-	06:43:00
ATM 18	1.3	00:04:00	06:47:00	00:20:00	02:53:00	10:00:00
ATM 19	1.7	00:04:00	10:04:00	00:25:00	02:04:00	12:33:00
ATM 7	1.9	00:04:00	12:37:00	00:25:00	-	13:02:00
ATM 10	1.8	00:05:00	13:07:00	00:25:00	-	13:32:00
ATM 5	1.2	00:03:00	13:35:00	00:25:00	-	14:00:00
Depot 1	7.9	00:12:00	14:12:00	-	-	-
Vehicle 3						
Depot 2	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 9	5.3	00:10:00	06:10:00	00:40:00	-	06:50:00
ATM 8	0.75	00:02:00	06:52:00	00:20:00	02:48:00	10:00:00
ATM 13	2.5	00:08:00	10:08:00	00:25:00	02:25:00	12:58:00
ATM 21	3.2	00:07:00	13:05:00	00:25:00	-	13:30:00
ATM 20	1.8	00:05:00	13:35:00	00:25:00	-	14:00:00
Depot 2	6.6	00:10:00	14:10:00	-	-	-
Vehicle 4						
Depot 1	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 6	8.1	00:12:00	06:12:00	00:30:00	-	06:42:00
ATM 11	0.75	00:03:00	06:45:00	00:20:00	02:30:00	09:35:00
ATM 3	2.7	00:05:00	09:40:00	00:20:00	-	10:00:00
ATM 5	0.45	00:01:00	10:01:00	00:25:00	03:05:00	13:31:00
ATM 4	1.8	00:04:00	13:35:00	00:25:00	-	14:00:00
Depot 1	7.2	00:11:00	14:11:00	-	-	-

waits for 2 hours and 25 minutes at ATM 13 and departs from ATM 13 at 12:58:00. It arrives at ATM 21 at 13:05:00 and completes the money loading process at 13:30:00 including 25 minutes service time and departs from ATM 21. Finally, Vehicle 4 arrives at ATM 20 at 13:35:00 and completes the money loading process at 14:00:00 including 25 minutes of service time and departs from ATM 20 and goes to Depot 2.

Vehicle 4 distributes money during the time period between 06:00-14:00. The vehicle departing from the depot follows the route of Depot 1-ATM 6-ATM 11-ATM 3-ATM 5-ATM 4-Depot 1. It arrives at ATM 6 at 06:12:00 and completes the money loading process at 06:42:00 including 30 minutes of service time and departs from ATM 6. It arrives at ATM 11 at 06:45:00 and completes the money loading process at 07:05:00

including 20 minutes of service time; the vehicle waits for 2 hours and 30 minutes at ATM 11 and departs from ATM 11 at 09:35:00. It arrives at ATM 3 at 09:40:00 and completes the money loading process at 10:00:00 including 20 minutes of service time and departs from ATM 3. It arrives at ATM 5 at 10:01:00 and completes the money loading process at 10:26:00 including 25 minutes of service time; the vehicle waits for 3 hours and 5 minutes at ATM 5 and departs from ATM 5 at 13:31:00. Finally, it arrives at ATM 4 at 13:35:00 and completes the money loading process at 14:00:00 including 25 minutes of service time and departs from ATM 4 and goes to Depot 1.

4.1. Sensitivity Analysis

The proposed model for the CIT problem, which considers risks and different types of money for distribution, provides a more realistic approach than the mathematical models prepared for the traditional CIT problem. By solving the mathematical model, accurate and efficient results are obtained. The sensitivity analysis is performed to demonstrate and prove the proposed mathematical model's accuracy and efficiency by comparing

Table 7. Money distribution routes for each vehicle for Scenario 1

Stop	Distance (km.)	Driving Time	Arrival Time	Service Time	Waiting Time	Departure Time
Vehicle 1						
Depot 2	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 9	5.3	00:10:00	06:10:00	00:40:00	-	06:50:00
ATM 8	0.75	00:02:00	06:52:00	00:20:00	02:23:00	09:35:00
ATM 17	1.8	00:05:00	09:40:00	00:20:00	-	10:00:00
ATM 12	1.9	00:04:00	10:04:00	00:25:00	02:29:00	12:58:00
ATM 21	4.1	00:07:00	13:05:00	00:25:00	-	13:30:00
ATM 20	1.8	00:05:00	13:35:00	00:25:00	-	14:00:00
Depot 2	7.7	00:10:00	13:40:00	-	-	-
Vehicle 2						
Depot 1	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 15	11.3	00:13:00	06:13:00	00:30:00	-	06:43:00
ATM 18	1.3	00:04:00	06:47:00	00:20:00	02:53:00	10:00:00
ATM 19	1.7	00:04:00	10:04:00	00:25:00	02:04:00	12:33:00
ATM 7	1.9	00:04:00	12:37:00	00:25:00	-	13:02:00
ATM 10	1.8	00:05:00	13:07:00	00:25:00	-	13:32:00
ATM 5	1.2	00:03:00	13:35:00	00:25:00	-	14:00:00
Depot 1	7.9	00:12:00	14:12:00	-	-	-
Vehicle 3						
Depot 2	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 16	6.2	00:12:00	06:12:00	00:30:00	0	06:42:00
ATM 14	1	00:04:00	06:46:00	00:20:00	02:54:00	10:00:00
ATM 12	0.8	00:03:00	10:03:00	00:25:00	03:01:00	13:29:00
ATM 13	2	00:06:00	13:35:00	00:25:00	0	14:00:00
Depot 2	9.4	00:13:00	14:13:00	-	-	-
Vehicle 4						
Depot 1	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 6	8.1	00:12:00	06:12:00	00:30:00	-	06:42:00
ATM 11	0.75	00:03:00	06:45:00	00:20:00	02:30:00	09:35:00
ATM 3	2.7	00:05:00	09:40:00	00:20:00	-	10:00:00
ATM 5	0.45	00:01:00	10:01:00	00:25:00	03:05:00	13:31:00
ATM 4	1.8	00:04:00	13:35:00	00:25:00	-	14:00:00
Depot 1	7.2	00:11:00	14:11:00	-	-	-

different risk levels. In the first scenario, the risk level is decreased to 1.3, and the problem is solved. Table 7 shows the results of the first scenario.

The objective function for this route is determined as 90850 TL in this scenario. Then, in the second scenario, the risk level is increased to 1.5, and the problem is solved. Table 8 shows the results of the second scenario.

Table 8. Money distribution routes for each vehicle for Scenario 2

Stop	Distance (km.)	Driving Time	Arrival Time	Service Time	Waiting Time	Departure Time
Vehicle 1						
Depot 2	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 9	5.3	00:10:00	06:10:00	00:40:00	0	06:50:00
ATM 8	0.75	00:02:00	06:52:00	00:20:00	01:58:00	09:10:00
ATM 17	1.8	00:05:00	09:15:00	00:20:00	0	09:35:00
ATM 14	1.1	00:05:00	09:40:00	00:20:00	0	10:00:00
ATM 12	0.8	00:03:00	10:03:00	00:25:00	03:32:00	14:00:00
Depot 2	6.6	00:11:00	14:11:00			
Vehicle 2						
Depot 1	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 15	11.3	00:13:00	06:13:00	00:30:00	-	06:43:00
ATM 18	1.3	00:04:00	06:47:00	00:20:00	02:53:00	10:00:00
ATM 19	1.7	00:04:00	10:04:00	00:25:00	02:04:00	12:33:00
ATM 7	1.9	00:04:00	12:37:00	00:25:00	-	13:02:00
ATM 10	1.8	00:05:00	13:07:00	00:25:00	-	13:32:00
ATM 5	1.2	00:03:00	13:35:00	00:25:00	-	14:00:00
Depot 1	7.9	00:12:00	14:12:00	-	-	14:12:00
Vehicle 3						
Depot 1	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 6	8.1	00:12:00	06:12:00	00:30:00	-	06:42:00
ATM 11	0.75	00:03:00	06:45:00	00:20:00	02:30:00	09:35:00
ATM 3	2.7	00:05:00	09:40:00	00:20:00	-	10:00:00
ATM 5	0.45	00:01:00	10:01:00	00:25:00	03:05:00	13:31:00
ATM 4	1.8	00:04:00	13:35:00	00:25:00	-	14:00:00
Depot 1	7.2	00:11:00	14:11:00	-	-	-
Vehicle 4						
Depot 2	-	-	-	-	-	06:00:00
ATM 16	6.2	00:12:00	06:12:00	00:30:00	-	06:42:00
ATM 12	1.8	00:05:00	06:47:00	00:25:00	05:15:00	12:27:00
ATM 13	2	00:06:00	12:33:00	00:25:00	-	12:58:00
ATM 21	3.2	00:07:00	13:05:00	00:25:00	-	13:30:00
ATM 20	1.8	00:05:00	13:35:00	00:25:00	-	14:00:00
Depot 2	7.7	00:10:00	14:10:00	-	-	-

The objective function for this route is determined as 87150 TL in this scenario. We see that our model gives the best result in scenario 2. The increase in the risk level constraints made the model work more conveniently. In the main problem, we used 1.4 as the risk level constraint; when we increase it like the second model in a sensitivity analysis, the

vehicles work more freely and have the chance to choose the cheapest routes. Conversely, when we reduce the risk constraints as the first model of the sensitivity analysis, it costs more than before. As a result, if we choose the safest paths, the objective function will decrease.

5. Conclusion

This study aims to minimize the total distance with the given constraints of the model, including multi-depots, multi-products, split deliveries and time windows. Nineteen different ATM locations are taken, and Turkish liras (TL), Euros (€) and American dollars (\$) are transported to nineteen ATMs from two different depots. The mathematical programming formulation is solved using IBM ILOG Cplex OPL Optimization Studio 12.8, routes of the vehicles are calculated, and the total distance is calculated as 87750 m. In addition, the model is examined for two different scenarios, which are increased risk and decreased risk constraints.

New vehicle routing problems that may arise in the future within the scope of merging cash machines of banks or after the positioning of new ATMs can be solved using this model. Also, the vehicle routing program in the model can be used not only for ATMs but also for the transportation of any risky product or any vehicle routing problem by removing the risk restriction. The proposed multi-product, multi-depot, time constraint, and split delivery mathematical model has been applied to real life application in Istanbul. The model can be further developed and used in larger areas. When the number of ATMs increases, the solution of the problem takes a long time, so this study and model can be developed and can be solved by increasing the numbers and variables with heuristic modeling.

The contributions of the paper to the literature and application area can be specified as follows: (1) To handle the CIT problem more realistically, a risk constrained multi-depot, multi-product, heterogeneous, fleet split delivery VRP with a time windows formulation is proposed; (2) A real application is presented to show the applicability and reliability of the methodology; (3) The mathematical model is run for different scenarios and the optimum routes obtained are compared; (4) It is aimed that the proposed method will be used for the purposes of improving the cash distribution strategies of organizations; (5) To the best of our knowledge, this study is the first real case proposing a multi-depot, multi-product, heterogeneous, fleet split delivery CIT problem with time windows.

In the real world, operational systems are always ATM specific. For this reason, our problem and proposed model have proven to be an interesting research topic with many possibilities for future research. The presented model considers the total travel distance. Other metrics such as environmental factors, the total distance and duration of congested segments, risk in the target region etc., could be incorporated into the model as a future direction. Conflicting objectives such as the environmental and economic objectives could be considered by developing multi-objective models. Bigger and/or combined regions can be selected as the application area for the CIT problem. Heuristic or metaheuristic algorithms can be developed to handle complexity. The problem can be modeled as stochastic or robust structures.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support.

Author Contributions: Conception/Design of Study- M.C.Ş., E.A., A.T.; Data Acquisition- M.C.Ş., E.A.; Data Analysis/ Interpretation- E.A., A.T.; Drafting Manuscript- M.C.Ş., E.A. Critical Revision of Manuscript- E.A., A.T.; Final Approval and Accountability- E.A., A.T.

References

- Afshar-Nadjafi, B., & Afshar-Nadjafi, A. (2017). A constructive heuristic for time-dependent multi-depot vehicle routing problem with time-windows and heterogeneous fleet. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 29(1), 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2014.04.007>
- Ágoston, K. C., Benedek, G., & Gilányi, Z. (2016). Pareto improvement and joint cash management optimisation for banks and cash-in-transit firms. *European Journal of Operational Research*, 254(3), 1074–1082. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.04.045>
- Archetti, C., & Speranza, M. G. (2012). Vehicle routing problems with split deliveries. *International Transactions in Operational Research*, 19(1–2), 3–22. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2011.00811.x>
- Boonsam, P., Suthikarnnarunai, N., & Chitphaiboon, W. (2011). Assignment problem and vehicle routing problem for an improvement of cash distribution. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, 2, 1160–1164.
- Bozkaya, B., Salman, F. S., & Telciler, K. (2017). An adaptive and diversified vehicle routing approach to reducing the security risk of cash-in-transit operations. *Networks*, 69(3), 256–269. <https://doi.org/10.1002/net.21735>
- Caceres-Cruz, J., Arias, P., Guimarans, D., Riera, D., & Juan, A. A. (2014). Rich vehicle routing problem: Survey. *ACM Computing Surveys*, 47(2), 1–28. <https://doi.org/10.1145/2666003>
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80–91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.80>
- Desrochers, M., Desrosiers, J., & Solomon, M. (1992). A new optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows. *Operations Research*, 40(2), 342–354. <https://doi.org/10.1287/opre.40.2.342>
- Ghannadpour, S. F., & Zandiyeh, F. (2020). An adapted multi-objective genetic algorithm for solving the cash in transit vehicle routing problem with vulnerability estimation for risk quantification. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 96(June 2019), 103964. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103964>
- Goksal, F. P., Karaoglan, I., & Altiparmak, F. (2013). A hybrid discrete particle swarm optimization for vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery. *Computers and Industrial Engineering*, 65(1), 39–53. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.01.005>
- Hepenstal, S., & Johnson, S. D. (2010). The concentration of cash-in-transit robbery. *Crime Prevention and Community Safety*, 12(4), 263–282. <https://doi.org/10.1057/cpcs.2010.14>
- Ho, S. C., & Haugland, D. (2004). A tabu search heuristic for the vehicle routing problem with time windows and split deliveries. *Computers and Operations Research*, 31(12), 1947–1964. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(03\)00155-2](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(03)00155-2)
- Kaabachi, I., Jriji, D., & Krichen, S. (2017). An improved ant colony optimization for green multi-depot vehicle routing problem with time windows. *Proceedings - 18th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, SNPD 2017*, 339–344. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/SNPD.2017.8022743>
- Larrain, H., Coelho, L. C., & Cataldo, A. (2017). A Variable MIP Neighborhood Descent algorithm for managing inventory and distribution of cash in automated teller machines. *Computers and Operations Research*, 85, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.03.010>

- Levy, D., Sundar, K., & Rathinam, S. (2014). Heuristics for routing heterogeneous unmanned vehicles with fuel constraints. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/131450>
- Michallet, J., Prins, C., Amodeo, L., Yalaoui, F., & Vitry, G. (2014). Multi-start iterated local search for the periodic vehicle routing problem with time windows and time spread constraints on services. *Computers and Operations Research*, 41(1), 196–207. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.07.025>
- Nugroho, S. M., Nafisah, L., Khannan, M. S. A., Mastrisiswadi, H., & Ramdhani, M. N. (2020). Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet, Split Delivery, Multiple Product, Multiple Trip, and Time Windows: A Case study in fuel distribution. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 847(1), 012066. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/847/1/012066>
- Park, Y. B., Yoo, J. S., & Park, H. S. (2016). A genetic algorithm for the vendor-managed inventory routing problem with lost sales. *Expert Systems with Applications*, 53, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.01.041>
- Ramos, T. R. P., Gomes, M. I., & Barbosa-Póvoa, A. P. (2020). A new matheuristic approach for the multi-depot vehicle routing problem with inter-depot routes. *OR Spectrum*, 42(1), 75–110. <https://doi.org/10.1007/s00291-019-00568-7>
- Sharma, R., & Saini, S. (2020). Heuristics and Meta-Heuristics Based Multiple Depot Vehicle Routing Problem: A Review. *Proceedings of the International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems, ICESC 2020*, 683–689. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICESC48915.2020.9155814>
- Soeanu, A., Ray, S., Berger, J., Boukhouta, A., & Debbabi, M. (2020). Multi-depot vehicle routing problem with risk mitigation: Model and solution algorithm. *Expert Systems with Applications*, 145, 113099. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.113099>
- Stodola, P. (2018). Using Metaheuristics on the Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Modified Optimization Criterion. *Algorithms*, 11(5), 74. <https://doi.org/10.3390/a11050074>
- Talarico, L. (2016). Secure vehicle routing: models and algorithms to increase security and reduce costs in the cash-in-transit sector. *4OR*, 14(1), 105–105. <https://doi.org/10.1007/s10288-015-0290-y>
- Talarico, L., Sörensen, K., & Springael, J. (2015). Metaheuristics for the risk-constrained cash-in-transit vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 244(2), 457–470. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.01.040>
- Talarico, L., Sörensen, K., & Springael, J. (2017). A biobjective decision model to increase security and reduce travel costs in the cash-in-transit sector. *International Transactions in Operational Research*, 24(1–2), 59–76. <https://doi.org/10.1111/itor.12214>
- Tarantilis, C. D., & Kiranoudis, C. T. (2004). An adaptive memory programming method for risk logistics operations. *International Journal of Systems Science*, 35(10), 579–590. <https://doi.org/10.1080/00207720412331285986>
- Van Anholt, R. G., Coelho, L. C., Laporte, G., & Vis, I. F. A. (2016). An inventory-routing problem with pickups and deliveries arising in the replenishment of automated teller machines. *Transportation Science*, 50(3), 1077–1091. <https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0637>
- Wang, B., Qian, Q., Tan, Z., Zhang, P., Wu, A., & Zhou, Y. (2020). Multidepot Heterogeneous Vehicle Routing Problem for a Variety of Hazardous Materials with Risk Analysis. *Scientific Programming*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8839628>
- Xu, Y., Wang, L., & Yang, Y. (2012). A New Variable Neighborhood Search Algorithm for the Multi Depot Heterogeneous Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 39, 289–296. <https://doi.org/10.1016/j.endm.2012.10.038>
- Yan, S., Wang, S. S., & Wu, M. W. (2012). A model with a solution algorithm for the cash transportation vehicle routing and scheduling problem. *Computers and Industrial Engineering*, 63(2), 464–473. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.04.004>
- Yao, B., Yu, B., Hu, P., Gao, J., & Zhang, M. (2016). An improved particle swarm optimization for carton heterogeneous vehicle routing problem with a collection depot. *Annals of Operations Research*, 242(2), 303–320. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-1792-x>



Türkiye-Fransa Mermer Taşımacılığında Optimal Rotanın Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Belirlenmesi*

Determining Optimal Routes for Marble Transport Between Turkey and France Using the Multi-Criteria Decision Making

Melih Çelik¹ , Yasin Gültekin² 

Öz

Küreselleşmenin etkisi ve tüketicilerin tercihleri doğrultusunda artan talebe karşılık vermek amacıyla taşımacılık sektörü sürekli kendini geliştirmeye ve verimliliğini arttırmaya odaklanması gerekmektedir. Günümüzde optimal taşıma rotaları üzerinden taşımacılık operasyonlarını gerçekleştirmek bu yüzden kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, Türkiye-Fransa mermer taşımacılığında optimal rota çok kriterli karar verme yöntemleriyle belirlenmeye çalışılmıştır. Öncelikli olarak literatür taranarak rota seçimini etkileyen kriterlerden en çok üzerinde durulan 6 ana ve 18 alt olmak üzere 24 kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler lojistik sektöründe taşımacılık hizmeti sağlayan şirket yöneticileri, operasyon uzmanları ve alanında uzman akademisyenlerin oluşturduğu gruba sunulmuş ve kriterler son haline getirilmiştir. Super Decision programı kullanılarak AHP yönteminin temeli olan hiyerarşik yapı oluşturulmuş ve kriter ağırlıkları elde edilmiştir.

Sektörde Afyon-Lyon noktaları arasında taşımacılık hizmeti sağlayan işletmelerden günümüzde kullanılan 5 farklı rotanın maliyet ve transit süre bilgileri elde edilmiştir. EcoTransIT emisyon hesaplama aracıyla rotaların emisyon analizi yapılmıştır. TOPSIS yöntemiyle aynı lojistik uzmanlarınca değerlendirilen 5 rota AHP yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıklarıyla beraber analiz edilmiş ve söz konusu iki nokta arasında optimal taşıma rotası belirlenmiştir. Analizler sonucunda denizyolu+iç su yolu intermodal taşımacılık rotası diğer alternatiflere göre sahip olduğu düşük maliyetin yanı sıra kısmen transit süre ve düşük emisyon değerleri avantajıyla Afyon-Lyon plaka mermer taşınmasında optimal rota olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşımacılık, Mod Seçimi, Optimal Rota, TOPSIS, AHP

ABSTRACT

In order to respond to increasing demand in line with the effects of globalization and the consumers' preferences, the transportation sector has needed to focus on constantly improving itself and its efficiency. Currently, operating transportation operations through optimal transport routes have become critical. This study attempts to determine the optimal transportation route for exporting marble from Turkey to France using multi-criteria decision-making methods. The study first reviews the literature to determine the 6 main and 18 sub-criteria that have been mentioned the most. The study submitted these criteria to groups made up of logistics company managers, operation executives, and scholars in order to get expert opinions. The study uses the program Super Decisions to create a hierarchy structure for the analytical hierarchy process (AHP) and to calculate the criterion weights.

The study collected information from companies providing service between Afyon and Lyon regarding the costs and transit times of the five different transportation routes that are currently used. The study then analyzed the emissions for each of these five routes using the tools from the emissions calculator software EcoTransIT. By using the criterion weights found using the AHP method, the five transportation routes were analyzed in terms of the same group using the technique for order of preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method to determine which route is the most appropriate. After the analysis, the study compared the various routes and selected the seaway + inland waterway intermodal transportation route as the optimal one due to its low cost and minimal transit time and emission values.

Keywords: Transportation, Mode choice, Optimal route

Başvuru/Submitted: 21.10.2022 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 09.11.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 11.11.2022 • **Kabul/Accepted:** 07.12.2022

*Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı'nda tamamlanan benzer isimli yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

1 Melih Çelik (Yüksek Lisans Öğrencisi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Çanakkale, Türkiye. E-mail: melihcelik750@gmail.com ORCID: 0000-0002-4680-7788

2 **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Yasin Gültekin (Dr. Öğr. Üyesi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Çanakkale, Türkiye. E-mail: yasingulteekin@comu.edu.tr ORCID: 0000-0002-0161-8748

Atf/Citation: Celik, M., Gultekin, Y. (2022). Türkiye-Fransa mermer taşımacılığında optimal rotanın çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi. Journal of Transportation and Logistics, *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 233-259. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1192542>

Extended Abstract

Due to globalization and changes in consumer behaviors, the rising demand for products has increased trade volumes, which has in turn put pressure on the transportation sector, which is an indispensable part of global trade. In order to meet the constant rises in demand, the transportation sector has had to concentrate on improving itself and its efficiency in addition to trying to find novel solutions. In this sense, great importance is had in running transport operations through the optimal transportation routes. Having logistics companies transport products on efficient routes allows them to reduce transportation costs, which have the largest share of their operational costs, to increase customer satisfaction by delivering goods on time, and to gain advantages over other competitors.

This study attempts to determine the optimal transportation route for exporting marble from Turkey to France by combining the analytical hierarchy process (AHP) and the technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) multi-criteria decision making methods.

Firstly, the study discusses the importance of determining optimal transportation routes and the factors that affect efficiency based on the mode of transport. Afterwards, the study reviews the literature to determine the six main and 18 sub-criteria that are mentioned the most and have occurred the most in studies. These criteria were then submitted to groups consisting of logistics company managers, operation executives, and scholars in order to obtain expert opinions. These same groups filled out the paired comparisons matrices, which were then used based on the AHP method. Next, the study used the program Super Decisions to construct the hierarchy structure of the AHP method and to calculate the criteria weights.

The study made calculations within its scope by considering the values closest to the ideal solution and the most optimal route for transporting 20 tons of marble slabs along the Afyon-Lyon line and revealed the seaway + inland waterways intermodal transportation route (i.e., Route 5) to be the most optimal. Transportation operations along this route take 10 days to complete, with a carbon dioxide emission of 12.40 and a cost of 4,115€ (3,465 + 650). The next most optimal routes were determined respectively as the RORO+Railroad,¹ Sea + Land, RoRo + Highway, and Highway routes. The RoRo + Railroad and the Seaway + Highway routes can be said to have similar values. The reason why the Highway Route ranked last is its higher costs and emissions compared to the other transportation routes. The low weight value of the transit time sub-criterion was another reason why the Highway Route ranked last, despite its speed advantage.

As a result of the analyses performed using the program SuperDecisions, cost is seen as the most important criterion with a weight of 0.53, with the other criteria in order of importance being found as reliability (0.19), product features (0.11), speed (0.08), flexibility (0.04), and environment (0.02). From this point of view, the most important criterion can be said to be cost when determining the optimal route for transporting marble slabs from Afyon to Lyon. The reliability criterion has the second highest weight and also plays an important role in determining the optimal route.

1 RORO = Roll On-Roll Off ships

Due to the structural fragility of marble slabs, they must be delivered to their final destination without any damage, and this increased the importance of the reliability criterion. Product features also play an important role in determining routes. Marble slabs being a high tonnage product requires certain restrictions to be observed while being transported enroute.

Contrary to the findings in the studies in the literature, the speed criterion can be remarkably described as having the second lowest weight (after environment) in this study. The reason for this is that very few situations require urgent transportation of marble slabs within the supply chain. Despite the increasing importance of the environmental factor (carbon dioxide emissions in particular being the main cause of global warming threatening the Earth) in the transportation sector, this study found it to have the lowest criterion weight. However, because the decision groups gave average values to the sub-criteria of undamaged product delivery, capacity flexibility, and weight, carbon dioxide emissions are seen to still play an important role in determining the optimal route despite its low criterion weight. According to the findings regarding the environment criterion, the environmental factor can be said to still be ignored in the transportation sector, despite the regulations countries as well as global non-governmental organizations have made to protect the environment.

Giriş

Taşımacılık operasyonlarında taşımanın hangi rota üzerinden gerçekleştirileceği büyük bir öneme sahiptir. Verimli bir rota üzerinden ürünün taşınması operasyonel maliyetlerde en büyük paya sahip taşıma maliyetlerinin düşürülmesine, zamanında teslimat yapılarak müşteri memnuniyetinin artırılmasına ve rekabet içerisinde olduğu diğer rakipleri üzerinde rekabet avantajı elde etmesine olanak verir.

Taşımacılık sistemi, ürünlerin üretildiği ilk noktadan müşterilerin talep ettiği noktaya kadar motorlu veya motorsuz taşıtlar yoluyla belirli bir taşıma kabının içinde iki tarafında önceden belirlemiş olduğu şartlar ve zaman konusu göz önünde bulundurularak belirli iki nokta arasındaki hareketlerin oluşturduğu organizasyondur (Khoban vd., 2011: 108).

Ülkeler arasındaki etkileşimlerin artması ve ticaret yapmadaki kolaylıklarla beraber artan rekabet ortamında işletmeler maliyetleri düşürmek amacıyla üretim sahalarında yeni planlamalara gitmiştir. Küresel ölçekte üretilen noktada ve son nihai kullanıcı arasındaki mesafelerin artması lojistiğin rekabet etmede önemli bir araç olduğunu göstermiştir. Küreselleşmenin getirdiği yoğun rekabet ortamında işletmelerin katma değer üretebilmesine olanak sağlayan lojistik faaliyetler büyük öneme sahiptir. Hem taşıma noktasında elde edebilecekleri maliyet avantajı hem de müşteri memnuniyetini üst düzeyde tutmak isteyen firmalar her bir taşıma modunun avantajlarını tek bir potada eritip ürünün başlangıcından son dağıtım noktasına kadar olan lojistik süreci en optimal şekilde planlamalıdır. Uluslararası lojistik maliyetlerinin toplam üretim maliyetlerinin %30-%50'sini oluşturduğu düşünüldüğünde (Cho vd., 2010: 529) lojistik kaynakları ve zamanı en iyi şekilde kullanan işletmeler ölçek ekonomisi avantajı elde ederek rakipleri üzerinde üstünlük sağlamaktadırlar (Banomyong 2001: 680).

Lojistik faaliyetlerdeki kalitesizlik ve verimsizlik uluslararası rekabette geri kalmanın en önemli nedenlerindedir. Ürünlerin ithalatı ve ihracatı noktasında gümrük işlemlerindeki yolsuzluk, kırtasiye işlerinin fazla olmasının yanı sıra kurumlar arası uyumsuzluğun yol açtığı gecikmeler, altyapıya bağlı olarak limanlarda verilen hizmetlerin kısıtlı olması ve buna bağlı olarak öngörülen teslimat sürelerindeki sapmalar, liman içinde bulunan depoların yetersiz olması maliyetleri arttırarak rekabette geri kalmanın nedenlerini açıklamaktadır (Gani, 2017: 280).

Taşıma modu seçimi ve farklı taşıma modları ile yapılan kombinasyonlar lojistik yönetiminin verimini doğrudan etkileyen en önemli kararlardan biridir. Buna paralel olarak kolektif tedarik zinciri verimi tercih edilen taşımacılık modundan etkilenecektir (Banomyong, 2001: 1). Eğer bir modun verimsizliği söz konusu ise bu tüm kombinasyonu dolayısıyla da tedarik zinciri verimini etkilemektedir (Seo vd., 2017: 157). Belirli iki nokta arasında her bir taşımacılık modunun kendine özgü avantajları olduğu düşünülürse, her bir modun avantajını kullanacak şekilde bir optimal rota belirlemek güvenilir, zamanında ve ucuz bir navlun talep eden yükleyiciler için önemlidir (Yang vd., 2011: 516). Başka bir deyişle, her bir taşıma modunun verimli olduğu noktaları kullanarak ekonomik ve çevreye duyarlı sürdürülebilir çoklu taşıma rotası oluşturmak son dönemde karar vericilerin üzerinde durduğu önemli noktalardan birisidir (Çetinkaya ve Deveci, 2020: 27).

Lojistik süreci tasarlayan yöneticilerin odaklandığı ana noktalar taşıma süreleri ve maliyettir. Bu süreç iki parametreden oluşan basit bir süreç değildir aksine tam anlamıyla sınıflandırılmayan, sektörlerle ve taşınan ürünlere göre farklılık gösteren ilave faktörleri barındıran bir süreçtir (Meixell ve Norbis, 2008: 183). Dolayısıyla optimal bir taşıma modunun belirlenmesinden dikkat edilmesi gereken birçok farklı değişken vardır. Bilinmelidir ki etkin bir şekilde tasarlanmayan lojistik süreçler işletmeye ek taşıma maliyeti, uzayan teslimat süreleri ve hedeflenenden düşük müşteri memnuniyeti olarak geri döner. Özellikle çokmodlu taşımacılık rotasının belirlenmesi maliyetleri ve riskleri minimize etmesi ve zamanında teslimat yapılmasına olanak vermesi açısından da önemlidir. Verimli bir şekilde planlanan ve yürütülen bu taşımalar küresel ticareti kolaylaştırmakta ve uluslararası ticaret zincirinin verimini arttırmaktadır (Seo vd., 2017: 155).

1. Optimal Taşıma Modu Seçimini Etkileyen Faktörler

Taşımacılık sisteminin içinde birçok taşıma şekli yer almaktadır ve zaman, maliyet, miktar, elverişlilik durumlarına göre birbirleri üzerinde avantaj ve dezavantaja sahiptirler. Her bir taşımacılık modunun diğer taşımacılık modu üzerinde maliyet, hız, güvenilirlik, kapasite anlamında avantaj ve dezavantajlara sahip olmasından dolayı farklı modlarının bir arada planlandığı taşımacılık sistemleri mevcuttur (Ruijgrok, 2008: 40). Hedeflenen iki nokta arasında gerçekleştirilecek taşıma modu ve rotasının belirlenmesinde literatürde en çok yer verilen iki kriter taşıma süreleri (hız) ve maliyettir. Bu süreç iki parametreden oluşan basit bir süreç değildir aksine tam anlamıyla sınıflandırılmayan, sektörlerle ve taşınan ürünlere göre farklılık gösteren ilave faktörleri barındıran bir süreçtir (Meixell ve Norbis, 2008: 183). Dolayısıyla optimal bir taşıma modunun belirlenmesinden dikkat edilmesi gereken birçok farklı değişken vardır. İki nokta arasında genellikle alternatif rotalar oluşturmak mümkündür. Optimal taşıma modu seçimi karmaşık bir problemdir. Bu problemi çözerken maliyet, zaman, mesafe, çevre, kapasite gibi faktörleri düşünerek en uygun taşıma modunu ve rotayı belirlemek hedeflenmelidir (Kasilingam, 2012: 168).

Teknolojinin gelişmesi sayesinde üretim maliyetlerini azaltan işletmeler bir sonraki adım olarak büyük bir gider kalemi olan lojistik maliyetleri minimize etmeye çalışmaktadırlar. Lojistik maliyetlerde en fazla paya sahip olan taşıma maliyetinin düşürülmesi lojistik maliyetleri düşürmek, dolayısıyla karlılığı arttırmak anlamına gelmektedir (Jung vd., 2019: 56). Taşımacılık için belirlenen rota ve mod seçimi taşıma maliyetini ve zamanını doğrudan etkilemektedir. Taşıma süresi genel olarak arz ve talep noktaları arasında tüm lojistik faaliyetleri içeren toplam süreyi ifade etmektedir. Taşıma süresi lojistik servis sağlayıcıların rekabet avantajını doğrudan etkileyebilmektedir. Taşıma süresinde anlamlı azalmalar taşımanın aktörlerini bu taşımacılık modunu kullanması açısından cezbetmektedir (Brooks vd., 2012: 294). Benzer şekilde taşıma sürelerini kısaltmak için lojistik maliyetlerin arttığı durumlarda mevcuttur. Ayrıca arz ve talep noktaları arasında planlanan rotaların optimizasyonu ile taşıma süreleri kısaltılarak depolama ve stok maliyetlerinden tasarruf edilebilmektedir (Sambracos ve Ramfou, 2014: 25).

Taşımacılığa olan talebin artması, taşımacılık dolayısıyla ortaya çıkan karbondioksit salımı neticesinde oluşan kirliliğin de artmasına neden olmuştur. 1990 yılından günümüze

kadar sürekli yükselen taşımacılık endüstrisi, küresel çapta meydana gelen emisyonun %25'ini oluşturmaktadır (Navarro, 2014: 1545). Ulusal ve uluslararası kuruluşlar bu etkiyi uzun dönemde azaltmak ve tersine çevirmek için sürdürülebilir bir taşımacılık sistemi oluşturmak için politikalar yürütmektedir. Ancak Bask ve Rajahonka (2017) çalışmalarında taşımacılık hizmeti alımında karar vericilerin, çevre faktörünü en önemli kriterler arasında görmediklerini belirtmiştir.

Tüketiciler açısından güvenilirlikte önemli bir faktördür. Müşteriler satın aldıkları ürünlerin zamanında ve eksiksiz teslimatını, maliyet gibi önemli görmeye başlamışlardır. Zamanında gerçekleştirilemeyen taşımalar, işletmelerin olması gerekenden daha fazla maliyete katlanmasına yol açmaktadır. De Jong vd. (2004) çalışmasında karayolu taşımacılığında teslimat sürelerinde %10-11 oranındaki artışın, taşıma maliyetlerini yaklaşık %3 oranında yükselttiğini saptamıştır. Bu sebeple zamanında teslimat faktörü taşımacılık modu ve rota seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar arasına girmiştir.

Uluslararası taşımacılık planlaması yapılırken göz önünde bulundurulmuş kriterlerden bir tanesi de güvenlik faktörüdür. Terör ya da farklı eylem tipleri için yük trenlerinin, kargo uçaklarının ya da boru hatlarının sabote edilmesi bu konu özelinde örnek olarak gösterilebilir. Güvenli olmayan bölgelere yapılan taşımalarda kargonun başına gelebilecekler riskler karar verme aşamasında önemli bir rol oynamaktadır (Konstantinus ve Zuidgeest, 2019: 7). Taşımacılık rotaları üzerinden taşımanın güvenli bir şekilde yapılması siyasilerin, sanayicilerin ve lojistik şirketlerinin ortak hareket etmesine, kararlı bir şekilde konunun üzerine gitmesine bağlıdır (Reniers ve Dullaert, 2013: 104).

Ürün karakteristiği, ürünlerin taşınması, depolanması, paketlenmesi, elleçlenmesi ve etiketlenmesi gibi kısaca tüm lojistik faaliyetlerin nasıl planlanmasını gerektiğini göstermesi açısından önemlidir. Literatür tarandığında ürün karakteristiğinin fiziksel, değer, ikame ve risk olmak üzere 4 ayrı grupta toplandığı görülmektedir. Lojistik açısından değerlendirildiğinde fiziksel karakter öne çıkmaktadır. Bunlar ağırlık, bozulabilirlik, yanıcılıktır. Tüm bu özellikler ürünlerin son tüketiciye ulaştırılırken kullanılan taşıma modu ve rotasını doğrudan etkilemektedir (Stefanov, 2018: 42). Taşınan ürünün sahip olduğu özellikler taşımacılık modu ve rota seçimini daha karmaşık hale getirmektedir. Örnek vermek gerekirse genel kargoların dışında pahalı ürünlerin taşımacılığında güvenlik faktörüne daha fazla dikkat edilmelidir. Pham ve Yeo (2018) çalışmalarında elektronik bir ürün olan dizüstü bilgisayarı havayolundan daha ucuz denizyolundan daha risksiz düşüncesiyle demiryolu ile taşımıştır. Çok ağır ve büyük ürünler genel olarak çok modlu taşıma sistemleri kullanılarak iki nokta arasında taşınması hedeflenir. Söz konusu ürünün nerede üretildiği ve nerede kullanılacağı göz önünde bulundurularak, bu ürüne özgü bir taşıma operasyonu değerlendirilmeli ve planlanmalıdır. Ağır ürünlerin taşınmasında güvenlik ve zamanında ve hasarsız teslimat önemli taşımanın kalitesini etkileyecek, göz önünde bulundurulması gereken etmenlerdir. Örnek vermek gerekirse trafik akışının yavaş ve dar olduğu bölgelerden planlanan son taşıma bölgenin karayolu altyapısına ve böyle taşımalar için özel üretilmiş araçlara zarar verebilmektedir (Bazaras vd., 2013: 20)

Tedarik zincirinde meydana gelen değişimler, ayrılmaz bir parçası olan taşımacılığın da bu değişime kendini adapte etmesini gerektirmiştir. Sistemlerin kendini değişimlere

göre uyarlaması ve çözümler üreterek operasyonların devam etmesi ise esneklik olarak karşımıza çıkmaktadır (Gosling ve Naim, 2010: 11). Başka bir deyişle karşılaşılan zorluklara rağmen operasyonların devam ettirilme yeteneğidir. Yoğun bir şekilde kullanılan rota üzerinde gerçekleşecek taşımanın kısmen ya da tamamen engellenmesini gerektirecek bir olumsuzluğun yaşanması teslimatın gecikmesine, operasyonel performans ve müşteri memnuniyetin düşmesine son olarak da maliyetlerin artmasına neden olur. Bu yüzden karar vericiler söz konusu durumların yaratacağı olumsuz etkiyi en aza indirgeyecek planlamaları yapmalıdırlar (Ishfaq, 2012: 216).

2. Literatürde Rota Seçimi Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Ulusal ve uluslararası literatürde çoklu taşıma sistemleri ve hedeflenen iki nokta arasında en uygun rota seçimini farklı yönleri ile ele alan birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaları şu şekilde özetleyebiliriz. Boardman vd. (1997) çalışmalarında Atlanta-Fort Worth noktaları arasında en düşük maliyetli taşıma türleri kombinasyonunu bulmaya çalışmışlardır. Çalışmada taşıma maliyeti, süresi ve mesafe değişkenlerini içeren karar destek veri tabanı oluşturulmuş ve K- En Kısa Yol Algoritması ile bilgisayar üzerinde çalıştırılarak en uygun rota saptanmıştır. Geliştirilen karar destek veri tabanının intermodal taşımacılığı kullanımını kolaylaştırdığı ve mal sahipleri ve taşıma operatörlerinin maliyet, hız ve hizmet kalitesi temelinde en uygun rotayı bulmasını sağladığı sonucuna varılmıştır. Bookbinder ve Fox (1998) iki Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (NAFTA)'nın iki üyesi Kanada (Toronto, Montreal, Winnipeg, Calgary ve Vancouver) ve Meksika (Mexico City, Monterrey ve Guadalajara) arasında taşıtan perspektifiyle en verimli rota üzerinden intermodal konteyner taşımacılığı planlamak üzerine bir çalışma hazırlamışlardır. Maliyet-transit süre analizini yöntem olarak belirlemişlerdir. Belirlenen başlangıç ve bitiş noktaları arasında her bir intermodal senaryosunun kendine has avantajları olduğu, Meksika sınır geçişinden yaşanan sıkışıklık nedeniyle tır kullanımının teslimat sürelerini uzattığı sonucuna varılmış ve tüm bu çıkarımlar doğrultusunda en uygun rota belirlenmiştir. Banomyong (2001) çalışmasında maliyet modelini kullanarak Vientian-Singapur koridorunda farklı taşımacılık modlarını ve kombinasyonlarını içeren rotalar belirlemiştir. Belirlenen noktalar arasında karayolu seçimi en hızlı transit süre seçeneğini, Bangkok üzerinden gerçekleştirilen karayolu+denizyolu opsiyonunu ise en ucuz rotayı sunmuştur. Özellikle kargo hacimlerinin artması durumunda demiryolu taşımacılığının da cazip hale gelebileceği tespit edilmiştir. Banomyong ve Beresford (2001) çalışmalarında çok modlu taşıma maliyet süre analizini kullanarak Laos-Avrupa koridorunda beş farklı alternatif rota belirlemiş ve en uygun olanı belirlemeye çalışmışlardır. Hedef iki nokta arasında denizyolu en ucuz, demiryolu orta ve karayolu en pahalı olduğu saptanmıştır. Vientian-Rotterdam destinasyonları arasında maliyet-transit süre-güvenilirlik paritesinin en yüksek olduğu taşımacılık modu Malezya'da bulunan Klang limanından gerçekleştirilen denizyolu olduğu belirlenmiştir.

Chang (2008) Tayvan-ABD arasında tam-sayıli doğrusal planlama modelini kullanarak en uygun intermodal rotayı belirlemeye çalışmıştır. Oluşturulan matematiksel model uygulandığında birtakım sonuçlara ulaşmıştır. Rota seçiminde göz önünde bulundurulan faktörlere göre değişiklikler olmaktadır. Öyle ki maliyet düşünülürse denizyolu, teslimat

süresi düşünüldüğünde ise havayolu tercih edildiği ortaya çıkmıştır. Demiryolu bu iki nokta arasında hiçbir zaman alternatif olamamıştır. Ergin ve Çekerol (2008) oluşturdukları modeli Türkiye’de intermodal taşımacılığının uygulanabilirliğini hızlı tüketim mallarını içeren sektörde uygulamayı ve intermodal taşıma için rotalar bulmayı amaçlamışlardır. Türkiye’de iç bölgelere yapılan taşımalarda karayolu-demiryolu tercih edildiği görülmüştür. Uzun mesafeli taşımalarda taşıma maliyetini azaltmak için demiryolunun kullanıldığı saptanmıştır. Ayrıca demiryolu ağının ülke genelinde genişletilmesini ve demiryolu bağlantısı olmayan limanlara hızlı bir şekilde bağlantı noktası kurulması gerektiğini önermişlerdir. Tuzkaya ve Önüt (2008) çalışmalarında FANP yöntemi kullanarak Almanya ve Türkiye arasında bir taşıma senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Maliyet, güvenlik, esneklik, izlenilebilirlik, risk, hız ve ürün özellikleri çalışmanın kriterleridir. Kriter ağırlıklarının hesaplanarak varılan sonuçta en optimal taşıma modları sırasıyla demiryolu, denizyolu ve karayoludur. Demiryolunun öncelikli olarak gözükmesine rağmen demiryolu taşımacılığındaki sefer saatlerinin değişikliği, artan talebe yanıt verememesi ve yetersiz kapasiteye sahip olmasından dolayı gerçekte şirket tarafından karayolu tercih edilmektedir. Cho vd. (2010) yürüttükleri çalışmada dinamik planlama ve en kısa yol algoritmasını kullanarak 3. parti lojistik işletmelerinin de kullanabileceği bir optimal rota planlama algoritması geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri maliyet ve zamanı minimize eden algoritmayı Güney Kore’de bulunan Busan limanı ile Hollanda’da bulunan Rotterdam limanı arasında küçük ve büyük ölçekte intermodal taşımacılıkta kullanmışlardır.

Yang vd. (2011) Çin’in Şenzen ve Şangay Hindistan’ın ise Mumbai, Yeni Delhi, Kalkuta ve Visakhapatnam şehirleri arasında intermodal taşıma ağı kurmak için 36 farklı rota oluşturmuşlardır. Taşıma mesafesinin toplam maliyeti düşürmek için önemli bir anahtar olmadığını, modlar arası yapılan geçişlerde bekleme sürelerinin önemli olduğu, antrepo ve sigorta maliyetlerinin toplam maliyet üzerinde ciddi bir yük oluşturduğu çalışmadan elde ettikleri bulgular arasındadır. Kengpol vd. (2012) Tayvan ve Vietnam arasında yapılması planlanan çokmodlu taşıma rota planlamasını belirlemek için karar destek sistemi oluşturmuşlardır. Bu sistemde bütçe ve zaman sayısal kriterleri, taşıma sırasında ürüne gelecek risk, altyapı ve ekipman hasarları ise kalite kriterlerini oluşturmuştur. Her bir rotanın maliyetini belirlemek için maliyet analizi, risk durumunu ölçmek için risk analizi, kriter ağırlıklarını belirlemek için AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemini son olarak en optimum rotayı bulmak için de hedef programlamayı kullanmışlardır. Kim ve Chang (2014) çalışmalarında doğrusal planlama yöntemini kullanarak Güney Kore’nin Seul şehrinden Amerika’nın Seattle limanına taşıma mesafesi, taşıma maliyeti ve emisyon değişkenlerine sahip üç farklı intermodal taşıma senaryosu planlamışlardır. Senaryolarda taşıma ve zaman maliyetinin yanı sıra dışsal maliyet olarak da karbon vergisi ve emisyon ticaret şeması tanımlanmıştır. Karbon vergisinin arttırıldığında demiryolu kullanımının kayda değer bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Ancak emisyon ticaret şeması programı kapsamında üretim merkezlerinden birim karbondioksit salımı başına alınan ücretin arttırıldığı bir durumda, kullanılan modlarda önemli bir değişiklik yaşanmamıştır. Öyle ki iç taşımada hala en fazla karayolu kullanılmıştır. Çalışmanın önerisi uluslararası organizasyon ve devletlerin karbon vergisi altında alınan ücret ile emisyon ticaret şeması programı kapsamında alınan ücretleri eşitlemesi durumunda çevreye daha az zarar verileceği olmuştur.

Macharis vd. (2015) çalışmalarında Belçika'nın Antwerp limanında yine Belçika içinde rastgele seçilen 11 noktaya taşıma senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Yöntem olarak kriterlerin ağırlıklandırılması için AHP ve optimum rotanın seçilmesi içinde PROMETHEE kullanılmıştır. Çalışmada Taşıma maliyeti, taşıma süresi, zamanında teslimat güvenilirliği, trafik sıklığı, emisyon miktarı, kaza riski ve gürültü değişkenleri yer almaktadır. Daha az gürültü çıkaran ve karbondioksit salımı yapan araçların yerine çevreye daha duyarlı araçların karayolunda kullanılması karayolu taşımacılığının olumsuz dışsal etkisini azaltabilir sonucuna varmışlardır. Demir vd. (2015) çalışmalarında Avrupa içinde 32 farklı servisle birbirine bağlanabilen içsuyolu karayolu ve demiryolunu içeren 10 farklı terminal arasında bir intermodal ve tek modlu bir taşıma senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada stokastik ve karışık tam sayılı programlama kullanılmıştır. Demiryolu ve iç su yolu karayoluna göre oldukça ekonomiktir. Bu iki taşıma modu ayrıca emisyon salımı açısından en çevreci olarak göze çarpmaktadır. Ancak ana taşımanın gemi ve trenle yapılması teslimat sürelerinde uzamalara dolayısıyla da yüksek ceza ödemelerine yol açabilmektedir. Hao ve Yue (2016) çalışmalarında Çin'in Shenyang ve Chedgu şehirleri arasında on adet standart konteynerin karayolu, demiryolu ve denizyolu kullanılarak minimum maliyet ve en kısa sürede taşınmasını ele almıştır. Bu çalışmayı taşıma süresi, taşıma maliyeti, taşıma mesafesi ve kargo değeri değişkenlerini kullanarak karışık tam sayılı programlama metodundan faydalanarak gerçekleştirmiştir. Belirlenen iki nokta arasında taşıma maliyet-taşıma süresi paritesinin en uygun olduğu sistem demiryolu olarak öne çıkmıştır.

Seo vd. (2017) çalışmalarında Çin'in Chongqing şehrinden Hollanda'nın Rotherdam limanına yedi farklı rota üzerinden laptop taşıma senaryosunu maliyet, transit süre ve taşıma mesafesi değişkenleriyle ve Beresford'un geliştirdiği maliyet-süre yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir. 7 rota arasında da en ucuz rota iç taşımada iç su yolu, ana taşımada da denizyolu kullanılan 1.rota olmasına rağmen, laptop ürünün nispeten daha hızlı teslimat edilmesini gerektiğinden 6.rota seçilmiştir. 6.rota iç ve ana taşımanın demiryolu ile gerçekleştiği rotadır. Sonraki çalışmalar için taşıma gecikme ve rota üzerindeki kaza oranlarının değişken olarak eklenebileceğini önermiştir. Stoilova (2018) çalışmasında iki nokta arasında 5 farklı alternatif üzerinden en uygun konteyner taşıma operasyonunu gerçekleştirmiştir. Hedeflenen iki nokta arasında demiryolu ve karayolu modlarını kullanarak taşıma maliyet ve süresi, emisyon, zamanında ve güvenli teslimat, modlar arası transfer geçişkenliği değişkenleriyle Shannon Entropy, DEAMATEL ve AHP metodlarını uygulayarak kriter ağırlıklarını Compromise Programing metoduyla da alternatifler arasından optimal taşıma modu ve rotasını bulmaya amaçlamıştır. Pham ve Yeo (2018) çalışmalarında Çin'in Schenzen şehrinden Vietnam'ın Haipong şehrine, taşıtan ve lojistik servis sağlayıcıları perspektifinden kapıdan kapıya taşıma senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Tutarlı bulanık tercih ve Delphi metodunu kullanmışlardır. Yüksek teknoloji içeren ürünlerin taşınmasında havayolunun kullanabileceğini belirtmişlerdir. Gelecek çalışmalar için farklı şehirlerden taşıma gerçekleştirilebileceğini ve demiryolunu dahil edebileceklerini önermişlerdir. Arslanhan ve Tosun (2021) çalışmalarında Kayseri İlinden Çin'e kiraz taşıma senaryosu gerçekleştirmiştir. En iyi- En kötü yöntemi kullanarak kriter ağırlıkları belirlenmiş, sonrasında ise WASPAS yöntemi kullanılarak taşımacılık

modu seçilmiştir. Kirazın bozulabilen bir ürün olması sebebiyle havayolu taşımacılığı birinci alternatif olarak seçilmiştir. Kaewfak vd. (2021) Çalışmalarında Tayland'da 50.000 ton sınırlı kömür taşıma operasyon senaryosu gerçekleştirmişlerdir. ZOGP(Zero-One-Goal Programing) ve AHP metodunu kullanarak taşıma maliyeti, taşıma süresi ve risk değişkenleri 3 farklı rota üzerinde deneyerek en uygun rotayı bulmayı amaçlamışlardır.

3. Yöntem

Çalışmanın bu bölümünde Türkiye-Fransa arasında içerisinde plaka mermer bulunan konteynerin taşınması için birkaç farklı rota oluşturulmuştur. Rota seçimini etkileyen kriterler sektörde aktif olarak çalışan uzman kişilerce belirlenmiş ve AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. TOPSİS (İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği) yöntemi ile de hedef iki nokta arasındaki en uygun rota belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye-Fransa arasında gerçekleştirilecek taşımacılık operasyonlarının optimal rotasını AHP ve TOPSİS çok kriterli karar verme yöntemlerinin hibrit bir şekilde kullanarak belirlemektir. Başka bir deyişle yükün çıkış ve varış noktaları arasında düşük maliyet, transit süre ve emisyonlu bir intermodal taşıma rotası belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda hedef iki nokta arasında lojistik hizmet sunan şirketlerden rota, maliyet, transit süre bilgileri, literatür taraması ile de rota seçimini etkileyen kriterler edinilmiştir. Afyon-Lyon arasında taşımacılık senaryosu gerçekleştirirken aynı zamanda aşağıda belirtilen diğer hedeflere de ulaşılabileceği düşünülmektedir.

- İki nokta arasındaki en optimal rotanın belirlenmesi
- Mevcut olarak kullanılan rotalara alternatif rotalar belirlenmesi
- Rotalar özelinde transit süre, maliyet ve emisyon değerlerinin hesaplanarak sürdürülebilirlik düzeyinin tespit edilmesi
- Ürünün belirlenen ülkeye en optimal şekilde taşıyarak ihracatçılarımıza rekabet avantajının sağlanmasıdır.

Literatür taraması sonucunda elde edilen 6 ana 18 alt kriter sektör yöneticisi ve akademisyenden oluşan uzman görüş grubuna gönderilmiş onay alındıktan sonra kriterlerin ikili karşılaştırmalarını içeren uygulama formu taşımacılık sektöründeki işletmelerde çalışan uzman yöneticilere mail yoluyla sunulmuştur. Doldurulan uygulama formlarına göre kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile Super Decision v2.10 paket programında belirlenmiştir. Belirlenen rotalar arasından en optimal olanı seçmek için ise TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. AHP yönteminde ağırlıklandırılan her bir ana kriterin en fazla ağırlığa sahip alt kriterleri alınarak TOPSİS için karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisi, normalleştirildikten sonra AHP yöntemiyle elde edilen ağırlıklar ile çarpılarak ağırlıklandırılmış matris elde edilmiş, ideal çözüme en yakın ve en uzak değerler hesaplanmış ve alternatifler arasından en uygun olanı seçilmiştir. TOPSİS yöntemi Excel 2016 paket programı üzerinde uygulanmıştır.

Literatürde tam sayılı doğrusal planlama, hedef programlama gibi karar verme teknikleri bulunmaktadır. AHP yönteminin içerisinde birçok değişkeni barındıran ve karmaşık bir

yapıya sahip birçok problemi kolaylaştırması, objektif yorumların yanında subjektif yorumlara da olanak vermesi sebebiyle literatürde en çok yer verilen çok kriterli karar verme yöntemi (ÇKKV) yöntemidir ve bu çalışmada da bu neden ile tercih edilmiştir (Ömürbek ve Şimşek, 2014: 308). Çünkü optimal taşıma rotası belirlenmesi amacıyla yapılan değerlendirmede sayısal değerlerin yanında tecrübelerin de değerlemeye katılması çalışmanın verimliliğini arttırmaktadır. İdeal çözüme en yakın ve negatif çözüme en uzak mesafe metodolojisine dayanan TOPSIS yöntemi bu çalışmada 5 farklı rota arasından en verimli olanı seçme aşamasında kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi karar vericilerin rasyonel ifadelerinin yanında en iyi ve en kötü alternatifin aynı anda gösterebilmesine ek olarak kolay uygulanabilir ve anlaşılabilir olmasından dolayı tercih edilmiştir (Shih vd. 2007: 802). Belirlenen iki nokta arasında emisyon değerlerini ölçmek amacıyla EcoTransIT web uygulaması kullanılmıştır. EcoTransIT yük taşımacılığı esnasında ortaya çıkan karbondioksit salımını direkt ve dolaylı bir şekilde hesaplayabilen ücretsiz bir emisyon hesaplama aracıdır (Petro ve Konency, 2017: 679).

Çalışma kapsamında Afyon-Lyon noktaları arasında taşımacılığın gerçekleştirilmesi için şirketlerden hâlihazırda gerçek müşterilerine sunduğu mevcut rotaların bilgisi alınmış ve bu rotalar üzerinden uygulama gerçekleştirilmiştir. Rota, maliyet ve transit süre bilgileri sektördeki söz konusu hedef noktalara lojistik hizmet sunan şirketlerden edinilmiştir.

3.1 Veri Toplama Süreci ve Verilerin Analizi

Literatür taraması sonucu ana ve alt olmak üzere elde edilen toplam 24 kriter taşımacılık sektöründe hizmet veren armatör ve freight-forwarder şirketlerinin operasyon, satın alma, iş geliştirme ve planlama müdürü unvanlarına sahip yöneticilerine ve lojistik alanında uzman akademisyenlere mail yoluyla gönderilerek uygulama formlarının doldurulması sağlanarak veriler toplanmıştır. Veri toplama aşamasında 10 şirket yöneticisi ve 3 akademisyene ulaşılmıştır. Ulaşılan şirket yöneticilerinin ortalama tecrübesi 13 yıldır.

Rotaların maliyet ve transit süre bilgileri 1 Haziran- 1 Temmuz 2022 tarihleri öğrenilmiş ve gelişen durumlara göre navlun fiyatlarında farklılar yaşanabileceği bilgisi elde edilmiştir. Elde edilen veriler Excell 2016 ve Super Decision v2.10 kullanılarak analiz edilmiştir.

Uygulamada rota seçimini etkileyen ana ve alt kriterler geniş literatür taramasından sonra belirlenmiştir. Belirlenen kriterler lojistik sektöründeki uzman kişilerin ayrıca devlet ve vakıf üniversitesindeki lojistik alanında uzman akademisyenlerin görüşüne sunulmuştur. Söz konusu kriterlerin uygunluk onayı alındıktan sonra kriterler son şeklini almıştır.

Uygulama kapsamında Afyon'dan Lyon şehrine gerçekleştirilecek plaka mermer ihracatı için toplamda 5 rota seçilmiştir. Seçilen rotaların hepsi aktif halde kullanılmaktadır. Rotalar ile maliyet(navlun) ve transit süre ile ilgili bilgiler armatörler ve freight forwarderların satış temsilcileri tarafından elde edilmiştir. Belirlenen rotalarda her gün gemi ya da tırın taşımacılığa uygun olduğu transit sürelerin rota üzerinden herhangi bir olumsuzluk olmadığı durumlara göre hesaplandığı ve buna göre veri girişinin yapıldığı bir varsayım kabul edilmiştir. Ayrıca hasarsız ürün teslimatı ve kapasite esnekliği ile ilgili literatürde ölçek bulunmamasına bağlı olarak söz konusu iki kriter uzman görüşüne sunulmuş ve rotalara göre değerlendirildiğinde aralarında anlamlı bir fark bulunmamasından dolayı nitel ifadeleri nicel ifadeleri çeviren ölçek kullanılmış ve 5(orta) puan verilmiştir.

Afyon-Lyon hedef noktaları arasında optimal rotanın belirlenmesi amacıyla kriterler ve alt kriterler için ulusal ve uluslararası literatür taranmıştır. Literatürde yer alan çalışmalarda en fazla üzerinde durulan ve öneme sahip 6 ana 18 alt kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerin amaca yönelik olup olmadığına yönelik sektördeki yöneticilerin yanı sıra devlet ve vakıf üniversitelerindeki lojistik alanında uzman akademisyenlerden görüş alınmıştır. Süreç sonunda 6 ana 18 alt kriter olmak üzere 24 kriter belirlenmiştir. Bu kriterler aşağıda Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Ana ve Alt Kriterler

Maliyet (M) Ana Navlun (M1) İç Taşıma (M2) Liman ve Gümrük Masrafları (M3)	Güvenilirlik (G) Zamanında Teslimat (G1) Hasarsız Ürün Teslimatı (G2) Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi (G3)
Hız (H) Transit Süre (H1) Mesafe (H2) Aktarma Noktalarında Geçen Süre (H3)	Ürün Özellikleri (Ü) Ağırlık (Ü1) Hacim(Ü2) Ambalaj Gereksinimi (Ü3)
Çevre (Ç) Karbondiyoksit Salımı (Ç1) Yenilenebilir Enerji Kul. Maliyeti (Ç2) Gürültü (Ç3)	Esneklik (E) Zaman Esnekliği (E1) Kapasite Esnekliği (E2) Rota Esnekliği (E3)

3.2 Rotaların Belirlenmesi

Rota 1 Afyon-Lyon Karayolu Taşımacılığı: Rota 1’de Afyon’da fabrikada dolumu yapılan konteyner tır üzerine yüklenip mühürlenip gümrük işlemleri yapıldıktan sonra Türkiye’den ayrılarak Bulgaristan-Sırbistan-Hırvatistan-Slovenya-Avusturya-Almanya üzerinden Fransa’ya giriş yapar ve Lyon şehrine vararak taşıma son bulur.

Rota 2 Afyon-Lyon Ro-Ro+Karayolu Taşımacılığı: Rota 2’de Afyon’da dolumu yapıp yüklenen konteyner tır ile Yalova’daki Ro-Ro terminaline oradan da Ro-Ro gemisi ile Fransa’nın Sete limanını varır. Sete limanında tır iniş yaparak Lyon şehrine karayolu vasıtasıyla hedef noktaya ulaştırılır

Rota 3 Afyon-Lyon Ro-Ro+Demiryolu Taşımacılığı: Rota 3’te Afyon’dan çıkan tır Pendik’te bulunan Ro-Ro terminaline gelir, Ro-Ro gemisiyle İtalya’nın Trieste limanına varır. Burada konteyner elleçlenerek demiryoluna aktarılır ve Trieste-Duisburg-Lyon demiryolu hattıyla Lyon’a ulaştırılır.

Rota 4 Afyon-Lyon Denizyolu+Karayolu Taşımacılığı: Rota 4’te Afyon’dan konteyner tır ile İzmir Aliğa’da bulunan TCEEGE konteyner limanına getirilir ve konteyner gemisi ile Fransa’da bulunan Fos/Sur/Mer limanına taşınır. Burada elleçlenerek tır üzerine tekrar yüklenir ve karayolu vasıtasıyla Lyon’a ulaştırılır.

Rota 5 Afyon-Lyon Denizyolu+İç Suyolu Taşımacılığı: Rota 5’te Afyon’da dolmuş gerçekleştirilen konteyner gerekli işlemleri yapıldıktan sonra Bursa Gemlik’te bulunan Gempport limanına tır ile getirilir ve konteyner gemisine yüklenerek Fransa’da bulunan Seayard 2XL limanına taşınır. Burada elleçlenerek Avrupa’da nehir taşımacılığında kullanılan küçük konteyner gemilerine yüklenerek Lyon’a getirilir ve taşımacılık operasyonu sonlandırılır.

3.3 Rotaların Maliyet ve Transit Süre Analizi

Afyon-Lyon noktaları arasında oluşturulan 5 farklı rotanın maliyet, transit süre ve toplam emisyon miktarları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 2: Rotaların Maliyet, Transit Süre ve Emisyon Rakamları

Rotalar	Açıklama	Maliyet(Ana Navlun+İç Taşıma) (€)	Transit Süre (Gün)	Toplam Emisyon (Ton)
Rota 1	Karayolu	5200(4600+600)	7	18,58
Rota 2	RoRo+Karayolu	4500(3900+600)	8	10,35
Rota 3	RoRo+Demiryolu	4110(3560+550)	11	11,20
Rota 4	Denizyolu+Karayolu	4300(3750+550)	9	12,10
Rota 5	Denizyolu+İç suyu	4115(3465+650)	10	12,40

3.4 Rotaların Emisyon Analizi

Afyon-Lyon noktaları arasında belirlenen birbirinden farklı 5 rotanın çevreye ne kadar duyarlı bir taşımacılık gerçekleştireceğini ölçmek amacıyla her bir rotanın emisyon analizi gerçekleştirilmiştir. Emisyon analizinde kullanılan birçok farklı ölçme metodolojisi bulunmaktadır. Ancak EcotransIT emisyon hesaplama aracı kullanılarak oluşturulan 5 rotanın emisyon analizi yapılmıştır.

Tablo 3: Belirlenen Rotaların Emisyon Analizi

Rotalar	Taşıma Modu	Araç Tipi	İstif Faktörü (%)	Boş Tur Faktörü(%)	Mesafe (km)	CO ₂ Eşdeğer Emisyon Miktarı (ton)		
						Doğrudan	Dolaylı	Toplam
Rota 1. Afyon-Lyon	Karayolu	Tır	60	20	3161	14,95	3,63	18,58
Rota 2. Afyon-Yalova Sete-Lyon	Karayolu	Tır	60	20	350+330	3,34	0,81	4,15
Rota 2. Yalova-Sete	Denizyolu	Ro-Ro	-	-	2848	5,94	0,26	6,20
Rota 3. Afyon-Pendik	Karayolu	Tır	60	20	382	1,96	0,43	2,39
Rota 3. Pendik-Trieste	Denizyolu	Ro-Ro	-	-	2249	4,69	0,21	4,90
Rota 3. Trieste-Duisburg-Lyon	Demiryolu	Tren	50	20	1123+801	3,09	0,82	3,91
Rota 4. Afyon-TCEEĞE Fos/Sur/Mer- Lyon	Karayolu	Tır	60	20	375+295	3,29	0,79	4,08
Rota 4. TCEEĞE-Fos/Sur/Mer	Denizyolu	Handysize	-	-	2422	7,39	0,63	8,02
Rota 5. Afyon-Gemport	Karayolu	Tır	60	20	300	1,56	0,34	1,90
Rota 5. Gemport-Seayard 2XL	Denizyolu	Handysize	-	-	2744	7,97	0,67	8,64
Rota 5. Seayard 2XL-Lyon	İç suyu	İç suyu Konteyner Gemisi	-	-	312	1,53	0,39	1,92

Tablo 3 incelendiğinde en fazla emisyon değerinin 18,58 ile 1. Rotada en az emisyon değerinin ise 10,35 ile 2. Rotada olduğu tespit edilmiştir.

3.5 Araştırmanın Bulguları

Araştırma kapsamında daha önceden belirlenmiş olan kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve devamında yapılan araştırma kapsamında elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Katılımcılardan elde edilen veriler Superdecision, EcotransIT ve Excel programları kullanılarak anlamlı tablolar oluşturulmuş ve yorumlanmıştır

Çalışma kapsamında hazırlanan ana ve alt kriterlerin birbirleri ile karşılaştırmalarını sonucunda oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerini içeren uygulama formları her bir şirket yöneticisi ve akademisyene gönderilerek doldurulmaları sağlanmıştır. Elde edilen 13 uygulama formunda bulunan ana ve alt kriter ikili karşılaştırma matrislerinin medyanları alınarak temel bir uygulama formu meydana getirilmiştir. Temel uygulama formunun karşılaştırma matrisleri aşağıda Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablo 4'te gösterilen karar matrisindeki veriler AHP yönteminin daha kolay uygulanabilmesine olanak sağlayan SuperDecision v2.10 programında girdi olarak kullanılmış ve ana ve alt kriter ağırlıklarını bulmak için işlemler gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen işlemler sonucunda elde edilen ana kriter değerleri aşağıdaki aşağıda Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Çalışmada kullanılan ana kriterlerin karar matrisi

Ana Kriterler	Maliyet	Hız	Çevre	Güvenilirlik	Ürün Özellikleri	Esneklik
Maliyet	1	7	8	5	7	8
Hız	0,14	1	5	0,33	0,33	3
Çevre	0,12	0,20	1	0,20	0,20	0,33
Güvenilirlik	0,20	3	5	1	3	7
Ürün Özellikleri	0,14	3	5	0,33	1	3
Esneklik	0,12	0,33	3	0,14	0,33	1

Tablo 5: Çalışmada kullanılan ana ve alt kriterlerin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Kriter Ağırlıkları
Maliyet 0,53051	Ana Navlun	0,4166
	İç Taşıma	0,0789
	Liman ve Gümrük Masrafları	0,0349
Hız 0,08227	Transit Süre	0,06011
	Mesafe	0,00666
	Aktarma Noktalarında Geçen Süre	0,01550
Çevre 0,02865	Karbondioksit Salımı	0,01924
	Yenilenebilir Enerji Kullanım Kapiliyeti	0,00760
	Gürültü	0,00180
Güvenilirlik 0,19333	Zamanında Teslimat	0,05393
	Hasarsız Ürün Teslimatı	0,12549
	Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi	0,01390
Ürün Özellikleri 0,11921	Ağırlık	0,08856
	Hacim	0,02311
	Ambalaj Gereksinimi	0,00754
Esneklik 0,04603	Zaman Esnekliği	0,00867
	Kapasite Esnekliği	0,03363
	Rota Esnekliği	0,00373
Tutarlılık Oranı	0,09708	0,09708

Hem ana hem de alt kriter değerlerinin tutarlılık oranı 0,10'dan düşüktür ve literatürde bu değer 0,10'dan düşük olması beklenmektedir. Dolayısıyla gerçekleştirilen işlemler tutarlıdır.

Tablo 5 incelendiğinde maliyet ana kriteri 0,53 ile en fazla öneme sahip kriter olarak gözükmektedir. Maliyetten sonra sırasıyla 0,19 güvenilirlik, 0,11 ürün özellikleri, 0,08 hız, 0,04 esneklik ve 0,02 kriter ağırlığı ile çevre gelmektedir. Buradan hareketle Afyon-Lyon hattında plaka mermer taşımak için rota seçimi yapılırken en fazla maliyet faktörünün göz önünde bulundurulduğu söylenebilir. Zamanında teslimat, hasarsız ürün teslimatı ve gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyi gibi alt kriterlere sahip güvenilirlik faktörünün ise maliyetten sonra en fazla öneme sahip olduğu görülmektedir. Plaka mermerin kırılma, çatlama, devrilme gibi durumlara müsait olması güvenilirlik faktörünün önemini doğrular niteliktedir. Plaka mermer yapısı gereği tonajlı bir yük olduğu için ürün özellikleri faktörü de ön plana çıkmaktadır. Konteynerlerin belirli azami ağırlık ve hacim sınırı olduğu göz önüne alındığında rota seçiminde ürün özelliklerinin de önemini artmaktadır. Hız faktörünün genel olarak literatürde en fazla öneme sahip kriter olarak değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmada plaka mermerin tedarik zincirinde acil olarak taşınmasının gerektiği durumların çok kısıtlı olmasından dolayı hız faktörü önem olarak maliyet, güvenilirlik ve ürün özelliklerinden sonra gelmektedir. Başka bir ifadeyle maliyetin ve taşımanın güvenilir bir şekilde olması ürünün varış noktasına hızlı bir şekilde ulaştırılmasından daha önemli olduğu söylenebilir. Esneklik faktörü ise bu çalışmada diğer kriterler ile kıyaslandığında düşük öneme sahip kriter olarak gözükmektedir. Söz konusu iki hedef nokta arasında zaman, kapasite ve rota esnekliği gibi alt kriterlerin plaka mermer taşınması için rota oluştururken çok fazla dikkate alınmadığı söylenebilir. Çevre kriterinin ise belirlenen 6 ana kriter arasında en düşük öneme sahip kriter olduğu belirlenmiştir. Yükün çıkış ve varış noktaları arasında en verimli rotayı belirlemek için yapılan bu çalışmada çevre faktörünün çok az derecede dikkate alındığı söylenebilir. Son yıllarda küresel ısınmanın etkilerinin azaltılmasına yönelik atılan adımlar neticesinde karbon ayak izi, emisyon ticareti gibi bir takım düzenlemeler getirilmiştir. Taşımacılık sektöründe karbondioksit salımının yüksek olması ve bunu azaltmak adına getirilecek ek vergi gibi yaptırımlar ilerleyen dönemde çevre faktörünün optimal rotanın belirlenmesi aşamasında önemini artacağını söylemek mümkündür. Ana kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra sırayla alt kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesine geçilmiştir.

Tablo 6: Maliyet alt kriteri karar matrisi

Maliyet Alt Kriteri	Ana Navlun	İç Taşıma	Liman ve Gümrük Masrafları
Ana Navlun	1	7	9
İç Taşıma	0,142	1	3
Liman ve Gümrük Masrafları	0,111	0,33	1

Tablo 6'da maliyet ana kriteri altında yer alan alt kriterlerin ikili karşılaştırmaları gösterilmiştir. İkili karşılaştırma yönteminde kriterlerin birbiri ile kıyaslaması 1 olmalıdır. Buradan hareketle ikili karşılaştırmalar yapıldığında ana navlun alt kriterinin iç taşımaya

göre 7(Çok kuvvetli derecede önemli) liman ve gümrük masrafları alt kriterine göre ise 9(mutlak derecede önemli)'dir. İç taşıma alt kriteri ise liman ve gümrük masraflarına göre 3(orta derecede önemli)'dir.

Tablo 7: Maliyet alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Maliyet Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Ana Navlun	0,4166
İç Taşıma	0,0789
Liman ve Gümrük Masrafları	0,0349
Tutarlılık Oranı	0,07721

Tablo 7'de maliyet ana kriterinin altında bulunan ana navlun, iç taşıma ve liman ve gümrük masrafları alt kriterlerinin kriter ağırlıkları gösterilmiştir. Maliyet alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,07'dir. Afyon-Lyon hattında plaka mermer taşınması için optimal rota belirlenirken en fazla öneme sahip maliyet kriterinde ana navlun 0,41 ile ön plana çıkmaktadır. Daha sonra ise 0,07 ile iç taşıma gelmektedir. Maliyet alt kriteri içinde en az öneme sahip kriter ise liman ve gümrük masraflarıdır. İç taşımada genel olarak kullanılan karayolu taşıma modunun ana taşımada demiryolu ve denizyolu taşımacılık modları ile yer değiştirmesi ana navlunun ne kadar önemli olduğunu doğrulamaktadır. Piyasa koşullarında üretim merkezi ve ana taşımada gerçekleştirileceği liman ya da tren istasyonu arasındaki bağlantıyı kuran iç taşımacılıkta hizmet veren şirketler birbirine yakın ücretler başka bir deyişle ortalama rakamlar sunmaktadır. Aynı şekilde liman ve gümrük operasyonlarında oluşan maliyetler de birbirine paralellik göstermektedir. Ana taşımada kullanılan demiryolu, denizyolu ve kısmen karayolu taşımacılık modlarının birbiri üzerindeki avantaj ve dezavantajları düşünüldüğünde maliyet anlamında ciddi farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Öyle ki demiryolu, denizyolu ve karayolu taşımacılık operasyonlarından maliyet olarak pozitif ayrışmaktadır. Buradan hareketle maliyet alt kriterinde doğrudan maliyet ana kriterini etkileyen alt kriterin ana navlun olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 8: Hız alt kriterlerinin karar matrisi

Hız Alt Kriterleri	Transit Süre	Mesafe	Aktarma Noktalarında Geçen Süre
Transit Süre	1	7	5
Mesafe	0,14	1	3
Aktarma Noktalarında Geçen Süre	0,20	0,33	1

Tablo 8'de hız ana kriterinin altında bulunan transit süre, mesafe ve aktarma noktalarında geçen süre alt kriterlerinin ikili karşılaştırmalarına yer verilmiştir. İkili karşılaştırma yönteminde kriterlerin birbiri ile kıyaslaması 1 olmalıdır. Buna bağlı olarak tablo 8 değerlendirildiğinde, transit süre alt kriterinin mesafeye göre 7(Çok kuvvetli derecede önemli) aktarma noktalarında geçen süreye göre ise 5(kuvvetli derecede önemli)'dir. Mesafe alt kriteri ise aktarma noktalarında geçen süreye göre 3(orta derecede önemli)'dir.

Tablo 9: Hız alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Hız Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Transit Süre	0,06011
Mesafe	0,00666
Aktarma Noktalarında Geçen Süre	0,01550
Tutarlılık Oranı	0,06239

Tablo 9’da hız ana kriterine ait transit süre, mesafe ve aktarma noktalarında geçen süre alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Hız alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,062 olarak bulunmuştur. Afyon-Lyon hattında plaka mermer taşınması için optimal rota belirlenirken hız ana kriteri 0,082 düşük kriter ağırlığına sahip olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni plaka mermerin tüketici ihtiyaçlarında olağan dışı durumlar hariç herhangi bir acil taşımacılık operasyonu gerektirmemesidir. Hız ana kriterinin düşük olması hız alt kriterlerinin de sahip oldukları kriter ağırlıklarının düşük çıkmasına neden olmuştur. Yapılan analizler sonucunda hız ana kriterinin altında en fazla öneme sahip alt kriterler sırasıyla transit süre, aktarma noktalarında geçen süre ve mesafe olarak tespit edilmiştir. Söz konusu iki nokta arasında gerçekleştirilecek plaka mermer taşımada ürünün başlangıç noktasından varış noktasına kadarki süreyi kapsayan transit sürenin en önemli alt kriterdir. Aktarma noktalarında geçen süre alt kriterinin mesafe alt kriterinden daha önemli olmasının sebebi karayolu hariç Afyon-Lyon hattında intermodal taşımacılığın kullanılması dolayısıyla taşıma modu değiştirilirken geçen zamanın toplam taşıma süresi doğrudan etkilemesidir.

Tablo 10: Çevre alt kriterlerinin karar matrisi

Çevre Alt Kriterleri	Karbondioksit Salımı	Yenilenebilir Enerji Kullanım Kabiliyeti	Gürültü
Karbondioksit Salımı	1	3	9
Yenilenebilir Enerji Kullanım Kabiliyeti	0,33	1	5
Gürültü	0,11	0,20	1

Tablo 10’da çevre ana kriterinin altında bulunan karbondioksit salımı, yenilenebilir enerji kullanım kabiliyeti ve gürültü alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları gösterilmiştir. Tablo 10 incelendiğinde, karbondioksit salımı alt kriterinin yenilenebilir enerji kullanım kabiliyetine göre 3(orta derecede önemli) gürültüye göre ise 9(mutlak derecede önemli) olduğu söylenebilir. Yenilenebilir enerji kullanım kabiliyeti alt kriteri ise gürültüye göre 3(orta derecede önemli)’dir. Buradan hareketle tabloda belirtilen üç alt kriterin birbirleri ile kıyaslamaları sonucunda önem sırasına göre sırasıyla karbondioksit salımı, yenilenebilir enerji kullanım kabiliyeti ve son olarak gürültü olduğu saptanmıştır.

Tablo 11: Çevre alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Çevre Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Karbondioksit Salımı	0,01924
Yenilenebilir Enerji Kullanım Kabiliyeti	0,00760
Gürültü	0,00180
Tutarlılık Oranı	0,02795

Tablo 11’de çevre ana kriterine karbondioksit salımı, yenilenebilir enerji kullanım kabiliyeti ve gürültü alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Çevre alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,027 olarak bulunmuştur. Afyon-Lyon noktaları arasında plaka mermerin optimal rota üzerinden taşınmasını amaçlayan bu çalışmada 0,028 ile en düşük öneme sahip ana kriter çevre olmuştur. Çevre ana kriterinin düşük olması çevre alt kriterlerinin de düşük bir öneme sahip olmasına yol açmıştır. Rakamsal olarak değerlendirildiğinde çevre alt kriterlerinde en fazla öneme sahip alt kriter 0,019 ile karbondioksit salımı olmuştur. Taşımacılık operasyonlarında kullanılan araçların çevreye yaydığı karbondioksit optimal rota belirlenirken dikkate alındığını anca yeterli düzeyde olmadığını söylemek mümkündür. Aynı şekilde rota üzerinde çevre dostu elektrikli taşıma araçlarıyla gerçekleştirilebilir kabiliyeti karbondioksit salımından sonra 0,007 ile ikinci sırada yer almaktadır. Gürültü alt kriterinin ise 0,001 ile en düşük öneme sahip alt kriter olduğu gözükmemektedir.

Genel olarak bakıldığında çevre faktörünün Afyon-Lyon hattında optimal taşıma rotası belirlenirken gerektiği kadar dikkate alınmadığı söylenebilir. Ancak taşımacılık sektörünün küresel ısınma başta olmak üzere çevreye verdiği zararın büyük olduğu düşünüldüğünde çevreye duyarsız bir şekilde oluşturulan rotalar üzerinden gerçekleştirilen taşımacılık operasyonları bu duruma tezatlık oluşturmaktadır. Bu bakış açısının ilerleyen zamanlarda taşımacılık sektörünün çevreye verdiği zararları indirgeme anlamında mikro ve makro ölçekte sivil toplum kuruluşları tarafından gerçekleştirilecek yaptırımlar ve düzenlemeler neticesinde değişebileceği düşünülebilir.

Tablo 12: Güvenilirlik alt kriterlerinin karar matrisi

Güvenilirlik Alt Kriterleri	Zamanında Teslimat	Hasarsız Ürün Teslimatı	Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi
Zamanında Teslimat	1	0,33	5
Hasarsız Ürün Teslimatı	3	1	7
Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi	0,20	0,14	1

Tablo 12’de güvenilirlik ana kriteri altında yer alan zamanında teslimat, hasarsız ürün teslimatı ve gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyi alt kriterlerinin ikili karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Bilindiği üzere, ikili karşılaştırma yönteminde kriterlerinin birbiri ile kıyaslaması 1 olmalıdır. Alt kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapıldığında hasarsız ürün teslimat alt kriterinin zamanında teslimata göre 3(orta derecede önemli) gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyine göre ise 7(çok kuvvetli derecede önemli) olduğu sonucuna varılmıştır. Zamanında teslimat alt kriteri ise gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyine göre 3(orta derecede önemli)’dir.

Tablo 13: Güvenilirlik alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Güvenilirlik Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Zamanında Teslimat	0,05393
Hasarsız Ürün Teslimatı	0,12549
Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi	0,01390
Tutarlılık Oranı	0,06239

Tablo 13’de güvenilirlik ana kriterine ait zamanında teslimat, hasarsız ürün teslimatı ve gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyi alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Güvenilirlik alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,062 olarak bulunmuştur. Afyon’dan yüklenen plaka mermerin optimal rota üzerinden Fransa’nın Lyon şehrine taşınmasını amaçlayan bu çalışmada maliyetten sonra en önemli kriter 0,19 ile güvenilirlik olmuştur. Güvenilirlik kriterinin alt kriterlerine baktığımızda önem sırasıyla hasarsız ürün teslimatı 0,12, zamanında teslimat 0,05 ve son olarak gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyi 0,013 olduğu görülmektedir. Hasarsız ürün teslimatı alt kriter ağırlığının diğer alt kriter ağırlıklarına göre yüksek olması plaka mermerin yapısı gereği kırılmaya müsait ve taşınma esnasında meydana gelebilecek risklere açık olması ve bunlara bağlı olarak ortaya ek maliyetlerin çıkması ile açıklanabilir. Zamanında teslimat alt kriteri ise plaka mermerin genel anlamda tedarik zinciri içerisinde aciliyet oluşturabilecek bir ürün olmaması sebebiyle düşük kriter ağırlığına sahiptir. Ancak, zamanında teslimat alt kriteri başka ürün gamında farklı değerlere sahip olabileceği söylenebilir. Gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyi ise diğer alt kriter ile kıyaslandığında en düşük öneme sahip alt kriter olarak göze çarpmaktadır. Ürünün taşınması esnasında yükleme-boşaltma gemi veya trenin rötör yapması gibi meydana gelebilecek gecikmelerde taşıyıcı operatörlerinin sorumluluk almasının düşük öneme sahip olması taşımacılık sektöründeki rekabetin yüksek olması ve müşteri kaybetmemek adına gelecek taşıma operasyonlarda indirim gibi farklı promosyonlar ile müşterilerinin memnun edilmesi ile açıklanabilir.

Tablo 14: Ürün özellikleri alt kriterlerinin karar matrisi

Ürün Özellikleri Alt Kriterleri	Ağırlık	Hacim	Ambalaj Gereksinimi
Ağırlık	1	5	9
Hacim	0,20	1	4
Ambalaj Gereksinimi	0,11	0,25	1

Tablo 14’te ürün özellikleri ana kriterinin alt kriterleri olan ağırlık, hacim ve ambalaj gereksiniminin birbirileri ile ikili karşılaştırmalarına göre aldıkları puanlara yer verilmiştir. Tablo 14 incelendiğinde, ağırlık alt kriterinin ambalaj gereksinimine göre 9(mutlak derecede önemli), hacim alt kriterine göre ise 5(kuvvetli derecede önemli) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Hacim alt kriteri ise ambalaj gereksinimine göre 4 (orta ve kuvvetli derece arasında önemli) puanını almıştır. İkili karşılaştırmalar sonucunda ağırlık alt kriterinin diğer alt kriterlere görece üstünlük sağladığı söylenebilir.

Tablo 15: Ürün özellikleri alt kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Ürün Özellikleri Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Ağırlık	0,08856
Hacim	0,02311
Ambalaj Gereksinimi	0,00754
Tutarlılık Oranı	0,06852

Tablo 15’de ürün özellikleri ana kriterine ağırlık, hacim ve ambalaj gereksinimi alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Ürün özellikleri alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,068 olarak bulunmuştur. Afyon- Lyon hattında optimal

taşıma rotasının belirlenmesini konu edinen bu çalışmada ürün özellikleri kriteri 0,11 ağırlık ile maliyet ve güvenilirlikten sonra en önemli kriter olarak saptanmıştır. Ürün özellikleri alt kriterlerine baktığımızda kriter ağırlıklarına göre sırasıyla ağırlık 0,08, hacim 0,02 ve son olarak ambalaj gereksinimi 0,007 olarak hesaplanmıştır. Ağırlık alt kriterinin diğer alt kriterlere oranla daha fazla ağırlığa sahip olması taşımacılık operasyonlarında konteynerin belirli bir azami ağırlığa sahip olması ile açıklanabilir. Buna ek olarak iç taşıma operasyonlarında karayolunun tercih edilmesi ve 42 ton azami tonaj sınırı ağırlık alt kriterin önemini arttırmaktadır. Plaka mermerin taşındığı operasyonlarda hacim faktörü bu çalışmada düşük öneme sahip olması plaka mermer standart konteynerlere kolay bir şekilde yüklenebilmesi ve hacimsel anlamda bir problem yaşanmaması ile açıklanabilir. Blok mermer taşımalarında bu durum farklılık gösterdiği bilinmektedir. Hacim faktörü bu taşımalarda büyük öneme sahiptir ve standart konteyner ölçülerine uygun olmadığı için üstü açık konteynerlerde taşınarak limanda uygun hale getirilip dolumu yapılmaktadır. Ambalaj gereksiniminin diğer alt kriterlere göre çok daha düşük öneme sahip olması plaka mermerin ürün yapısı gereği bu operasyona ihtiyaç duymamasından kaynaklanmaktadır. Plaka mermerin iki tahta arasına koyularak konteyner dolumu yapılır ve sabitleme işlemlerinden sonra taşınmaya hazır hala gelir. Bu yüzden ambalaj gereksinimi alt kriteri diğerlerine göre düşük öneme sahiptir.

Tablo 16: Esneklik alt kriterlerinin karar matrisi

Esneklik Alt Kriterleri	Zaman Esnekliği	Kapasite Esnekliği	Rota Esnekliği
Zaman Esnekliği	1	0,20	3
Kapasite Esnekliği	5	1	7
Rota Esnekliği	0,33	0,14	1

Tablo 16’da esneklik ana kriterinin altındaki zaman esnekliği, kapasite esnekliği ve rota esnekliği alt kriterlerinin birbirleri ile karşılaştırmaları sonucunda oluşan puanlara yer verilmiştir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda kapasite esnekliği alt kriteri rota esnekliğine göre 7 (çok kuvvetli derecede önemli), zaman esnekliği 5 (kuvvetli derecede önemli) olduğu ortaya çıkmıştır. Zaman esnekliği alt kriterinin ise rota esnekliğine göre 3 (orta derecede önemli) olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle rota esnekliğinin rota seçimi yapılırken esnekli ana kriteri altında en düşük öneme sahip olduğu söylenebilir.

Tablo 17: Esneklik alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Esneklik Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Zaman Esnekliği	0,00867
Kapasite Esnekliği	0,03363
Rota Esnekliği	0,00373
Tutarlılık Oranı	0,06239

Tablo 17’de esneklik ana kriterine ait zaman esnekliği, kapasite esnekliği ve rota esnekliği alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Esneklik alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,062 olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada çevre kriterinden sonra en düşük öneme sahip kriter 0,046 ile esneklik olmuştur. Esneklik alt kriterleri incelediğinde önem ağırlıklarına göre sırasıyla 0,033

kapasite esnekliği, 0,008 zaman esnekliği ve son olarak 0,003 ile rota esnekliği olmuştur. Kapasite esnekliği alt kriterinin diğer esneklik alt kriterleri ile kıyaslandığında daha fazla ağırlığa sahip olması yüklenecek plaka mermerlerinin miktarında meydana gelebilecek değişimlerin meydana gelmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Başka bir ifadeyle bir konteynerin yüklenmesinin planlandığı taşımacılık operasyonunda müşteri tarafından gelen daha fazla konteyner yükleme talebinin karşılanması diğer alt kriterlere göre daha fazla öneme sahiptir. Dolayısıyla kapasite esnekliği diğer alt kriterlere oranla daha fazla ağırlık elde etmiştir.

Zaman esnekliği taşımacılık operasyonlarında meydana gelen zamansal değişimleri ifade eder ve plaka mermerin daha önce de bahsedildiği üzere aciliyet oluşturabilecek bir ürün olmamasından dolayı düşük bir ağırlığa sahiptir. Ürünün farklılaştığı ya da aciliyetin meydana geldiği durumlarda zaman esnekliğinin öneminin artacağını söylenebilir.

Rota esnekliği ise çevresel ve politik faktörlere bağlı olarak gelişen durumlarda farklı rota üzerinden taşımaların gerçekleşmesini ifade eder. Çalışmanın gerçekleştirildiği zaman diliminde ürünün çıkış ve varış noktaları arasında herhangi bir olumsuz durumun olmaması rota esnekliğinin görece daha düşük ağırlığa sahip olmasına neden olduğu söylenebilir.

3.6 TOPSİS Yöntemi ile Optimal Rotanın Belirlenmesi

Uygulama bölümünün bu kısmında AHP yöntemi ile elde edilen her bir ana kriterin en fazla ağırlığa sahip alt kriteri alınarak TOPSİS yöntemi için karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisinde hem nitel hem nicel verilerin bulunmasından dolayı nitel ifadeleri sayısal ifadelere çevirerek bir bütünlüğün sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle Tablo 18’de gösterilen Koçak ve Coğurcu (2015) kullanmış olduğu nitel ifadeleri nicel ifadelere dönüştürme ölçeği kullanılmıştır.

Tablo 18: Nitel ifadeleri sayısal ifadelere dönüştürme ölçeği

Ölçek	9	7	5	3	1
İfade	Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük

Kaynak: (Koçak ve Coğurcu, 2015: 7)

TOPSİS yöntemi için karar matrisi oluşturulurken ana navlun, transit süre bilgileri sektördeki lojistik işletmelerden, karbondioksit salımı EcoTransIT web arayüzünden elde edilmiştir. Bu çalışmanın varsayımlarında yer alan taşınması gereken plaka mermer tonajı 20 olarak belirlenmiştir. Geriye kalan hasarsız ürün teslimatı ve kapasite esnekliği alt kriterlerini ölçmek amacıyla literatürde ölçek bulunmaması ve buna ek olarak söz konusu alt kriterleri sayısal ifadelere dönüştürmek için çalışmanın uygulama kısmı için oluşturulan uygulama formlarını dolduran uzman görüşlerine başvurulmuş rotalara göre değerlendirildiğinde anlamlı bir fark olmadığını anlaşılmasından sonra bu kriterlerin Tablo 18’deki ölçek dikkate alınarak puanlaması yapılmış ve 5(orta) puanı verilmiştir. Bununla birlikte karar matrisinin tüm girdileri matematiksel olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki Tablo 19’da TOPSİS karar matrisi gösterilmiştir.

Tablo 19’da çalışma kapsamında oluşturulan 5 farklı rotanın 6 ana kritere göre aldığı değerler ve ana kriterlerin sahip olduğu kriter ağırlıklarına yer verilmiştir. Tablo incelendiğinde

Tablo 19: TOPSİS karar matrisi

Ağırlık	Ana Navlun	Transit Süre	Karbondioksit Salımı	Hasarsız Ürün Teslimatı	Ağırlık	Kapasite Esnekliği
	0,4166	0,0601	0,0192	0,1254	0,0885	0,0336
Karayolu	4600	7	18,58	5	20	5
RoRo+Karayolu	3900	8	10,35	5	20	5
RoRo+Demiryolu	3560	11	11,2	5	20	5
Denizyolu+Kara	3750	9	12,1	5	20	5
Denizyolu+İç suyu	3465	10	12,4	5	20	5

en yüksek ana navlunun karayolu, en uzun transit sürenin RoRo+demiryolu, en fazla karbondioksit salımının karayolu rotalarının olduğu söylenebilir. Çalışmanın amacı en düşük ana navlun, en kısa transit süre, en düşük karbondioksit salımı, en güvenilir ve esnek rotanın bulunması olduğu için ana navlunun en ucuz, transit sürenin en kısa, karbondioksit salımının en az olduğu rota belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 20: Normalize edilmiş topsis matrisi

	Ana Navlun	Transit Süre	Karbondioksit Salımı	Hasarsız Ürün Teslimatı	Ağırlık	Kapasite Esnekliği
Karayolu	0,530764942	0,343616486	0,627062876	0,447213595	0,4472	0,447213595
RoRo+Karayolu	0,449996364	0,392704555	0,349305746	0,447213595	0,4472	0,447213595
RoRo+Demiryolu	0,410765912	0,539968763	0,377992692	0,447213595	0,4472	0,447213595
Denizyolu+Kara	0,432688811	0,441792624	0,408367105	0,447213595	0,4472	0,447213595
Denizyolu+İç suyu	0,399804462	0,490880694	0,418491909	0,447213595	0,4472	0,447213595

Tablo 20’de TOPSİS karar matrisinden yararlanarak matris normalize edilmiştir. Ana navlun ana kriterinde karayolunun, transit sürede RoRo+demiryolunun, karbondioksit salımında karayolunun en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ağırlık ana kriteri çalışma kapsamında 20 ton olarak belirlendiği için tüm rotalarda aynı değerlere sahiptir. Hasarsız ürün teslimatı ve kapasite esnekliği ise nitel ifadeleri sayısal ifadelere dönüştürme ölçeği kullanılarak karar grubu tarafından değerlendirilmiştir.

Tablo 21: Ağırlıklandırılmış normalize edilmiş TOPSİS matrisi

	Ana Navlun	Transit Süre	Karbondioksit Salımı	Hasarsız Ürün Teslimatı	Ağırlık	Kapasite Esnekliği
Karayolu	0,221116675	0,020651351	0,012039607	0,056080585	0,0396	0,015026377
RoRo+Karayolu	0,187468485	0,023601544	0,00670667	0,056080585	0,0396	0,015026377
RoRo+Demiryolu	0,171125079	0,032452123	0,00725746	0,056080585	0,0396	0,015026377
Denizyolu+Kara	0,180258159	0,026551737	0,007840648	0,056080585	0,0396	0,015026377
Denizyolu+İç suyu	0,166558539	0,02950193	0,008035045	0,056080585	0,0396	0,015026377

Tablo 21’de normalize edilmiş matris AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarıyla çarpılarak matris ağırlıklandırılmıştır. Tablo 21 incelendiğinde, ana navlunda en ucuz denizyolu+içsuyu, transit sürede karayolu ve en çevreci rota ise RoRo+karayolu olduğu söylenebilir.

Tablo 22: İdeal pozitif ve negatif çözüm değerleri

	Ana Navlun	Transit Süre	Karbondioksit Salımı	Hasarsız Ürün Teslimatı	Ağırlık	Kapasite Esnekliği
V+	0,166558539	0,020651351	0,00670667	0,056080585	0,0396	0,015026377
V-	0,221116675	0,032452123	0,012039607	0,056080585	0,0396	0,015026377

Tablo 22’de normalize edilip ağırlıklandırılmış matristen yararlanılarak ideal pozitif ve negatif çözüm değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken ideal pozitif çözüm için ana navlun, transit süre ve karbondioksit salımı için MİN, hasarsız ürün teslimatı, ağırlık, kapasite esnekliği alt kriterleri için ise MAX değerleri bulunmuştur. Aynı şekilde negatif çözüm değerleri için ise navlun, transit süre ve karbondioksit salımı için MAX, hasarsız ürün teslimatı, ağırlık, kapasite esnekliği alt kriterleri için ise MİN değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 23: En iyi ve en kötüye göre alternatiflerin sıralanması

	Si+	Si-	Skor	Sıralama
Karayolu	0,054818158	0,011800772	0,177138419	5
RoRo+Karayolu	0,021117043	0,035199057	0,625026541	4
RoRo+Demiryolu	0,012665499	0,050219803	0,798593648	2
Denizyolu+Kara	0,01495928	0,041495351	0,735021209	3
Denizyolu+İç su yolu	0,008949711	0,054784399	0,859577377	1

Tablo 23’de ideal çözüme en yakın maximum (Si+) ve minimum (Si-) değerler gösterilmiştir. İdeal çözüme en yakın değerlere göre hesaplamalar yapılmış ve Afyon-Lyon hattında 20 ton plaka mermer taşınması için en optimal Rota 5 Denizyolu + İç su yolu intermodal taşımacılık rotası olmuştur. Bu rotada taşımacılık operasyonu 10 günde, 12.40 karbondioksit salımı ve 4115€ (3465+650) maliyet ile gerçekleşmektedir. Bu rotada Afyon’dan 20 ton plaka mermer 40’ DC (2TEU) konteynere doldurulup karayolu ile Bursa Gemlik’te bulunan Gempport’a getirilir ve ana taşımanın gerçekleştirileceği gemiye yüklenerek Seayard FOS 2XL limanına taşınır. Burada elleçlemesi yapılarak Avrupa’da nehir taşımacılığında yaygın olarak kullanılan küçük konteyner gemileri ile Lyon’a götürülerek taşıma sonlandırılır.

Optimal rotadan sonra sırasıyla en optimal rotalar RoRo+Demiryolu, Denizyolu+Kara, RoRo+Karayolu ve son olarak Karayolu rotası olarak belirlenmiştir. RoRo+Demiryolu ve Denizyolu+Karayolu rotalarının birbirine yakın değerler aldığı söylenebilir. Karayolunun sıralamada son sırada yer almasının nedeni maliyetinin ve kısmen emisyon değerlerinin diğer taşıma rotalarına göre yüksek olmasıdır. Transit süre alt kriter ağırlığının düşük olması karayolunun sahip olduğu hız avantajına rağmen optimal rota sıralamasında son sırada yer almasına neden olmuştur.

4. Sonuç ve Öneriler

Artan dünya nüfusunun yanı sıra insanların daha fazla tüketmek istemesi küresel olarak ticaret hacimlerinin artmasına neden olmuştur. Ticaret hacimlerinde meydana gelen artış

taşımacılık sektörü üzerinde bir yük oluşturmuştur. Küreselleşme ile ürünlerin talep edildiği ve üretildiği merkezler arasındaki uzaklığın artmasıyla beraber hedef iki nokta arasında taşımacılığın verimli hale getirilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Talep edilen ürünlerin optimal rota üzerinden son tüketiciye ulaştırılması, taşımanın daha az maliyet, daha kısa zaman ve günümüzde dünyayı tehdit eden küresel ısınmanın başlıca sebebi olan karbondioksitin çevreye daha az salımıyla gerçekleşmesini sağlar. Buradan hareketle optimal rota üzerinden taşımacılık gerçekleştirmek küresel tedarik zinciri için kritik öneme sahiptir.

Bu çalışma kapsamında ideal çözüme en yakın değerlere göre hesaplamalar yapılmış ve Afyon-Lyon hattında 20 ton plaka mermer taşınması için en optimal güzergah Denizyolu + İç suyu intermodal taşımacılık rotası (Rota 5) olmuştur. Bu rotada taşımacılık operasyonu 10 günde, 12.40 karbondioksit salımı ve 4115€ (3465+650) maliyet ile gerçekleştirilmektedir. Optimal rotadan sonra sırasıyla en uygun rotalar RoRo+Demiryolu, Denizyolu+Kara, RoRo+Karayolu ve son olarak Karayolu rotası olarak belirlenmiştir. RoRo+Demiryolu ve Denizyolu +Karayolu rotalarının birbirine yakın değerler aldığı söylenebilir. Karayolunun sıralamada son sıradan yer almasının nedeni maliyetinin ve emisyon değerlerinin diğer taşıma rotalarına göre yüksek olmasıdır. Transit süre alt kriter ağırlığının düşük olması karayolunun sahip olduğu hız avantajına rağmen optimal rota sıralamasında son sırada yer almasına neden olmuştur.

SuperDecision programında yapılan analizler sonucunda Tablo 5'te elde edilmiştir. 0,53 kriter ağırlığı ile maliyet en önemli kriter olarak öne çıkmıştır. Önem sırasına göre sırasıyla 0,19 güvenilirlik, 0,11 ürün özellikleri, 0,08 hız, 0,04 esneklik ve son olarak 0,02 ile çevre olmuştur. Buradan hareketle Afyon-Lyon noktaları arasında taşınacak plaka mermer için optimal rota belirlenirken en önemli kriterin maliyet olduğu söylenebilir. Maliyet kriterinden sonra gelen güvenilirlik kriteri de optimal rotanın belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Başka bir deyişle plaka mermerin yapısı gereği kırılabilir olmasından dolayı hasarsız bir şekilde son noktaya ulaştırılması güvenilirlik kriterinin ağırlığının artmasına sebep olmuştur. Ürün özellikleri ise rotalar belirlenmesinde söz sahibidir. Plaka mermerin tonajlı bir ürün olması rota üzerinde taşınırken belirli kısıtlamalara uyulmasını gerektirmektedir. 40DC konteynerin azami yük sınırı 26.7 ton ve belirlenen rotaların iç taşınmasında tercih edilen karayolunda izin verilen araç dahil maksimum ağırlığın 42 ton olması bu kısıtlara örnek olarak verilebilir.

Literatürde bulunan çalışmalardaki bulguların aksine bu çalışmada hız kriteri çevreden sonra en düşük ağırlığa sahip olması çarpıcı olarak nitelendirilebilir. Bunun nedeni olarak plaka mermerin tedarik zinciri içerisinde acil olarak taşınmasını gerektirecek durumların çok kısıtlı olmasıdır. Günümüzde çevre faktörünün özellikle dünyamızı tehdit eden küresel ısınmanın başlıca sebebi olan karbondioksit salımının taşımacılık sektöründe öneminin artmasına rağmen bu çalışmada çevre faktörü en düşük kriter ağırlığına sahiptir. Ancak hasarsız ürün teslimatı, kapasite esnekliği ve ağırlık alt kriterlerine karar grubunca ortalama değerler verilmesi sonucunda karbondioksit salımı düşük kriter ağırlığına rağmen optimal rotanın belirlenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Çevre konusunda elde edilen bulgulara göre, küresel sivil toplum kuruluşlarının yanı sıra ülkelerin de çevreyi korumak adına yaptıkları düzenlemelere rağmen taşımacılık sektöründe çevre faktörünün eskiden olduğu gibi yine göz ardı edildiği söylenebilir.

Optimal olarak belirlenen Rota 5'te Afyon'dan 20 ton plaka mermer 40' DC (2TEU) konteynere doldurulup karayolu ile Bursa Gemlik'te bulunan Gempport'a getirilir ve ana taşımanın gerçekleştirileceği gemiye yüklenerek Seayard FOS 2XL limanına taşınır. Burada elleçlemesi yapılarak Avrupa'da nehir taşımacılığında yaygın olarak kullanılan küçük konteyner gemileri ile Lyon'a götürülerek taşıma sonlandırılır.

Literatürde AHP-TOPSİS hibrit yönteminin kullanıldığı hisse senedi seçimi, lojistik köy, elektrik trafo ve depo kurulumu gibi çalışmalar mevcuttur. İki yöntemin beraber kullanıldığı optimal rota seçimi için ulusal literatürde yeterli kaynak bulunmamaktadır. Bu anlamda yapılan çalışmanın ilgi literatüre katkı sağladığı söylenebilir. Bunun yanı sıra optimal taşıma rotası seçimi yapılırken genel olarak maliyet transit süre kriterleri üzerinden bir uygulama gerçekleştirilmektedir. Ancak bu çalışmada farklı kriterler ve özellikle son dönemde önemi giderek artan karbondioksit salımı ölçümleri de dahil edilmiştir. Çalışma bu yönüyle de diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Plaka mermerin Türkiye'nin ihraç ettiği ürünlerin başında gelmesi ve bu ürünlerin optimal rota üzerinden Fransa'ya ihraç edilmesi, işletmelerin rekabet avantajı elde etmesi açısından çalışmanın gerçekteki önemini arttırdığı söylenebilir.

Çalışmanın ana amacı olan Afyon-Lyon noktaları arasındaki en optimal rotanın belirlenmesi analizler sonucunda elde edilmiş ve amaçlanan hedefe ulaşılmıştır. Ana amacın yanında mevcut olarak kullanılan rotalara alternatif rotalar belirlenmesi, rotalar özelinde transit süre, maliyet ve emisyon değerlerinin hesaplanarak sürdürülebilirlik düzeyinin tespit edilmesi, ürünün belirlenen ülkeye en optimal şekilde taşıyarak ihracatçılarımıza rekabet avantajının sağlanması gibi diğer amaçlara da ulaşılmıştır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada bazı kısıtlar bulunmaktadır. Seçilen ürünün plaka mermer olması kriter ağırlıkları bunu göre belirlenmesi, çalışma sonunda elde edilen optimal rotanın plaka mermer özelinde olmasına neden olmuştur. Diğer bir ifadeyle plaka mermer yerine hızlı taşınmasını gereken bir sağlık ürününün taşınması noktasında optimal rota farklılık gösterecektir. Bu nedenle gelecek çalışmalarda farklı ürün gruplarına yer verilebilir. Ayrıca bu çalışmada Afyon-Lyon hattında optimal rota bulunmuştur. Farklı hedef noktalar belirlenmesi ileriki çalışmalar için önerilebilir. Bu çalışmada şirket yöneticilerine ve akademisyenlere uygulanan uygulama formlarında yaş, tecrübe ve çalışılan kurum bilgilerine ulaşılmak istenmiştir. Bu bilgilere ek olarak ciro ve çalışan sayıları eklenerek küçük, orta ve büyük işletmelerin rota belirlenirken önem verdiği kriterlerin değişip değişmediği test edilebilir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- M.Ç., Y.G.; Veri Toplama- M.Ç.; Veri Analizi/Yorumlama- M.Ç.; Yazı Taslağı- M.Ç., Y.G.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- Y.G.; Son Onay ve Sorumluluk- M.Ç., Y.G.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

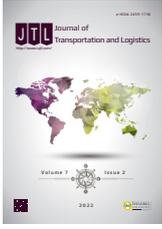
Financial Disclosure: Authors declared no financial support.

Author Contributions: Conception/Design of Study- M.Ç., Y.G.; Data Acquisition- M.Ç.; Data Analysis/Interpretation- M.Ç.; Drafting Manuscript- M.Ç., Y.G.; Critical Revision of Manuscript- Y.G.; Final Approval and Accountability- M.Ç., Y.G.;

Kaynakça

- Arslanhan, H. ve Tosun, Ö. (2021). “Ulaştırma modu seçimi probleminin bütünlük en iyi-en kötü ve waspas yöntemleriyle çözülmesi”. *Pamukkale Üniversitesi Muhendislik Bilim Dergisi*, 27(1), 13-23.
- Banamyong, R. (2001). “Modelling freight logistics: the vientiane–singapore corridor”. In *Proceedings of the First International Conference on Integrated Logistics (ICIL), August 21-24, Nanyang Technological University & Carnegie Mellon University, Singapore*, 441-446.
- Bazaras, D., Batarliene, N., Palsaitis, R. ve Petraska, A. (2013). “Optimal road route selection criteria system for oversize goods transportation”. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 8(1), 19-24.
- Boardman, B. S., Malstrom, E. M.; Butler, D. P.; Cole, M. H. (1997). “Computer assisted routing of intermodal shipments”. *Computers & Industrial Engineering*, 33(1-2), 311-314.
- Bookbinder, H. J. ve Fox, S. N (1998). “Intermodal routing of canada–mexico shipments under Nafta”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 34(4), 289-303.
- Brooks, R. M., Puckett, M. S., Hensher, A. D. ve Sammons, A. (2012). “Understanding mode choice decisions: a study of australian freight shippers”. *Maritime Economic Logistics*, 14(3), 274–299. <https://doi.org/10.1057/mel.2012.8>
- Banamyong, R. (2001). “Modelling freight logistics: the vientiane–singapore corridor”. In *Proceedings of the First International Conference on Integrated Logistics (ICIL), August 21-24, Nanyang Technological University & Carnegie Mellon University, Singapore*, 441-446.
- Cho, H. J., Kim, S. Hy ve Choi, R. H. (2010). “An intermodal transport network planning algorithm using dynamic programming—a case study: from busan to rotterdam in intermodal freight routing”. *Applied Intelligent*, 36(3), 529-541. <https://doi.org/10.1007/s10489-010-0223-6>
- Çetinkaya, V. ve Deveci, D. A. (2020). “Optimal sürdürülebilir rota tespiti için gerekli göstergelerin bir çok kriterli karar verme yöntemi ile önem düzeyi tespiti”. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 12(1), 25-46.
- De jong, G. ve Worterboer, P. (2004). *New Values Of Time And Reliability in Freight Transport In The Netherlands*. Erişim: 23.03.2022 <https://significance.nl/wp-content/uploads/2019/03/2004-GDJ-New-values-of-time-and-reliability-in-freight-transport-in-the-Netherlands.pdf>
- Demir, E., Burgholzer, W., Hrusovsky, M., Arıkan E., Jammerneegg, W. ve Woensel T. (2015). “A green intermodal service network design problem with travel time uncertainty”, *Transportation Research Part B*, 4, 1-19.
- Ergin, H. ve Çekerol, S. G. (2008). “Intermodal yük taşımacılığı ve türkiye hızlı tüketim malları dağıtımı için uygulama denemesi”. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22.
- Gani, A. (2017). “The logistic performance effect in international trade”. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4), 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2017.12.012>
- Gosling, J., Purvis ve L. And Mohammed, N. (2010). “Supply chain flexibility as a determinant of supplier selection”. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 11-21.
- Ishfaq, R. (2012). “Resilience through flexibility in transportation operations”. *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, 15(4), 215-229. <https://doi.org/10.1080/13675567.2012.709835>
- Jung, H., Kim, J. ve Shin, K. (2019). “Importance analysis of decision making factors for selecting international freight transportation mode”. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 35(1), 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.03.008>
- Hao, C ve Yue, Y. (2016). “Optimization on combination of transport routes and modes on dynamic programming for a container multimodal transport”. *Procedia Engineering*, 137, 382-390. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.272>
- Kaewfak, K., Ammarapala, V. ve Huynh, Van-Nam (2021). “Multi-objective optimization of freight route choices in multimodal transportation”. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 14(1), 794–807. <https://doi.org/10.2991/ijcis.d.210126.001>

- Kasilingam, Raja G. (2012). *Logistics and Transportation: Design and planning*. Almanya: Springer.
- Kengpol, A., Meethom, W. ve Tuominen, M. (2012). “the development of a decision support system in multimodal transportation routing within greater mekongsub-regioncountries”. *International Journal of Production Economics*, 140(2), 691-701.
- Kim, H.J ve Chang, Y.T (2014). “Analysis of an intermodal transportation network in korea from an environmental perspective”. *Transportation Journal*, 53(1), 79-106.
- Koçak, D. ve Çoğurcu, E. Y. (2015). “Network modeli ile ağ analizi için çok kriterli karar verme yöntemleriyle karşılaştırmalı çözüm”. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 1(1), 1-42.
- Khooban, Z., Farahani, Z. R. ve Rezapour, Shabnam (2011). *Transportation. Logistics Operations And Management: Concepts And Models*. London: Elsevier.
- Konstantinus, A. ve Zuidgeest, M. (2019). “An investigation into the factors influencing inter-urban freight mode choice decisions in the southern african development community region”. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 13, 1-11.
- Macharis, C., Meers, D., ve Lier, V.T. (2015). “Modal choice in freight transport: combining multi-criteria decision analysis and geographic information systems”. *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 5(4), 355-372.
- Meixell, J. M. ve Norbis, M. (2008). “A review of the transportation mode choice and carrier selection literature”. *The International Journal of Logistics Management*, 19(2), 183-211. <https://doi.org/10.1108/09574090810895951>
- Navarro, M. (2014). “Environmental factors and intermodal freight transportation: analysis of the decision bases in the case of spanish motorways of the sea”. *Sustainability*, 6(3), 1544-1566. <https://doi.org/10.3390/su6031544>
- Ömürbek, N. ve Şimşek, A. (2014). “Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemleri ile online alışveriş site seçimi”. *Yönetim ve Ekonomi Araştırma Dergisi*, 12(22), 306-327. <https://doi.org/10.11611/JMER214>
- Petro, F. ve Konency, V. (2017). “Calculation of emissions from transport services and their use for the internalisation of external costs in road transport”. *Procedia Engineering*, 192(4), 677-682. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.117>
- Reniers, G. ve Dullaert, W. (2013). “A method to assess multi-modal hazmat transport security vulnerabilities: hazmat transport sva”. *Transport Policy*, 28, 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.05.002>
- Ruijgrok, C. (2008). “Europeran Transport: Insight and Challanges”. *Handbook of Logistics and Supply-Chain Management*, 2, 29-46. <https://doi.org/10.1108/9780080435930-003>
- Sambracos, E. ve Ramfou, I. (2014). “Freight transport time savings and organizational performance: a systemic approach”. *International Journal of Economic Sciences and Applied Research*, 6(1), 19-40
- Seo, J. Y., Chen, F. ve Roh Y. S. (2017). “Multimodal transportation: the case of laptop from chongqing in China to Rotterdam in Europe”. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(3), 155-165. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2017.09.005>
- Shih, H., Shyur, J. H. ve Lee, E. S. (2007). “An extension of TOPSIS for group decision making”. *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7-8), 801-813
- Stefanov, M. (2018). “Logistics interpretation of product characteristics of liquefied and compressed natural gas”. *Research in Logistics&Production*, 8(1), 39-52.
- Stoilova, S. (2018). An Approach For Choosing The Optimal Route And Type Of Transport For Freight Carriage Using Compromise Programming. MATEC Web of Conferences 234:06002 (2018).
- Tuzkaya, R. U. (2009). “Evaluating the environmental effects of transportation modes using an integrated methodology and an application”. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 6(2), 277-290. <https://doi.org/10.1007/BF03327632>
- Yang, X., Low, M.W.J ve Tang, C. L. (2011). “Analysis of intermodal freight from china to indian ocean: a goal programming approach”. *Journal Transport of Geography*. 19(4), 515-527.



Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamaları ile Performans Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Bir Meta-Analiz Çalışması

Examining the Relationship Between Green Supply Chain Management Practices and Performance: A Meta-Analytic Study

Yasin Kılıçlı¹ , Emrullah Kıpçak² 

Öz

Günümüzde işletme faaliyetlerinde çevrenin korunmasına yönelik yaklaşımların benimsenmesi giderek daha önemli bir konu haline gelmektedir. Özellikle yeşil tedarik zinciri uygulamaları (YTZY), enerji tüketimini ve malzeme kullanımını azaltarak, paydaş katılımını geliştirerek, maliyetleri düşürerek ve ürün kalitesini artırarak işletmelerin performansını etkileyebilmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de gerçekleştirilmiş olan YTZY uygulamaları ile işletme performansı (çevresel, ekonomik ve operasyonel performans) arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların meta-analitik bir yaklaşımla irdelenmesidir. 2010-2021 yılları arası Türkiye’de faaliyet gösteren işletmelere ilişkin İngilizce ve Türkçe olarak yazılmış 19 bağımsız çalışma araştırma kapsamına dâhil edilmiştir. YTZY uygulamaları ile işletme performansı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda, etki büyüklüğü olarak Pearson korelasyon (r) katsayısı ele alınırken, genel etki büyüklüğünün yorumlanması için rastgele etki modeli kullanılmıştır. Analizler comprehensive meta-analysis (CMA) yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, YTZY uygulamaları ile çevresel, ekonomik ve operasyonel performans arasında pozitif, güçlü ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilirken, yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamaları ile toplam işletme performansı arasında da olumlu ve anlamlı bir ilişkinin olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi, İşletme Performansı, Meta-Analiz

ABSTRACT

Adopting environmental protection approaches in business activities has become an increasingly important issue these days. In particular, green supply chain management (GSCM) practices can affect the performance of businesses by reducing energy consumption and material use, improving stakeholder participation, reducing costs, and increasing product quality. This research aims to examine studies that have examined the relationship between GSCM practices and business performance (environmental, economic and operational performance) carried out in Turkey with a meta-analytic approach. From a total of 4,412 independent study samples, 19 that were written in English and Turkish regarding businesses operations in Turkey between the 2010-2021 were included in the scope of the research. The Pearson correlation (r) coefficient was used for the effect size in studies examining the relationship between GSCM practices and business performance, while a random effect model was used to interpret the overall effect size. Analyses were performed using comprehensive meta-analysis (CMA) software. As a result of the study, a positive, strong, and significant relationship has been determined to exist for GSCM practices with environmental, economic, and operational performance, and a positive and significant relationship to also exist between GSCM practices and overall business performance.

Keywords: Green Supply Chain Practices, Business Performance, Meta-Analysis

Başvuru/Submitted: 10.08.2022 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 24.09.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 19.10.2022 • **Kabul/Accepted:** 20.10.2022

1 **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Yasin Kılıçlı (Dr.) Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Van, Türkiye. E-mail: yasinkilicli@yyu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-7801-3168

2 Emrullah Kıpçak (Doktora Öğrencisi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Van-Türkiye. E-mail: kipcakemrullah@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4543-9020

Atf/Citation: Kılıçlı, Y., & Kıpçak, E. (2022). Yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamaları ile performans arasındaki ilişkinin incelenmesi: Bir meta-analiz çalışması. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 261-287. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1160233>



Extended Abstract

GSCM practices involve the incorporation of environmental practices into supply chain activities to ensure a sustainable supply chain and continue to have inconsistent and mixed effects on business performance with regard to different industries, countries, and continents (Acquah et al., 2021, pp. 267–268). Increasing global awareness of the environmental impacts of production processes has placed increased pressure on manufacturers not only in developed countries but also in emerging economies such as Turkey. In order to respond to these pressures, businesses have invested in developing and improving their supply chain activities. GSCM practices related to the sustainability of ecological balance are at the forefront of these investments. These environmental practices can affect businesses' corporate sustainability performance by reducing energy consumption and material use, improving stakeholder engagement, reducing costs, and increasing product quality.

Due to studies on the relationship between GSCM and performance having been mostly conducted in developed countries, a gap can be said to exist in this field regarding developing countries such as Turkey (Çankaya & Sezen, 2019, p. 98). Contributing to eliminating this gap and having more information about the relationship between the performance of Turkish enterprises and their performance have been a source of motivation for this study. From this perspective, the study aims to reveal the relationships the GSCM practices of enterprises operating in Turkey have with their performance using a meta-analytic approach.

Meta-analysis is an analytic method that summarizes the results of experimental studies in the social, behavioral, and health fields and is used to apply statistical analyses to the findings obtained from studies (Karadağ et al., 2015, p. 81; Yıldırım & Şen, 2020, p. 1). Meta-analysis is a quantitative analytical method that is used to reduce the results of many studies into a single result (Yıldırım & Şen, 2020, p. 2). The present research has attempted to access studies that have examined the relationship between GSCM practices and business performance in companies operating in Turkey using national and international online academic databases such as ProQuest, EBSCOHost, Google Scholar, Elsevier Science Direct, Springer Link, JSTOR Journals, Emerald Insight, Ulakbim Keşif, YÖK National Thesis Center, and DergiPark. The search of these databases includes articles published in refereed and non-refereed journals, all published master's and doctoral theses, papers presented in congresses and symposiums, and full texts. While searching online databases, studies that have examined the relationship between GSCM practices and business performance that also covered the first six months of 2010 and 2022 have been included in the meta-analysis to ensure up-to-date results.

Correlational data are needed to calculate the effect size between two continuous variables in a meta-analysis (Field, 2001; Yıldırım & Şen, 2020, p. 27). From this point of view, this study uses correlational (r) data to determine the relationship between GSCM practices and business performance. As a result of the search, a total of 19 studies containing correlational data as well as the numerical data that were used to calculate the correlational data (number of samples, t-test values, and standardized regression [β] coefficients) were

included in the analysis. The study performed the necessary statistical analyses in line with the meta-analytic process using the program CMA (ver. 3). The program Microsoft Excel 2016 was used to create the form for encoding the data coding from the studies. Cochran's Q test and the I² statistic are frequently used in the literature and have thus been used here to determine heterogeneity among the studies included in the meta-analysis. Field (2001) suggested using the random effects model to be more appropriate in meta-analytic studies in the field of social sciences. In addition, many researchers have stated the random effects model to produce more realistic results compared to the fixed effects model (Ades et al., 2005). In line with the explanations that were made, the random effects model was used in this study's meta-analysis. This study also used Orwin's (1983) fail-safe N in addition to the funnel plot and Rosenthal's (1979) fail-safe N to detect publication bias.

As a result of the analysis, no publication bias was detected in this study, and the data show heterogeneous distribution. As a result of the study, a positive, strong, and significant relationship has been determined between GSCM practices and business performance. This result supports the common hypotheses and salient findings in the literature. In addition, positive and significant relationships were observed for other business performance indicators (i.e., environmental, economic, operational) with GSCM practices. Positive and significant relationships were found for all GSCM practices with environmental and economic performance. However, six GSCM practices were shown to have a significant relationship with operational performance, while environmental management systems appeared to have an insignificant relationship with operational performance.

1. Giriş

Günümüzde doğal kaynakların hızla tükenmesi, biyolojik çeşitliliğinin azalması, küresel ısınma ve çevre kirliliğinin artması gibi çevre sorunları ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bu ekolojik sorunların sürekli artması sivil toplum kuruluşlarını, hükümetleri, bireyleri ve şirketleri sürekli çevresel konularda önlem almaya yöneltmektedir. Sivil toplum kuruluşları, toplum ve hükümetler tarafından şirketler, çevre sorunlarının kaynağı olarak görülmektedirler. Toplumların çevre bilincinin artmasıyla birlikte işletmeler sürekli baskı altında kalmaktadır (Zhu vd., 2010:380).

Şirketler, gelen baskılar sonucunda üretim süreçlerini ve tedarik zincirlerini gözden geçirerek YTZY uygulamalarını hayata geçirmeye başlamışlardır (Çankaya ve Sezen 2019:98).

Yeşil tedarik zinciri kavramı, temel olarak tedarik zinciri kavramı içerisinde yer alan çevre dostu yönetim anlayışı doğrultusunda ortaya çıkan çok disiplinli bir kavramdır (Eltayeb vd., 2011:496). Walker vd. (2008), yeşil tedarik zinciri kavramını, bir ürünün yaşam döngüsü içerisinde hammaddelerin elde edilip tasarım, üretim ve dağıtım aşamaları dâhil, tüketici tarafından kullanılıp elden çıkarılmasına kadar tüm aşamaları kapsadığını ifade etmiştir (Çankaya ve Sezen, 2019:98). Bu çevresel uygulamalar, enerji tüketimini ve malzeme kullanımını azaltarak, paydaş katılımını geliştirerek, maliyetleri düşürerek ve ürün kalitesini artırarak işletmelerin kurumsal sürdürülebilirlik performansını etkileyebilmektedir.

YTZY ile performans arasındaki ilişkiye yönelik çalışmalar çoğunlukla gelişmiş ülkelerde yapıldığından Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde bu alanla ilgili bir boşluğun olduğunu söylemek mümkündür (Çankaya ve Sezen, 2019:98). Bu boşluğa katkı sunmak ve Türkiye'deki işletmelerin, YTZY uygulamaları ile performansları arasındaki ilişki hakkında daha fazla bilgiye sahip olmak açısından çalışmanın önemli bir çalışma sahası olduğu düşünülmektedir.

Buradan hareketle yapılan çalışma, Türkiye'de faaliyet gösteren işletmelerin, yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının işletmelerin performansı ile nasıl bir ilişki içinde olduğunu meta-analitik bir yaklaşımla ortaya koymayı hedeflemektedir. YTZY uygulamaları ile işletme performansı arasındaki ilişkiyi inceleyen ampirik çalışmalar, araştırmacılar tarafından farklı örneklem grupları üzerinde farklı yöntemler ile incelenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma, Türkiye'de yapılmış olan YTZY uygulamaları ile işletme performansı arasındaki ilişkiyi meta-analitik bir yöntemle inceleyen ilk çalışmalardan biridir. Buradan hareketle yapılan çalışmada, Türkiye'de YTZY uygulamaları ile işletme performans arasındaki ilişkiyi inceleyen tüm ampirik çalışmaların birleştirilerek incelenmesi, bu değişkenler arasındaki ilişkinin daha net bir şekilde anlaşılmasına yardımcı olacaktır.

Çalışmanın geri kalan bölümlerinde, YTZY uygulamaları ve işletme performansı hakkında tanımlayıcı ve açıklayıcı bilgilerin yer aldığı kavramsal çerçeve ve ayrıntılı bir literatür incelemesi yapılmıştır. Daha sonra literatürde yapılan çalışmalardan esinlenerek hipotezler oluşturulmuştur. Ardından araştırma yöntemi ve bulgulara yer verilmiştir. Son olarak, sonuç, tartışma ve öneriler ile çalışma özetlenmiştir.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1 Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi (YTZY) Uygulamaları

YTZY, işletmelerin çevreye karşı duyarlılığını artıran, istenilen kâr ve satış hedeflerine ulaşmada kolaylık sağlayan ve işletmelerin ekolojik dengenin sağlanmasında etkinliğini arttıran bir tedarik zinciri yönetimi kavramıdır. YTZY, üretim sürecinden dağıtım sürecine kadar geçen faaliyetlerde çevresel düşüncenin tedarik zinciri yönetimine entegre edilmesidir (Acar vd., 2021:2; Srivastava, 2007:54). YTZY uygulamaları ile ilgili ampirik çalışmalar incelendiğinde, farklı yazarlar tarafından tartışılmış çok sayıda YTZY uygulamalarının olduğunu söylemek mümkündür. Örneğin Srivastava (2007) YZTY'nin yeşil tasarım, yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil dağıtım, lojistik, pazarlama ve tersine lojistik boyutlarından oluştuğunu bildirmiştir. Büyüközkan ve Vardaloğlu (2008: 6) ise bu boyutların, yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil dağıtım, yeşil paketleme ve tersine lojistik olduğunu ifade etmiştir. Bunlara ek olarak, Zhu vd. (2005) YTZY uygulamalarını, kurum içi çevre yönetimi, yeşil satın alma, ürün eko tasarımı, yeşil müşteri iş birliği ve tersine lojistik olmak üzere beş boyut şeklinde değerlendirmiştir (Geng vd., 2017:246).

YTZY uygulamaları çeşitli yasal düzenlemeler, rekabet koşulları, müşteri istekleri gibi farklı nedenlerden dolayı ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir. Buradan hareketle, Türkiye'de faaliyette bulunan işletmeler üzerinde yapılan çalışmalara bakıldığında araştırmacıların sıklıkla kullandıkları YTZY uygulamaları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: Türkiye'de Yapılan Çalışmalarda Kullanılan YTZY Uygulamaları

YTZY Uygulamaları	Referanslar
Çevre Yönetim Sistemi	Peker (2010), Çankaya (2015), Akandere ve Zerenler (2017), Akandere (2019), Çankaya ve Sezen (2019), Aamir ve Raheem (2019), Gelmez (2020), Yıldız (2020), Elaldı (2021), Alagöz (2022)
Yeşil Satın Alma	Peker (2010), Çankaya (2015), Yangınlar (2015), Öçlü (2015), Akandere ve Zerenler (2017), Günday (2018), Akandere (2019), Çankaya ve Sezen (2019), Aamir ve Raheem (2019), Tezel (2019), Gelmez (2020), Yıldız (2020), Acar vd. (2021), Elaldı (2021), Alagöz (2022)
Yeşil Üretim	Peker (2010), Çankaya (2015), Yangınlar (2015), Öçlü (2015), Akandere (2019), Çankaya ve Sezen (2019), Yıldız ve Çavdar (2020), Acar vd. (2021), Alagöz (2022)
Yeşil Dağıtım	Peker (2010), Çankaya (2015), Yangınlar (2015), Öçlü (2015), Çankaya ve Sezen (2019), Acar vd. (2021)
Eko-tasarım	Peker (2010), Öçlü (2015), Akandere ve Zerenler (2017), Günday (2018), Akandere (2019), Aamir ve Raheem (2019), Tezel (2019), Gelmez (2020), Yıldız (2020), Acar vd. (2021), Elaldı (2021)
Tersine Lojistik	Peker (2010), Çankaya (2015), Yangınlar (2015), Öçlü (2015), Günday (2018), Akandere (2019), Tezel (2019), Yıldız ve Çavdar (2020), Acar vd. (2021), Alagöz (2022)
Yeşil Pazarlama	Çankaya (2015), Öçlü (2015), Akandere (2019), Çankaya ve Sezen (2019), Alagöz (2022)

Türkiye'de YTZY uygulamaları ile ilgili yapılan ampirik çalışmalar incelendiğinde sıklıkla tercih edilen YTZY uygulamaları Tablo 1'de gösterilmektedir. Bu doğrultuda Türkiye'de yapılan çalışmalar dikkate alınarak yapılan çalışmaya yedi YTZY uygulaması dâhil edilmiştir. Bu uygulamalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Çevre yönetim sistemi: Bir işletmenin faaliyetlerinin çevresel etkilerini azaltmak ve onun doğal çevre ile olan ilişkilerini düzenlemek için bir dizi çevre politikaları, çevre denetimleri ve çevre konularında iş birliğini içeren çeşitli faaliyetlerdir (Gelmez, 2020:608). Enerji tüketimi ve kirlilik emisyonları tedarik zincirinin çevresel odak noktası olduğundan, iç çevre yönetimi uygulamalarını yönetmek, YTZY uygulamalarının odaklandığı bir konu olmaktadır (Yıldız, 2020:4).

Yeşil satın alma: Bir şirketin doğal kaynakların korunmasına, eko-sistem kalitesinin sürdürülebilirliğine, kirliliğin önlenmesine, enerji ve su kaynakları kullanımının azaltılmasına ve atık malzemelerin en aza indirilmesine yönelik çevreye duyarlı satın alma uygulamasıdır. (Abdallah ve Al-Ghwayeen, 2020:492). Yeşil satın alma, tedarikçilerin eko-performansını kontrol etmeye yarayan ve üretim sürecine dâhil edilecek çevreye duyarlı malzemelerin akışını sağlayan önemli bir YTZY uygulamasıdır (Preuss, 2001:346).

Yeşil üretim: Yeşil üretim, üretim sisteminde daha az enerji ve kaynak kullanımı gerektirecek ve en az çevre kirliliğine neden olacak faaliyetlerin benimsenmesi ve planlanmasıdır (Çankaya ve Sezen, 2019:101). Yeşil üretim, hava, toprak ve su kirliliğini önlemek veya azaltmak için endüstriyel süreçleri ve ürünleri sürekli iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Kısacası yeşil üretim, minimum kaynaklarla (malzeme, enerji ve su) ve minimum atıkla çevre dostu ürünler üretme amacı gütmektedir (Routroy, 2009).

Yeşil dağıtım: Yeşil dağıtım, nakliye sırasında çevresel zararları ve atıkları azaltmak veya ortadan kaldırmak için yapılan tüm faaliyetleri içermektedir (Çankaya ve Sezen, 2019:101). Ürünleri taşıyan araçların tükettiği yakıt, taşıma işlemlerinin sıklığı, müşterilere olan mesafe ve ambalajın özellikleri (ağırlık, şekil ve malzeme) yeşil dağıtımın performansını etkileyen unsurlardandır (Sarkis, 2003:399).

Eko-tasarım: Bu uygulama, “yeni bir ürün veya sistemin tüm yaşam döngüsü boyunca çevre güvenliği ve sağlığı ile ilgili tasarım konularının sistematik olarak değerlendirilmesi” olarak tanımlanmaktadır. Ürünlere ve üretim sistemlerine yönelik eko-tasarımlar, ekolojik verimliliğin elde edilmesini ve müşteri taleplerinin yerine getirilmesini sağlamaktadır (Abdallah ve Al-Ghwayeen, 2020:491). Eko-tasarımın hedefi, geri dönüştürülebilen, daha az kaynak tüketimi gerektiren ve tehlikeli maddelerin kullanımını azaltan veya ortadan kaldıran ürünler üretebilmektir (Sarkis vd., 2016:1617).

Tersine lojistik: Fleischmann vd.’ne (1997) göre tersine lojistik, “tüketicide kullanım ömrünü doldurmuş üründen, pazarda ürünü tekrar kullanılabilir hale getirene kadar yapılan tüm lojistik faaliyetleri içeren süreçler” olarak ifade edilmektedir (Alagöz, 2022:18). Burada amaç, eski, ömrünü tamamlamış ürünlerden en yüksek değeri geri kazanmaktır (Çankaya ve Sezen, 2019:101). Üreticiden ya da tedarikçiden başlayıp tüketicide son bulan geleneksel tedarik zinciri yönetiminin aksine, tersine tedarik zinciri yönetimi, tüketiciyle başlayıp, üretici ve tedarikçiye kadar süren bir süreci kapsamaktadır (Alagöz, 2022:18).

Yeşil pazarlama: Yeşil pazarlama tüketicinin istek ve ihtiyaçlarını karşılamak için her türlü çevre dostu pazarlama faaliyetlerini kapsamaktadır (Alagöz, 2022:14). Pride ve Ferrell (1993) yeşil pazarlamayı “çevreye zarar vermeyecek ürünleri tasarlama, tanıtmaya,

fiyatlama ve dağıtma çabaları” olarak ifade etmişlerdir. Yeşil pazarlamada amaç, doğal çevre üzerinde minimum olumsuz etki ile insan ihtiyaçlarının karşılanmasıdır (Çankaya ve Sezen, 2019:101).

2.2. İşletme Performansı

Performans, günümüzün ekonomik koşullarında meydana gelen hızlı değişimler, yüksek rekabet koşulları ve küreselleşmeyle şekillenen anahtar bir kavramdır. Performans, tüm paydaş gruplarını kapsayan çok yönlü bir olgudur ve aynı zamanda uzun vadeli stratejileri kontrol etmek ve uygulamak için temel bir ölçüdür (Kılıçlı, 2021:124). YTYZ uygulamalarına ait performans ölçümlerinin dünya genelinde yasal zorunluluk olarak raporlanması istenmektedir (Aksoy, 2014:14). Firmalar yasal olan yükümleri yerine getirerek ekolojik zararı minimize etmekle kalmayıp, aynı zamanda ekonomik fayda da elde etmektedirler (Srivastava, 2007). Bu durumun YTYZ uygulamalarını başarılı bir şekilde uygulayan firmalara performans açısından güçlü bir konum sağlayacağını söylemek mümkündür. Türkiye’de yapılan çalışmalar dikkate alınarak yapılan çalışmaya üç performans göstergesi dâhil edilmiştir. Bu göstergeler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Çevresel Performans (ÇP): Çevresel performans, kirliliğin, atıkların ve çevreye zararlı her türlü malların/malzemelerin azaltılmasını, enerji verimliliğinin artırılmasını ve daha fazlasını kapsamaktadır (Zhu vd., 2010). ÇP, işletmelerin, çevreye karşı etik davranışlar sonucunda kazandığı itibar ve sosyal imajdır. ÇP, toplumda sosyal kabul edilebilirliğin yanı sıra işletmelere rekabet avantajının temelini sağlayan önemli bir göstergedir. Singh vd. (2019) işletmelerin ÇP’yi geliştirmek için çevresel değerleri, çevre yönetimi ile ilgili politikalarına, stratejik planlama süreçlerine ve organizasyon kültürüne entegre etmelerini önermektedir (Singh vd., 2019:205).

Ekonomik Performans (EP): EP, enerji tüketimi, üretim sürecinde oluşan aksamalar, atık geri dönüşümü, arıtma faaliyetleri ve çevresel zararlar ile ilgili idari para cezalarına ilişkin maliyetleri azaltma kabiliyetidir (Tezel, 2019:30). İşletmeler, çeşitli YTYZ stratejileri ve uygulamaları ile uzun vadede EP’ye ulaşarak finansal olarak güçlü kalmayı hedeflemektedirler (Akandere, 2019:102).

Operasyonel Performans (OP): OP, bir işletmenin, verimlilik, ürün kalitesi, üretim altyapısı ve müşteri memnuniyeti gibi dâhili operasyonları ile ilgili performans ölçütü olarak tanımlanmaktadır. Green vd. (2012) OP’nin literatürde kalite, teslimat, esneklik, yenilik, ürün kalitesi, ürün hattı, kapasite kullanımı, artan verimlilik, azalan teslim süreleri, stok yönetimi ve artan çalışan motivasyonu gibi farklı göstergeleri ifade ettiğini belirtmişlerdir (Abdallah ve Al-Ghwayeen, 2020:493-494).

3. Literatür Taraması ve Hipotezler

3.1. YTYZ Uygulamaları ve İşletme Performansı (İP)

Sistemik literatür incelemesi sonucunda, incelenen makalelerin çoğu YTYZ uygulamaları ile İP arasındaki ilişkide üç (çevresel, ekonomik, operasyonel) performans boyutunu ön plana çıkarmaktadır. Fakat yapılan bazı çalışmalarda, İP ile YTYZ uygulamaları arasındaki ilişki, boyutlar şeklinde değil tek boyut olarak ele alınmıştır. Örneğin, Güzel ve

Demirdöğen (2016) 102 firma üzerinde yaptıkları çalışmada, İP ile YTZY uygulamaları arasında pozitif bir ilişkinin var olduğunu tespit etmişlerdir. Akandere ve Zerenler (2017) yeşil otellerde YTZY uygulamaları ile İP arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 250 konaklama işletmesi üzerinde yapılan inceleme sonucunda, YTZY uygulamaları ile İP arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit etmişlerdir. Bu anlamlı ve pozitif ilişki Akandere'nin (2019) çalışma sonuçlarını desteklemektedir. Özyıldız (2019) yaptığı çalışmada, 268 üretim firmasında YTZY uygulamalarının firma performansı ve rekabet gücüne olan etkisini incelemeyi hedeflemiştir. Çalışma sonucunda, YTZY uygulamalarının firma performansı üzerinde pozitif yönde bir etki sağladığı anlaşılmıştır. Bu çalışma, Akandere'nin (2021) yeşil lojistik uygulamalarının lojistik performans üzerindeki etkisini inceleyen Acar vd. (2021), Abdallah ve Al-Ghwayeen (2020) ile Elaldı'nın (2021) yaptıkları çalışmaların sonuçlarını desteklemektedir. Yukarıda yapılan kavramsal ve ampirik çalışmalara bakıldığında genel olarak YTZY uygulamalarının İP ile olumlu bir ilişki içinde olduğunu söylemek mümkündür. Buradan hareketle bu çalışmanın son hipotezi aşağıdaki gibi geliştirilmiştir;

H1: YTZY uygulamaları ile işletme performansı arasında pozitif bir ilişki vardır.

3.2. YTZY Uygulamaları ve Çevresel Performans (ÇP)

YTZY uygulamaları, bir şirketin ürün veya hizmetlerinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için her türlü girişimini kapsamaktadır. Bu girişimler, katı veya sıvı atıkların ve tehlikeli maddelerin tüketimini azaltarak, çevreye olan zararları minimuma indirerek ve toplum sağlığını iyileştirerek ÇP'nin iyileştirilmesine olumlu katkılar sunmaktadır (Eltayeb vd., 2011:498).

Çankaya ve Sezen (2019) üretim firmaları üzerinde yaptıkları çalışmanın sonuçları, yeşil satın alma uygulaması dışında tüm YTZY uygulamalarının ÇP'yi anlamlı ve pozitif bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Peker'in (2010) yaptığı çalışmada ise, çevre yönetimi, yeşil satın alma, tersine lojistik uygulamaları ile ÇP arasında anlamlı bir ilişki bulunurken; yeşil dağıtım ve yeşil tasarım ile ÇP arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Çankaya (2015) otomotiv, kimya ve elektronik sektörlerinde faaliyet gösteren toplam 281 firma verisi sonucunda, YTZY uygulamalarının ÇP üzerinde olumlu etkileri olduğu belirlemiştir. Bu sonuç, Öçlü'nün (2015) çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Yangınlar'ın (2015) çalışması, tüm YTZY uygulamalarının, ÇP ile güçlü bir ilişki içinde olduğunu ve bu ilişkinin firmaların kurumsal imajına katkı sağladığını göstermektedir.

Aamir ve Raheem (2019), 270 işletme üzerinde YTZY uygulamalarının ÇP ile olan ilişkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, tüm YTZY uygulamalarının ÇP ile pozitif bir ilişki içinde olduğunu saptamışlardır. Alagöz'ün (2022) 200 katılımcı ile yaptığı çalışma sonucunda ise çevre yönetimi uygulamasının, ÇP'ye pozitif yönde bir etki sağladığını belirlemiştir. Tezel (2019), 386 firmada YTZY uygulamaları ile ÇP arasında pozitif yönde ve güçlü bir ilişkinin olduğunu yaptığı çalışma ile ortaya koymuştur. Ayrıca benzer bir çalışma Gelmez'den (2020) gelmiştir. Gelmez (2020) çalışmasında, YTZY uygulamaları ile ÇP arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı orta düzeyde bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. Yıldız (2020), 191 firmadan elde edilen verilerin analizi

sonucunda, YTZY uygulamalarından çevre yönetimi ve eko tasarımın ÇP üzerinde pozitif ve anlamlı bir etki bıraktığını belirlemiştir. Benzer şekilde Yıldız ve Çavdar (2020) yaptıkları çalışma sonucuna göre, yeşil üretim, ÇP üzerinde anlamlı bir etki bırakırken; ters lojistiğin, ÇP üzerinde anlamlı bir etki bırakmadığı anlaşılmıştır. Hajmohammad vd., (2013), Lee vd., (2013) ve Green vd.'nin (2012) yaptıkları çalışmaların sonuçları, YTZY uygulamaları ile ÇP arasındaki pozitif ilişkiyi desteklemektedir. Mevcut literatür göz önünde bulundurularak bu çalışmada YTZY uygulamaları ile ÇP arasında aşağıdaki hipotezler geliştirilmiştir.

H2: YTZY uygulamaları ile ÇP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H2a: Çevre yönetim sistemi ile ÇP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H2b: Yeşil satın alma ile ÇP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H2c: Yeşil üretim ile ÇP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H2d: Yeşil dağıtım ile ÇP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H2e: Eko-tasarım ile ÇP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H2f: Tersine lojistik ile ÇP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H2g: Yeşil pazarlama ile ÇP arasında pozitif bir ilişki vardır.

3.3. YTZY Uygulamaları ve Ekonomik Performans (EP)

Çevresel ürünlerin etkinliğini sağlayarak, çevreye olan zararları azaltmak, pazar payını ve kârlılığı artırmak işletmelerin, YTZY uygulamalarını benimsenmelerinin nedenlerinden birkaç tanesidir. YTZY kapsamında üreticiden tüketiciye ve sonrasında tüketiciden üreticiye doğru uygulanacak her türlü geri dönüşüm uygulamaları işletmelerde ekonomik değer yaratmaktadır. Bu durum işletmelerde, çevreye karşı zararların önüne geçilirken aynı zamanda maliyeti düşürerek ekonomik refah seviyesinin artmasına neden olmaktadır. Örneğin; Handfield vd., (2005) YTZY uygulamalarının israfı kaynağında önleyerek, etkinliğin sağlandığını ve bunun sonucunda işletmelerde EP'yi artırdığını tespit etmişlerdir. Bu sonuç, Kirchoff (2011) kaliteyi ve etkinliği artırarak işletme performansında meydana gelen iyileşme ile aynı doğrultudadır (Günday, 2018:80).

Çankaya ve Sezen (2019) üretim firmaları üzerinde yaptıkları çalışma sonucuna göre, yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil dağıtım ve tersine lojistik uygulamaları dışında diğer YTZY uygulamalarının, EP üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisinin olduğu anlaşılmıştır. Çankaya (2015) yaptığı çalışmada YTZY uygulamalarının, EP üzerinde olumlu etkileri olduğu belirlemiştir. Yıldız'ın (2020) yaptığı çalışma sonucuna göre, YTZY uygulamalarından sadece eko tasarımın, EP üzerinde pozitif ve anlamlı bir etki bıraktığı anlaşılmıştır. Yıldız ve Çavdar (2020) yaptıkları çalışma sonucunda, yeşil üretim ve ters lojistiğin, EP üzerinde anlamlı bir etki bıraktığını belirlemişlerdir. Alagöz'ün (2022) 200 firma yöneticisi ile yaptığı çalışma sonucunda, çevre yönetimi uygulamasının, EP'ye pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etki sağlamadığı anlaşılmıştır. Mevcut literatür dikkate alındığında genel olarak YTZY uygulamaları ile EP arasında pozitif bir ilişkiden bahsetmek mümkündür.

Buradan hareketle, bu çalışmada YTZY uygulamaları ile EP arasında aşağıdaki hipotezler geliştirilmiştir.

H3: YTZY uygulamaları ile EP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H3a: Çevre yönetim sistemi ile EP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H3b: Yeşil satın alma ile EP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H3c: Yeşil üretim ile EP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H3d: Yeşil dağıtım ile EP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H3e: Eko-tasarım ile EP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H3f: Tersine lojistik ile EP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H3g: Yeşil pazarlama ile EP arasında pozitif bir ilişki vardır.

3.4. YTZY Uygulamaları ve Operasyonel Performans (OP)

YTZY uygulamaları, ürün kalitesini geliştirerek, stok seviyelerini azaltarak ve teslimat sürelerini iyileştirerek işletmelerin OP'lerini geliştirmelerine olanak sağlamaktadır (Zhu vd., 2010). Yu vd. (2014), YTZY uygulamalarının, OP üzerinde esneklik, kalite, teslimat ve maliyet gibi olumlu etkilerinin olduğunu açıklamışlardır. YTZY, atıkların geri dönüştürülmesi, iş süreçlerinin verimliliğini artırma, ekolojik dengenin sağlanması gibi toplum yararına olan uygulamalar ile yeni müşteriler ve tedarikçileri çekme olanağı sağlamaktadır. Bu doğrultuda, bu uygulamalar, işletmelerin maliyet tasarrufu yapmasına ve teslimat sürelerinin kısalmasına imkân tanıyarak stok seviyelerinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Sonuç olarak bu durum, işletmelerin OP'lerinin gelişmesini sağlayarak piyasada rekabetçi bir konum elde etmelerine olanak sağlayabilir (Abdallah ve Al-Ghwayeen, 2020:495).

Öçlü'nün (2015) KOBİ'lerde YTZY ve işletme performansı arasındaki ilişkinin incelenmesine ilişkin yaptığı çalışmada, tüm YTZY uygulamalarının, OP ile pozitif bir ilişki içinde olduğu sonucuna varmıştır. Yangınlar'ın (2015) çalışmasında, tüm YTZY uygulamalarının, OP ile güçlü bir ilişki içinde olduğunu ve bu ilişkinin firmaların kurumsal imajına katkı sağladığını tespit etmiştir. Öte yandan Abdallah ve Al-Ghwayeen (2020) farklı endüstrilerde bulunan 215 üretim işletmesi üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda, YTZY uygulamalarının, OP ile pozitif ve anlamlı bir ilişki içinde olduğunu belirlemişlerdir. Jabbour vd., (2016), imalat ve sanayi firmalarında YTZY'nin, OP ile pozitif bir ilişki içinde olduğunu bulmuşlardır. Masa'deh vd. (2017), YTZY uygulamalarının, firmalarda israfı en aza indirdiğini, maliyeti azalttığını ve OP'yi iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Inman ve Green (2018), YTZY uygulamalarının, imalat firmalarında OP'yi iyileştirdiğini tespit etmiştir. Mevcut literatür göz önünde bulundurularak yapılan çalışmada YTZY uygulamaları ile OP arasında aşağıdaki hipotezler geliştirilmiştir;

H4: YTZY uygulamaları ile OP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H4a: Çevre yönetim sistemi ile OP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H4b: Yeşil satın alma ile OP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H4c: Yeşil üretim ile OP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H4d: Yeşil dağıtım ile OP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H4e: Eko-tasarım ile OP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H4f: Tersine lojistik ile OP arasında pozitif bir ilişki vardır.

H4g: Yeşil pazarlama ile OP arasında pozitif bir ilişki vardır.

4. Yöntem

Bu çalışmada, YTZY uygulamaları ile işletme performansı arasındaki ilişki bir meta analiz yöntemi ile test edilmiştir. Meta analiz, sosyal, davranışsal ve sağlık alanlarında yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarını özetleyen ve çalışmalardan elde edilen bulgulara istatistiksel analizler uygulamak için kullanılan bir analiz yöntemidir (Karadağ vd., 2015:81; Yıldırım ve Şen, 2020:1). Meta analiz, çok sayıda çalışmaya ait sonuçları, tek bir sonuca indirmek için kullanılan nicel bir analiz yöntemidir (Yıldırım ve Şen, 2020:2). Ayrıca, meta-analiz, bir veya birden fazla çalışma ile net bir şekilde cevaplanamayan hipotezleri güçlü bir şekilde test edebilmekte ve bunun sonucunda oluşan tartışmalara son noktayı koyabilmektedir. Meta-analizin bu durumu nasıl başarılı bir şekilde kanıtladığı önceki çalışmaların incelenmesiyle anlaşılabilir (Wampold vd., 2000:67). Yapılan çalışmada, meta analiz sonucunda elde edilen bulgular “PRISMA 2009 Checklist” kriterlerine uygun olarak raporlanmıştır (Göçen ve Şen, 2021:4; Moher vd., 2009).

4.1. Arama Stratejisi ve Dâhil Etme Kriterleri

Türkiye’de faaliyet gösteren firmalarda YTZY uygulamaları ile işletme performansı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalara, araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan “ProQuest, EBSCOHost, Google Scholar, Elsevier Science Direct, Springer Link, JSTOR Journals, Emerald Insight, Ulakbim Keşif, YÖK Ulusal Tez Merkezi, DergiPark” olmak üzere ulusal ve uluslararası online akademik veri tabanları üzerinden ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu veri tabanlarında yer alan hakemli ve hakemsiz dergilerde yayınlanmış makaleler, yayınlanmış tüm yüksek lisans ve doktora tezleri, kongre ve sempozyumlarda sunulan bildiriler ve tam metinler aramaya dâhil edilmiştir. Meta-analiz çalışmalarında sadece istatistiksel açıdan anlamlı olan çalışmaların analize dâhil edilmesi genel meta-analizi amacından uzaklaştırmaktadır (Davis vd., 2014:7). Buradan hareketle bu çalışmada, yayın yanlılığının önüne geçmek için, sadece istatistiksel açıdan anlamlı olan çalışmalar değil aynı zamanda istatistiksel açıdan anlamlı olmayan çalışmalarda arama kapsamına alınmıştır.

Online veri tabanlarında arama yapılırken, güncelliği sağlamak amacıyla 2010 ile 2022’nin ilk altı ayını kapsayacak şekilde “YTZY uygulamaları ile işletme performansı” arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar meta-analiz sürecine dâhil edilmiştir. Meta-analiz sürecinde, iki sürekli değişken arasında etki büyüklüğünü hesaplamak için değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarından yararlanılmaktadır (Yıldırım ve Şen, 2020:27).

Çalışmalarda iki sürekli değişken arasında hesaplanan korelasyon katsayısı (r), aynı zamanda bir etki büyüklüğü değeri varsayılmaktadır (Field, 2001:161; Law vd., 1994). Buradan hareketle, 2010 ve sonrasında YTZY uygulamaları ile işletme performansı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların artması meta analiz için gerekli olan korelasyon verileri ve türevlerine ulaşabilme konusunda olanak sağladığından söz konusu tarih aralığı tercih edilmiştir.

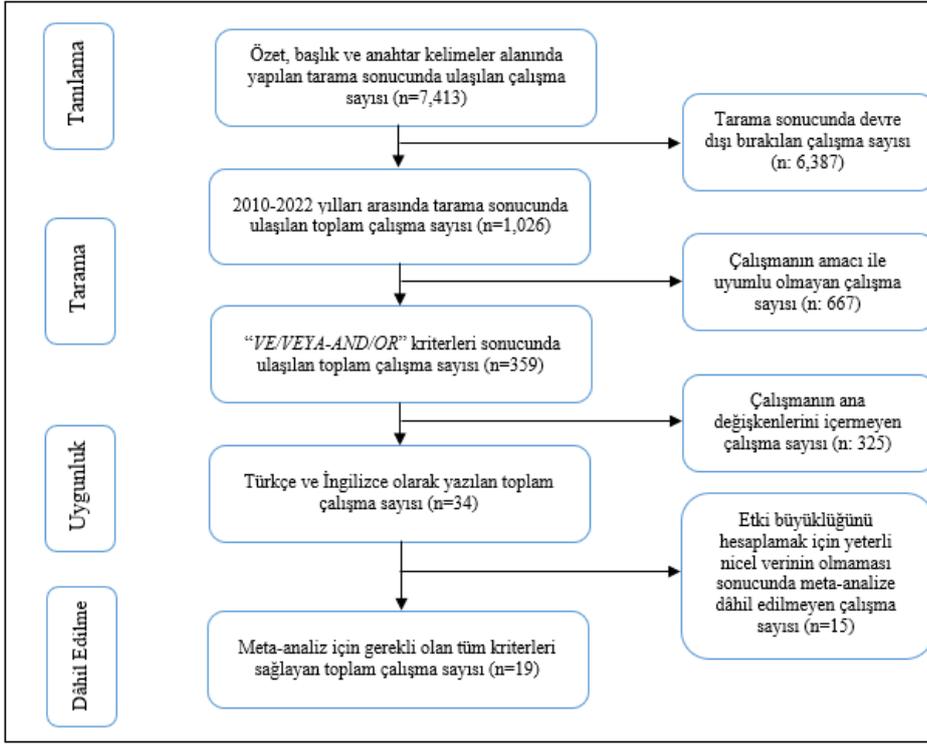
Yapılan aramalar Türkiye’de faaliyet gösteren firmalar özelinde yapılmıştır.

- 1) Yukarıda yer alan veri tabanlarının arama motorlarına, “*yeşil tedarik zinciri, performans*” şeklinde girilerek çalışmaların başlık, özet ve anahtar kelimeler alanında taramalar yapılmıştır. Tarama sonucunda 7,413 adet çalışmaya ulaşılmıştır.
- 2) Tarama yapılırken 01.01.2010 ve 30.06.2022 tarih aralığı seçilmiştir. Yapılan taramalar sonucunda, başlık, özet ve anahtar kelimelere göre toplam 1,026 adet çalışmaya ulaşılmıştır.
- 3) Daha sonra arama motorlarına, “*yeşil tedarik zinciri yönetimi VE performans*”, “*yeşil tedarik zinciri yönetimi VEYA performans*”, “*yeşil tedarik zinciri yönetimi AND performans*”, “*yeşil tedarik zinciri yönetimi OR performans*” şeklinde kombinasyonlar kullanılarak tarama yapılmıştır. Tarama sonucunda 359 adet olan bir çalışma havuzu oluşturulmuştur.
- 4) Tarama sonucunda ulaşılan çalışmalar Türkçe ve İngilizce dillerinde yazılmış olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Yapılan sınırlandırma sonucunda 34 adet çalışmaya ulaşılmıştır.
- 5) Meta-analizde iki sürekli değişken arasında etki büyüklüğünü hesaplayabilmek için korelasyon verilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Field, 2001; Yıldırım ve Şen, 2020:27). Buradan hareketle, kalan çalışmaların içerikleri derinlemesine incelendikten sonra korelasyon verileri ve korelasyon verilerinin hesaplanmasında kullanılan sayısal verileri (örneklem sayısı, t-test değeri ve standartlaştırılmış regresyon (β) katsayısı) içeren toplam 19 çalışmaya ulaşılmıştır.

Yukarıda yapılan arama kriterleri sonucunda araştırma örnekleme toplam 19 çalışma dâhil edilmiştir. Uluslararası literatürde araştırmacılar, meta analiz çalışmalarında PRISMA (2009) yönergelerine ilişkin iş akış şemasının kullanılmasını önermektedirler (Bonazza vd., 2017). PRISMA Yönergesinin amacı, araştırmacılara sistematik inceleme ve meta-analiz çalışmalarının sunumunu ve raporlanmasını iyileştirmede yardımcı olmaktır (Moher vd., 2009). Arama kriterleri sonucunda, örneklem kapsamındaki çalışmalara nasıl ulaşıldığını daha iyi bir şekilde kavrayabilmek için aşağıda Şekil 1’de PRISMA (2009) yönergelerine uygun bir iş akış şeması oluşturulmuştur.

4.2. Kodlama Prosedürü

Kodlama işlemi temelde bir veri ayıklama işlemi olup, çalışmalardaki karmaşık bilgilerin içinden daha net ve araştırmaya uygun verilerin çıkarılmasıdır (Çoğaltay, 2014:49). Arama kriterleri sonucunda meta-analize dâhil edilen çalışmalar ayrıntılı bir şekilde incelendikten



Şekil 1. Veri toplama için PRISMA İş Akış Şeması

sonra doğru ve anlaşılır bir kodlama formu geliştirilmiştir. Kodlama formu oluşturulurken daha önceki meta-analiz çalışmalarında kullanılan kodlama formları gözden geçirilmiştir (Eser, 2022:20; Fu vd., 2022; Schyns ve Schilling, 2013). Yapılan çalışmada geliştirilen kodlama formunda çalışmanın yılı, yayın türü, yazarın adı, korelasyon değeri ve örneklem sayısına ilişkin bilgiler yer almaktadır.

4.3. Güvenilirlik ve Geçerlilik

Card'a (2012) göre, kodlama güvenilirliğinin sağlanması yapılacak olan meta-analiz çalışmalarının güvenilirliğini de etkilemektedir (Ateş ve Ünal, 2021). Bu çalışmada kodlama formunun güvenilirliğini belirlemek için yorumlayıcılar arası güvenilirlik kullanılmıştır. Yorumlayıcılar arası güvenilirliği test etmek için en sık kullanılan yöntem Cohen's Kappa istatistiğidir. Cohen's Kappa istatistiği, korelasyon değeri gibi -1 ile +1 arasında değerler almaktadır (McHugh, 2012; Stockings vd., 2015). Yapılan çalışmanın veri kodlama formu, bu çalışmadan bağımsız ve sosyal bilimler alanında uzman iki kişiye gönderilmiştir. Veri kodlama formunun birinci bölümü nesnel verileri içerdiğinden güvenilirliğe dâhil edilmemiştir. Yorumlayıcılar arası güvenilirlik sonucunda hesaplanan Cohen's Kappa değeri 0,83 olarak bulunmuştur. Cohen's Kappa değerinin 0,80 ve 0,90 arasında olması güçlü bir güvenilirliğin olduğunu göstermektedir (McHugh, 2012). Dolayısıyla, Cohen's Kappa değerine göre, bu çalışmada kullanılan veri kodlama formunun güvenilir olduğunu söylemek mümkündür.

4.4. Meta-Analiz Süreci ve Veri Analizi

Yapılan çalışmada, meta-analiz süreci doğrultusunda gerekli istatistiksel analizler "Comprehensive Meta-Analysis (CMA-V3)" programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalara ilişkin veri kodlama formu için ise “Microsoft Excel 2016” programından yararlanılmıştır.

Meta-analizlerde elde edilen etki büyüklüğü, çalışma kapsamındaki değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü tespit edebilmek için kullanılan standart bir değerdir. Değişkenler arasındaki ilişkide etki büyüklüğünü ölçmek için kullanılacak birçok farklı değer mevcuttur. Pearson korelasyon katsayısı (r), etki büyüklüğü indeksi (d), olasılık oranları, regresyon katsayısı, Cohen’s d ve risk oranları gibi değerler bunlardan bazılarıdır (Field, 2001; Nakagawa ve Cuthill, 2007). Bu değerlerden Pearson korelasyon katsayısı, en sık kullanılan değerlerden birisidir (Ferguson, 2009; Law vd., 1994). Yapılan çalışmada, etki büyüklüğünü hesaplamak için Pearson korelasyon verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmada meta-analize dâhil edilen çalışmalara ve bunların korelasyon değerlerine ilişkin veri seti Şekil 3’te yer almaktadır.

Korelasyonel meta-analiz çalışmalarında aynı yapı kategorileri arasında birden fazla korelasyon değeri verildiğinde, bunlardan hangisinin meta-analizde kullanılabileceğine dair farklı iki yaklaşım söz konusudur (Schyns and Schilling, 2013; Çoğaltay, 2014:50-51). Birincisi, eğer korelasyonlar bağımsızsa, bütün ilgili korelasyonlar analize dâhil edilerek bağımsız çalışmalar gibi kabul edilmektedir. İkincisi, eğer korelasyonlar bağımlı ise, korelasyonların ortalaması alınmaktadır. Bu ortalama korelasyonları düzeltmek için farklı yöntemler mevcut olsa da bu yöntemlerin çoğu, yüksek korelasyon tahminlerine yol açma eğilimindedir (Schyns ve Schilling, 2013). Bu nedenle, ortalama korelasyonu kullanmak bütün korelasyonun korunumlu bir tahminini oluşturduğundan, yapılan çalışmada korunumlu tahmin tercih edilmiştir.

Çalışmada, meta-analize dahil edilen bazı çalışmalarda Pearson korelasyon (r) değerine ulaşılamamıştır. Bu nedenle, değişkenler arasındaki ilişkide r değerini hesaplamak için β (standartlaştırılmış regresyon katsayısı) ve t-değerlerinden yararlanılmıştır. Peterson ve Brown (2005), eğer β ağırlıkları -0,5 ile 0,5 arasında değişiyorsa, standartlaştırılmış β ağırlıklarını r’ye dönüştürülebileceğini ifade etmektedirler (Lenhard ve Lenhard, 2016). Buna ilaveten, Borenstein ve diğerleri (2009) ile Rosenthal ve DiMatteo (2001), standartlaştırılmış β katsayılarının nicel meta-analiz çalışmalarında doğrudan bir şekilde r değerlerinin yerine kullanılabileceğini ifade etmişlerdir (Bowman, 2012). Ayrıca Ferguson’da (2009), bazı formüller ile t-değerinin kolaylıkla r değerine dönüştürülebileceğini ifade etmiştir (Ferguson 2009). Bu nedenle, (r) değeri olmayan çalışmalarda, eğer β değeri ve t-değeri varsa bu değerler Pearson korelasyon (r) katsayısına dönüştürülmüştür (Lenhard ve Lenhard, 2016; Wilson, 2014). Daha sonra, bulunan r değeri Fisher’s Z değerine dönüştürülmüş ve analizler Fisher’s Z değeri üzerinden yapılmıştır. Analizler sonucunda bulunan Fisher’s Z değeri korelasyon katsayısına (r) dönüştürülerek yorumlanmıştır (Xu vd., 2020). Yapılan tüm etki büyüklüğü hesaplamalarında 0,05 anlamlılık düzeyi ve %95 güven aralığı esas alınmıştır. %95 güven aralığının (0) değerini içermemesi gerekmektedir. Aksi takdirde meta-analiz sonucunda ulaşılan ortalama etki büyüklüğü 0,05 düzeyinde anlamlı olmayacaktır (Duval ve Tweedie, 2000). Meta-analiz sonuçlarında anlamlılık (p) düzeyi ile birlikte güven aralığı (GA) değerinin de raporlanması, meta-analiz sonuçlarının yorumlanmasında sadece pratik düşünmeyi

değil aynı zamanda etkili düşünmeyi de teşvik etmektedir. Etki büyüklükleri ve bunların güven aralıklarının meta-analitik raporlarda kullanımı, sonuçların daha iyi anlaşılmasını sağlayarak verilerden etkili istatistiksel çıkarımlar elde etmeye olanak sağlamaktadır (Nakagawa and Cuthill, 2007).

Meta-analize dâhil edilen çalışmalar arasındaki heterojenliği belirlemek için literatürde sıklıkla kullanılan Cochran'ın Q testi ve I^2 istatistiği kullanılmıştır. Araştırmacıların, meta-analiz çalışmalarında sonuçları sabit etkiler modeline göre mi yoksa rastgele etkiler modeline göre mi raporlaması gerektiği arasında seçim yapmaları gerekmektedir. Andy P. Field (2001), sosyal bilimler alanında yapılan meta-analiz çalışmalarında rastgele etkiler modelinin kullanılmasının daha uygun olduğunu önermektedir. Ayrıca birçok araştırmacı, rastgele etkiler modelinin sabit etkiler modeline göre daha gerçekçi sonuçlar ürettiğini belirtmişlerdir (Ades vd., 2005). Yapılan açıklamalar doğrultusunda yapılan çalışmada, meta-analiz sürecinde rastgele (random) etkiler modeli kullanılmıştır.

Korelasyon değerlerinin kullanıldığı meta-analiz çalışmalarında etki büyüklüğü yorumlanırken, korelasyona karşılık gelen değer kullanılması gerekmektedir. Lipsey ve Wilson'a (2001:147), korelasyon değerinin etki büyüklüğü olarak alındığı durumlarda, etki büyüklüğü değerinin 0,10'a karşılık gelmesi küçük etkiyi; 0,25'e karşılık gelmesi orta etkiyi; 0,40'a karşılık gelmesi ise büyük etkiyi ifade etmektedir. Benzer olarak, Cohen (1983) 0,10'dan küçük bir korelasyon etki boyutunun zayıf, 0,10-0,30 arası orta, 0,30'dan büyükse güçlü olduğunu ifade etmektedir (Geng vd., 2017:251). Lachenbruch (1989) ise, etki büyüklüğü değerinin 0,21-0,79 arasında çıkması iki sürekli değişken arasında orta düzeyde bir ilişkinin olduğunu ifade etmektedir (Fu vd., 2022).

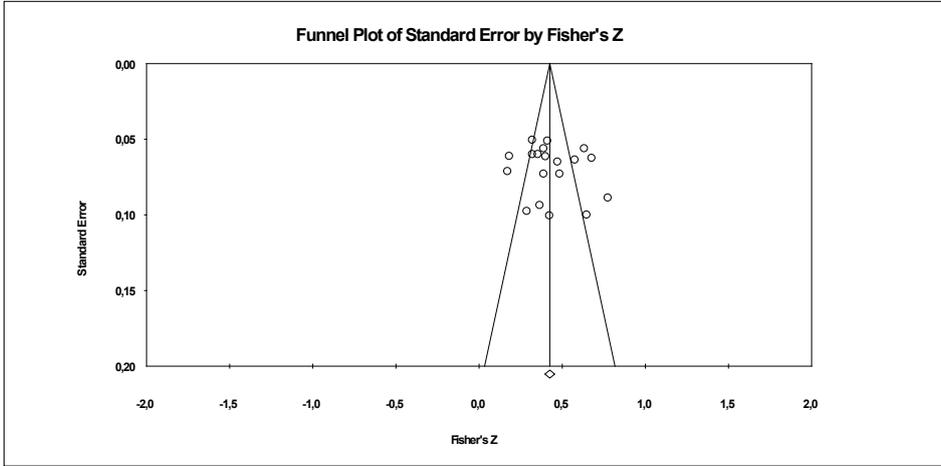
5. Bulgular

5.1. Yayın Yanlılığı

Yayın yanlılığı, meta-analizler ve literatür taraması için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, meta-analize geçmeden önce araştırmacıların çözmesi gereken ilk problem yayın yanlılığıdır (Xu vd., 2020). Yapılan çalışmada, yayın yanlılığının önüne geçmek için sadece istatistiksel olarak anlamlı olan çalışmalar değil aynı zamanda istatistiksel olmayan çalışmalara da yer verilmiştir. Meta-analiz çalışmalarında yayın yanlılığın tespit edilmesinde bir dizi grafik ve çok sayıda sayısal yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin başında huni grafikleri ve güvenli (fail-safe) N değerleri gelmektedir. Huni grafiğinde, yayın yanlılığının olmaması için meta-analize dâhil edilen çalışmaların hepsinin huni grafiğinin üst kısmında ve simetrik bir şekilde dağılması gerekmektedir. Fakat simetrikliğin çok net olmadığı durumlarda huni grafiğinin değerlendirilmesinde bazen araştırmacılar, subjektif yaklaşabilmektedirler (Duval ve Tweedie, 2000.) Bu durum, huni grafiğinin eleştirilen bir yönüdür (Yıldırım ve Şen, 2020). Dolayısıyla meta-analiz sonucunun yayın yanlılığı değerlendirilirken huni grafiğine ek olarak, güvenli (fail-safe) N değerlerinin kullanılması meta-analiz sonuçlarının daha güvenilir ve geçerli olmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, yayın yanlılığının tespit edilmesinde huni grafiği ve Rosenthal'ın (1979) güvenli N'sine ek olarak Orwin'nin (1983) güvenli N'si kullanılmıştır. Bu yöntemler, CMA programı ile hesaplanabilmektedir.

Meta-analize dâhil edilen çalışmaların yayın yanlılığına ilişkin huni grafiği aşağıda Şekil 2’de yer almaktadır.



Şekil 2. Huni Grafiği

Şekil 2’de huni grafiğinde yer alan yuvarlak noktalar bireysel çalışmaları gösterirken, elmas şeklindeki nokta ise genel etkiyi göstermektedir. Huni grafiğinde bulunan noktalara bakıldığında, çalışmaların huni grafiğinin üst noktasında ve grafiğin etrafında simetrik bir şekilde dağıldığını söylemek mümkündür. Dolayısıyla, huni grafiğine göre yapılan çalışmada yayın yanlılığının olmadığı söylenebilir.

Daha önce ifade edildiği gibi, huni grafiği istatistiksel bilgi içermediğinden bazen araştırmacılar tarafından eleştirilmektedir. Buradan hareketle bu çalışmada yayın yanlılığının olup olmadığını tespit edebilmek için huni grafiğine ek olarak güvenli (fail-safe) N değerlerinin de hesaplanması daha güvenilir ve geçerli sonuçlar ortaya koyacaktır. Bu değerlere ilişkin bulgular aşağıda Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2: Güvenli (fail-safe) N Değerlerine İlişkin Bulgular

Güvenli (fail-safe) N Değeri		Sonuçlar
Rosenthal’ın Güvenli (fail-safe) N Değeri	Gözlemlenen çalışmalar için z-değeri	27,795
	Gözlemlenen çalışmalar için p-değeri	0,000
	Alfa	0,050
	Yön	2
	Alfa için z-değeri	1,960
	Gözlemlenen çalışma sayısı	19
	Güvenli N değeri	3802,000
Orwin’in Güvenli (fail-safe) N Değeri	Korelasyon (<i>r</i>) değeri	0,408
	“Önemsiz” korelasyon değeri için kriter	0,001
	Eksik çalışmalarda ortalama korelasyon	0,000
	Korelasyonu 0,001’in altına çekmek için gerekli çalışma sayısı	8061

Rosenthal’ın güvenli N değeri, istatistiksel olarak anlamlı bulunan örneklem dâhilindeki çalışmaların etki büyüklüğü değerini, istatistiksel olarak anlamlı olmayan duruma

getirebilmek için gerekli olan yayınlanmamış çalışma sayısını vermektedir. Bu sayı ne kadar büyük olursa yayın yanlılığı o kadar az olmaktadır (Kansızoglu, 2017). Buradan hareketle, Rosenthal, $N_R > 5k+10$ ($k=meta-analize dâhil edilen çalışma sayısı$) olması durumunda yayın yanlılığının minimum düzeyde olacağını ifade etmektedir (Yıldırım ve Şen, 2020). Tablo 2’de bulunan değerler formülde yerine konulduğunda, Güvenli N değerinin ($3802 > 105$) oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Buradan hareketle, Rosenthal’ın güvenli N’sine göre, bu çalışmada yayın yanlılığının olmadığını söylemek mümkündür.

Tablo 2’de yayın yanlılığını tespit etmek için kullanılan diğer bir yöntem ise Orwin’in Güvenli N’sidir. Orwin’in güvenli N yöntemi, meta-analiz sonucunda bulunan ortalama etki büyüklüğünü belirli bir değere düşürebilmek için gerekli olan yayınlanmamış çalışma sayısını vermektedir (Orwin, 1983). Bu sayı ne kadar yüksek olursa, yayın yanlılığının da o kadar az olduğunu söylenebilir. Buradan hareketle, Tablo 2’de Orwin’in güvenli N yöntemine göre bu çalışmadaki etki büyüklüğü değerini 0,001’e getirebilecek çalışma sayısının 8061 olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan bu sonucun oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç, yapılan çalışmada yayın yanlılığının olmadığını ayrı bir göstergesidir.

5.2. Etki Değeri Büyüklüğü

Etki büyüklüğü, meta-analizin doğasını oluşturmaktadır. Meta-analiz çalışmalarında kullanılan etki büyüklüğü resmin sadece bir kısmını değil, tamamını görmemize yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada, etki büyüklüğünü hesaplamak için Pearson korelasyon (r) değerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada heterojenliği hesaplamak için yukarıda belirtildiği gibi (Bölüm 4.4) Cochran’ın Q testi ve I^2 istatistiği kullanılmıştır. Q testi, ki-kare (χ^2) tablosunda serbestlik derecesine (df) karşılık gelen değerdir. Heterojenlik testi sonucunda elde edilen, Q değeri, χ^2 tablosunda ki Q değerinden büyük ise çalışmanın heterojen olduğu söylenebilir (Dinçer, 2021). I^2 istatistiği, Q’dan farklı olarak, etki büyüklüğüne bağlı olmayan sezgisel bir heterojenlik ölçüsüdür. I^2 istatistiği, %75 sınır değerini aşması durumunda yüksek düzeyde heterojenlikten bahsetmek mümkündür (Ateş and Ünal, 2021).

Etki büyüklüğü ve heterojenlik testlerine ilişkin meta-analiz sonuçları aşağıda Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3: Etki Büyüklüğü (Pearson r) ve Heterojenlik Testi Sonuçları

Model	Etki Büyüklüğü (EB)		%95 Güven Aralığı (GA)		Sıfır Hipotez Testi (İki-Yönlü)		Heterojenlik			
	m	EB	Alt sınır	Üst sınır	Z-değeri	p	Q	df	p	I^2 (%)
Fixed	19	0,401	0,376	0,426	28,064	0,000	97,838	18	0,00	81,602
Random	19	0,408	0,348	0,465	12,051	0,000				

Z: Sıfır hipotezine karşılık gelen değer; Q ve I^2 (heterojenlik göstergeleri); df: Serbestlik dercesi; m: Çalışma sayısı.

Tablo 3’te veriler heterojenlik testine tabi tutulduğunda Q ($df=18$) istatistiği değerinin 97,838 olduğu hesaplanmıştır ($p < 0,001$). Elde edilen Q istatistiği değerinin ki-kare

(χ^2) tablosundan 0,05 güven düzeyinde okunan 18 serbestlik derecesi değeri aşması ($df=18$, $\chi^2(0,05) = 28,869$) verilerin heterojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Ayrıca verilerden hesaplanan I^2 değerinin 96,367 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla I^2 (96,367) değerinin %75 sınır değerini aşarak yüksek düzeyde heterojenliğin olduğunu göstermektedir. Q istatistiği ve I^2 değerlerine bakılarak dağılımın heterojen olduğu sonucuna varmak mümkündür.

Etki büyüklüğü değeri önce Fisher's Z değeri üzerinden hesaplanarak daha sonra korelasyon katsayısına (r) dönüştürülerek yorumlanmıştır (Xu vd., 2020). Analiz sonuçlarına göre etki büyüklüğü değeri, Fisher's Z değeri cinsinden sabit etkiler modeline göre 0,425; rastgele etkiler modeline göre ise 0,433 olarak bulunmuştur. Tablo 3'te Fisher's Z değeri korelasyon (r) değerine dönüştürüldüğünde sabit etkiler modeline göre korelasyon (r) değeri 0,401; rastgele etkiler modeline göre ise bu değer 0,408 çıkmaktadır. Rastgele etkiler modeli analiz sonuçlarına göre güven aralığının 0,348 ile 0,465 arasında ve 0,05 ($p=0,00$) düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Lipsey ve Wilson'a (2001) göre yapılan çalışmada ortaya çıkan genel etki büyüklüğü değerinin pozitif ve büyük bir etkiye sahip olduğunu söylemek mümkündür. Buradan hareketle, YTZY uygulamaları ile işletme performansı arasında pozitif, anlamlı ve güçlü bir ilişkinin varlığından bahsetmek mümkündür ($r= 0,408$; $GA= [0,348;0,465]$; $p<0,001$). Buradan hareketle, araştırmanın ana hipotezi olan H1 hipotezinin doğrulandığını söylemek mümkündür.

Bu çalışmanın alt hipotezlerine ilişkin genel etki büyüklüğü ve heterojenlik testlerine ilişkin bulgular aşağıda Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4'te YTZY uygulamaları ile ÇP arasındaki etki büyüklüğünün 0,378 olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($\beta= 0,378$; $GA= [0,295;0,457]$; $p<0,001$). Ayrıca ÇYS, YSA, YÜ, YD, ET, TL ve ÇP arasındaki etki büyüklükleri sırasıyla 0,373, 0,428, 0,553, 0,294, 0,361, 0,387 ve 0,499 olup ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$). Buradan hareketle, H2, H2a, H2b, H2c, H2d, H2e, H2f ve H2g hipotezlerinin doğrulandığını söylemek mümkündür. Daha önceki çalışmalara dayanarak (Fu vd., 2022), YTZY ve çeşitli uygulamaları ile ÇP arasında pozitif ve orta düzeyde bir ilişkiden bahsetmek mümkündür. Bu hipotezlerin sonuçları, ilgili alanda yapılan çalışma sonuçlarını desteklemektedir.

Tablo 4'te YTZY uygulamaları ile EP arasındaki etki büyüklüğünün 0,367 olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($\beta= 0,367$; $GA= [0,297;0,433]$; $p<0,00$). Ayrıca ÇYS, YSA, YÜ, YD, ET, TL ve EP arasındaki etki büyüklükleri sırasıyla 0,269, 0,365, 0,511, 0,404, 0,368, 0,397 ve 0,347 olup ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$). Buradan hareketle, H3, H3a, H3b, H3c, H3d, H3e, H3f ve H3g hipotezlerinin doğrulandığını söylemek mümkündür. Analiz sonucunda ortaya çıkan etki büyüklüğü değerleri, YTZY ve çeşitli uygulamaları ile EP arasında pozitif ve orta düzeyde bir ilişkinin varlığını göstermektedir.

Tablo 4'te diğer bir ilişki ise YTZY uygulamaları ile OP arasındaki ilişkidir. Bu ilişkide etki büyüklüğü değeri 0,421 olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu söylemek mümkündür ($\beta= 0,421$; $GA= [0,312;0,520]$; $p<0,001$). Ayrıca YSA, YÜ, YD, ET, TL

Tablo 4: Alt Hipotezlere İlişkin Etki Büyüklüğü (*Pearson r*) ve Heterojenlik Testi Sonuçları

YTZY Uygulamaları ve ÇP Arasındaki İlişkiye Ait Hipotezler						Heterojenlik				
Hipotezler	β	<i>m</i>	<i>n</i>	%95 (GA)	<i>p</i>	Q	I2(%)	<i>df</i>	Sonuç	
H2	YTZY↔ÇP	0,378	11	2580	[0,295;0,457]	0,00	57,603	82,640	10	Kabul
H2a	ÇYS↔ÇP	0,373	7	1482	[0,224;0,506]	0,00	59,902	89,984	6	Kabul
H2b	YSA↔ÇP	0,428	8	1908	[0,323;0,523]	0,00	49,381	85,824	7	Kabul
H2c	YÜ↔ÇP	0,553	4	815	[0,411;0,669]	0,00	20,776	85,561	3	Kabul
H2d	YD↔ÇP	0,294	3	638	[0,068;0,491]	0,00	16,948	88,199	2	Kabul
H2e	ET↔ÇP	0,361	6	1565	[0,218;0,488]	0,00	47,225	89,412	5	Kabul
H2f	TL↔ÇP	0,387	6	1535	[0,270;0,493]	0,00	32,883	84,795	5	Kabul
H2g	YP↔ÇP	0,499	3	624	[0,186;0,720]	0,00	38,389	94,790	2	Kabul
YTZY Uygulamaları ve EP Arasındaki İlişkiye Ait Hipotezler						Heterojenlik				
Hipotezler	β	<i>m</i>	<i>n</i>	%95 (GA)	<i>p</i>	Q	I2(%)	<i>df</i>	Sonuç	
H3	YTZY↔EP	0,367	9	2193	[0,297;0,433]	0,00	26,626	69,955	8	Kabul
H3a	ÇYS↔EP	0,269	5	1095	[0,148;0,383]	0,00	17,252	76,814	4	Kabul
H3b	YSA↔EP	0,365	6	1521	[0,307;0,421]	0,00	8,133	38,525	5	Kabul
H3c	YÜ↔EP	0,511	4	815	[0,372;0,627]	0,00	17,903	83,243	3	Kabul
H3d	YD↔EP	0,404	2	521	[0,312;0,488]	0,00	1,487	32,755	1	Kabul
H3e	ET↔EP	0,368	4	1178	[0,257;0,469]	0,00	13,418	77,641	3	Kabul
H3f	TL↔EP	0,397	5	1418	[0,278;0,488]	0,00	25,789	84,489	4	Kabul
H3g	YP↔EP	0,347	3	624	[0,178;0,496]	0,00	9,754	79,495	2	Kabul
YTZY Uygulamaları ve OP Arasındaki İlişkiye Ait Hipotezler						Heterojenlik				
Hipotezler	β	<i>m</i>	<i>n</i>	%95 (GA)	<i>p</i>	Q	I2(%)	<i>df</i>	Sonuç	
H4	YTZY↔OP	0,421	4	1049	[0,312;0,520]	0,00	11,961	74,918	3	Kabul
H4a	ÇYS↔OP	0,316	2	423	[-0,093;0,633]	0,13	13,973	92,843	1	Ret
H4b	YSA↔OP	0,439	4	1049	[0,321;0,545]	0,00	14,399	79,166	3	Kabul
H4c	YÜ↔OP	0,537	2	343	[0,457;0,609]	0,00	0,014	0,000	1	Kabul
H4d	YD↔OP	0,460	1	240	[0,354;0,554]	0,00	0,000	0,000	0	Kabul
H4e	ET↔OP	0,445	2	706	[0,253;0,604]	0,00	8,757	88,581	1	Kabul
H4f	TL↔OP	0,398	3	946	[0,217;0,553]	0,00	19,296	89,635	2	Kabul
H4g	YP↔OP	0,510	2	343	[0,384;0,604]	0,00	1,918	47,866	1	Kabul

β : Genel etki büyüklüğü; GA: Güven aralığı; Q ve I2 (heterojenlik göstergeleri); *df*: Serbestlik derecesi; *m*: Çalışma sayısı; *n*: Örneklem sayısı.

ve OP arasındaki etki büyüklükleri sırasıyla 0,439, 0,537, 0,460, 0,445, 0,398 ve 0,510 olup ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,001$). Fakat ÇYS ile OP arasında etki büyüklüğünün istatistiksel olarak anlamsız olduğu anlaşılmaktadır ($\beta = 0,316$; $GA = [-0,093; 0,633]$; $p = 0,13$). Böylece, H4, H4b, H4c, H4d, H4e, H4f ve H4g hipotezleri doğrulanırken H4a hipotezinin doğrulanmadığını söylemek mümkündür. Bu sonuçlardan hareketle, YTZY ve çeşitli uygulamaları (ÇYS hariç) ile OP arasındaki ilişkinin güçlü ve anlamlı olduğunu söylemek mümkündür.

6. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, 2010'dan 2022'nin ikinci yarısına kadar 19 bağımsız çalışmaya dayalı olarak YTZY uygulamaları ile işletme performansı (İP) arasındaki ilişkiyi meta analitik bir yöntemle kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Türkiye'de yapılan çalışmalara bakıldığında YTZY uygulamaları ve İP ile ilgili literatür çoğunlukla ampirik çalışmalardan

oluşmaktadır. Fakat yapılan çalışmalarda YTZY uygulamaları ile İP arasındaki ilişkiye yüksek bir örneklem hacmi ile geniş bir çerçeveden bakmayı sağlayacak meta-analiz çalışmasına rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışma, titiz bir literatür seçimi, tutarlı ve güvenilir bir kodlama süreci ile kapsamlı istatistiksel yöntemlerle YTZY ve İP ile ilgili literatüre zenginlik katarak daha genel ve düzenli sonuçlar çıkarmaya yardımcı olabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca yapılan çalışma, kısmen geleneksel deneysel araştırma yöntemlerinin sınırlamalarından kaçınarak, YTZY’de meta-analiz yöntemlerinin uygulanmasını genişletmektedir. Yapılan açıklamalar neticesinde söz konusu literatür doğrultusunda yapılan çalışmanın, özgün bir nitelikte olduğunu ve gelecekte bu alanda çalışma yapacak araştırmacılara rehber bir kaynak olacağını söylemek mümkündür.

6.1. YTZY Uygulamaları ve İşletme Performansı

Bu araştırmanın bulguları, YTZY uygulamaları ile işletme performansı (çevresel, ekonomik, operasyonel) arasındaki ilişkinin güçlü ve anlamlı olduğunu göstermektedir ($r= 0,408$; $GA= [0,348;0,465]$; $p<0,001$). İlgili literatürde yapılan çalışmalar (Bölüm 3.1) genellikle YTZY ve çeşitli uygulamaları ile performans arasında pozitif bir ilişkinin varlığından söz etmektedir. Dolayısıyla yapılan çalışmada YTZY ve işletme performansı arasında ortaya çıkan bu güçlü ve anlamlı ilişki, ilgili literatürdeki çalışmaların sonuçlarını desteklemektedir. İşletmelerde YTZY uygulamalarının benimsenmesi başlangıçta yüksek yatırımlar gerektirse de enerji tasarrufu, israfın azaltılması, operasyonel verimliliğin ve müşteri imajının artırılması gibi faydalar sağlaması açısından yatırım maliyetlerinin önüne geçebilmektedir (Geng vd., 2017).

6.2. YTZY Uygulamaları ve Çevresel Performans

YTZY uygulamaları ile ÇP arasında güçlü ve pozitif bir ilişki olduğu analiz sonuçlarından anlaşılmaktadır ($r= 0,378$; $p<0,001$). ÇP ile en yüksek etki değerine sahip YTZY uygulaması yeşil üretim değişkenidir ($r= 0,553$; $p<0,001$). Bu sonuç, çevreye duyarlı hammaddelerin satın alınması ve işleme konulması, üretimde ve sonrasında ekolojik dengenin korunmasında yüksek bir fayda sağlayacağını ifade etmektedir. Çevreye duyarlı üretim için yapılabilecek işlemlerden biri de israfın azaltılmasıdır. Bu sayede daha az kaynak tüketilecek ve ortaya çıkan atık miktarı azaltılacaktır. Yeşil üretimin aksine, ÇP ile en düşük ilişki katsayısına sahip olan YTZY uygulaması ise yeşil dağıtımdır ($r= 0,294$; $p<0,001$). Bu sonuç, Türkiye’deki işletmelerin çevreye duyarlı stratejiler geliştirirken en az önem verdikleri YTZY uygulaması olduğunu söylemek mümkündür. Oysaki YD, dağıtımdan kaynaklanan çevresel etkileri en aza indirmeye çalışan önemli bir stratejik araçtır. YD, yakıt tüketimini azaltarak, dağıtım yolunu optimize ederek ve yükleme işlemlerinde maksimum kapasiteyi kullanarak çevresel performansın iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu sonuçtan hareketle, Türkiye’deki işletmeler, YTZY’nin önemli bir ayağını oluşturan YD faaliyetleri konusunda daha kapsamlı ve etkileyici stratejiler veya politikalar geliştirmelidirler.

Ayrıca çalışma sonuçlarından ÇP’nin, diğer YTZY uygulamaları olan YSA ($r=0,428$; $p<0,001$), ÇYS ($r=0,373$; $p<0,001$), ET ($r=0,361$; $p<0,001$), TL ($r=0,387$; $p<0,001$) ve YP ($r=0,499$; $p<0,001$) ile güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkilerin olduğunu

söylemek mümkündür. Bu sonuç ile işletmelerin, bir ürünün yaşam döngüsü içerisinde tasarım aşamasından başlayarak, geri dönüşüme kadar çevresel düşüncüyü dikkate alarak faaliyetlerini sürdürdüklerini ifade edebiliriz. Türkiye'deki işletmelerin çevresel performanslarındaki iyileşmenin büyük ölçüde bu uygulamalardan kaynaklandığı söylemek mümkündür.

6.3. YTZY Uygulamaları ve Ekonomik Performans

Yapılan çalışmanın hipotezleri arasında, YTZY ve çeşitli uygulamaları ile EP arasındaki ilişkidir. Bu çalışmanın sonucu, YTZY uygulamaları ile EP arasında güçlü ve pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir ($r= 0,367$; $p<0,001$). Bu sonuçtan hareketle, finansal açıdan şirketler YTZY uygulamalarına yatırım yaptıklarında, stok yatırımlarını azaltabilir, varlıkların geri kazanımını artırabilir ve maliyetleri kontrol altına alarak ekonomik performansın iyileşmesine katkı sağlayabilirler (Huang vd., 2012). Bu nedenle, bu sonuç, Türkiye'deki YTZY uygulamaları ile ekonomik performans arasındaki ilişkiye ilişkin önceki literatürün bulgularını doğrulamaktadır (Çankaya, 2015). YTZY uygulamaları ile EP arasındaki ilişkiyi karşılaştırdığımızda en yüksek ilişki yeşil üretim ile EP arasında görülürken; en düşük ilişki ise çevre yönetim sistemi ile EP arasında görülmüştür. ÇYS ile EP arasındaki bu sonuç, Geng vd. (2017) ile Youn vd.'nin (2013) çalışma sonuçları ile çelişki göstermektedir. Yapılan çalışmaların sonuçları, işletmelerin ÇYS doğrultusunda stratejiler geliştirmesi ve bu stratejileri faaliyetlerine uygulaması daha yüksek bir EP sağlayacaklarının anahtarı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla Türkiye'deki işletmelerin, yüksek düzeyde ÇYS stratejilerini benimsemesi, toplumda marka imajını güçlendirerek EP'nin artmasında önemli bir katkı sağlayacağını söylemek mümkündür.

Ayrıca çalışma sonuçlarından EP'nin, diğer YTZY uygulamaları olan YSA ($r=0,365$; $p<0,001$), YD ($r=0,464$; $p<0,001$), ET ($r=0,368$; $p<0,001$), TL ($r=0,397$; $p<0,001$) ve YP ($r=0,347$; $p<0,001$) ile güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkilerin olduğunu söylemek mümkündür. Bu sonuç ile işletmelerin, bir ürünün yaşam döngüsü içerisinde tasarım aşamasından başlayarak, geri dönüşümüne kadar ekonomik düşüncüyü dikkate alarak faaliyetlerini sürdürdüklerini söylemek mümkündür.

6.4. YTZY Uygulamaları ve Operasyonel Performans

Bu çalışmanın sonuçlarından biride OP ile YTZY uygulamaları ve yedi boyutu arasındaki ilişkidir. YTZY uygulamaları ile OP arasındaki genel etki büyüklüğüne baktığımızda güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğunu söyleyebiliriz ($r= 0,421$; $p<0,001$). Bu sonuç, YTZY uygulamalarının ürün ve hizmet kalitesini iyileştirerek, stok seviyelerini azaltarak ve teslimat sürelerinde iyileştirme sağlayarak Türkiye'deki işletmelerin operasyonel verimliliğine katkı sağladığı düşüncesini güçlendirmektedir. YTZY uygulamaları, işletmelerde süreçlerin verimliliğini artırma, atıkların geri dönüştürülmesi ve yeni tedarikçiler ve müşteriler çekme olanağını sağlamaktadırlar. Bu nedenle, bu uygulamalar, kuruluşların tedarikçiler ve müşterilerle iş birliği yoluyla maliyet tasarrufu yapmasına ve teslimat süresini kısaltmasına ve sonuç olarak OP'yi artırarak stok seviyelerini düşürmesine olanak tanımaktadırlar (Abdallah ve Al-Ghwayeen, 2020:503). YTZY ve OP arasındaki bu olumlu ve güçlü ilişki daha önce Zhu vd. (2010), Öçlü (2015),

Yangınlar (2015) ve Inman ve Green (2018) tarafından yapılan araştırmaların sonuçlarını desteklemektedir.

Ayrıca yapılan çalışmanın sonucu, yedi YTZY uygulamasından altısının OP ile pozitif olarak ilişkili olduğunu göstermektedir (Tablo 4). Fakat ÇYS ile OP arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($r=0,316$; $p=0,13$). ÇYS, üst yönetim desteği, organizasyonel isteklilik, işbirlikçi organizasyon kültürü ve ISO 14000 sertifikası gibi yükümlülükleri gerektirmektedir (Choi vd., 2018). Ek olarak, ÇYS girişimlerinde bulunan işletmelerin, yeşil süreç yönetimi için operasyonel esnekliği ve verimliliği artırmak için kalite yönetimi ve çevresel dokümantasyon denetimlerini sıklıkla yerine getirmeleri gerektirmektedir (Vijayvargy vd., 2017). Buradan hareketle, işletmelerde ÇYS'nin gereklilikleri yerine getirilirken beraberinde bazı maliyetleri ve yükümlülükleri yerine getirmesi, yapılan çalışmada ÇYS ile OP arasında anlamsız bir ilişkinin ortaya çıkmasına neden olduğu söylenebilir. ÇYS ile OP arasındaki bu anlamsız ilişki Ann vd.'nin (2006) savunduğu ÇYS'nin uygulanmasının operasyonel zaman tasarrufu ve kalite iyileştirmeleri ile olumlu sonuçlanmadığı fikrini desteklemektedir. YTZY uygulamaları ile OP arasındaki ilişkiyi karşılaştırdığımızda en yüksek ilişki yeşil üretim ile OP arasında olduğu anlaşılmaktadır ($r=0,537$; $p<0,001$). Bu sonuç doğrultusunda işletmeler yeşil üretim ile üretim süreçlerinde israfı azaltarak kaynaklarını daha verimli kullanabileceklerdir. Bu durum, işletmelerin üretim maliyetlerini düşürmelerini ve verimliliklerini artırmalarını sağlayacaktır. Bu çalışma sonucunda ortaya çıkan YÜ ile OP arasındaki güçlü ve anlamlı ilişki, literatürde, YÜ uygulamalarının işletmelerin üretkenliklerini geliştirmelerine, kârlarını artırmalarına (Luthra vd., 2016) ve pazar payını büyütmelerine (Hsu vd., 2016) olanak sağlayacağı görüşünü desteklemektedir.

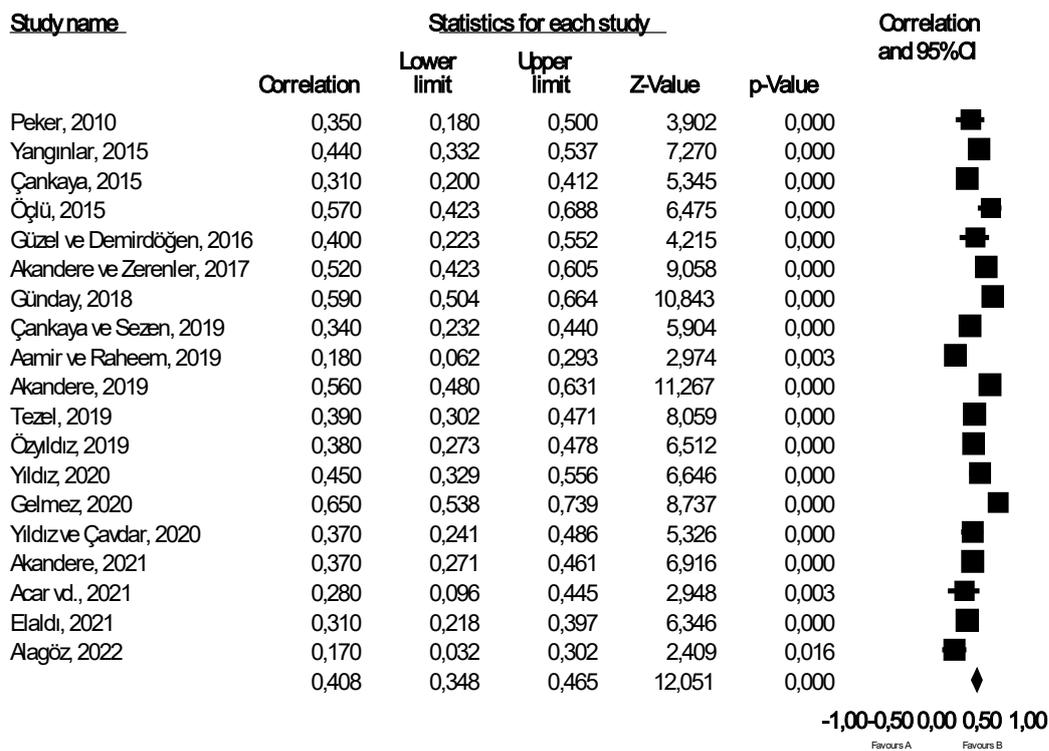
Ayrıca çalışma sonuçlarından OP'nin, diğer YTZY uygulamalarından olan YSA ($r=0,439$; $p<0,001$), YD ($r=0,460$; $p<0,001$), ET ($r=0,445$; $p<0,001$), TL ($r=0,398$; $p<0,001$) ve YP ($r=0,510$; $p<0,001$) ile güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkilerin olduğunu söylemek mümkündür. Bu sonuçlar Türkiye'deki işletmelerin, müşteriler ve tedarikçiler ile YSA faaliyetleri doğrultusunda üretilecek yeni ürünlerin eko tasarımından yeşil dağıtımına kadar ve geri dönüşüm faaliyetlerini de kapsayacak şekilde tüm uygulamaların OP'ye önemli katkılar sağladığı düşüncesini desteklediğini söylemek mümkündür.

6.5. Yönetimsel Çıkarımlar ve Gelecekteki Çalışmalar

Yapılan çalışma Türkiye'deki işletmelerin yöneticileri için sürdürülebilirlik anlayışının gelişmesine yönelik önemli çıkarımlara sahiptir. Örneğin; işletmeler, tedarik zinciri yönetimine çevreye duyarlı anlayışı entegre ettiklerinde, yalnızca satış, kâr ve pazar payında daha iyi performans elde etmekle kalmayıp, aynı zamanda enerji tasarrufu, atıkların ve kirliliğin azaltılması, teslimat süresi, stok kontrolü ve kapasite kullanımı gibi faaliyetlerin verimliliğini de artırılabilirler. Bu açıdan, YTZY uygulamalarının benimsenmesi ile çevresel, operasyonel ve ekonomik performans arasındaki olumlu ilişkiler, YTZY'nin firma performansını iyileştirmeye yönelik bir strateji olarak benimsenmesini sağlayabilir.

İleride bu alanda çalışma yapacak araştırmacılar, yapılan çalışmada kullanılan YTZY uygulamalarını Türkiye'de farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelere veya KOBİ'lere

uygulayarak bu alandaki literatüre geniş bir perspektiften bakma olanağı sağlayabilirler. Özellikle bu çalışmada OP ile YTZY uygulamaları arasındaki ilişkide sınırlı örneklem sayısı, bu alanda çalışma yapacak olan araştırmacılara önemli bir motivasyon kaynağıdır. Ayrıca, kültürel farklılıklar, işletme büyüklükleri, faaliyet süreleri gibi aracı etkenleri dâhil ederek YTZY uygulamalarının firma performansını nasıl etkilediğine dair araştırmaların yapılması bir öneri olarak kabul edilebilir.



Şekil 3. Meta-analize Dâhil Edilen Çalışmalar

Kaynak: Meta-analize dâhil edilen çalışmalar kaynakçada “*” ile işaretlenmiştir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- Y.K., E.K.; Veri Toplama- Y.K., E.K.; Veri Analizi/Yorumlama- Y.K., E.K.; Yazı Taslağı- Y.K., E.K.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- Y.K., E.K.; Son Onay ve Sorumluluk- Y.K., E.K.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support.

Author Contributions: Conception/Design of Study- Y.K., E.K.; Data Acquisition- Y.K., E.K.; Data Analysis/ Interpretation- Y.K., E.K.; Drafting Manuscript- Y.K., E.K.; Critical Revision of Manuscript- Y.K., E.K.; Final Approval and Accountability- Y.K., E.K.

Kaynakça

- Aamir, S., & Raheem, F. ur. (2019). The influence of green supply chain on environment performance of government organization in Turkey: Mediating role of organizational support. *IRASD Journal of Management*, 1(2), 63–73. <https://doi.org/10.52131/jom.2019.0102.0006>
- Abdallah, A. B., & Al-Ghwayeen, W. S. (2020). Green supply chain management and business performance: The mediating roles of environmental and operational performances. *Business Process Management Journal*, 26(2), 489–512. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2018-0091>
- Acar, R., Şahin, Y., & Kılıç, B. (2021). İhracat işletmelerinde yeşil tedarik uygulamaları üzerine bir araştırma. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 22(1), 1–17. <https://doi.org/10.24889/ife.698480>
- Acquah, I. S. K., Agyabeng-Mensah, Y., & Afum, E. (2021). Examining the link among green human resource management practices, green supply chain management practices and performance. *Benchmarking: An International Journal*, 28(1), 267–290. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2020-0205>
- Ades, A. E., Lu, G., & Higgins, J. P. T. (2005). The interpretation of random-effects meta-analysis in decision models. *Medical Decision Making*, 25(6), 646–656. <https://doi.org/10.1177/0272989X05282643>
- Akandere, G. (2019). *Yeşil tedarik zinciri yönetimi unsurlarının işletme performansına etkileri üzerine bir araştırma* (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akandere, G. (2021). Dijitalleşme düzeyi ve yeşil lojistik uygulamalarının lojistik performansa etkisi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 11(4), 1979–2000.
- Akandere, G., & Zerenler, M. (2017). Yeşil otellerde yeşil tedarik zinciri yönetimi ve işletme performansı. *Çatalhöyük Uluslararası Turizm ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2, 77–98.
- Aksoy, H. M. (2014). *Elektrik ve elektronik sektöründe yeşil tedarik zinciri ile atık yönetimi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Alagöz, M. (2022). *Yeşil tedarik zinciri yönetiminin işletme performansına etkisi ve işbirlikçi iletişimin düzenleyici rolü* (Yüksek lisans tezi). Gaziantep Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ann, G. E., Zailani, S., & Wahid, N. A. (2006). A study on the impact of environmental management system (EMS) certification towards firms' performance in Malaysia. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 17(1), 73–93. <https://doi.org/10.1108/14777830610639459>
- Ateş, A., & Ünal, A. (2021). The relationship between teacher academic optimism and student academic achievement: A meta-analysis. *Psycho-Educational Research Reviews*, 10(2), 284–297. https://doi.org/10.52963/perr_biruni_v10.n2.20
- Bonazza, N. A., Smuin, D., Onks, C. A., Silvis, M. L., & Dhawan, A. (2017). Reliability, Validity, and Injury Predictive Value of the Functional Movement Screen: A Systematic Review and Meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(3), 725–732. <https://doi.org/10.1177/0363546516641937>
- Bowman, N. A. (2012). Effect Sizes and Statistical Methods for Meta-Analysis in Higher Education. *Research in Higher Education*, 53(3), 375–382. <https://doi.org/10.1007/s11162-011-9232-5>
- Büyükoçkan, G., & Vardaloğlu, Z. (2008). Yeşil tedarik zinciri yönetimi. *Lojistik Dergisi*, 8, 1–15.
- Çankaya, S. Y. (2015). *Tedarik zinciri yönetimine sürdürülebilirlik perspektifinden bakış ve yeşil uygulamalar* (Doktora tezi). Gebze Teknik Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çankaya, S. Y., & Sezen, B. (2019). Effects of green supply chain management practices on sustainability performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(1), 98–121. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0099>
- Choi, S. B., Min, H., & Joo, H. Y. (2018). Examining the inter-relationship among competitive market environments, green supply chain practices, and firm performance. *International Journal of Logistics Management*, 29(3), 1025–1048. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2017-0050>
- Çoğaltay, N. (2014). *Okul liderliğinin örgütsel çıktılara etkisi: Bir meta-analiz çalışması* (Doktora Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

- Davis, J., Mengersen, K., Bennett, S., & Mazerolle, L. (2014). Viewing systematic reviews and meta-analysis in social research through different lenses. *SpringerPlus*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-511>
- Diñçer, S. (2021). *Eğitim Bilimlerinde Uygulamalı Meta-Analiz* (3rd ed.). Pegem Akademi.
- Duval, S., & Tweedie, R. (2000). A Nonparametric “Trim and Fill” Method of Accounting for Publication Bias in Meta-Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 95(449), 89–98. <https://doi.org/10.1080/01621459.2000.10473905>
- Elaldı, M. (2021). *Yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının lojistik performansa etkisi- TRC 2 bölgesinde bir uygulama* (Yüksek lisans Tezi). Hasan Kalyoncu Üniversitesi/Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Eltayeb, T. K., Zailani, S., & Ramayah, T. (2011). Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: Investigating the outcomes. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(5), 495–506. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.09.003>
- Eser, M. T. (2022). A Survey Study for The Comparison of Meta-Analysis Softwares. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 11(1), 17–30. <https://doi.org/10.14686/buefad.747948>
- Ferguson, C. J. (2009). An Effect Size Primer: A Guide for Clinicians and Researchers. *Professional Psychology: Research and Practice*, 40(5), 532–538. <https://doi.org/10.1037/a0015808>
- Field, A. P. (2001). Meta-analysis of correlation coefficients: A Monte Carlo comparison of fixed- and random-effects methods. *Psychological Methods*, 6(2), 161–180. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.6.2.161>
- Fu, L., Yang, D., Liu, S., & Mei, Q. (2022). The impact of green supply chain management on enterprise environmental performance: a meta-analysis. *Chinese Management Studies*. <https://doi.org/10.1108/CMS-02-2021-0048>
- Gelmez, E. (2020). The mediation role of environmental performance in the effects of green supply chain management practices on business performance. *European Journal of Science and Technology*, 19, 606–613. <https://doi.org/10.31590/ejosat.740202>
- Geng, R., Mansouri, S. A., & Aktas, E. (2017). The relationship between green supply chain management and performance: A meta-analysis of empirical evidences in Asian emerging economies. *International Journal of Production Economics*, 183, 245–258. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.10.008>
- Göçen, A., & Şen, S. (2021). Spiritual Leadership and Organizational Citizenship Behavior: A Meta-Analysis. *SAGE Open*, 11(3), 1–16. <https://doi.org/10.1177/21582440211040777>
- Green, K. W., Zelbst, P. J., Meacham, J., & Bhadauria, V. S. (2012). Green supply chain management practices: Impact on performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(3), 290–305. <https://doi.org/10.1108/13598541211227126>
- Günday, A. H. (2018). *Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının işletme performansı üzerine etkisi- Kimya sektöründe görgül bir analiz* (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Güzel, D., & Demirdöğen, O. (2016). Tedarik zinciri bütünleşmesi, yeşil tedarik zinciri uygulamaları ve işletme performansı arasındaki ilişki üzerine bir araştırma. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 362–394. <https://doi.org/10.14230/joiss131>
- Hajmohammad, S., Vachon, S., Klassen, R. D., & Gavronski, I. (2013). Reprint of Lean management and supply management: Their role in green practices and performance. *Journal of Cleaner Production*, 39, 312–320. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.038>
- Hsu, C. C., Tan, K. C., & Mohamad Zailani, S. H. (2016). Strategic orientations, sustainable supply chain initiatives, and reverse logistics: Empirical evidence from an emerging market. *International Journal of Operations and Production Management*, 36(1), 86–110. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2014-0252>
- Huang, Y. C., Jim Wu, Y. C., & Rahman, S. (2012). The task environment, resource commitment and reverse logistics performance: Evidence from the Taiwanese high-tech sector. *Production Planning and Control*, 23(10–11), 851–863. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.642189>
- Inman, R. A., & Green, K. W. (2018). Lean and green combine to impact environmental and operational performance. *International Journal of Production Research*, 56(14), 4802–4818. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1447705>

- Jabbour, C. J. C., De Sousa Jabbour, A. B. L., Govindan, K., De Freitas, T. P., Soubihia, D. F., Kannan, D., & Latan, H. (2016). Barriers to the adoption of green operational practices at Brazilian companies: Effects on green and operational performance. *International Journal of Production Research*, 54(10), 3042–3058. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1154997>
- Kansızoglu, H. B. (2017). The effect of graphic organizers on language teaching and learning areas: A meta-analysis study. *Eğitim ve Bilim*, 42(191), 139–164. <https://doi.org/10.15390/EB.2017.6777>
- Karadağ, E., Bektaş, F., Çoğaltay, N., & Yalçın, M. (2015). The effect of educational leadership on students' achievement: a meta-analysis study. *Asia Pacific Education Review*, 16(1), 79–93. <https://doi.org/10.1007/s12564-015-9357-x>
- Kılıçlı, Y. (2021). *Kurumsal sosyal sorumluluğun finansal performans üzerindeki etkisi: Entelektüel sermaye ile rekabet avantajının aracılık rolü* (Doktora Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Law, K. S., Schmidt, F. L., & Hunter, J. E. (1994). Nonlinearity of Range Corrections in Meta-Analysis: Test of an Improved Procedure. *Journal of Applied Psychology*, 79(3), 425–438. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.79.3.425>
- Lee, C. H., Wahid, N. A., & Goh, Y. N. (2013). Perceived drivers of green practices adoption: A conceptual framework. *Journal of Applied Business Research*, 29(2), 351–360. <https://doi.org/10.19030/jabr.v29i2.7643>
- Lenhard, W., & Lenhard, A. (2016). Computation of Effect Sizes. In *Psychometrica* (Issue 2016).
- Lipsey, M. W., & Wilson, D. B. (2001). Practical meta-analysis. In *Applied Social Research Methods Series* (49). SAGE Publications, Inc.
- Luthra, S., Garg, D., & Haleem, A. (2016). The impacts of critical success factors for implementing green supply chain management towards sustainability: An empirical investigation of Indian automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, 121, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.095>
- Masa'deh, R., Alananzeh, O., Algiatheen, N., Ryati, R., Albayyari, R., & Tarhini, A. (2017). The impact of employee's perception of implementing green supply chain management on hotel's economic and operational performance. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, 8(3), 395–416. <https://doi.org/10.1108/JHTT-02-2017-0011>
- McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia medica: Biochemia Medica*, 22(3), 276–282.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Altman, D., Antes, G., Atkins, D., Barbour, V., Barrowman, N., Berlin, J. A., Clark, J., Clarke, M., Cook, D., D'Amico, R., Deeks, J. J., Devereaux, P. J., Dickersin, K., Egger, M., Ernst, E., ... Tugwell, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. In *PLoS Medicine*, 6(7), 1-6. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Nakagawa, S., & Cuthill, I. C. (2007). Effect size, confidence interval and statistical significance: A practical guide for biologists. In *Biological Reviews*, 82(4), 591–605.
- Öçlü, B. (2015). *Yeşil tedarik zinciri yönetimi ve işletme performansı arasındaki ilişki: Bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi/Sosyal Bilimleri Enstitüsü.
- Orwin, R. G. (1983). A Fail-Safe N for Effect Size in Meta-Analysis. *Journal of Educational Statistics*, 8(2), 157–159. <https://doi.org/10.2307/1164923>
- Özyıldız, M. (2019). *Yeşil tedarik zinciri yönetiminin yeşil performans ve rekabet gücü üzerindeki etkisi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Peker, D. (2010). *Çevresel performansın geliştirilmesinde yeşil tedarik zinciri yönetimi* (Yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Preuss, L. (2001). In dirty chains? Purchasing and greener manufacturing. *Journal of Business Ethics*, 34(3), 345–359. <https://doi.org/10.1023/A:1012549318786>

- Routroy, S. (2009). Antecedents and Drivers for Green Supply Chain Management Implementation in Manufacturing Environment. *ICFAI Journal of Supply Chain Management*, 6(1), 20–35.
- Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 11(4), 397–409. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00062-8)
- Sarkis, J., Bai, C., de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., & Sobreiro, V. A. (2016). Connecting the pieces of the puzzle toward sustainable organizations: A framework integrating OM principles with GSCM. *Benchmarking: An International Journal*, 23(6), 1605–1623.
- Schyns, B., & Schilling, J. (2013). How bad are the effects of bad leaders? A meta-analysis of destructive leadership and its outcomes. *Leadership Quarterly*, 24(1), 138–158.
- Singh, S. K., Chen, J., Del Giudice, M., & El-Kassar, A. N. (2019). Environmental ethics, environmental performance, and competitive advantage: Role of environmental training. *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.032>
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. In *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80.
- Stockings, E., Degenhardt, L., Lee, Y. Y., Mihalopoulos, C., Liu, A., Hobbs, M., & Patton, G. (2015). Symptom screening scales for detecting major depressive disorder in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis of reliability, validity and diagnostic utility. In *Journal of Affective Disorders*, 174, 447–463. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2014.11.061>
- Tezel, İ. (2019). *Yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının firma performansı üzerine etkilerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Gaziantep Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Vijayvargy, L., Thakkar, J., & Agarwal, G. (2017). Green supply chain management practices and performance: the role of firm-size for emerging economies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(3), 299–323. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2016-0123>
- Wampold, B. E., Ahn, H., & Kim, D. (2000). Meta-analysis in the social sciences: *Asia Pacific Education Review*, 1, 67–74. <https://doi.org/10.1007/bf03026147>
- Wilson, D. B. (2014). *Practical MetaAnalysis Effect Size Calculator*. Campbell Collaboration.
- Xu, H., Mei, Q., Shahzad, F., Liu, S., Long, X., & Zhang, J. (2020). Untangling the impact of green finance on the enterprise green performance: a meta-analytic approach. *Sustainability (Switzerland)*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/su12219085>
- Yangınlar, G. (2015). *Yeşil lojistiğin işletme performansına etkisi: Sağlık işletmeleri üzerinde bir araştırma* (Doktora tezi). Beykent Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yıldırım, İ., & Şen, S. (2020). *CMA ile Meta-Analiz Uygulamaları* (1. Baskı). Anı Yayıncılık.
- Yıldız, B. (2020). Yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının performans üzerindeki etkisinin yapısal eşitlik modeli ile analizi. *Osmaniye Korkut Ata University Journal of Economics and Administrative Sciences*, 4(1), 1–22.
- Yıldız, B., & Çavdar, E. (2020). Yeşil üretimin çevresel ve ekonomik performans üzerindeki etkisinde ters lojistiğin aracı rolü. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(3), 2326–2349.
- Youn, S., Yang, M. G., Hong, P., & Park, K. (2013). Strategic supply chain partnership, environmental supply chain management practices, and performance outcomes: An empirical study of Korean firms. *Journal of Cleaner Production*, 56, 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.026>
- Zhu, Q., Geng, Y., Fujita, T., & Hashimoto, S. (2010). Green supply chain management in leading manufacturers: Case studies in Japanese large companies. *Management Research Review*, 33(4), 380–392. <https://doi.org/10.1108/01409171011030471>



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1092188

RESEARCH ARTICLE

Bir Lojistik Firmasının En Kısa Yol Problemine Düğüm Kombinasyonu Algoritmasının Uygulanması

Applying the Node Combination Algorithm to the Shortest Path Problem for a Logistics Firm

Kevser Arman¹ , Aşegül Tuş²

Öz

Lojistik; ürünlerin taşınması, depolanması ve nihai varış noktasına ulaşması ile ilgili tüm süreçlerin yönetimidir. Lojistik faaliyetlerinin son derece karmaşık süreci, ürünlerin başlangıç noktasından varış noktasına kadar doğru bir şekilde koordinasyonunu gerektirir. Bu çalışmada, bir lojistik firması için Düzce-Artvin arasındaki toplam mesafeyi ve süreyi en aza indiren bir rota belirleme problemi, şebeke analiz yöntemlerinden biri olan En Kısa Yol (EKY) problemi olarak ele alınmıştır. Çalışmanın amacı, lojistik firmasının dağıtım faaliyetlerini optimize ederek daha yüksek düzeyde kârlılık ve müşteri hizmeti sunmaktır. Problemin çözümünde düğüm kombinasyonu algoritması kullanılmış, mesafe ve süre dikkate alınarak iki farklı rota elde edilmiştir. Bulgular, toplam minimum mesafenin 1152 km ve toplam minimum sürenin 16 saat 33 dakika olduğunu göstermektedir. Çalışmada toplam minimum mesafe dikkate alınarak elde edilen rota, Google Haritalar'ın sunduğu iki rotadan daha kısa mesafede ve sürede alternatif bir rota sunmaktadır. Ayrıca toplam minimum süre dikkate alınarak elde edilen rotanın, Google Haritalar'ın sunduğu alternatifler arasından en kısa mesafe ve süreye ait olan rota ile uyumlu olması, düğüm kombinasyonu algoritmasının uygulanabilirliğini göstermesi açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Şebeke Analizi, En Kısa Yol Problemi, Düğüm Kombinasyonu Algoritması

ABSTRACT

Logistics entails the management of all processes related to products' transportation, storage, and arrival at their destination. The highly complex process of logistics activities requires products to be accurately coordinated from their starting point to their destination. This study considers a route determination problem that minimizes the total distance and time between the cities of Düzce and Artvin in Turkey for a logistics company in terms of the shortest path problem (SPP), a network analysis method. The aim of the study is to provide a higher level of profitability and customer service by optimizing the distribution activities of a logistics company. The node combination algorithm has been used to solve the problem, with two different routes being obtained by considering distance and time. The study's findings show the total minimum distance to be 1,152 km and the total minimum time to be 16 hours and 33 minutes. The route the study obtained by considering the total minimum distance offers an alternative route in terms of both shorter distance and time compared to the two routes offered by Google Maps. In addition, having the route obtained by considering the total minimum time be compatible with the route with the shortest distance and time that is found among the alternatives offered by Google Maps is important in terms of demonstrating the applicability of the node combination algorithm used in the study.

Keywords: Network Analysis, Shortest Path Problem, Node Combination Algorithm

Başvuru/Submitted: 23.03.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 04.08.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 09.08.2022 • **Kabul/Accepted:** 17.08.2022

1 Kevser Arman (Research Assistant), Pamukkale University, Department of Business Administration, Denizli, Türkiye. E-mail: karman@pau.edu.tr
ORCID: 0000-0002-4400-5976

2 **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Aşegül Tuş (Assoc. Prof.), Associate Professor, Pamukkale University, Department of Business Administration, Denizli, Türkiye. E-mail: atus@pau.edu.tr ORCID: 0000-0003-1583-0616

Atf/Citation: Arman, K., & Tus, A. (2022). Bir lojistik firmasının en kısa yol problemine düğüm kombinasyonu algoritmasının uygulanması. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 289-302. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1092188>



Extended Abstract

Logistics is the action of physically delivering businesses' goods or services to the required place at the desired time and has great importance concerning businesses' profitability. Transportation costs these days are constantly increasing, and timely delivery is one of the main issues customers focus on. For this reason, the importance of logistics activities increases daily (Kosif & Ekmekçi, 2012, p. 41). However, logistics companies spend more than half their budget on transportation activities, and obtaining the most efficient distribution path is necessary for acquiring higher profits (Zulfiqar et al., 2018, p. 371). Accordingly, one of the most important problems in logistics activities involves determining the shortest route in terms of distance that will save time and costs, and a network analysis method can be used to solve this problem. A network is an effective format used for representing complex systems. Network analysis methods are activities that ensure optimal coordination and placement of resources. Rapid progress has occurred in both the methodology and application of network analysis methods, one of these being the shortest path problem (SPP). This problem has been used to minimize a linear function representing the distance between a predetermined pair of nodes in a given network (Climaco & Martins, 1982, p. 399). Many algorithms have been developed to solve the SPP, with the Dijkstra, Prim, Bellman-Ford, Floyd-Warshall, and Johnson algorithms seen to have been widely used in the literature (Dermawan, 2019, p. 55).

This study considers a route determination problem that minimizes the total distance and time between the cities of Düzce and Artvin in Turkey for a logistics company with regard to the SPP. The aim of the study is to provide a higher level of profitability and customer service by optimizing the distribution activities of a logistics company. For this purpose, the study uses the node combination method, one of the SPP methods. Although Dijkstra's algorithm has been used frequently, it may not be easily understood, especially when applying the labeling method. The process of solving the SPP with the node combination algorithm is relatively simple, straightforward, and efficient compared to the Dijkstra algorithm. For this reason, this study has chosen to use the node combination algorithm. The basic idea behind the node combination (NC) algorithm proposed by Lu and Camitz (2011) is based on combining nodes instead of keeping the labeling sets, as occurs in the Dijkstra algorithm and differs from the Dijkstra algorithm in this respect. The node combination finds the nearest neighbor to the starting node and combines this node with the starting node, calculating the SPP iteratively. It then updates the edge weights connected to the nearest node. The path expression used in the SPP can occur different variables such as distance, time, or cost for different problems (Gencer & Karamanoğlu, 2020, p. 50). The current study examines the path characteristics in terms of distance and time, with the results then being compared to Google Maps. The study's findings show the total minimum distance to be 1,152 km and the total minimum time to be 16 hours and 33 minutes. The route the study obtained by considering the total minimum distance offers an alternative route with regard to shorter distance and time compared to the two routes offered by Google Maps. Moreover, the route obtained by considering the total minimum time is compatible with the route possessing the shortest distance and time that occur among the alternatives offered by Google Maps. This study has shown the node

combination algorithm to have been successfully implemented for a real-life problem. In addition, the results the study obtained are expected to contribute to decision makers in terms of offering alternatives that are different from the routes provided by Google Maps. Different results may occur between those from the applied algorithm and those from various online map services such as Google Maps because the node combination algorithm implements the direct distance between two cities, whereas Google Maps might use the alternative route between two cities.

One of the limitations of this study is that the SPP was solved only by considering distance and time. The concept of optimal route depends on the needs or the nature of the problem. The optimal route may be the shortest distance, the lowest cost, or the shortest time (Bulut & Erol, 2018, p. 189). Moreover, various factors such as road conditions, traffic variations, and vehicle characteristics may change the shortest time route or the lowest cost route, despite not changing the shortest distance. For this reason, future studies can address the optimal route determination problem with these variables using various other SPP algorithms and programming languages. In cases where routes change due to some sudden reasons or due to a change in traffic density while traveling between nodes, the real-time dynamic route control system proposed by Bulut and Erol (2018) may be used. Optimization algorithms may differ in performance with regard to particular problems. Hybrid approaches that take advantage of this difference may provide higher performance in many cases. With the increases in processors' computational capacity, hybrid methods have started being preferred more often (Uslu et al., 2020, p. 102). In addition, many problems in real world applications cannot be solved accurately in polynomial time by any known algorithm. As the number of nodes in the route increases, so does the complexity of the computational solution and the computation time (Bulut & Erol, 2018, pp. 189–190). In this case, metaheuristic algorithms may be used as stated by Uslu et al. (2020).

1. Giriş

Lojistik; işletmelerin mal veya hizmetlerini, ihtiyaç duyulan yere istenilen zamanda fiziksel olarak yerine getirme faaliyeti olup işletmelerin kârlılığı üzerinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Günümüzde taşımacılık maliyetleri sürekli artmaktadır ve zamanında teslimat, müşterilerin odaklandığı temel konuların başında gelmektedir. Bu durum, lojistik faaliyetlerinin rolünü her geçen gün daha da arttırmaktadır (Kosif ve Ekmekçi, 2012: 41). Bununla birlikte lojistik firmaları, bütçelerinin yarısından fazlasını taşıma faaliyetlerine harcamaktadır ve daha iyi kâr elde etmek için dağıtımın en verimli yolunu elde etmek gereklidir (Zulfiqar vd., 2018: 371). Buna göre lojistik faaliyetlerinde en önemli problemlerden biri, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayacak en kısa mesafeli yolun belirlenmesidir. Bu problemin çözümü için bir şebeke analiz yöntemi kullanılabilir. Şebeke, karmaşık yapıli sistemlerin temsili için kullanılan etkili bir gösterim biçimidir. Şebeke analiz yöntemleri, mevcut kaynakların optimal şekilde koordine edilmesini ve yerleştirilmesini sağlayan faaliyetler bütünüdür. Şebeke analiz yöntemlerinin hem metodolojisinde hem de uygulamasında hızlı bir ilerleme söz konusu olup bu yöntemlerden biri En Kısa Yol (EKY) problemidir. Bu problem, belirli bir şebekede önceden belirlenmiş düğüm çifti arasındaki mesafeyi temsil eden doğrusal bir fonksiyonu minimize etmek için kullanılır (Climaco ve Martins, 1982: 399). EKY problemini çözmek için birçok algoritma geliştirilmiştir. Literatürde yaygın olarak Dijkstra, Prim, Bellman-Ford, Floyd-Warshall ve Johnson algoritmaları kullanılmıştır (Dermawan, 2019: 55).

EKY algoritmaları ile ilgili yapılan çalışmalar şu şekildedir. Hall (1986), Dijkstra algoritması gibi klasik EKY algoritmalarının, hem rastgele hem de zamana bağlı seyahat sürelerine sahip ağlarda minimum seyahat süresi yolunu bulmada başarısız olabileceğine işaret etmiş, optimal rota seçimine uyarlanabilir bir karar kuralı bulmak için dinamik programlamaya dayalı bir algoritma önermiştir. Klein (1991), bulanık EKY'lerin ağdaki gerçek bir yola karşılık gelmemesi olasılığı nedeniyle engellendiğini belirtmiş ve bu sorunu aşmak için çalışmasında bulanık EKY'lere dayalı yeni modeller sunmuş, ayrıca yeni modelleri çözmek için dinamik programlamaya dayalı genel bir algoritma ortaya koymuştur. Opananon ve Miller-Hooks (2005), çok kriterli, stokastik ve zamanla değişen ağlarda ayarlanabilir tercih yolu stratejilerinin belirlenmesi için bir algoritma önermiştir. Söz konusu algoritma, seyahat süreleri gözlemlendiğinde tercih edilen kritere göre en iyi yolu seçmeye izin vermiştir. Karşlı (2010), stokastik bir ulaşım ağında EKY problemini Genetik Algoritma (GA) ve Yapay Bağışıklık Sistemi (YBS) yardımıyla çözmüştür. Lu ve Camitz (2011), Dijkstra algoritmasına dayalı düğüm kombinasyonu algoritmasını önermiştir. Xi (2012), Dijkstra algoritmasını önemli ölçüde geliştirerek EKY problemlerinin çözümünde etkili bir şekilde kullanmıştır. Deng vd. (2012), EKY problemini belirsiz bir ortamda ele almak için genelleştirilmiş bir Dijkstra algoritması önermiştir. Amaliah vd. (2016), Java Adası'nda şehirler arasındaki EKY'leri bulmak için düğüm kombinasyonu algoritmasını uygulamıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, referans olarak alınan Google haritası ile düğüm kombinasyonunun doğruluğunun % 92,88 olduğunu göstermiştir. Mirino (2017), Dijkstra ve Floyd-Warshall algoritmalarını birlikte kullanmıştır. En yakın hastaneye en hızlı seyahat süresini belirlemek için Dijkstra algoritması, hastaneye en yakın mesafeyi belirlemek için ise Floyd-Warshall algoritması

uygulanmıştır. Fitro (2018), Coğrafi Bilgi Sistemlerine dayalı EKY probleminin çözümü için düğüm kombinasyonu ve Dijkstra algoritmalarını birlikte kullanmıştır. Dermawan (2019), bir tren yolculuğunda EKY problemi için Dijkstra ve Floyd-Warshall algoritmalarını karşılaştırmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, Dijkstra algoritmasının dört parametre (zaman karmaşıklığı, bellek karmaşıklığı, tamamlama düzeyi ve optimizasyon düzeyi) üzerinde Floyd-Warshall algoritmasından daha iyi performansa sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ekmen (2020), EKY problemlerinde Dijkstra, Bellman-Ford, Johnson ve Floyd-Warshall algoritmalarını analiz edip karşılaştırmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, EKY kapsamında kullanılacak algoritmaların çeşitli faktörlere göre seçilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Ulaştırma problemleri EKY algoritmaları kullanılarak verimli bir şekilde çözülmektedir (Gencer ve Karamanoğlu 2020: 3). Literatür incelendiğinde, bu konu kapsamında daha önce yapılan çalışmalar şu şekildedir. Yuan ve Wang (2009), acil durum lojistik yönetiminde yol seçimi problemi için değiştirilmiş bir Dijkstra algoritması tasarlamıştır. Tirastittam ve Waiyawuththanapoom (2014), toplu taşıma planlama sistemini tasarlamak için Dijkstra algoritmasını kullanmıştır. Ojekudo ve Akpan (2017), bir boya firmasının üretim tesisinden yedi farklı bayiye EKY problemi için Dijkstra algoritmasını kullanmıştır. Bulunan EKY ile firmanın boya taşıma maliyeti azaltılmıştır. Zulfikar vd. (2018), optimal dağıtım rotası planlama problemi için Dijkstra ve sweep algoritmalarını kullanmıştır. Rosita vd. (2019), dağıtım için en uygun rotayı elde etmek amacıyla vektör normalizasyon tekniği ile Dijkstra algoritmasını birleştirmiştir. Özdemir vd. (2021), ipek yolu koridorları arasında EKY problemi için Dijkstra algoritmasını kullanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, bir lojistik firmasının Düzce-Artvin arası gerçekleştirdiği dağıtım faaliyetlerini optimize ederek daha yüksek seviyede kârlılık ve müşteri hizmeti sağlamaktır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde EKY problemlerinin çözümünde farklı algoritmaların gerçek hayat problemlerinde uygulanabilirliği yönünde bir boşluk olduğu görülmüştür. Dijkstra algoritması, sıkça kullanılmasına rağmen özellikle etiketleme yöntemi uygulanırken kolayca anlaşılabilir. Düğüm kombinasyonu algoritması ile EKY bulma süreci, Dijkstra algoritmasına göre nispeten basit, anlaşılır ve verimlidir. Bu nedenle bu çalışmada bir lojistik firmasının EKY probleminin çözümünde düğüm kombinasyonu algoritması kullanılmıştır.

Düğüm kombinasyonu algoritması ile ilgili ulusal literatürde ilk kez çalışma yapıyor olması, algoritmanın ulusal literatüre kazandırılması açısından önemlidir. Çalışma, şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde EKY problemi hakkında kısa bir bilgi verilerek Dijkstra ve düğüm kombinasyonu algoritmaları anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, Düzce-Artvin arası EKY problemi, düğüm kombinasyonu algoritması ile çözülmüştür. Son bölümde ise sonuçlara ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

2. En Kısa Yol (EKY) Problemi

EKY probleminde amaç, bir şebekede yer alan başlangıç ile hedef düğümler arasındaki minimum toplam mesafeye sahip yolu veren rotayı bulmaktır (Hillier and Lieberman, 2001: 411). Şebekeler ise bir amacı gerçekleştirmek için gerekli faaliyetler ve olaylardan

meydana gelen, faaliyet ve olayların birbirleri ile bağlantı ve ilişkilerini gösteren şema olarak tanımlanabilir (Öztürk, 2009: 525). Bir şebeke, düğüm ve bağlantı olarak iki tür sembol ile tanımlanır. Tüm faaliyetler oklar ile ve tüm olaylar da daire ile gösterilip; şebekede yer alan daireler düğüm olarak, düğümler ile ilişkili olan oklar ise dal ya da bağlantı olarak ifade edilir (Winston ve Goldberg, 2004: 413). Şebekelerin kullanımı, yönetsel problemin görselleştirilmesine ve anlaşılmasına yardımcı olur (Render vd., 2015: 342). Şebekeler, günlük hayatımızda ulaşım, elektrik, iletişim gibi çok sayıda ortamda ve çeşitli şekillerde ortaya çıkar (Ojekudo ve Akpan, 2017: 20). İki şehir arasındaki en kısa yolun belirlenmesi, bir doğalgaz boru hattı ağının tasarımı, bir projenin faaliyetleri için zaman çizelgesinin belirlenmesi ve bir boru hattı ağı aracılığı ile petrol sahalarından rafinerilere minimum maliyetli akış programının belirlenmesi gibi birçok yönelem araştırması durumu, şebekeler ile modellenilebilir ve şebeke analiz yöntemleri ile çözülebilir (Taha, 2017: 247). Bu çalışmada, bir lojistik firması için Düzce'den Artvin'e minimum mesafeyi ve süreyi veren rota, EKY problemi ile belirlenmeye çalışılmıştır. EKY problemlerinde kullanılan yol ifadesi farklı problemler için mesafe, süre ve maliyet vb. şekillerde ortaya çıkabilir (Gencer ve Karamanoğlu 2020: 50). Bu çalışmada düğümler arası nitelikler, mesafe ve süre olarak iki açıdan incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada ele alınan problemin çözümünde Dijkstra algoritmasına dayalı düğüm kombinasyonu algoritması kullanıldığı için bu bölümde öncelikle Dijkstra algoritması, ardından düğüm kombinasyonu algoritması hakkında bilgi verilmiştir.

2.1. Dijkstra Algoritması

EKY problemlerinde en sık kullanılan algoritmalarından biri olan Dijkstra algoritması (1959), bir başlangıçtan (kaynak) bir hedefe (varış) EKY'yi bulmak için kullanılır (Ojekudo ve Akpan, 2017: 23). Dijkstra algoritması, yalnızca ağırlıkları negatif bir değer olmayan bir yol için problemi çözer (Dermawan, 2019: 55). Bu algoritma, aynı zamanda bir açgözlü (greedy) algoritma biçimidir. Açgözlü algoritmada, her adım için tüm seçenekler arasından optimal olan seçilir ve değerlendirmeye alınır (Erol ve Bulut, 2017: 2). Dijkstra algoritması, her adımda optimal çözümü bulmayı amaçlamaktadır. Dijkstra algoritmasında geçici ve kalıcı olmak üzere iki tür düğüm etiketi vardır. Bir düğüme giden daha kısa bir yol bulunabiliyorsa geçici etiket değiştirilir. Tüm durumlar incelendiğinde ve daha kısa bir yol bulunamadığında geçici etiketin durumu, kalıcı olarak işaretlenir. Tablo 1'de pseudo kodu verilen Dijkstra algoritmasının adımları şu şekilde ifade edilebilir (Taha, 2017: 255-256):

Adım 1: Her düğüm için geçici bir mesafe değeri atanır. Başlangıç düğümü (Düğüm 1), kalıcı etiket [0, -] ile diğer tüm düğümler ise sonsuz ile işaretlenir.

Adım 2: Düğüm 2 için tüm komşu düğümler göz önünde bulundurulur ve mevcut düğüm için geçici yollar hesaplanır. Hesaplanan geçici yollar arasından en kısa olan mesafe seçilir ve ilgili düğüm kalıcı olarak işaretlenir. Söz konusu durum, diğer tüm düğümler için tekrarlanır.

Adım 3: Tüm düğümler kalıcı etiketlere sahipse işlem sonlandırılır, aksi takdirde adım 2 tekrarlanır.

Tablo 1: Dijkstra algoritmasının pseudo kodu

1: $d[s] := 0, v_u := v_s, V := V - \{s\}$	<i>/*Initialization*/</i>
2: while $d[u] < \infty$ and $ V > 0$	
3: $V := V - \{u\}$	<i>/*mark u as visited*/</i>
4: for each j in V	
5: $d[j] := \min \{d[j], d[u] + W[u,j]\}$	<i>/*relaxation*/</i>
6: $d[u] :=$ the smallest value in d for nodes in V	
<i>/*at the end of the algorithm, vector d contains the corresponding distances*/</i>	
Kaynak: Lu ve Camitz (2011)	

2.2. Düğüm Kombinasyonu Algoritması (Node Combination Algorithm)

Lu ve Camitz (2011) tarafından önerilen düğüm kombinasyonu (NC) algoritmasının temel fikri, etiketleme kümelerini Dijkstra algoritmasında olduğu gibi tutmak yerine düğümleri birleştirmeye dayanır. Bu yönü ile Dijkstra algoritmasından farklılaşır. Düğüm kombinasyonu, başlangıç düğümünün en yakın komşusunu bulur ve bu düğümü başlangıç ile birleştirerek EKY'leri yinelemeli olarak hesaplar. Daha sonra en yakın düğüme bağlı kenar ağırlıklarını günceller. Düğüm kombinasyonu algoritması, negatif olmayan kenar ağırlıkları olan yönlendirilmemiş ağlar için sunulmuştur. V düğümlü, E bağlantılarından oluşan negatif olmayan ağırlıklı bir ağ $G = (V, E, W)$ verildiğinde, ağırlık matrisi; $W_{N \times N}$, v_s ; başlangıç düğüm, $d(v_j)$; v_s ile v_j arasındaki mesafeyi kaydedecek olan vektör olarak tanımlandığında NC algoritmasının adımları, aşağıdaki gibidir (Lu ve Camitz, 2011: 6403):

Adım 1: Başlangıç düğümü belirlenir. Burada $d(v_s) = 0$ olarak atanır.

Adım 2: Başlangıç düğümü ile bağlantılı en küçük ağırlıklara bakılarak en yakın düğüm bulunur. $w_{sk} = \min \{w_{sj}\}$ yapan v_s 'nin komşularından v_k seçilir. $d(v_k) = w_{sk}$ olup v_s için bitişik düğüm yoksa durulur.

Adım 3: Bulunan düğüm birleştirilir ve v_k silinir ($V = V - v_k$). Eğer $V = \emptyset$ ise durulur.

Adım 4: Kenar ağırlıkları güncellenir. Her kenar e_{kj} için $w_{sj} = \min \{w_{sj}, w_{sk} + w_{kj}\}$ güncellenir ve adım 1'e geri dönlür.

Tablo 2'de düğüm kombinasyonu algoritmasının pseudo kodu verilmiştir.

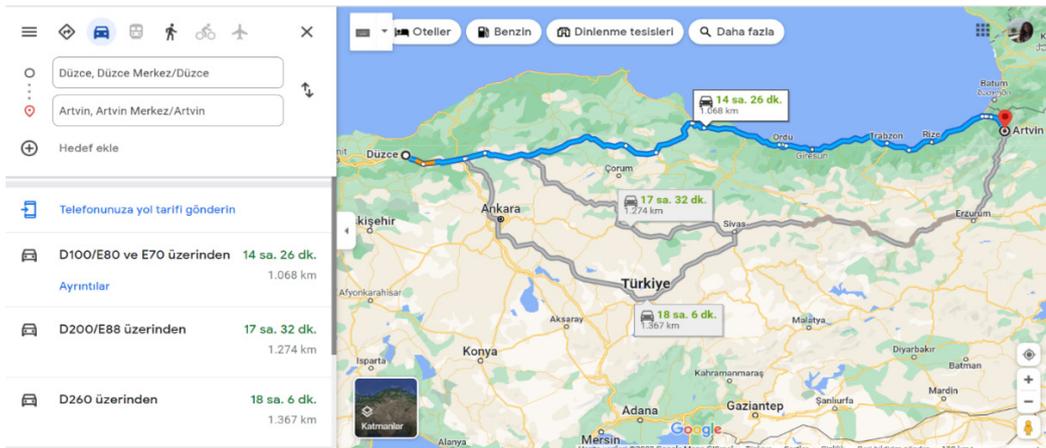
Tablo 2: Düğüm kombinasyonu algoritmasının pseudo kodu

1: $W[s,u] := 0, v_u := v_s, V := V - \{s\}$	<i>/*Initialization*/</i>
2: while $W[s,u] < \infty$ and $ V > 0$	
3: $V := V - \{u\}$	<i>/*node combination*/</i>
4: for each j in V	
5: $W[s,j] := \min \{W[s,j], W[s,u] + W[u,j]\}$	<i>/*updating edge weights*/</i>
6: $v_u :=$ the nearest neighbour of s in V	<i>/*finding the nearest neighbour*/</i>
<i>/*at the end of the algorithm, the sth row in W contains the corresponding distances*/</i>	
Kaynak: Lu ve Camitz (2011)	

Düğüm kombinasyonu algoritması ile Dijkstra algoritması arasındaki temel fark, mesafeleri belirlenmiş ziyaret edilen (çözülmüş) düğümler kümesidir. Düğüm kombinasyonu algoritmasında düğümler yeni kaynak düğümde birleştirilir, bu kümenin sürdürülmesine gerek olmadığı anlamına gelir. İkinci olarak, gevşeme doğrudan kenar ağırlığı üzerinde yapılır, bu da geçici mesafeleri kaydetmek için ek bellek gerekmediği anlamına gelir. Üçüncüsü, düğüm kombinasyonu algoritması, başlangıç düğümün en yakın komşusunu tekrar tekrar bularak gerçekleştirilir, bu da EKY'leri bulma sürecini daha anlaşılır hale getirir. Deneysel değerlendirmeler, düğüm kombinasyonu algoritmasının daha az bellek kullanarak Dijkstra algoritması ile aynı sürede EKY'leri bulduğunu ortaya koymaktadır. Düğüm kombinasyonu algoritmasının ağırlık matrisleri üzerinde uygulanması da daha uygundur çünkü bulunacak minimum eleman ve değiştirilecek elemanlar, aynı satırdadır. Düğümlerin birleşimi, kenar ağırlıkları sonsuza ayarlanarak gerçekleşirse düğüm kombinasyonu algoritması, MATLAB gibi matematik platformlarında ve sonsuzluk kavramının uygulandığı diğer programlama dillerinde uygun olan vektörler tarafından gerçekleştirilebilir. Sonuç olarak, Dijkstra algoritmasını anlamamanın alternatif bir yolu olarak düğüm kombinasyonu algoritması, EKY'leri bulma sürecini çok daha basit, anlaşılır kılar ve bellek tasarrufu sağlar (Lu ve Camitz, 2011: 6408).

3. Uygulama

Bu çalışmada, lojistik alanında faaliyet gösteren bir firmanın Düzce-Artvin arası dağıtım faaliyetlerinde toplam mesafe ve süreyi minimum kılan rota belirleme problemi, düğüm kombinasyonu algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Oluşturulacak şebeke için Google Haritalar'ın Düzce'den Artvin'e sunmuş olduğu üç alternatif rota dikkate alınmıştır. Bu alternatif rotalar, Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Düzce'den Artvin'e alternatif rotalar

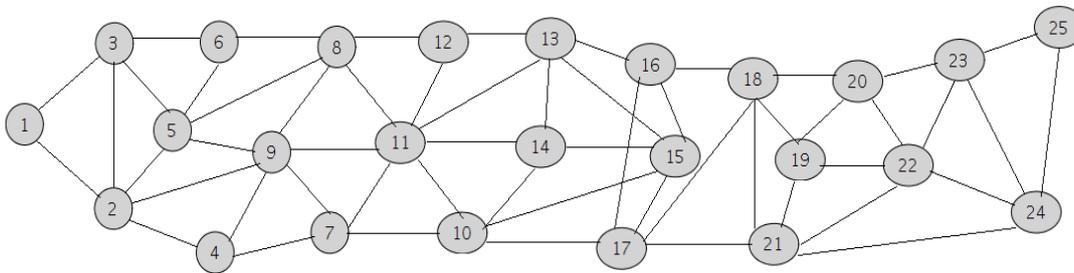
Kaynak: <https://www.google.com.tr/maps> (09.03.2022)

Düzce-Artvin arası EKY problemi için belirlenen şehirler, Tablo 3'te yer almaktadır. Bu şehirler, Şekil 1'deki alternatif rotalar üzerinde bulunan şehirlerdir. Ancak, en uzun mesafe ve en fazla süreye sahip üçüncü rotada yer alan Kırşehir, Nevşehir ve Kayseri şehirleri,

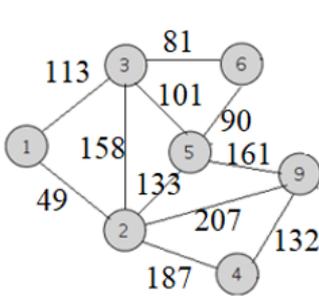
minimum mesafe ve süreyi bulmada etkili olmayacağı için şebekeye dahil edilmemiştir. Toplam 25 şehir (düğüm) ve 54 bağlantıdan oluşan şebeke, Şekil 2'deki gibidir.

Tablo 3: Düzce – Artvin arası EKY problemi için belirlenen şehirler

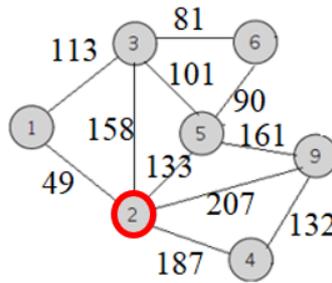
Düğüm	Şehir	Düğüm	Şehir	Düğüm	Şehir
1	Düzce	10	Yozgat	19	Gümüşhane
2	Bolu	11	Çorum	20	Trabzon
3	Zonguldak	12	Sinop	21	Erzincan
4	Ankara	13	Samsun	22	Bayburt
5	Karabük	14	Amasya	23	Rize
6	Bartın	15	Tokat	24	Erzurum
7	Kırıkkale	16	Ordu	25	Artvin
8	Kastamonu	17	Sivas		
9	Çankırı	18	Giresun		



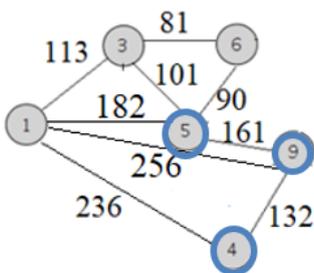
Şekil 2. 25 Şehir Arasındaki Bağlantıları Gösteren Şebeke



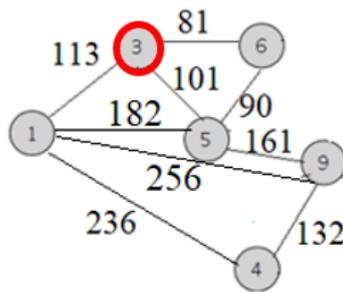
Şekil 3. Başlangıç Düzümü: Düzüm 1



Şekil 4. Düzüm 1'e En Yakın Düzüm: Düzüm 2

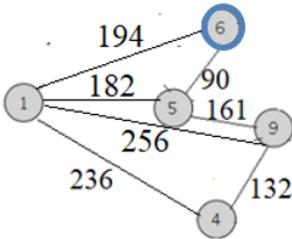


Şekil 5. Düzüm 2'nin Silinmesi

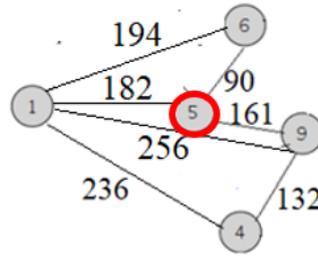
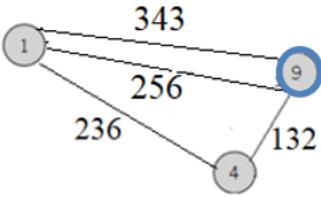


Şekil 6. Düzüm 1'e En Yakın Düzüm: Düzüm 3

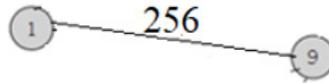
Şekil 2'deki şebekede başlangıç şehri, Düzce (Düğüm 1) ve hedef şehir, Artvin (Düğüm 25)'dir. Google Haritalar'ın "Yön" özelliği kullanılarak 25 şehir için doğrudan bağlantıya sahip olanlar belirlenmiş olup, mesafe ve süreler elde edilmiştir. Şehirler arası farklı mesafelerin ve sürelerin olduğu durumlarda iki şehir arasındaki en kısa mesafe ve süre dikkate alınmıştır. Düğüm kombinasyonu algoritmasının şebeke üzerinden işleyişi, Düzce (Düğüm 1) - Çankırı (Düğüm 9) arası toplam mesafeyi minimum kılan EKY problemi örnek alınarak Şekil 3-12'de gösterilmiştir. Başlangıç düğümüne en yakın düğüm, kırmızı renk ile; en yakın düğümün silinmesi sonucu, en yakın düğümün komşu kenarlarının başlangıç düğümünden uzaklıklarının güncellendiği düğüm(ler) ise mavi renk ile belirtilmiştir.



Şekil 7. Düğüm 3'ün Silinmesi

Şekil 8. Düğüm 1'e En Yakın Düğüm:
Düğüm 5

Şekil 9. Düğüm 5'in Silinmesi



Şekil 10. Düzce'den Çankırı'ya EKY

Çalışmada ilk olarak mesafeler dikkate alınarak çözüm gerçekleştirilmiştir. Buna göre Düzce'den Artvin'e minimum mesafeyi veren rotayı belirleme problemi, düğüm kombinasyonu algoritması kullanılarak MATLAB programında çözülmüş ve Şekil 11'deki sonuç ekranı elde edilmiştir.

```
Command Window
e =
    1152

L =
fx 25 23 20 18 16 13 12 8 5 2 1
```

Şekil 11. MATLAB programında düğüm kombinasyonu algoritması sonuç ekranı (mesafe)

Şekil 11'deki sonuç ekranına göre Düzce'den Artvin'e minimum mesafe, 1152 km olup rota şu şekildedir: Düğüm 1 (Düzce) → Düğüm 2 (Bolu) → Düğüm 5 (Karabük) →

Düğüm 8 (Kastamonu) → Düğüm 12 (Sinop) → Düğüm 13 (Samsun) → Düğüm 16 (Ordu) → Düğüm 18 (Giresun) → Düğüm 20 (Trabzon) → Düğüm 23 (Rize) → Düğüm 25 (Artvin).

Toplam minimum mesafe yerine toplam minimum sürenin ele alınmasının rota üzerindeki etkisini değerlendirmek için Düzce'den Artvin'e minimum süreyi veren rota belirleme problemi çözülerek Şekil 12'deki sonuç ekranı elde edilmiştir.

```
Command Window
e =
    994
L =
fx
25  23  20  18  16  13  11  9  2  1
```

Şekil 12. MATLAB programında düğüm kombinasyonu algoritması için sonuç ekranı (süre)

Buna göre Düzce'den Artvin'e minimum süre, 16 saat 33 dakika olup rota şu şekildedir: Düğüm 1 (Düzce) → Düğüm 2 (Bolu) → Düğüm 9 (Çankırı) → Düğüm 11 (Çorum) → Düğüm 13 (Samsun) → Düğüm 16 (Ordu) → Düğüm 18 (Giresun) → Düğüm 20 (Trabzon) → Düğüm 23 (Rize) → Düğüm 25 (Artvin). Çalışmada elde edilen rotalar, Şekil 13'te harita üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4'te ise Google Haritalar'ın sunduğu ve düğüm kombinasyonu algoritmasından elde edilen tüm sonuçlar, detaylı bir şekilde yer almaktadır.



Şekil 13. Elde edilen rotalar

4. Sonuç ve öneriler

Lojistik sektörü, dünyada her geçen gün büyümeye devam eden sektörlerin başında olup, lojistik faaliyetleri işletmelerin faaliyet alanına bakılmaksızın genel kârlılığı üzerinde yüksek bir etkiye sahiptir. Lojistik faaliyetleri oldukça karmaşık bir süreç içermekte olup, bu durum mal veya hizmetlerin doğru bir koordinasyon ile başlangıç noktasından varış noktasına teminini gerektirir. Lojistik firmaları ise bu işlemleri başarılı bir şekilde gerçekleştirmek

Tablo 4: Düzce'den Artvin'e alternatif rotaların karşılaştırılması

Alternatif Rota I (Google Haritalar)
Rota: Düzce → Bolu → Çankırı → Çorum → Amasya → Samsun → Ordu → Giresun → Trabzon → Rize → Artvin
Süre: 14 saat 26 dakika
Mesafe: 1068 km
Alternatif Rota II (Google Haritalar)
Rota: Düzce → Bolu → Çankırı → Çorum → Yozgat → Sivas → Erzincan → Erzurum → Artvin
Süre: 17 saat 32 dakika
Mesafe: 1274 km
Alternatif Rota III (Google Haritalar)
Rota: Düzce → Bolu → Ankara → Kırşehir → Nevşehir → Kayseri → Sivas → Erzincan → Erzurum → Artvin
Süre: 18 saat 7 dakika
Mesafe: 1367 km
Düğüm Kombinasyonu Algoritması I (mesafe)
Rota: Düzce → Bolu → Karabük → Kastamonu → Sinop → Samsun → Ordu → Giresun → Trabzon → Rize → Artvin
Süre: 16 saat 52 dakika
Mesafe: 1152 km
Düğüm Kombinasyonu Algoritması II (süre)
Rota: Düzce → Bolu → Çankırı → Çorum → Samsun → Ordu → Giresun → Trabzon → Rize → Artvin
Süre: 16 saat 33 dakika
Mesafe: 1154 km

için bu sektörde rol göstermektedir. Lojistik yönetimindeki temel problemlerden biri en kısa mesafe veya en kısa süreyi veren yol seçimidir. Lojistik alanında EKY problemi oldukça karşılaşılan bir durumdur ve bu problemi çözmek için birçok algoritma geliştirilmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, bir lojistik firmasının Düzce - Artvin arası dağıtım faaliyetlerinde toplam mesafeyi ve süreyi minimum kılan rota belirleme problemini düğüm kombinasyonu algoritması ile gerçekleştirmektir. EKY problemi kapsamında en sık kullanılan algoritmalarından biri Dijkstra algoritmasıdır ancak Dijkstra algoritmasının kullanımı çok basit değildir ve fazla işlem gerektirmektedir. Dijkstra algoritmasına dayalı düğüm kombinasyonu algoritması ise daha az işlem ile sonuçların kolay ve başarılı şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Çeşitli şebekeler üzerinde yapılan değerlendirmeler, düğüm kombinasyonu algoritmasının Dijkstra algoritması kadar verimli olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle çalışmada ele alınan problemin çözümünde düğüm kombinasyonu algoritması kullanılmıştır. Çalışmada ele alınan problem için toplam minimum mesafe ve toplam minimum süre açısından iki çözüm gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, Google Haritalar'ın sunduğu alternatif rotalar ile karşılaştırılmıştır. Düğüm kombinasyonu algoritması ile elde edilen sonuçlar, Google Haritalar'ın sunduğu alternatif rota I ile uyumlu olup, alternatif rota II ve III'ten daha kısa mesafe ve sürede sonuçlar ortaya koymaktadır. Çalışma sonucunda toplam minimum mesafe ve süre sırasıyla 1152 km ve 16 saat 33 dakika olarak bulunmuştur.

Ulusal literatürde düğüm kombinasyonu algoritmasının kullanıldığı bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada düğüm kombinasyonu algoritmasının gerçek hayat problemi

için başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği gösterilmektedir. Buna ek olarak bu çalışmada elde edilen rotaların, Düzce-Artvin arası EKY problemi için Google Haritalar'dan farklı alternatif rotalar sunarak karar vericilere katkı sağlaması beklenir. Uygulanan algoritma sonucunda elde edilen sonuç ile Google haritalar gibi çeşitli çevrimiçi harita hizmetleri arasında farklı sonuçlar olması mümkündür. Çünkü düğüm kombinasyonu algoritması, iki şehir arasındaki doğrudan mesafeyi uygularken Google haritalar, iki şehir arasındaki alternatif yolu kullanabilir. Bu çalışmanın sınırlılıklarından biri EKY'nin sadece mesafeler ve süreler dikkate alınarak bulunmasıdır. Örneğin; yol durumu, trafiğin seyri, araç özellikleri vb. durumlar, en kısa mesafeyi değiştirmese bile en kısa süreli yol ya da en az maliyetli yol rotasını değiştirecektir. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı EKY algoritmaları ve programlama dilleri kullanılarak bahsedilen değişkenler ile optimal rota belirleme problemi ele alınabilir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazar finansal destek beyan etmemişlerdir.

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

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support.

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

Kaynakça

- Amaliah, B., Faticah, C., & Riptianingdyah, O. (2016). "Finding the Shortest Paths Among Cities in Java Island Using Node Combination Based on Dijkstra Algorithm". *International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems*, 9(4), 2219-2236.
- Bulut, F., & Erol, H. M. (2018). "A Real-Time Dynamic Route Control Approach on Google Maps Using Integer Programming Methods". *International Journal of Next-Generation Computing*, 189-202.
- Climaco, J. C. N., & Martins, E. Q. V. (1982). "A Bicriterion Shortest Path Algorithm". *European Journal of Operational Research*, 11(4), 399-404.
- Deng, Y., Chen, Y., Zhang, Y., & Mahadevan, S. (2012). "Fuzzy Dijkstra Algorithm for Shortest Path Problem Under Uncertain Environment". *Applied Soft Computing*, 12(3), 1231-1237.
- Dermawan, T. S. (2019). "Comparison of Dijkstra dan Floyd-Warshall Algorithm to Determine the Best Route of Train". *IJID (International Journal on Informatics for Development)*, 7(2), 54-58.
- Dijkstra EW. (1959) "A Note on Two Problems in Connexion with Graphs". *Numerische Mathematik*, 1(1), 269-271.
- Düzce'den Artvin'e Alternatif Rotalar, <https://www.google.com/maps> (09.03.2022).
- Ekmen, D. E. (2020). "A Study on Performance Evaluation of Optimization Algorithms in the Shortest Path Problem", (Unpublished Master Thesis), Ankara Yıldırım Beyazıt University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Erol, M. H., & Bulut, F. (2017, April). "Real-Time Application of Travelling Salesman Problem Using Google Maps API". In *2017 Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineering's Meeting (EBBT)* (pp. 1-5). IEEE.

- F.S. Hillier, & G.L. Lieberman (2001). *Introduction to Operations Research*, (Seventh Edition), McGraw-Hill.
- Fitro, A., P Sulistio Ilham, A., B Saeful, O., & Frendianata, I. (2018). "Shortest Path Finding in Geographical Information Systems Using Node Combination and Dijkstra Algorithm". *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(2), 755-760.
- Gencer C., & Karamanaoğlu Y. E. (2020). *Şebeke Optimizasyonu*. Nobel Yayınevi, Ankara.
- Hall, R. W. (1986). "The Fastest Path Through a Network with Random Time-Dependent Travel Times". *Transportation Science*, 20(3), 182-188.
- Karlı, N. (2010). "Akıllı Ulaşım Sistemleri için Yapay Bağışıklık Sistemleri ve Genetik Algoritma ile Yeni Stokastik En Kısa Yol Algoritmalarının Geliştirilmesi", (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Klein, C. M. (1991). "Fuzzy Shortest Paths". *Fuzzy Sets and Systems*, 39(1), 27-41.
- Kosif, B., & Ekmekçi, İ. (2012). "Araç Rotalama Sistemleri ve Tasarruf Algoritması Uygulanması". *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(21), 41-51.
- Lu, X., & Camitz, M. (2011). "Finding the Shortest Paths by Node Combination". *Applied Mathematics and Computation*, 217(13), 6401-6408.
- Mirino, A. E. (2017). "Best Routes Selection Using Dijkstra and Floyd-Warshall Algorithm". In *2017 11th International Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS)* (pp. 155-158). IEEE.
- Ojekudo, N. A., & Akpan, N. P. (2017). "An Application of Dijkstra's Algorithm to Shortest Route Problem". *IOSR Journal of Mathematics (IOSR-JM)*, 13(3), 20-32.
- Opananon, S., & Miller-Hooks, E. (2005). "Adjustable Preference Path Strategies for Use in Multicriteria, Stochastic, and Time-Varying Transportation Networks". *Transportation Research Record*, 1923(1), 137-143.
- Özdemir, S., Sacar, Ö., & Özcan, E. "Dijkstra Algoritması Kullanılarak İpek Yolu Koridorları Arasında En Kısa Ulaştırma Güzergâhının Belirlenmesi". *Demiryolu Mühendisliği*, (13), 97-105.
- Öztürk, A. (2009). *Yöneylem Araştırması*, (12. Baskı). Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa.
- Render, B., Stair Jr, R. M., Hanna, M. E. & Trevor, S. T. (2015). *Quantitative Analysis for Management*, 13e. Pearson Education.
- Rosita, Y. D., Rosyida, E. E., & Rudiyanto, M. A. (2019). "Implementation of Dijkstra Algorithm and Multi-Criteria Decision-Making for Optimal Route Distribution". *Procedia Computer Science*, 161, 378-385.
- Shu-Xi, W. (2012). "The Improved Dijkstra's Shortest Path Algorithm and Its Application". *Procedia Engineering*, 29, 1186-1190.
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction*. Pearson Education Limited.
- Tirastittam, P., & Waiyawuththanapoom, P. (2014). "Public Transport Planning System by Dijkstra Algorithm: Case Study Bangkok Metropolitan Area. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic", *Business and Industrial Engineering*, 8(1), 54-59.
- Uslu, M. F., Uslu, S., & Bulut, F. (2020). "An Adaptive Hybrid Approach: Combining Genetic Algorithm and Ant Colony Optimization for Integrated Process Planning and Scheduling". *Applied Computing and Informatics*, 18 (1/2), 101-112.
- Winston, W. L., & Goldberg, J. B. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms* (Fourth Edition). Belmont: Thomson Brooks/Cole.
- Yuan, Y., & Wang, D. (2009). "Path Selection Model and Algorithm for Emergency Logistics Management". *Computers & Industrial Engineering*, 56(3), 1081-1094.
- Zulfiqar, O.M., Isnanto, R.R. & Nurhayati, O.D. (2018). "Optimal Distribution Route Planning Based on Collaboration of Dijkstra and Sweep Algorithm", *10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE) Information Technology and Electrical Engineering*, Bali, Indonesia.



Planlı Davranış Teorisi Çerçevesinde Kargo Otomat (Kargomat) Sisteminin İncelenmesi: Elektronik Son Adım Teslimat Süreçlerinin E-Ticaret Platformları Özelinde Araştırılması

Investigating Smart Parcel Locker Systems in the Framework of Planned Behavior Theory: A Study of Electronic Last Mile Delivery Processes on E-Commerce Platforms

Yavuz Toraman¹

Öz

Dijitalleşmenin insan hayatına çok farklı noktalarda temas etmesiyle yeniliklerin tüketiciler tarafından algılanması uzmanlar tarafından süreç içerisinde merak konusu olmuştur. Bu bağlamda tüketicilerin yeni teknolojileri kabulünü etkileyen faktörlerin incelenmesi araştırmanın temel problemini oluşturmaktadır. Çalışmada araştırmanın amacına uygun ve literatürde de sıkça değinilen Planlı Davranış Teorisi (PDT) kullanılmıştır. PDT modelinde birden çok ilişki söz konusu olduğundan çalışmada literatüre uygun olarak yapısal eşitlik modellemesi kullanılmıştır. Ayrıca yapısal eşitlik modellemelerinde sıkça kullanılan Smart PLS 3 programı kullanılmıştır. Çalışma verilerinin güvenilirlik ve geçerlilik analizleri sonuçları kabul edilen değerler aralıklarında bulunmasıyla Smart PLS 3 programı yol analizi yapılmıştır. Çalışmaya ait H4 hipotezi reddedilirken diğerleri kabul edilmiştir. H8 hipotezinde ise negatif diğerlerinde ise pozitif bir etki tespit edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen ek sorularda katılımcıların %30'undan azı kargomat teknolojisini kullanmadığından dolayı Algılanan Davranışsal Kontrol (ADK) değişkeni sağlıklı bir şekilde veri sağlayamamıştır. Yeterli sayıda aktif kargomat kullanıcısına ulaşılamadığı ve R² değeri 0.122 olarak elde edildiği için araştırmada davranıştan ziyade kullanıcı niyetinin açıklanmasına odaklanılmıştır. ADK'nın niyeti dolaylı olarak hem niyeti hem de davranışı etkilemesi literatüre paralel bir sonuç elde edildiğini göstermektedir. Fakat teknoloji kullanımının tabana yayılımının hızlanmasıyla birlikte kargomatlar fiziksel olarak geniş bir alana yayılmasıyla kargomat teknolojisi son adım teslimatındaki kullanım oranı artacaktır. Kargomatlar son adım teslimatı sürecinde elektronik son adım teslimatı adıyla alt başlık açabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Planlı Davranış Teorisi, Lojistik, Tüketici Davranışı, Son Adım Teslimat, E-Ticaret

ABSTRACT

As digitalization touches human life at many different points, consumers' perceptions toward innovations have been a matter of curiosity for experts. In this context, examining the factors affecting consumer acceptance of new technologies constitute the main problem of the research. The study uses planned behavior theory (PBT), which is suitable for the purpose of the research and has been frequently mentioned in the literature. The study also uses structural equation modeling due to the presence of more than one relationship in the PBT model. The study uses the program SmartPLS 3, which has also been frequently used for structural equation modeling in the literature. The results from the reliability and validity analyses of the study data were found to be within accepted values, and thus the SmartPLS 3 path analysis was conducted. The study accepted all its hypotheses except for the H4. Perceived behavioral control (PBC) variable could not provide reliable data regarding the additional questions included in the study because less than 30% of the participants used locker technology. Because a sufficient number of smart parcel locker users could not be reached and the obtained R² value was 0.122, the research focused on explaining user intent rather than behavior. The fact that PBC affects both intention and behavior indirectly reveal a result to have been obtained that is parallel to the literature. However, with the accelerated use of technology and the spread of parcel lockers to a wider area, the rate of smart parcel locker technology usage in last mile delivery will increase. By benefitting from technology, this study predicts that the last mile delivery process with parcel lockers will be called electronic last mile delivery.

Keywords: Theory of Planned Behavior, Logistics, Consumer Behavior, Last Mile Delivery, E-Commerce

Başvuru/Submitted: 08.11.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 04.03.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 24.03.2022 • **Kabul/Accepted:** 23.07.2022

³ **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Yavuz Toraman (Öğr.Gör.) Dış Ticaret Programı, Nişantaşı Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye.
E-mail: yavuz.toraman@nisantasi.edu.tr ORCID: 0000-0002-5196-1499

Atf/Citation: Toraman, Y. (2022). Planlı davranış teorisi çerçevesinde kargo otomat (kargomat) sisteminin incelenmesi: elektronik son adım teslimat süreçlerinin e-ticaret platformları özelinde araştırılması. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 303-320. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1006593>



Extended Abstract

As technological developments continue, new technologies enter human life every day. The technological changes and develops that closely impact human life have been a subject of curiosity for experts. Many studies have also been carried out in academia on this field. The theory of reasoned action (TRA) has been handled by social psychologists for use as a steppingstone in understanding human behavior. This study will examine the acceptance of new technologies in particular within the framework of planned behavior theory (PBT) as a modernized variation of TRA. PBT argues that the relationship among perceived behavioral control, attitude toward the behavior, and subjective norms affects behavior by way of intention (Ajzen, 1991), and the current study uses this original model of PBT.

Digitalization has touched humanity at many different points, during which consumer perceptions of innovations have been a matter of curiosity for experts. Examining the factors affecting consumer acceptance of new technologies in this context constitutes the main problem of the research.

This research examines smart parcel locker systems that are offered to consumers. Smart parcel lockers are a form of last mile delivery, and the thought is that it will be called e-last mile delivery in the future. Smart parcel locker technology involves machines that deliver cargo and allow products consumers to have purchased to be received 24/7 without the need for a third party. It is a delivery method that is often used in place of traditional last mile delivery methods with regard to product delivery in e-commerce platforms. Smart parcel lockers deliver products by automatically opening the panel of the closed compartment in which the product has been placed once the final consumer enters the password the retailer or e-commerce platform has given them. By using the code, the e-commerce platform has sent, consumers will be able to receive their product contact free.

Smart parcel lockers in this context are becoming a part of the shopping experience of consumers on electronic platforms due to the increased number of users and usage areas in the future. This study analyzes the factors affecting consumers' attitudes, intentions, and behaviors of consumers toward smart parcel locker usage within the framework of PBT.

In accordance with the subject and content of the study, the main body of the research consists of people who use smart devices. Individuals at least 18 years of age were included in the main population of the study. Due to the density of electronic commerce platforms and electronic commerce being specific to the province of Istanbul, the study has limited itself to being conducted in Istanbul Province.

The sample of the study were selected using convenience sampling, a non-random sampling method in which only accessible users are included in the research (Kurtuluş, 2010).

The study has 165 participants. Upon examining the questionnaires in detail, those that were not suitable for analysis were disregarded, and thus the research analysis was carried

out with the available data from 149 people. The prepared research questionnaire was applied online between August 15 and September 4, 2021, using Google Forms.

This research has also examined the various studies that have been conducted in the literature within the scope of PBT, using structural equation modeling (SEM) in parallel with the literature to observe the complex relationship between the dependent and independent variables more clearly (Hair et al., 2010).

Factor loadings, composite reliabilities, averages, and Cronbach's alpha values for the variables of the study were observed to be within their expected ranges. The path analysis was performed using the program SmartPLS 3.

As a result of the analysis, consumers' intentions, and behaviors toward using parcel lockers were observed to be affected by their attitudes and subjective norms. The study accepted all the hypotheses except for H4.

The literature contains few studies that have examined the factors affecting the user acceptance of smart parcel lockers, which is a new technology within the framework of PBT. As smart parcel locker usage increases, studies on this subject are expected to increase.

1. Giriş

Teknolojik gelişmeler devam ederken her gün yeni bir teknoloji insan hayatına girmektedir. İnsan hayatını yakından etkileyen teknolojinin değişim ve gelişim süreci uzmanlar tarafından merak konusu olmuştur. Bu alanda akademik anlamda birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Sosyal psikologlar tarafından işlenen Gerekçeli Eylem Teorisi (GET) insan davranışlarının anlaşılmasında bir basamak olarak kullanılmıştır (Ajzen ve Fishbein 1975; Ajzen ve Fishbein 2000). Araştırma özelinde ise Gerekçeli Eylem Teorisine dayandırılan fakat farklı bir yöntem olan Planlı Davranış Teorisi (PDT) çerçevesinde yeni teknolojilerin kabulü incelenmiştir. PDT'ye göre insanlar davranışlarını şekillendirirken söz konusu davranış üzerindeki kontrolüne dikkat çekmektedir (Ajzen, 1991). Araştırmada yeni teknolojilerden biri olan son adım teslimat şekillerinden kargo otomatı (kargomat) sistemi incelenecektir (Ajzen, 1980).

İnsanların günlük hayatında kullandığı ve fayda sağladığı pek çok teknolojik ürün bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi de kargomat teknolojisidir. Kargomat, tüketicilerin yaptıkları alışverişlerin sonrasında ürünlerinin teslimatında uygulanan yeni bir teslimat yöntemidir. Kargomat kullanımı temassız bir teslimat seçeneği sunduğu için COVID-19 süreci ve sonrasında yaygın bir ağa bağlı olarak artacağı düşünülmektedir. COVID-19 sürecinde yapılan araştırmalarda insanların virüse yakalanmasa bile temassız alışveriş ve teslimata eğilimlerinin arttığı görülmektedir.

PTD kapsamında incelenen kargomat sistemi çalışmaya dahil olan katılımcılardan elde edilen veriler ışığında analiz edilmiştir. Araştırmada kargomat sisteminin kabulünde etkili olan olumlu veya olumsuz faktörler detaylı olarak incelenip literatüre katkı sağlanması planlanmaktadır. Fakat teknolojilerin kullanım kabulünün incelendiği çalışmalarda söz konusu teknolojinin yeterli sayıda kullanıcıya ulaşamaması ve araştırmaya dahil olan katılımcılarında sistemi bilmesi fakat daha önce kullanmamış olması araştırmacıların davranıştan ziyade kullanma niyetine odaklanmasına neden olabilmektedir. Mevcut araştırmada da söz konusu kargomat sisteminin kullanıcı sayısının kısıtlı olmasından ötürü davranıştan ziyade kullanım niyetine odaklanılmıştır.

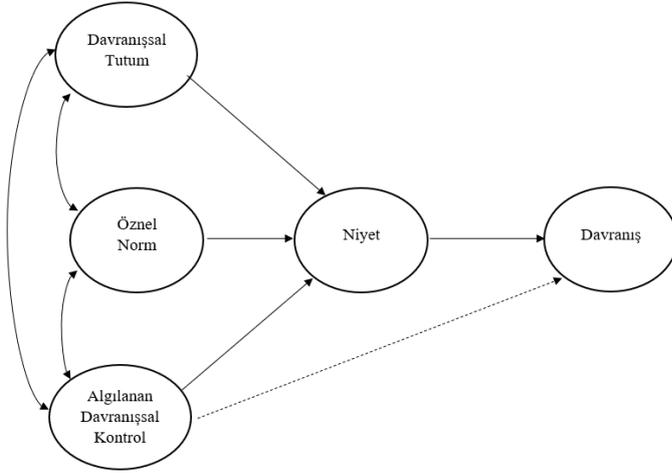
2. Literatür

2.1. Planlı Davranış Teorisi

Planlı davranış teorisi, Ajzen tarafından Gerekçeli Eylem Teorisi (GET) temel alınarak geliştirilmiştir. PDT'yi ayıran özellik algılanan davranış kontrolüdür. GET kontrol altındaki davranışlar için geçerli olduğundan Ajzen istemsiz durumlarda niyeti etkileyen farklı bir motivasyon olduğunu varsaymıştır (Ajzen ve Madden, 1986). İnsanların davranış nedenlerini araştırırken sadece niyeti değerlendirmek ile kalınmayıp aynı zamanda kişilerin davranış üzerindeki kontrolü de hesaba katılması gerektiği düşünülmüştür. PDT, algılanan davranışsal kontrol, davranışsal tutum ve öznel norm ilişkisinin niyeti dolayısıyla davranışı etkilediğini savunmaktadır (Ajzen, 1991).

İnsan davranışlarının anlaşılması uzmanlar tarafından her dönem merak konusu olmuştur. Sanayi devrimi sonrasında teknolojik gelişmelerin artmasıyla teknoloji ve teknolojik

ürün kullanımına yönelik tutum, niyet ve davranış çoğu araştırmaya dahil edilmiştir. Bu bağlamda PDT, insanların yeni teknolojileri benimsemelerinde sıkça kullanılan bir yöntem olmuştur (Morris ve Venkatesh, 2000).



Şekil 1: Planlı Davranış Teorisi (PDT)

Kaynak: (Ajzen, 1991).

Uzmanların kullanıcı davranışları ile ilgili araştırmalarında PDT sıklıkla kullanılan bir model olmuştur. Fakat PDT kapsamında yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Ajzen, algılanan davranışsal kontrol değişkeninin insanların davranış ve niyetlerinin belirlenmesinde etkili olduğunu söylemektedir (Ajzen, 1985). Beldad ve Hegner'in PDT çerçevesindeki çalışmasında cinsiyet bakımından yapılan araştırmada algılanan davranışsal kontrol değişkeninin niyeti belirlemede bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Beldad ve Hegner, 2018).

Giampietri ve arkadaşlarının PDT kapsamında yaptıkları çalışmada niyet ve algılanan davranışsal kontrol söz konusu davranış anlamlı bir düzeyde etkilediği sonucu elde

Tablo 1: PDT Kapsamında Yapılan Çalışmalar

Yazar-Yıl	Alan	Hipotez	İlişki	Model
Gao vd., 2017	Enerji	DT→N	Var	Planlı Davranış Teorisi (PDT)
		ÖN→N	Yok	
		ADK→N	Var	
Yang vd., 2017	Akıllı Ev Teknolojileri	DT→N	Var	
		ÖN→N	Var	
		ADK→N	Var	
Hansen vd., 2017	Sosyal Medyadaki Transfer İşlemleri	DT→N	Yok	
		ADK→N	Var	
Kamble vd., 2017	Tedarik Zinciri Yönetiminde Blokszincir Teknolojisinin Kullanımı	DT→N	Var	
		ÖN→N	Yok	
		ADK→N	Var	
Dalvi-Esfahani vd., 2017	Yeşil Bilgi Teknolojileri	DT→N	Var	
		ÖN→N	Yok	
		ADK→N	Var	

DT: Davranışsal Tutum, ÖN: Özel Norm, ADK: Algılanan Davranışsal Kontrol, N: Niyet

edilmiştir. (Giampietri vd., 2017). Öznel norm, tutum ve algılanan davranışsal kontrol değişkenleri insanların niyetlerini ve davranışlarını etkilemektedir (Ajzen, 1991).

2000’li yıllar teknolojik gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Uzmanların yeniliklerin kabulünü araştırmaları sıkça literatürde yer almaktadır. PDT kavramsal çerçevesinde Hansen’in 2008 yılında çevrim içi market alışverişi alanında yaptığı çalışmada kullanıcıların satın alma isteğini öznel normları, tutumları ve algılanan davranışsal kontrolleri tarafından pozitif yönde etkilendiği sonucu elde edilmiştir. (Hansen, 2008).

Kalafatis ve arkadaşlarının yaptıkları yeşil pazarlama çalışmasında karşılıklı iki ülke pazarını incelemişlerdir. Yapılan çalışmada tutum ve algılanan davranışsal kontrol değişkenleri söz konusu davranışı anlamlı düzeyde etkilememektedir (Kalafatis vd, 1999).

Literatürde yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde Ajzen’in kurguladığı PDT’ye paralel olarak sonuç veren çalışmalar var iken algılanan davranışsal kontrolün anlamsız çıktığı çalışmalarda göze çarpmaktadır. Bunun nedeni olarak araştırma konusunu oluşturan yeniliklerin geniş bir kullanıcı kitlesine sahip olmaması gösterilebilir. Mevcut araştırmaya dahil olan katılımcıların da kargomat sistemini kullanan sayısı genele oranla %30 olarak bulunmuştur. Bu nedenle araştırma kullanım davranışı özelinde değil kullanım niyetini etkileyen faktörler çerçevesinde incelenmiştir.

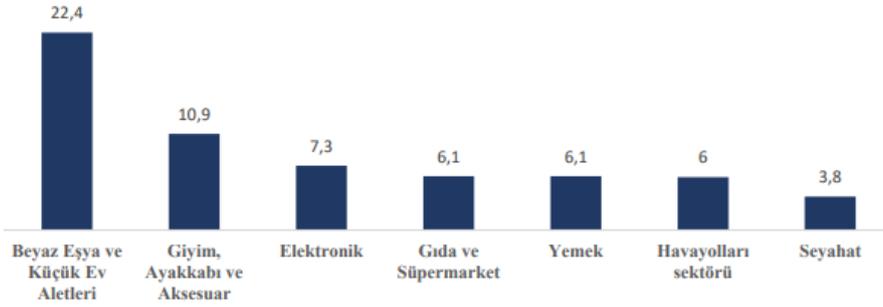
Günümüzde son adım teslimatın önem kazanmasıyla birlikte gelişen teknolojinin yarattığı fırsatlar her geçen gün farklı bir yöntem ile tüketicilere ulaşmayı sağlamaktadır. Araştırmada yeni teknolojilerden biri olan kargomatların kullanım niyetine yönelik bir çalışma yürütülmektedir. Bu bağlamda insan davranışlarını anlamlandırmak adına literatürde sıkça kullanılan PDT tercih edilmiştir. Araştırma e-ticaret faaliyetlerinde son adım teslimat yöntemlerinden biri olan kargomat teknolojisi üzerinedir.

2.2. Elektronik Ticaret

İnternet teknolojisinin gelişmesi ve yaygınlaşması ticareti e-ticarete evirerek devrim niteliğinde değişe neden olmuştur (Ba ve Pavlou, 2002). Geçen 20 yıllık süre zarfında teknolojik gelişmeler hızlı bir şekilde yaşanmaktayken sonrasında teknolojinin farklı cihazlar ile entegrasyonu e-ticaretin farklı sektörlerde de öneminin arttığı bilinmektedir. Bu bağlamda tüketicilerin alışveriş aktivitelerinde internet daha önemli bir rol oynamaya başlamıştır (Cho, 2004).

İnternetin gelişimi ile elektronik hizmetler artmıştır. Elektronik ortamda alışveriş yapabilme imkanı bulan tüketiciler başta karışık bir sistem ile karşılaşsalar da süreç içerisinde yapılan iyileştirmeler sayesinde gelişme sağlanmıştır. Buna bağlı olarak işletmelerin (B2C) çalışmaları hız kazanmıştır (Featherman ve Pavlou, 2003).

Gün geçtikçe gelişen wireless iletişim teknolojisi internet kullanımını artırırken dolaylı olarak insanların dijital ortamlarda daha fazla vakit geçirmesini sağlamıştır. Bu sürecin devamında ise tüketicilerin alışveriş davranışındaki değişimi beraberinde getirmiştir (Wu ve Wang 2004).



Şekil 2: 2021 Yılı E-Ticaret Hacminin Sektörlere Göre Dağılımı (Milyar TL)

Kaynak: eticaret.gov.tr

2021 yılının ilk 6 aylık e-ticaret verileri şekil 2'deki gibidir. Sektörel baz da incelendiğinde hacim sırasıyla beyaz eşya, küçük ev aletleri, giyim, ayakkabı, aksesuar, elektronik, gıda, süpermarket, yemek, havayolları ve seyahat olarak gözlemlenmektedir.

Ticaret Bakanlığı 2020 yılı e-ticaret verilerine göre, bir önceki yıl ile kıyaslandığında Türkiye'nin elektronik ticaret hacmi %70 civarında artış görülmektedir. 2021 yılının ilk 6 aylık verileri incelendiğinde ise toplam gönderilerin %55'i e-ticaret gönderilerini oluşturmaktadır. (eticaret.gov.tr).

Teknolojik cihazların gelişimi ve kullanıcı sayısının artmasına paralel olarak perakendecilerin fiziksel olarak yakın çevresinin yanında görece uzak bölgelere olan entegrasyonu artmıştır. Türkiye özelinde TÜİK verileri incelendiğinde hane halkının 2002 yılından itibaren internet erişiminin artmasıyla birlikte elektronik ticaret faaliyetlerin de arttığı gözlemlenmiştir (TÜİK, 2020).

Son yıllarda artış gösteren mobil cihaz kullanımı, perakendecileri elektronik ticarete mobil kanalların kullanılmasına sevk etmiştir. Perakendecilerin elektronik ticaret ekosistemine entegrasyonu zorunluluk haline gelmiştir. (Lin, 2011). Akıllı telefonların ortaya çıkışından sonra elektronik ticaret her yıl artış gösterdiği söylenebilir (Chou vd., 2015).

Perakendeciler teknolojinin ve internetin gelişimine paralel olarak elektronik ticaret faaliyetlerine daha fazla yoğunlaşmaktadır. Perakendeciler müşteri memnuniyetini ve tekrar satın almaları sağlayabilmek adına ürün satışından sonra teslimatın gerçekleşeceği süre dahil olmak üzere nihai tüketiciye verdiği hizmeti sürdürmek zorundadır. Bu bağlamda nihai tüketiciye ürünlerin ulaşması son derece önem arz etmektedir. Bu kapsamda son adım teslimatı elektronik ticaretin bir parçası haline gelmiştir. Perakendeciler son adım teslimatının sürdürülebilirlikleri açısından önemli olduğunu kavradıkları için tüketicilere farklı alternatifler sunmaktadır. Bu alternatiflerin birisi de kargomatlardır. Araştırmada son adım teslimatı şekillerinden olan ve ülkemizde yeni yaygınlaşmaya başlayan kargomatların kullanıcı kabulünü etkileyen faktörler incelenecektir. Fakat sistem yaygın olarak kullanılmadığı için mevcut çalışma kullanım niyeti ile sınırlandırılmıştır.

Kullanıcı kabulünün araştırılması konusunda literatürde sıkça başvurulan modeller, TKM, geliştirilmiş TKM modelleri, YYT, GET, PDT vb. gibidir. Mevcut araştırmada e-ticaret platformları ve 7/24 hizmet sunan kargomat sistemleri PDT kapsamında ele alınmıştır.

PDT tüketici davranışlarının analizi ile ilgili çalışmalarda sıkça kullanıldığı için yapılan mevcut çalışmada da kullanılmıştır.

2.3. Son Adım Teslimat Kavramı

2022 yılında yayınlanan raporda anlaşılacağı üzere dijitalleşme birçok sektöre yayılarak hızını artırmış görünmektedir. Türkiye dijital dönüşüme ayak uyduranlardan olup e-ticaret alışverişlerinde hem dayanaklı tüketim malzemeleri hem de hızlı tüketim malları özelinde ilk sıralarda yer almaktadır. Ayrıca Türkiye 2009-2010 yılında finansal sistemlere dahil olan kripto paraların yatırımında dahi ilk 10 ülke arasına girmiştir (wearesocial.com). Bu bağlamda düşünüldüğünde Türkiye dijitalleşme süreçlerine hızlı uyum sağladığı söylenebilir. Birçok farklı sektörün ürün ve hizmetlerini dijital ortamlara taşınmasıyla birlikte satın alma sürecinin ardından teslimat süreçleri de teknolojik alt yapıyla desteklenmiştir.

Ürünlerin tüketicilere teslimatı sadece ürünlerin ulaştırılmasıyla ilgili değildir. Bu süreçte tüketicilere çeşitli anlaşmalarla teslimat hizmeti sunulmaktadır. Teslimat veya son adım teslimatı (last mile delivery), ürünlerin nihai tüketiciye ulaşmasını amaçlayan teslimat zinciri sürecinde farklı birçok işlem gerçekleştirilerek teslimatı son varış noktasına başarılı bir şekilde getirmektir (Yuen vd., 2018). Son adım teslimatı satın alınan ürünlerin nihai tüketiciye tüketicinin istediği noktada ve belirlenen sürede teslim edilmesidir. Bu bağlamda teknolojinin gelişimi son adım teslimat noktalarını da şekillendirmektedir. Son adım teslimatı hem lojistik hizmet düzeyi üzerindeki etkileri hem de lojistik maliyetlere pozitif katkı sağlaması açısından oldukça önemlidir (Seghezzi vd., 2022).

Lojistik faaliyetleri e-ticaretin aşırı büyümesiyle birlikte zorunlu bir değişime uğramıştır (Vakulenko vd., 2019). E-ticaret, tüketicilerin fiziksel mağazalara gitmeksizin satın aldıkları ürünlerin teslimatı gerçekleşene kadar devam eden bir süreçtir. Ürün teslimatı e-ticaretin büyümesine paralel olarak zorlukları beraberinde getirdiği için bu konulara çözüm bulmak sektörün sürdürülebilirliği için önemli bir zorunluluk haline gelmektedir.

Vakulenko ve arkadaşlarının 2017 yılında kargomatların kullanımında değer yaratmanın müşteri perspektifini araştırmıştır. Söz konusu araştırmada tüketiciler için yarattıkları değer azlığına dikkat çekilmiştir. Yapılan araştırmada odak grup görüşmesinde farklı tür düşünceler sistemin geliştirilmesi için analiz edilmiştir (Vakulenko vd., 2017).

Elektronik ticaret hacminin artışına paralel olarak perakendecilerin dağıtım noktalarından nihai tüketiciye doğru ürün akışında son adım teslimatı süreçlerini zorlaşmaktadır (Wang vd., 2016). Bu bağlamda perakendeciler tüketicilere ulaşmak için farklı teslimat yolları kullanarak ürünlerini tüketicilerine ulaştırmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte drone ile teslimat, akıllı robotlar (otonom araçlar) ile teslimat, kargomatlar ile teslimat vb. söz konusu geliştirilen sistemler arasındadır.

Gelecekte teknolojik cihazların gelişime bağlı olarak üreticiler, toptancılar ve perakendeciler ürün ve hizmetlerinin teslimatını farklı teknolojilerin kullanımından faydalanarak gerçekleştirebilecektir (Toraman, 2022). Araştırmanın konusu itibarıyla kargomatlar tüketicilere zaman kısıtı olmaksızın teslimat hizmeti sunmaktadır. Bu

durum ilk olarak ticaretin elektronik ortamlara taşınmasıyla birlikte 7/24 alışveriş imkanı sunulmuştur. Kargomatlar vasıtasıyla ise 7/24 teslimat hizmeti sunulmaya başlamıştır. Halihazırda sınırlı sayıda olsa bile gelecekte kullanımının artmasıyla birlikte daha geniş bir alana yayılacağı ön görülmektedir.

Kargomatlar 7/24 alışveriş imkanı sunan e-ticaret platformlarının müşterilerine ürünlerini teslim edebilmek için tasarlanmıştır. Mevcut araştırma PDT modelini kullanarak aktif ve potansiyel tüketicilerin yeni teknolojiye karşı tutumlarını analiz etmektedir.

2.3.1. Elektronik Son Adım Teslimat

2.3.1.1. Kargo Otomat (Kargomat) Teknolojisi ile Son Adım Teslimat

Kargomat teknolojisi, tüketici tarafından satın alınan ürünün herhangi üçüncü bir kişiye ihtiyaç duyulmaksızın 7/24 teslim alınabilmesine olanak sağlayan teslimat yapan makinelerdir. Kargomatlar elektronik son adım teslimat şekillerinden birisi olarak gelecekte lojistik sektöründe kullanım oranının atmasına ve e-ticaret hacminin artışına bağlı olarak gelecekte kullanımının artacağı varsayılmaktadır. Kargomat, e-ticaret platformlarının ürün teslimatında geleneksel son adım teslimat yöntemlerine ek olarak kullanılan teslimat şekillerinden birisidir. Kargomatlar ilk olarak perakendeci veya e-ticaret platformları tarafından nihai tüketiciye verilen şifrenin sistemlerine girilmesiyle başlamaktadır. Daha sonra ürünün bulunduğu kapalı bölmenin kapağı otomatik olarak açılmasıyla ürünün teslimatı gerçekleştirir. E-ticaret platformunun gönderdiği kod ile tüketici ürünü temassız bir şekilde alabilecektir.

COVID-19 süreci de göz önünde bulundurulduğunda temassız teslimat seçeneği tüketiciler tarafından son dönemde sıkça talep edilmektedir. Bu bağlamda ürün teslimatında farklı yollar tercih edilebilecek olup son adım teslimatındaki karmaşıklık kısmi dahi olsa düzelme ihtimali bulacaktır.

Araştırmada tüketicilerin kullanımına yakın zamanda sunulan kargomat sisteminin kullanıcı kabul niyeti işlenecektir. Kullanıcı kabulünü çalışmalarında sıkça işlenen TKM, PDT, YYT vb. modeller incelenmiştir. Mevcut araştırma PDT kapsamında kurgulanmıştır. PDT'nin literatürde teknoloji özelinde sıkça çalışılmıştır. Tablo 1'deki görüleceği üzere farklı teknolojik konularda çalışmalar yürütülmüştür.

3. Araştırmanın Yapısı

3.1. Araştırmanın Konusu ve Amacı

2000'li yıllar ile teknolojik gelişmeler hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Her geçen gün tüketicilerin kullanımına farklı teknolojik alet ve hizmet sunulmaktadır. Bu bağlamda TÜİK'in 2020 verilerine göz atıldığında Türkiye'de hanelerin internete erişim oranı %95'lerin üzerindedir (TÜİK, 2020). Bu durum teknolojik gelişmişlik seviyesinde hızlı bir süreç yaşandığını gösterirken aynı zamanda teknolojik gelişmişliğin tabana yayıldığına da işaret etmektedir.

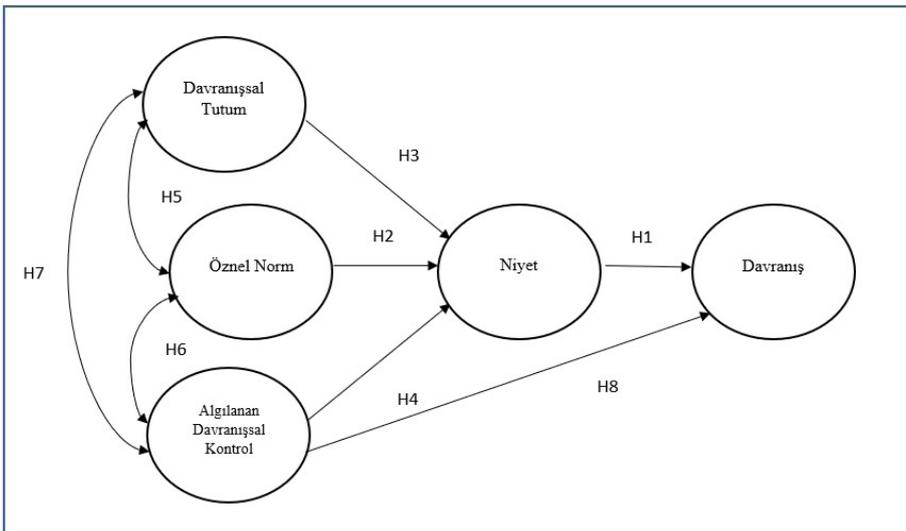
Çalışmada tüketicinin alışveriş sonrasında ürünlerini teslim alacağı süreçte faydalanabileceği yeni bir teknoloji olan kargomat teknolojisi incelenmiştir. COVID-19 ile insan hayatına maske, mesafe ve temizlik gibi tedbirler girmiştir. Kargomatlar insan temasını en aza indirmesi nedeniyle COVID-19 süreci ve sonrasında da kullanıma uygun olduğu düşünülmektedir (TÜBA,2020).

COVID-19 sonrası temassızlık vurgusunun artmasıyla birlikte perakendeciler tüketicilere insan temasını azaltan yöntemler ile ürünlerini ulaştırmaya çalışmıştır. Kargomatların yeri sabit olmak ile birlikte 7/24 tüketicilerin hizmetine sunulmuştur. Tüketiciler istedikleri sabit kargo alanında istedikleri zaman diliminde satın aldıklarını ürünleri teslim alabilmektedir (TÜBA, 2020). Şu an belirli bölgelerde olsa da ilerleyen süreçte kullanıma bağlı olarak sabit kargomat alanlarının artacağı düşünülmektedir. Yakın süreçte COVID-19 nedeniyle tüketiciler çevrimiçi kanallardan alışveriş yapmayı tercih etmektedir.

Değişimlerin hızlı bir şekilde yaşandığı süreçlerde tüketicilerin yeni teknolojiler hakkındaki düşünce, tutum, niyet ve davranışlarını etkileyen olumlu veya olumsuz faktörlerin araştırılması araştırmanın amacını ortaya koymaktadır (Ajzen, 1991). İnsan davranışlarını anlamlandırma süreçlerinde sıkça kullanılan PDT bu çalışmada tüketicilerin yeni teknolojilere karşı tavır ve davranışlarını anlayabilmek için kullanılmıştır. Çalışma modeline PDT'nin orijinal hali dışında ek bir bağımsız değişken dahil edilmemiştir.

COVID-19 süreci sonrasında dijitalleşmenin farklı alanlara yayılması ve gelecekte de kargomat ve benzeri sistemlerin yaygın kullanılacağı varsayılmasıyla mevcut araştırma kurgulanmıştır. Bu bağlamda tüketicilerin elektronik platformlardan yaptıkları alışveriş deneyimlerinin bir parçası haline gelen kargomatlara karşı tüketicilerin tutum, niyet ve davranışlarını etkileyen faktörler Planlı Davranış Teorisi çerçevesinde incelenerek analiz edilmiştir. Kargomatlara karşı tutum, niyet ve davranışları etkileyen faktörlerin tespit edilmesi çalışmanın temel problemini oluşturmaktadır.

Araştırmanın analizleri tamamlandıktan sonra tüketici davranışlarını etkileyen faktörlerin incelenmesi, varsa eksikleriyle birlikte aksayan yönlerin tespit edilmesi ve gerekli



Şekil 5: Araştırmanın Modeli

raporlamanın yapılmasıyla mevcut çalışma tamamlanmıştır. Teslimat süreçleri farklı bir bakış açısıyla ele alınmıştır.

3.2. Araştırma Modeli ve Değişkenleri

3.2.1. Araştırmanın Hipotezleri

H1: Tüketicilerin Kargomat Kullanma Niyetlerinin Kargomat kullanma Davranışı üzerinde etkisi vardır.

H2: Öznel Normun Tüketicilerin Kargomat kullanma Niyeti üzerinde etkisi vardır.

H3: Davranışsal Tutumun Kargomat kullanma Niyeti üzerinde etkisi vardır.

H4: Algılanan Davranışsal Kontrolün Kargomat kullanma Niyeti üzerinde etkisi vardır.

H5: Öznel Normun Davranışsal Tutum üzerinde etkisi vardır.

H6: Algılanan Davranışsal Kontrolün Öznel Norm üzerinde etkisi vardır.

H7: Algılanan Davranışsal Kontrolün Davranışsal Tutum üzerinde etkisi vardır.

H8: Algılanan Davranışsal Kontrolün Kargomat kullanma Davranışı üzerinde etkisi vardır.

3.3. Araştırmanın Kapsamı, Kısıtları, Yöntemi ve Örneklemi

Çalışmanın konusuna ve içeriğine uygun olarak araştırmanın ana kütlesi akıllı cihaz kullanan kişilerden oluşmaktadır. Çalışmanın amacına uygun olarak araştırmanın kapsamı 18 yaş üzeri ve akıllı telefon kullanıcılarından oluşmaktadır. Çalışmanın içeriği olan kargomatların teslimat süreçlerine dahil olması yeni bir süreçtir. Kargomatlar genellikle elektronik ticaret platformları tarafından kullanılmaktadır. Elektronik ticaret platformlarının ve elektronik ticaretin yoğunluğu İstanbul ili özelinde olması nedeniyle çalışma İstanbul iliyle sınırlandırılmıştır.

Araştırmanın kısıtları nedeniyle araştırma sonuçlarının tüm akıllı cihaz kullanıcılarına genellemek oldukça güçtür. İlerleyen süreçte elektronik ticaretin hacminin artışı, teknolojik faaliyetlerin gelişmesiyle birlikte son adım teslimatı süreçleri farklılaşacaktır. Çalışmada işlenen elektronik son adım teslimat süreci olan kargomatlara karşı kullanıcıların tutum ve davranışlarının incelenmesi lojistik literatürüne katkı yapacağı öngörülmektedir.

Çalışmanın örnekleme, tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden kolayda örneklemedir. Çalışmanın örnekleme kullanıcılarından yalnızca ulaşılabilir olanların araştırmaya dahil edildiği kolayda örnekleme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Kurtuluş, 2010). Çalışmanın amacı doğrultusunda ulaşılması gereken ana kütlenin yapısı, veri toplanırken yaşanan zorluklar, maliyet, COVID-19 süreci nedeniyle insanların temastan kaçınması ve zaman kısıtı nedeniyle araştırmanın kapsamını oluşturan İstanbul'da ikamet eden tüm insanlara ulaşmak mümkün olmamıştır (Özdamar, 2004).

Çalışma insanların teknolojik yeniliklerden faydalanması ve faydalanırken etkilendikleri faktörlerin olması nedeniyle ayrıca içinde bulunulan COVID-19 sürecinin gerekliliklerinden

olan temassızlık gibi nedenlerden dolayı oluşturulan anket çevrimiçi olarak katılımcılara sunulmuştur. Çalışma İstanbul içinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya 165 kişi katılmış olup anketler detaylı olarak incelendiğinde analize uygun olmayan anketler ayırıldığında 150 kişiden alınan kullanılabilir veriyle araştırmanın analizi yapılmıştır.

Araştırmanın hazırlanan anketi Google Formlar aracılığı ile 15.08.2021-04.09.2021 tarihleri arasında uygulanmıştır.

4.Araştırmanın Analiz ve Bulguları

Literatürde PDT kapsamında yapılan farklı çalışmalar incelenmiştir. Planlı davranış teorisi çerçevesinde yapılan araştırma ve çalışmalarda sıklıkla yapısal eşitlik modellemesi (YEM) kullanılmıştır. Çalışmada birden fazla değişkenin birbiri ile olan ilişkisi incelenmektedir. Tüketicilerin ürün teslimatında kullanılan yeni teknolojilere karşı algı, tutum, niyet ve davranışlarını anlayabilmek için çalışma modeline ait bağımlı ve bağımsız değişkenlerden

Tablo 2: Araştırmaya Uyarlanan Alt Boyutlar Tablosu

Değişken	Göstergeler	Araştırmaya Uyarlanan Alt Boyutlar
Algılanan Davranışsal Kontrol	ADK ADK ADK	ADK1: Benim için Kargo Otomatı kullanmak kolaydır/zordur ADK2: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanıp kullanmamak tamamen bana kalmıştır. ADK3: Kargo Otomatı kullanmak istediğimden eminsem onu kullanabilirim.
Öznel Norm	ÖN ÖN ÖN	ÖN1: Çoğu insanın aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanmam gerektiğini düşünmesi benim için önemlidir. ÖN2: Görüşüne değer verdiğim çoğu insanın aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanmamı onaylar. ÖN3: Tanıdıklarım ve arkadaşlarım E-Ticaret Platformları (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanır.
Davranışsal Tutum	DT DT DT	DT1: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanma değer derecenizi belirtiniz. DT2: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanma önem derecenizi belirtiniz. DT3: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanma ilgi derecenizi belirtiniz.
Niyet	N N N	N1: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanmayı planlıyorum. N2: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak alacağım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanmak için çaba/efor sarf edeceğim. N3: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanmayı düşünüyorum/niyetim var.
Davranış	D D D	D1: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanma değer derecenizi belirtiniz. D2: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanma önem derecenizi belirtiniz. D3: E-Ticaret Platformlarını (Uygulamalarını) kullanarak aldığım ürünlerin teslimatında Kargo Otomatı kullanma ilgi derecenizi belirtiniz.

sağlıklı sonuç elde edilebilmesi adına yapısal eşitlik modellemesinden faydalanılmıştır. (Hair vd., 2021).

Yapısal eşitlik modellemesi araştırmaların modellerinde birden fazla ilişkinin varlığı söz konusu olduğunda sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için kullanılan bir analiz tekniğidir. Çalışmada literatüre paralel olarak bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki karmaşık ilişkiyi daha net görebilmek adına yapısal eşitlik modellemesi kullanılmıştır (Hair vd., 2010).

Tablo 2’de araştırmada kullanılan değişkenlere ait alt boyutlar verilmiştir.

4.1. Analizler

Çalışmanın analiz sürecinde Smart PLS 3 programı kullanılmıştır. İlk olarak Smart PLS programı ile çalışma modelinin güvenilirlik ve geçerlilik analizleri gerçekleştirilmiştir (Hair vd., 2010).

4.1.2. Model Değişkenlerinin Güvenilirlik ve Geçerlilik Analizleri

Tabloda güvenilirlik ve geçerlilik analizlerine ait değerler gösterilmektedir. Çalışmanın değişkenlerinin Faktör Yükleri, Kompozit Güvenirlikleri, AVE değerleri ve Crobbach’s Alpha değerleri beklenen değerler aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Tablodaki sonuçlar incelendiğinde çalışma modelindeki değişkenlerin güvenilirliği ve geçerliliği sağlanmıştır. Faktör Yükleri, Kompozit Güvenirlikleri ve Crobbach’s Alpha değerleri 0,70’ten AVE değerleri ise 0,50’den büyük olma şartlarını sağlayarak model değişkenlerinin güvenilirliği ve geçerliliği sağlanmıştır. Faktör yükleri 0,70’ten az olan ADK3, ÖN2, DT1 ve KD3 alt boyutlar modelden çıkartılmıştır (Hair vd., 2017).

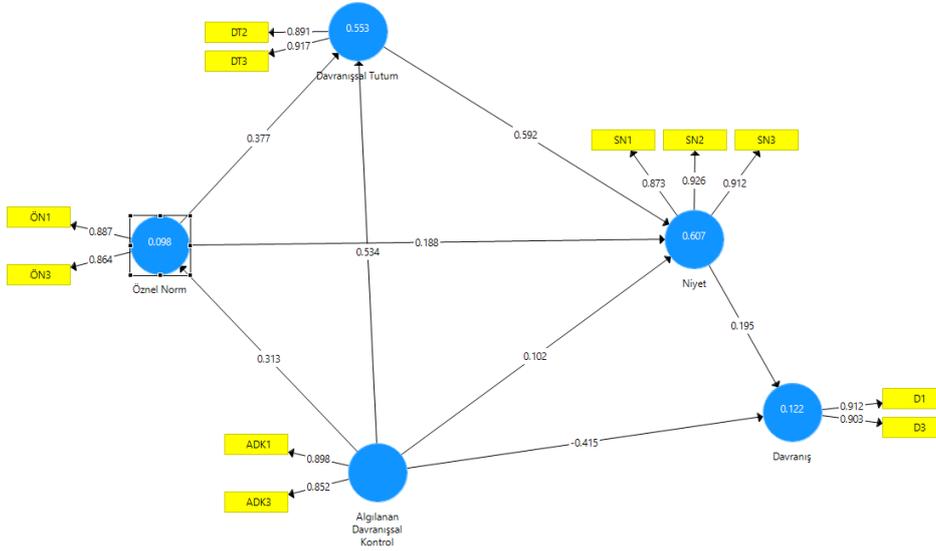
4.1.3. Yapısal Model

Çalışmada araştırmanın amacına uygun olarak oluşturulan model ve modele ait değişkenlerin güvenilirlik ve geçerlilik analizleri yapılarak Crobbach’s Alpha, değerleri, Ortalama Varyans Değeri (AVE), Faktör Yükleri ve Kompozit Güvenirliği değerleri

Tablo 3: Güvenilirlik ve Geçerlik Analizi Sonuçları

Değişken	Göstergeler	Faktör Yükleri	Cronbach’s Alpha	Kompozit Güvenirliği	Ortalama Varyans Değeri (AVE)
Algılanan	ADK1	0.898	0.698	0.868	0.767
Davranışsal	ADK2	0.852			
Kontrol					
Öznel	ÖN1	0.887	0.696	0.868	0.767
Norm	ÖN3	0.864			
Davranışsal	DT2	0.891	0.777	0.899	0.817
Tutum	DT3	0.917			
Niyet	N1	0.873	0.888	0.931	0.818
	N2	0.926			
	N3	0.912			
Davranış	D	0.912	0.785	0.903	0.823
	D	0.903			

istenilen değerler aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda çalışma modeli değerleri güvenilirlik ve geçerlilik analizlerinde uygun sonuçlar elde etmiştir. Devamında ise yol (path) analizine geçilmiştir (Hair vd., 2017).



Şekil 6: Yapısal Model

Yapısal modele ait Smart PLS çıktısı Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 4: Yapısal Modele Ait Çıktılar

Değişken	İlişki	Yol Katsayısı	t Değeri	p Değeri	p<0,05 Hipotez Desteklendi mi?
H1	N->D	0.195	2.029	0.043	Evet
H2	ÖN->N	0.188	2.606	0.009	Evet
H3	DT->N	0.592	7.395	0.000	Evet
H4	ADK->N	0.102	1.670	0.095	Hayır
H5	ÖN->DT	0.377	5.617	0.000	Evet
H6	ADK->ÖN	0.313	3.759	0.000	Evet
H7	ADK->DT	0.534	7.859	0.000	Evet
H8	ADK>D	-0.415	5.423	0.000	Evet

p<0,05 değer aralığında anlamlıdır.

Çalışmanın yol (path) analiz sonuçları Tablo 4’te verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde H4 hipotezi dışındaki hipotezler kabul edilmiştir. H4 hipotezi p ve t değerleri dikkate alınarak reddedildiği tespit edilmiştir.

Tablo 5: Değişkenlere Ait R² Değerleri

Değişken	R ²	Radj ²
Davranış	0.122	0.110
Algılanan Davranışsal Kontrol	0.553	0.547
Niyet	0.607	0.599
Öznel Norm	0.098	0.092

Çalışmanın Davranış R^2 değeri 0.122, Algılanan Davranışsal Kontrol R^2 değeri 0.553, Niyet R^2 değeri 0.607, Öznel Norm R^2 değeri 0.098 olarak bulunmuştur. Çalışmadaki R^2 değerleri bağımlı ve bağımsız değişkenlerin açıklanmasındaki yüzdeleri açısından önemlidir (Hair vd., 2010).

Sonuç ve Değerlendirme

Elektronik ticaret hacminin son yıllarda hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu duruma ek olarak son süreçte yaşanan COVID-19 pandemisi nedeniyle insanlar alışverişlerini çevrim içi platformlara taşımıştır. Bu bağlamda çevrim içi yapılan alışverişlerin son adım teslimat süreçleri de önemli hale gelmiştir. Ek olarak perakendeciler tarafından teslimat sürecinde çeşitli ortaklıklar yapılarak farklı alternatifler üretilmektedir. Son adım teslimat süreçleri son günlerde daha önemli hale gelmiştir.

Araştırmanın sonuçları genel itibariyle analiz edildiğinde literatüre paralel sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmada H4 hipotezi reddedilirken H8 hipotezinde negatif bir etki tespit edilmiştir.

H4 hipotezi, ADK'nın Niyeti etkilemediği sonucu elde edilmiştir. Bu literatürdeki diğer çalışmalar incelendiğinde bir zıtlık doğurmaktadır. Fakat araştırmada ADK'nın dolaylı etkileri incelendiğinde niyeti 0,445 ile dolaylı olarak etkilediği tespit edilmiştir. Burada Teknoloji Kabul Modelinde (TKM) olduğu gibi algılanan kullanım kolaylığı değişkeninin direkt olarak niyeti etkilemezken algılanan fayda üzerinden etkilemesi örnek gösterilebilecektir (Ajzen ve Sheikh, 2013:).

H8 hipotezi analiz sonucunda negatif bir etki göstermesinin nedeni Kargomat teknolojisinin yaygın kullanıma sahip olmaması olarak gösterilebilecektir. İnsanların kullanmadığı ürünlerin üzerinde bir kontrol sağlayamaması dolaylı olarak davranışları üzerinden istatistiksel olarak anlamsız ve negatif bir etki çıkmasına neden olabilmektedir.

Araştırma veri analizlerinin ardından Davranış değişkeninin R^2 değeri 0.122 olarak bulunduğu ayrıca çalışmaya katılan kullanıcıların %30 dan daha azı kargomat teknolojisini kullandığından dolayı bağımlı değişken olarak Niyet ele alınmıştır. Ajzen'in çalışmasında da belirttiği gibi davranışın en önemli öncül göstergesi kişilerin o davranışa yönelik niyetleridir (Ajzen, 1991).

Araştırma analizleri sonucunda kişilerin kargomatlara yönelik tutumları ve öznel normları davranışa yönelik niyetlerini pozitif etkilerken algıladıkları davranışsal kontrolleri ise dolaylı olarak pozitif yönde etkilemiştir. Bu bağlamda kargomat teknolojisi günümüzde fiziksel olarak yaygın bir dağılıma sahip olmadığı için kişilerin aktif kullanımını sınırlı kalmaktadır. PDT kapsamında yapılan diğer çalışmalara paralel olarak kişilerin kargomatları kullanım niyetlerinin olumlu olduğu görülse bile yaygın bir ağa sahip olmadıkça kullanıcı deneyimlerinde artış sağlanamayacaktır. Kullanıcı deneyiminin sınırlı kalması niyeti negatif etkileyebilecektir. Bu nedenler bağlamında kargomatların ilerleyen süreçte daha geniş kitlelere hitap etme potansiyeline sahiptir. Ayrıca COVID-19 salgınından sonra insanların hayatına giren temassız teslimat anlayışıyla son adım teslimatta kargomatlardan aktif bir şekilde yararlanabilecektir.

Sektör paydaşlarının COVID-19 sonrası süreçte temassız teslimat çeşitliliğini artırma eğilimine paralel olarak son adım teslimatında kargomatların yanında yeni ve farklı teslimat şekilleri keşfedilecektir.

Örneklem büyüklüğü, araştırma özelinde var olan kısıtlar gereğince sonuçlar tüm tüketiciler için genellenemeyecektir. Çalışma örneklem sayısı artırılarak veya teknolojinin benimsenmesiyle ilgili farklı teoriler çerçevesinde tekrar ele alınarak incelenebilir. Kargomatlar, Gereçeli Eylem Teorisi (GET), Teknoloji Kabul Modeli (TKM), Yeniliklerin Yayılması Teorisi (YYT), TKM'nin 2. ve 3. modelleri kullanılarak farklı bir çalışma yapılabilir. Söz konusu teknolojinin yaygınlaşmasıyla birlikte kullanımının artmasına paralel olarak araştırmalarda farklı sonuçlarda elde edilebilecektir.

Literatürde Planlı Davranış Teorisi çerçevesinde yeni bir teknoloji olan kargomatların kullanıcı kabulünü etkileyen faktörlerin incelenmesi içeren araştırmalara pek rastlanmamıştır. Söz konusu çalışma bu alanda keşfedici bir çalışma olmuş olup literatüre mütevazı bir katkı sağlaması beklenmektedir. Kargomat kullanımı arttıkça bu konudaki çalışmalarında artacağı düşünülmektedir.

Kargomatların, elektronik son adım teslimatı olarak alt başlık halinde incelenmesi öngörülmektedir.

Gelecekte araştırma aşamasında olan Dijital Türk Lirası (DTL) çalışmalarının olumlu sonuçlanmasıyla birlikte kullanıma sürülecektir. Bu süreç ise e-ticaret deneyimini farklı bir boyuta ulaştıracaktır. Bu bağlamda ürünün araştırılması, satın alınması, ödemenin gerçekleştirilmesi ve teslimat süreçlerinin tamamı çevrim içi olarak gerçekleştirilebilecektir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support.

Kaynakça

- Ajzen, I. (1991). "The Theory of Planned Behavior", *Organizational* (1991).
- Ajzen, I. ve Fishbein, M. (2000). Attitudes and the attitude-behavior relation: reasonedand
- Ajzen, I., ve Fishbein, M. (1975). A Bayesian analysis of attribution processes. *Psychological bulletin*, 82(2), 261 (1975).
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In *Action control* (pp. 11-39). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ajzen, I. (1980). Understanding attitudes and predicting social behavior. *Englewood Cliffs*.
- Ajzen, I., ve Madden, T. J. (1986). Prediction of goal-directed behavior: Attitudes, intentions, and perceived behavioral control. *Journal of experimental social psychology*, 22(5), 453-474. (1986).
- Ajzen, I. ve Sheikh, S. (2013). Action versus inaction: Anticipated affect in the theory of planned behavior. *Journal of Applied Social Psychology*. 43. 10.1111/j.1559-1816.2012.00989.x.

- Automatic Processes, *European Review of Social Psychology*, 11(1), 1-33. doi: 10.1080/14792779943000116. (2000).
- Aurambout, J.-P., Gkoumas, K. ve Ciuffo, B. (2019). Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities. *European Transport Research Review*. 11. 10.1186/s12544-019-0368-2.
- Ba, S., ve Pavlou, P. A. (2002). Evidence of the effect of trust building technology in electronic markets: Price premiums and buyer behavior. *MIS quarterly*, 243-268.
- Beldad, A., & Hegner, S. (2018). Determinants of fair trade product purchase intention of Dutch consumers according to the extended theory of planned behaviour. *Journal of consumer policy*, 41(3), 191-210.
- Cho, J. (2004). Likelihood to abort an online transaction: influences from cognitive evaluations, attitudes, and behavioral variables *Information & Management* 41 (2004) 827–838.
- Chou, Y-C., Chuang, H. ve Shao, B. (2015). The Impact of E-Retail Characteristics on Initiating Mobile Retail Services: A Modular Innovation Perspective. *Information & Management*. 53. 10.1016/j.im.2015.11.003.
- Dalvi-Esfahani, M., Alaedini, Z., Nilashi, M., Samad, S., Asadi, S., & Mohammadi, M. (2020). Students' green information technology behavior: Beliefs and personality traits. *Journal of cleaner production*, 257, 120406.
- Eticaret.gov.tr (2022). <https://www.eticaret.gov.tr/istatistikler> Erişim Tarihi: 03.03.2022
- Featherman, M. S., ve Pavlou, P. A. (2003). Predicting e-services adoption: a perceived risk facets perspective. *International journal of human-computer studies*, 59(4), 451-474.
- Gao, L., Wang, S., Li, J., & Li, H. (2017). Application of the extended theory of planned behavior to understand individual's energy saving behavior in workplaces. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 107-113.
- Giampietri, E., Verneau, F., Del Giudice, T., Carfora, V. ve Finco, A. (2018). A Theory of Planned behaviour perspective for investigating the role of trust in consumer purchasing decision related to short food supply chains. *Food Quality and Preference*. 64. 160-166.
- Hansen, T. (2008). Consumer values, the theory of planned behaviour and online grocery shopping. *International Journal of Consumer Studies*. 32. 128 - 137. 10.1111/j.1470-6431.2007.00655.x.
- Hair, J. F., Hult, G. T., Ringle, C. M. ve Sarstedt, M. (2017). *A Primer on partial least squares structural equation modelling (PLS-SEM)*. Los Angeles: Sage Publication. Second Edition (2017).
- Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. Sage publications.
- Hair, J. F., William C. B., Barry J. B., ve Rolph E. A. (2010). *"Multivariate Data Analysis", 7th ed.*, Pearson Education. (2010).
- Hansen, J. M., Saridakis, G., & Benson, V. (2018). Risk, trust, and the interaction of perceived ease of use and behavioral control in predicting consumers' use of social media for transactions. *Computers in human behavior*, 80, 197-206.
- Kalafatis, S. P., Pollard, M., East, R., & Tsogas, M. H. (1999). Green marketing and Ajzen's theory of planned behaviour: a cross-market examination. *Journal of consumer marketing*. 16(5), 441–460.
- Kamble, S., Gunasekaran, A., & Arha, H. (2019). Understanding the blockchain technology adoption in supply chains-Indian context. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2009-2033.
- Kurtuluş, K. (2010). *Araştırma yöntemleri*. Türkmen Kitabevi, 2010
- Morris, M. G., ve Venkatesh, V. (2000). Age differences in technology adoption decisions implications for a changing work force. *Personnel Psychology*, 53(2), 375–403. Doi10.1111j.1744- (2000).
- Özdamar, K. (2004). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi*. Eskişehir: Kaan Kitabevi, 2004
- Patent Application Publication Amazon, (2017). *United States Patent Application Publication Curlander et al.* multi-level fulfillment center for unmanned aerial vehicles Pub. No.: US 2017/0175413 A1 Pub. Date: Jun. 22, 2017.
- Seghezzi, A., Siragusa, C., & Mangiaracina, R. (2022). Parcel lockers vs. home delivery: a model to compare last-mile delivery cost in urban and rural areas. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.

- Toraman, Y. (2022). Dijital Türk Lirasının (DTL) Kullanım Kabulü: Teknoloji Kabul Modeli (TKM) ve Planlı Davranış Teorisi (PDT) Çerçevesinde İncelenmesi. *Sosyoekonomi*, 30(54), 357-376.
- TÜBA, (2020). *Küresel Salgın Değerlendirme Raporu Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) 2020*.
- TÜİK, (2020). [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-\(BT\)-Kullanim-Arastirmasi-2020-33679](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2020-33679). Erişim Tarihi: 08.12.2021
- Vakulenko, Y., Shamsb P., Hellströma, D. ve Hjort, K. (2019). Service innovation in e-commerce last mile delivery: Mapping the ecustomer journey, *Journal of Business Research*. 461-468. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.016>
- Vakulenko, Y., Hellströma, D. ve Hjort, K. (2017). What's in the parcel locker? Exploring customer value in e-commerce last mile delivery. *Journal of Business Research*.
- Yang, H., Lee, H., & Zo, H. (2017). User acceptance of smart home services: an extension of the theory of planned behavior. *Industrial Management & Data Systems*.
- Yuen, K.F., Wang, X., Ng, L. ve Wong, Y. (2018). An investigation of customers' intention to use self-collection services for last-mile delivery. *Transport Policy*. 66. 1-18. [10.1016/j.tranpol.2018.03.001](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.03.001).
- Wang, Y., Zhang, D., & Liu, Q., Shen, F ve Lee, L H. (2016). Towards enhancing the last-mile delivery: An effective crowd-tasking model with scalable solutions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 93. 279-293. [10.1016/j.tre.2016.06.002](https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.06.002).
- Wearesocial.com, (2022). <https://wearesocial.com/uk/blog/2022/01/digital-2022-another-year-of-bumper-growth-2/> Erişim Tarihi:04.03.2022
- Wu, J-H., ve Wang S-C. (2004). "What drives mobile commerce?: An empirical evaluation of the revised technology acceptance model", *Information & management*, 42(5), 2004, s.719-729.



Lojistik Köy Seçimi için AHP-TOPSIS Temelli Bir Karar Verme Yaklaşımı

A Decision Making Approach for Logistics Village Selection Based on AHP-TOPSIS

Sezin Gülerüz¹ , Şebnem Coşmuş² 

ÖZ

Dünya üzerindeki halklar ve ülkeler arasında iletişimin arttığı günümüzde ticari etkileşimde de artış olmuştur. Bu ticari etkileşimin sonucu olarak lojistik sektörü ön plana çıkarak son derece önemli hale gelmiştir. Ticarete ülkeler arası sınırların kalkması ile zamanın verimli kullanılması ve maliyetin en az seviyede tutulması önemli hedeflerdir. Maliyet artışı, teknolojik gelişmeleri yakından takip etmek ve müşterilerin isteklerini karşılayabilmek için yeni yollar ve çözümler bulmak için işletmelerin dikkat etmesi gereken parametreler serbest piyasa koşullarının hâkim olduğu ekonomi sisteminde rekabet edebilmek adına önemlidir. Bu ihtiyaçların tek bir alanda karşılanması ile lojistik köyler ortaya çıkmış tüm dünyada kullanım alanları yaygınlaşmıştır. Türkiye doğu ile batı coğrafyasını birbirine bağlayan özel konumunun yanı sıra tüm ulaşım araçlarına sahip olması Avrasya ticaretinin merkezi konumunda olmasına destek olmuştur. Türkiye’de 2006 yılında Samsun’un Gelemen ilçesinde ilk lojistik köy kurulmuştur. 2021 yılında 16 tanesi plan ve proje aşamasında, 11 tanesi işletmeye açık olmak üzere 27 lojistik köy bulunmaktadır. Çalışmanın amacı AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak plan aşamasında olan Çandarlı (İzmir), Filyos (Zonguldak) ve İyidere (Rize) lojistik köylerinin karşılaştırılarak en uygun alternatifte göre sıralamasının belirlenmesidir. Çalışmanın özgün değeri literatürde proje aşamasında olan lojistik köyler için AHP ve TOPSIS yöntemlerini içeren bir vaka çalışmasının ilk kez uygulanmasından kaynaklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik Köy, Çok Kriterli Karar Verme AHP, TOPSIS

ABSTRACT

Increased commercial interactions have occurred these days as a result of the increase in communications between people and countries around the world, and as such, the logistics sector has come to the fore and gained importance. With the removal of borders between countries with regard to trade, the efficient use of time and keeping item costs at a minimum have also gained importance. The parameters to which businesses should pay attention in order to increase costs, follow technological developments closely, and find new ways and solutions for meeting customer demands are important in order to be able to compete in an economic system dominated by free market conditions. Logistics villages have emerged by being able to meet these needs in a single area, and their usage areas have become widespread all over the world. In addition to its unique position connecting the East and the West, the fact that Turkey also possesses all means of transportation supports its position as the center of Eurasian trade. The first logistics village in Turkey was established in the Gelemen District of Samsun Province in 2006. In 2021, Turkey had 27 logistics villages, of which 16 were in the planning and project stages and 11 were open for operation. The aim of this study is to determine their rankings according to the most suitable alternative by comparing the Çandarlı, Filyos, and İyidere logistics villages, which are in the respective provinces of İzmir, Zonguldak, and Rize and are in the planning stage, using the analytic hierarchy process (AHP) and technique for order preference by similarity to the ideal situation (TOPSIS) methods. The original worth of the study stems from it being a case study where the AHP and TOPSIS methods have been applied to logistics villages in the project stage for the first time in the literature.

Keywords: Logistics Village, Multi Criteria Decision Making, AHP, TOPSIS

Başvuru/Submitted: 29.11.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 17.03.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 22.03.2022 • **Kabul/Accepted:** 20.04.2022

1 **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Sezin Gülerüz (Dr. Öğr. Üyesi), Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bartın, Türkiye. E-mail: sezinguleryuz@gmail.com ORCID: 0000-0002-9858-7115

2 Şebnem Coşmuş (Yüksek Lisans Öğrencisi), Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgi ve Lojistik Yönetimi, Bartın, Türkiye. E-mail: sebnemcsms@gmail.com ORCID: 0000-0001-7283-5873

Atf/Citation: Gülerüz, S., & Coşmuş, S. (2022). Lojistik köy seçimi için AHP-TOPSIS temelli bir karar verme yaklaşımı. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 321-340. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1030119>

Extended Abstract

Commercial interactions have increased these days as a result of the extended increase in communications between peoples and countries around the world. As such, the logistics sector has come to the fore and gained importance. With the removal of borders between countries with regard to trade, the efficient use of time and keeping item costs at a minimum have also gained importance. The parameters that businesses should pay attention to in order to be able to increase costs, follow technological developments closely, and find new ways and solutions to meet customer demands are important for competing in an economic system dominated by free market conditions. Logistics villages have emerged by being able to meet these needs in a single area, and their areas of use have become widespread all over the world.

In addition to Turkey's unique location connecting the East and the West, the fact that it also possesses all means of transportation supports its position as the center of Eurasian trade. The first logistics village in Turkey was established in the Gelemen District of Samsun Province in 2006. As of 2021, Turkey had 27 logistics villages, of which 16 were in the planning and project stages and 11 were operational.

The first example of a logistics village to the world emerged in New York City, USA in the mid-1950s. The motivation for the emergence of this first logistics village system was to move all logistics activities out of the city as a solution to the industrial activities that were concentrated in the city and the heavy vehicle traffic that had resulted from it. Sometime between 1960-1970, the logistics village system came to Europe, with the first example happening in France. This further spread throughout the world with the establishment of the logistics village systems in Germany and Italy.

The aim of this study is to determine the ranks of Turkey's logistic villages with respect to the most suitable alternative by comparing the Çandarlı, Filyos, and İyidere logistics villages, which are in the planning stages and in the respective provinces of İzmir, Zonguldak, and Rize, using the AHP and TOPSIS methods. The original value of the study stems from it being the first case study in the literature to apply the AHP and TOPSIS methods to logistics villages in the project stage.

As a result of the AHP and TOPSIS analyses, the logistics village of Filyos ranked first, with the transportation infrastructure criterion emerging as one of the main criteria. This result once again emphasizes the importance of transportation in terms of logistics activities. The logistics village of Filyos is a step forward among the evaluated logistics villages due to the presence of sea, road, rail, and air routes in the Filyos valley basin where it is located, as well as the opportunity for multiple modes of transportation.

The Çandarlı logistics village came in second place, following close behind the Filyos logistics village. Turkey planned to use the province of İzmir for the Çandarlı logistics village's port and airline activities and to establish the main center in Soma.

The İyidere logistics village came in third place. This one has no railway connection and plans to use the airport in Trabzon for airline activities. The use of the İyidere port

has provided advantages and convenience with the opening of the Ovit Tunnel. Unlike the Çandarlı and Filyos logistics villages, the İyidere logistics village does not have the advantage of gathering all transportation modes within a single region.

The Filyos logistics village also falls within the scope of the Filyos Valley Project, which aims to become Turkey's first mega-industrial region. The Filyos free zone is established on an area of 1,166 hectares and is located at a distance of 15 km from two large thermal power plants, the combined power of which is 3,100 MW. Kardemir and Erdemir are both located in the same region and are also Turkey's largest integrated flat and long product iron and steel producers. Filyos port is Turkey's third largest port and thus a place where transportation can occur by roll-on/roll-off cargo ships. With the support of international financial institutions, the Filyos project is Turkey's gateway to the Black Sea. The city is an area very open for development with its underground riches in the region and its young demographic structure.

This paper is organized as follows. Second section provides information about the concepts related to logistics villages and summarizes the relevant literature. Third section describes the methodology adopted in the paper and characterizes the computational procedures. Fourth section presents an implementation of the proposed evaluation framework through a real case study and presents the results, with Fifth section concluding the study.

1. Giriş

Dünyada ikinci dünya savaşının ardından gelen süreçte üretim patlaması yaşanmış bu durum Kuzey Amerika ve Batı Avrupa’da modern tüketim toplumunu oluşturmuş ardından dünyanın geri kalanına yayılmasına yol açmıştır (Türkoğlu ve Duran, 2019). Lojistik sektörü içindeki değer zincirinin önemli ögeleri olan pazarlama, tedarik ve üretim fonksiyonları küreselleşmenin baskısı altında koordinasyonun sağlanabilmesi mekânsal açıdan dünya ölçeğine yayılmış olan lojistiğin önemini daha arttırmıştır (Bezirci ve Dündar, 2011). Ekonomiler üzerinden yaşanan telekomünikasyon ve bilişim teknolojileri üzerinden yaşanan hızlı gelişim küresel bir dönüşüm rüzgârı estirmektedir. Serbest ekonomi içinde yer alan kurum ve kuruluşlar bu değişim ve dönüşüm rüzgârına kendilerini adapte edebilmeleri önemlidir zira küresel rekabet ortamı içinde bunları en efektif şekilde kullanabilen ve kendi avantajına çevirebilenler başarıya ulaşabilecektir (Balcı ve Emirkadı, 2019). Lojistiğin yedi temel kuralı (7R prensibi) içinde tüm lojistik süreçlerin temel amacı doğru miktardaki doğru ürünü, doğru zamanda, doğru kalitede, doğru maliyetle, doğru yerde ve doğru müşteriye teslim etmektir (Şahin ve Toramanlı, 2016). Örgütler için başarı; bu zorlu şartlarda ekonomik olarak ayakta kalabilmek, varlığını koruyabilmek ve kar oranlarını arttırabilmektir. Bunun için başarı maliyetlerini yönetme ve kontrol altında tutabilme ile doğru orantılı olarak mümkündür. Gelişmiş ülkelerde Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) harcamalarının %5-10’luk kısmı, gelişmekte olan ülkelerde ise %30’luk kısmı lojistik maliyetlere ayrılması maliyet giderlerini kontrollü bir şekilde yönetmenin zorunlu kılmaktadır (Bezirci ve Dündar, 2011). Zorlayıcı şartlar altında lojistik köyler tüm lojistik faaliyetlerin bir arada yürütülmesi yönü ile lojistiğin 7R prensiplerine yüksek katkı sağlayan oluşumlar olarak örgütleri destekleyici oluşumlardır.

Lojistik köylerin temeli ilk olarak ABD’nin New York şehrinde atılmıştır. Gelişen endüstri faaliyetlerinin etkisiyle şehir içinde oluşan ağır taşıt trafiğinin neden olduğu sorunlara çözüm olarak lojistik faaliyetlerin şehrin dışında toplanması ile lojistik köy sistemi ilk olarak oluşuyor. Ardından Avrupa’da ilk örneğinin Fransa’da vermiş 1960-1970 tarihlerinde İtalya ve Almanya’da kabul görmesiyle birlikte lojistik köyler zamanla tüm dünyaya yayılmıştır. Şehirlerin ağır taşıtlardan dolayı bozulan görüntü kirliliğini düzeltmek, taşımacılık faaliyetlerinden kaynaklı çevre kirliliğini önlemek, tüm lojistik faaliyetlerinin bir arada toplanarak intermodal taşımacılık için daha elverişli durumda olan eski sanayi alanlarının kullanılmasına olanak tanıdığı için uygulanmaya başlanmıştır. Ticaret hacminin artması ülke ekonomilerinde satışları arttırır akabinde ekonomiyi canlandırır. Bu canlılık ağır taşıtların daha fazla kullanılmasına sebep olur dolayısıyla hava kirliliği artar, şehir içi trafik yoğunlaşır. (Aydın ve Öğüt, 2008). Lojistik köyler; lojistik üs, lojistik merkez, logistical park, integrated merchandise center ve transport center gibi çeşitli isimler alabilir bunun sebebi ülkelerdeki değişen gümrük işleyişinin farklı olmasındandır (Erener ve Kurt, 2018).

Türkiye coğrafi olarak Orta Doğu, Balkanlar, Kuzey Afrika, Karadeniz, Orta Asya ve Kafkasya’nın merkezindedir. Doğu ile batı arasında geçiş noktası üzerinde dağıtım bağlantıları üzerinde olan Türkiye demiryolu, denizyolu, karayolu ve havayolu bağlantıları ile Avrasya ticaretinin merkezinde yer almaktadır. Bir ülkenin uluslararası lojistik köy

olabilmesi için ulaşım güzergâhları üzerinde olması önemlidir. Türkiye coğrafi konumu dolayısıyla bu potansiyeli çok yüksek bir ülkedir (Elgün, 2011). Aynı zamanda günümüzde Çin ve Doğu Asya pazarındaki gelişim ile birlikte Türkiye transit ülke konumundadır. Dolayısıyla bu durum Türkiye'nin stratejik önemini artırmaktadır (Yücel ve Yılmaz, 2019). Dünyada 1960'lı yıllarda ortaya çıkan ve hızla yayılan lojistik köyler bu kadar stratejik bir konumda olan Türkiye'de 2000'li yıllarda gündeme gelmiştir. Samsun Gelemen'de Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları tarafından 2006 yılında yapımına başlanan lojistik köy, 2007 yılında ilk etabının tamamlanması ile birlikte Türkiye'nin ilk lojistik köyü olmuştur (Demiroğlu ve Eleren, 2013). Türkiye'de toplam 25 ayrı lokasyonda lojistik köy yapımı planlanmıştır. Bunlardan 11 tanesi işletmeye açık, 1 tane yapımı tamamlanan, 2 tanesi yapımı devam eden, 5 tanesi projesi tamamlanan ve 6 tanesi etüt ve plan aşamasındadır. Tüm lojistik köyler plan dahilinde tamamlanıp hizmete girdiğinde Türk lojistik sektörüne 71,6 milyon ton ilave taşıma imkânı ile 15 milyon m² lik; açık alan, stok alanı, konteyner stok ve elleçleme sahası kazandırılacaktır (TCDD, 2021).

Çalışmanın amacı AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak plan aşamasında olan Çandarlı (İzmir), Filyos (Zonguldak) ve İyidere (Rize) lojistik köylerinin karşılaştırılarak en uygun alternatife göre sıralamasının belirlenmesidir. Çalışmanın özgün değeri literatürde proje aşamasında olan lojistik köyler için AHP ve TOPSIS yöntemlerini içeren gerçek bir vaka çalışmasının uygulanmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışmanın akışı içinde ikinci bölümünde lojistik köyler ile ilgili kavramlara değinilmiş ve ilgili literatür taranarak özetlenmiştir. Üçüncü bölümde çalışma kapsamında kullanılan metodoloji hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde çalışma sonucunda elde edilen uygulamalar ve sonuçları sunulmuştur. Son olarak tartışma ve sonuç bölümlerine yer verilmiştir.

2. Literatür Taraması

2.1. Lojistik Köy Tanımı

Lojistik köyler ile ilgili pek çok kurum ve kuruluş çeşitli tanımlamalar yapmıştır. Kentsel lojistik sorunlarına bütüncül çözüm olarak lojistik köyler; alakalı resmi kurumlar ile lojistik ve taşımacılık şirketlerinin birlikte yer aldığı, taşıma modlarına bağlantıları olan, farklı taşıma modları arasında yüklerin düşük maliyetli güvenli ve hızlı bir şekilde aktarılabilirdiği bölgelerdir. İçinde ayrıyeten dağıtım merkezlerinin, katı atık toplama ve imha tesisleri ile liman ve demiryolu platformlarının olması konsolide ve konsolide aktarma faaliyetlerine yöneliktir. Bu merkezlerde ulusal ve uluslararası geçişlerde tüm lojistik ve dağıtım faaliyetler uzmanlıkla yürütülür. Çevre planı ile düzenlenmiş, planlı yönetilen, lojistik ihtiyaçlara yanıt verebilecek, iyi planlanan yerlerdir. (MÜSİAD, İstanbul Lojistik Sektör Analizi Raporu, 2014). MÜSİAD yaptığı lojistik köy tanımında, lojistik köy olabilmek için üç seviyeyi esas almıştır. İlk seviyede depolar, depo alanları, konteyner sahaları ve iç konteyner depoları bulunmaktadır. İkinci seviyede ise yüklerin konsolidasyonu ve aktarılmasını sağlayan aktarma alanları, karayolu ve demiryoluna bağlı bir iç liman, tüm lojistik faaliyetlerin yönetimi için lojistik merkezler yer alır. Üçüncü ve son seviyede ise diğer unsurlara ek olarak ana terminal ve gümrük bağlantısı olan

alanlar lojistik köy olarak nitelendirilebilir alanlardır. Lojistik ile ilgili tüm faaliyetlerin bir arada yürütülmesi verimliliği ve optimizasyonu sağlayarak lojistiğin sürdürülebilirliği açısından önemlidir (MÜSİAD Lojistik Sektör Raporu, 2015).

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları (TCDD) her türlü taşıma modunun etkin olarak kullanıldığı, lojistik ve taşıma ile alakalı özel ve kamu kurumlarını bünyesinde barındıran, yükleme-boşaltma, yükleri bölme-birleştirme, bakım-onarım, paketleme, elleçleme ve tartı faaliyetlerinin taşıma modları arasında hızlı, güvenli ve düşük maliyetli aktarma imkânı sağlayan alanlar olarak lojistik köyleri tanımlamıştır. Ulaştırma Bakanları Avrupa Konferansı (CEMT), lojistik köyler seçilen belirli bölgeler için özel olarak tasarlanmış üzerinde farklı taşıma modları arası geçişin gerçekleştirildiği alanlar olarak tanımlar. Avrupa Lojistik Köyler Platformu lojistik köyleri çeşitli faaliyetleri ulusal ve uluslararası işletmelerin lojistik, dağıtım ve ulaştırma ile ilgili faaliyetlerini ticari kurallar çerçevesinde sürdürdüğü özel yerler olarak tanımlamıştır (Bay ve Erol, 2016).

Lojistik köy; ulaştırma ağları içinde yürütülen lojistik faaliyetlerin, farklı hizmet sağlayıcılar ve operatörler aracılığıyla toplama ve dağıtımın gerçekleştirildiği alanlardır. Lojistik köyleri tanımlarken önemli olan noktalar çok modlu ve intermodal taşımacılığa uygun altyapının bulunması ve katma değer yaratacak lojistik faaliyetlerin koordine edilmesidir. Lojistik merkezleri ulaştırma altyapısının bir parçası olarak veya katma değer yaratan hizmetlerin üreticisi olarak görmek üzere iki farklı yaklaşım benimsenebilir. Tek bir noktadan büyük ölçekli hizmet veren lojistik köyler, intermodal taşımacılık ve çoklu operatörler tarafından yürütülen lojistik hizmet üretim tesisleridir. Lojistik sektörüne istihdam sağlamak böylece ekonomik gelişmeye katkıda bulunmaktadır (UTİKAD, Hasanbey Lojistik Merkez Raporu, 2015).

Lojistik köy lojistik ve taşımacılık ile ilgili uluslararası ve ulusal ticarete; üretim, ayrıştırma, sigorta ve bankacılık, depolama, elleçleme, alt yapı hizmetleri, konsolidasyon, ithalat-ihracat, danışmanlık, gümrükleme, dağıtım ve transit işlemlerin bir arada çeşitli işletmeler tarafından belirli bir alanda gerçekleştirilen merkezlere denir (Aydın ve Öğüt, 2008a).

2.2. Lojistik Köylerin Özellikleri

Lojistik köyler için çok modlu taşımacılık, işlevsel olma, çok kullanıcıya hizmet verme kapasitesi, platform fonksiyonlarının entegre edilmesi, bilgi teknolojisi çözümleri ile değer ekleme temel özellikleridir. Bu kapsamlı fonksiyonların varlığı bölge ekonomisini destekleyerek bölgeye yeni yatırımların çekilmesi açısından potansiyelini artırmaktadır (Şahin ve Toramanlı, 2016). Buldukları bölgeler için ticari potansiyel ve ekonomik gelişim için önemli etkiler sağlayan lojistik köyler, bölgedeki ticari işletmelere rekabet gücünü artırma konusunda avantaj sağlar. Bu avantaj ile işletmeler ulusal ve uluslararası pazarlarda kendilerine yer bulma ve üstünlük kurma fırsatı yakalayarak ürünlerini hızlı ve verimli şekilde taşıma fırsatı elde etmiş olur (Bay ve Erol, 2016).

Lojistik köyler temelde 4 temel unsura dayanır:

- 1- Alt yapı sistemlerinin geliştirilmesine ek olarak bölgesel planlamanın yapılması. Bu sayede alan kullanımının optimizasyonu sağlanmış ve yerleşim bölgelerindeki oluşan yoğun ağır taşıt trafiğini lojistik köy merkezlerine taşıyarak çevrenin korunması sağlanır.
- 2- Taşımacılık faaliyetlerinin kalitesinin artırılması. Bu kalite artışı ise uzmanlaşarak mümkündür. Bu sayede üretim sektörüne iyi bir hizmet sağlanabilir. Böylece taşıma maliyetlerinde artışın ve bulunulan rekabet ortamının içinde avantaj elde edilebilir.
- 3- Farklı taşıma modlarının birlikte efektif kullanımı. Blok mekik trenler ve mavnaların kullanılması ile elverişli taşımacılık sağlamak için önemlidir. Aynı zamanda taşımacılık ve lojistik operatörlerinin idare ettiği navlun akışlarının birleştirilmesi ile sinerjik çözümlerin üretimi için gerekmektedir.
- 4- Taşıma sistemleri arasında bilgi sistemine dayalı koordinasyonun sağlanması. Bunun için gelişmiş bir IT altyapısı gerekmektedir (Aydın ve Ögüt, 2008a).

Bununla birlikte lojistik köyler kurulurken olmazsa olmaz fiziksel özellikler vardır. Bunlar; en az 100 hektar yüzölçümüne sahip alana kurulmuş olmalıdır. Kurulacak merkez yerleşim bölgelerinden uzak ama şehir merkezine yakın bir bölgede olmalıdır. Karayolu ve demiryolu bağlantılarına sahip olmalı girişler kontrollü yapılmalıdır. Çok modlu taşıma sistemlerine, iç su yolları ve havaalanına doğrudan erişimi olmalıdır. Planlı bir imara sahip olmalı, lojistik merkez şehir estetiğini bozmayacak şekilde olmalıdır. Modern ofis ve binalar ile depoları barındırmalıdır. Gelişmiş bilgi teknolojisine ve iletişim ağına sahip bir alt yapı gerekmektedir (Aydın ve Ögüt, 2008b).

Lojistik köyler içinde bulunan depolar en önemli alanlardır. Yük faaliyetlerinin yönetiminde en çok zaman depo alanlarında harcanır. Genel kullanımda olan depolar, büyük depolar, taşıma türü değişimlerinin yapıldığı depolar, yükseltilmiş sevkiyat koyları olan depolar, intermodal depolar ve iklim kontrollü depolar olmak üzere altı önemli depo tipi bulunmalıdır (Şahin ve Toramanlı, 2016).

Taşıma modlarının koordine edilmesi ve taşıma yapılırken işlemlerin etkin bir şekilde yürütülmesi lojistik köylerin temel özelliklerinden biridir. Lojistik köylerin dağıtım ve nakliye faaliyetlerinin merkezinde olması koordineli ve etkin çalışmayı sağlayan etmendir. Merkezi bir yere kurulan lojistik köylerde farklı taşıma modlarına yakınlık sağlanmış olup kurulduğu alan cazibe merkezi haline gelen bir strateji noktası olur (Elgün, 2011).

Lojistik köylerde bulunması gereken iki taşımacılık türü multimodal ve intermodal taşımacılık terminalleridir. İntermodal taşımacılık ürünlerin birden fazla taşıma türüyle bir müdahale olmadan taşınmasıdır. Bu hizmetin verilebilmesi için lojistik köylerde aktarma merkezi bulunmak zorundadır. Multimodal taşımacılık ise taşıma türlerinden en az iki tanesinin kullanılarak ürünlerin limanlarda ayrıştırma ve birleştirme işlemleri yapılarak taşınmasıdır. Bu iki taşıma türüne ek olarak kombine taşımacılıkta kullanılır (Kepe, 2016).

Lojistik köyler içinde verilen hizmetlerin düzenli sağlanabilmesi için destekleyici, temel ve toplumsal lojistik hizmetler verilmelidir. Destekleyici lojistik hizmetler içinde

banka, postane, gümrük ofisleri, kiralık ofisler ve sigorta acenteleri vardır. Temel lojistik hizmetler; taşıma operatörleri, depolama hizmetleri, akaryakıt istasyonları, telekomünikasyon hizmetleri, araç tamir-bakım-onarım servisleri, güvenlik hizmetleri, tam zamanlı erişebilirlik, yükleme-boşaltma istasyonları, aktarma hizmetleri, tehlikeli madde taşımacılığı için hizmetler, yük ayrıştırma- birleştirme ve çapraz sevkiyat işlemleridir. Toplumsal lojistik hizmetler; restoran, hastane, okul, market, kongre ve kişisel bakım merkezidir (Şahin ve Toramanlı, 2016).

Lojistik köyler, kurulma aşamasında kurulacağı yerin gelecekte bulunduğu bölgede ve ülkedeki genişleme potansiyeline göre araştırma yapılarak planlı bir yerleşim yeri seçilmelidir. Alan hesaplaması yapılırken swap body konteyner ve sem-treyler gibi yük ünitelerinin ton miktarları belirlenmeli, kamyon sayısı, intermodal ve konteyner terminaleri sayısı alan hesaplamasına dâhil edilmelidir. Operasyon sürelerinin ve maliyetlerin düşürülmesi açısından pazara erişilebilir yakınlık önemlidir. Kontrolsüz ve planın dışında büyüyen bir lojistik köy pazar talebini karşılamayarak elinde bulundurduğu pazarı kaybedebilir. Pazarı kaybetmesine ek olarak şehir yaşamındaki kaliteli düşürerek bölge nüfusuna olumsuz etkileri olur (Aydın ve Ögüt, 2008a).

1.2. Lojistik Köylerin Avantajları

Lojistik köylerin kurulduğu bölge ve ülke için potansiyel faydaları vardır. Bunlar; kombine taşımacılıkta kullanımın artması için teşvik etmesi, demiryolu taşımacılığını arttırarak ağır araç trafiğini azaltılması, ürünlerin taşınma akışını optimize etmesi, lojistik köyler içinde faaliyet gösteren firmaların tüketici ihtiyaçlarına hızlı dönüş yapmasını sağlaması, konteyner yükleme ve boşaltma alanlarındaki faaliyetlerin iyileştirilmesi, işletme maliyetlerinin düşürülmesi, havayolu, denizyolu, karayolu ve demiryolu ağlarına bağlantı sağlaması, kurulduğu bölgenin lojistik faaliyetler altyapısının gelişmesi, tedarik zinciri operasyonlarının firmalar için esnekleştirilmesini sağlaması, kurulduğu alana ve çevresine estetik bir düzen getirmesi, alanda faaliyet gösteren firmaların kapasitelerinin genişlemesine imkan sağlaması ve dağıtımla ilgili değer katan cross-docking ve konsolidasyon faaliyetlerinin sağlanması ile buna bağlı olarak firmaların kendi dağıtım kanallarının kontrolünü arttırmaları sağlanmış olur (Akandere, 2016).

Bir lojistik köyün bölge ve ülke ekonomisine yaptığı teknik ve ticari faydaları olduğu gibi sosyal faydaları da vardır. Bu sosyal faydalar özellikle bölge insanı üzerinde etkilidir. Ağır taşıt trafiğini bölge dışında daha çok demiryolu kullanımına çekerek kara trafiğinde rahatlama getirir. Pek çok işletmenin özellikle büyük işletmelerin gelmesi ile bölgede rekabet artar bu durum fırsatların artmasına ve bölgenin böylece bir cazibe merkezi haline gelmesi sağlar. Kamu ve özel sermayeli yatırımlar artar bu durum bölgede yeni iş imkânlarını pozitif etkiler ve bölgede istihdamı arttırır. Lojistik köyün ve çevresinin bulunduğu arazinin kullanımında estetik bir görüntü sağlanır (Yücel ve Yılmaz, 2019).

2. Metodoloji

Bu bölüm, çalışmada kullanılan metodolojiyi kısaca sunmaktadır.

1.1. AHP Yöntemi Tanımı ve Aşamaları

Çalışma kapsamında kullanılan ilk yöntem Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemidir. 1977 yılında Profesör Thomas Saaty tarafından oluşturulmuştur. AHP karar vericilerin bilgi ve deneyimiyle, düşünce ve sezgilerinin birleştirmesini sağlar. Yöntem ele aldığı hiyerarşik yapıyla karar problemini hedef, kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkiye göre modeller (Uzun ve Kazan, 2016).

AHP yöntemi aşağıdaki aşamalarla tamamlanır:

1. Adım: Modelin Kurulması ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması
2. Adım: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması
3. Adım: Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi
4. Adım: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılığının Hesaplanması

1.1.1. Modelin Kurulması ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Karar vericiler konu hakkında bilgisi olan veya konunun uzmanı kişilerdir. Bu kişiler karar vermeye etki eden, değerlendirilecek faktörleri ana kriterler ve alt kriterler olarak belirlerler. Burada amaç hiyerarşik yapıyı oluşturmaktır. Seviyeleri aynı kabul edilen faktörler oluşturulan hiyerarşik yapı içerisinde birbirinden bağımsızdırlar (Terzi, Gür, ve Eren, 2020).

1.1.2. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Hiyerarşik yapının oluşturulmasının ardından Tablo 1’de Saaty tarafından hazırlanan 1-9 skalası kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Tablo 1: İkili Karşılaştırma Ölçeği

ÖNEM DERECEİ	AÇIKLAMA
1	Ölçüler eşit öneme sahip
3	Ölçüt 2. Ölçüte göre biraz daha önemli
5	Ölçüt 2. Ölçüte göre fazla önemli
7	Ölçüt 2. Ölçüte göre çok fazla önemli
9	Ölçüt 2. Ölçüte göre mutlak öneme sahip
2,4,6,8	Ara değerler

1.1.3. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Kriter ağırlıklarının hesaplanması formülünde kriter sayısını n gösterir. Oluşturulan matris $n \times n$ boyutundadır. aij ’de ki i satır sayısını gösterirken j sütun sayısını gösterir. i . kriter değerine karşılık gelirken j . kriterin karşılaştırma değerine karşılık gelir (Güner, 2017).

İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasından sonra matriste bulunan sütun elemanları toplanır. Denklem (1)’den yararlanılarak C matrisi elde edilir. Bu matrise normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi denir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Normalize ikili karşılaştırma matrisinin Denklem (2)'de ki gibi satır ortalamaları alınarak, "Öncelik Vektörü" olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3)$$

1.1.4. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılığının Hesaplanması

Karar vericilerin yaptığı öznel değerlendirmeler sonuçlarda tutarsızlık oluşmasına sebep olabilir. Bu tutarsızlıkları ölçmek için öncelik vektörü "Tutarlılık Oranı" (CR) ile bulunur ardından kriterler arasında karşılaştırma ölçülür. Tutarlılık Göstergesi (CI), Tutarlılık İndeksine (RI) bölünür çıkan sonuçtan tutarlılık oranını elde edilir. %10 ve altında çıkan sonuçlar için CR değeri kabul edilir.

Kriter sayısı ile l katsayısı yani "Temel Değer" karşılaştırılarak CR hesaplanır. l değerinin hesaplanırken öncelikler vektörü ile ilk oluşturulan karşılaştırma matrisi çarpılır. Çıkan sonuç ile D sütun vektörü olarak verilen "Tüm Öncelikler Matrisi" elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

Elde edilen D matrisi elemanlarının karşılık gelen önceliklere bölünmesi ile temel değer (E) ortaya çıkar. Denklem (5)'de bulunan değerlerin ortalamaları hesaplanır. Bu hesap ile karşılaştırmaya ilişkin temel değer (l) bulunur (Denklem (6)).

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i=1,2,\dots,n \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (6)$$

l hesaplandıktan sonraki aşamada CI, denklem (7) kullanılarak bulunur.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} \quad (7)$$

En son aşamada ise CI değeri, RI değerine (Tablo 1.2.) bölünerek CR değeri elde edilir (Denklem (8)).

Tablo 1.2: Tutarlılık Endeksi

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

CR 0.1 den küçük ve 'a' eşit çıkarsa tutarlı kabul edilir (Güner, 2017).

1.2. TOPSIS Yöntemi Tanımı ve Aşamaları

Çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemlerinde ikincisi olan TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında oluşturulmuştur. Belirlenen kriterlerin alabileceği ideal duruma göre en az ve en fazla değerleri arasında karşılaştırır. Bu sayede pozitif ideal ile negatif ideal çözüm oluşturulur. Yöntem pozitif ideal çözümden en kısa mesafenin, negatif ideal çözümden de en uzak mesafenin bulunmasını amaçlar (Kiracı ve Bakır, 2018).

TOPSIS yönteminin aşamaları:

1. Adım: Karar Matrisin (A) Oluşturulması
2. Adım: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması
3. Adım: Ağırlıklı Karar Matrisinin (V) Oluşturulması
4. Adım: İdeal (A*) ve Negatif (A-) Çözümlerin Oluşturulması
5. Adım: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması
6. Adım: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

1.2.1. Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisi oluşturulurken satıra derecelendirilmek istenen karar noktalarını (m), sütuna ise değerlendirme kriterleri (n) yerleştirilir. A_{ij} matrisinde karar noktası sayısı m, değerlendirme faktörü sayısı ise n ile gösterilir. A matrisi, karar vericilerin bilgilerinden oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi olan A_{ij} matrisi aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

1.2.2. Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Standart karar matrisi aşağıdaki formül uygulanarak bulunur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (2)$$

Hesaplamalar ile R matrisi oluşturulur.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

1.2.3. Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Ağırlıklı standart karar matrisi, değerlendirme aşamasında kriterlerin öneminin karar vericilere göre değişiklik gösterdiği için hesaplanır. Karar vericiler kriterlerin önem ağırlıkları (W_i), $\sum_i W_i = 1$ formülü ile belirlenir. Oluşturulan R matrisinin sütunları, önem ağırlıkları ile çarpılır ve sonuç olarak aşağıda gösterilen V matrisi oluşturulur.

1.2.4. İdeal (A*) ve Negatif (A-) Çözümlerin Oluşturulması

Değerlendirilen her kriter azalan veya artan faydaya sahiptir. V matrisindeki faktörlerin en büyüğü seçilerek ideal çözüm seti oluşturulur. Eğer minimize yönlü bir seçim yapılacaksa en küçüğü seçilir. A* seti için V matrisinin her bir sütunundaki en büyük değer, A- seti için V matrisinin her bir sütunundaki en küçük değerler seçilerek oluşturulur.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (5)$$

Oluşturulacak set negatif ideal çözüm seti için ise, V matrisindeki sütun değerlerinin en küçükleri seçilir. Değerlendirme kriteri maksimizasyon yönlü ise en büyüğü seçilir. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (6)$$

J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değeridir. İdeal ve negatif ideal çözüm seti değerlendirilen kriter sayısı kadar olan m elemandan oluşur.

1.2.5. Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

İdeal ve negatif ideal çözümdeki sapmaları bulabilmek için öklidyen uzaklık kullanılır. Elde edilen sapma değeri İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) ölçüsüdür. İdeal Ayırım (S_i^*) ölçüsünün hesaplanması aşağıdaki formülünde, Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) ölçüsünün hesaplanması ise bir alttaki formülünde gösterilmiştir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (8)$$

S_i^* ve S_i^- sayısı alternatif sayısı kadardır.

1.2.6. İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir alternatif için ideal çözüme yakınlığın (C_i^*) hesaplanmasında yukarıda elde edilen İdeal ve Negatif İdeal Ayırım ölçüleri kullanılır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin formülü aşağıda belirtilmiştir. Bu formülde Negatif İdeal Ayırım ölçüsünün Toplam Ayırım Ölçüsü içindeki payı aşağıdaki denklem ile gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (9)$$

$$0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (10)$$

C_i^* değeri 0 ile 1 arasında bir değerdir. Değer büyüdükçe pozitif ideal çözüme mutlak olarak yakınlığı gösterir. C_i^* büyükten küçüğe sıralanır ve ideal yakınlığa göre bir sıralama elde edilir (Kocaoğlu ve Küçük, 2019).

3. Uygulama

Çalışmanın bu bölümünde değerlendirmede kullanılan kriterlere, yapılan AHP ve TOPSIS uygulamalarının analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Çalışma kapsamında kriterlerin önem dereceleri, lojistik köylerin amaç ve kullanımı ile ilgili temel bileşenler çerçevesinde uzman kişilerce belirlenmiştir.

3.1. Kriterler

Değerlendirmede kullanılan kriterler için ilgili literatür taranmış en sık kullanılan kriterler seçilmiştir. K1 Ulaşım altyapısı, K2 Nitelikli işgücü, K3 Ekonomi ve K4 Kalkınma ana kriterleri ve 13 alt kritere ait kaynaklar Tablo 2.1'de verilmiştir. Uygulamada ele alınan ve karar matrisi için elde edilen veriler bölgelerin kalkınma ajanslarından, Filyos, Çandarlı ve İyidere lojistik köyleri için hazırlanmış master planlarından elde edilmiştir.

Tablo 2.1: Kriterler Tablosu

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Kaynaklar
K1- Ulaşım Altyapısı	K21- Havalimanına ulaşım K22- Limana ulaşım K23- Demiryoluna ulaşım K24- Karayolu uzunluğu	Demiroğlu ve Eleren, 2014; Özceylan vd., 2016; Elgün ve Aşıkoğlu, 2016; Tanyaş ve Bamyacı, 2009; Arıkan, 2013; Erkaşman, vd., 2011; Önden, Acar ve Eldemir 2018; Elgün ve Aşıkoğlu, 2016.
K2- Nitelikli İşgücü	K11- Nitelikli işgücü K12- Lise mezunu çalışan sayısı K13- Yükseköğretim çalışan sayısı	Eryürük, Kalaoğlu ve Baskak, 2011; Uysal ve Yavuz, 2014; Uyanık, 2016; Zalluhoğlu, Aracıoğlu ve Bozkurt, 2014; Demirkıran ve Öztürkoğlu, 2020.
K3- Ekonomik	K31- Dış ticaret geliri K32- Sınır kapılarına olan uzaklık K33- Öncü Sektör	Önden vd. 2018; Kayıkcı, 2010; Demiroğlu ve Eleren, 2014; Önden vd. 2018; Kayıkcı, 2010; Demiroğlu ve Eleren, 2014.
K4- Kalkınma	K41- İşsizlik oranı K42- Teşvik bölgesi K43- Yaşam endeksi	Demirkıran ve Öztürkoğlu, 2020; Uysal ve Yavuz, 2014; Zalluhoğlu vd. 2014; Demirkıran ve Öztürkoğlu, 2020.

(Demirkıran ve Öztürkoğlu, 2020).

4.2. AHP Analizi Uygulamaları

Ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenerek değerlendirme modeli oluşturulmuş ve Şekil 1’de gösterilmiştir. Karar vericiler, kriter ve alternatiflerin değerlendirme matrislerini aşağıda Tablo 1’de verilen ölçek yardımıyla uzmanların da görüşü ele alınarak doldurulmuş ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.



Şekil 1. Modelin Hiyerarşik Yapısı

İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Tablo 2.2: Ana Kriterler için Oluşturulan Yapısal Hiyerarşi

	Ulaşım Altyapısı	Nitelikli İşgücü	Ekonomi	Kalkınma
K1	1	1	3	5
K2	1	1	5	7
K3	0,333	0,2	1	5
K4	0,2	0,142	0,2	1
Toplam	2,533	2,342	9,2	18

Tablo 2.3: Ulaşım Altyapısı İçin Oluşturulan Yapısal Hiyerarşi

	Karayolu	Havayolu	Denizyolu	Demiryolu
K11	1	5	3	7
K12	0,2	1	1	3
K13	0,333	1	1	5
K14	0,142	0,333	0,2	1

Tablo 2.4: Nitelikli İşgücü İçin Oluşturulan Yapısal Hiyerarşi

	Nitelikli İşgücü	Lise Mezunu Çalışan	Yüksekokul Mezunu Çalışan
K21	1	5	3
K22	0,2	1	1
K23	0,333	1	1
Toplam	1,533	7	5

Tablo 2.5: Ekonomi İçin Oluşturulan Yapısal Hiyerarşi

	Dış Ticaret Geliri	Sınır Kapısına Uzaklık	Öncü Sektör
K31	1	7	5
K32	0,142	1	3
K33	0,2	0,333	1

Tablo 2.6: Kalkınma İçin Oluşturulan Yapısal Hiyerarşi

	İşsizlik Oranı	Teşvik Bölgesi	Yaşam Endeksi
K41	1	7	5
K42	0,142	1	1
K43	0,2	1	1
Toplam	1,342	9	7

Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Tablo 2.7: Kriter Ağırlıkları Tablosu

	KRİTERLER	AĞIRLIKLAR
K1	Ulaşım altyapısı	0,438
K2	Nitelikli işgücü	0,356
K3	Ekonomik	0,150
K4	Kalkınma	0,054
K11	Karayolu	0,573
K12	Havayolu	0,158
K13	Denizyolu	0,210
K14	Demiryolu	0,057
K21	Nitelikli işgücü	0,655
K22	Lise mezunu çalışan	0,157
K23	Yüksekokul mezunu çalışan	0,186
K31	Dış ticaret geliri	0,713
K32	Sınır kapılarına uzaklık	0,186
K33	Öncü Sektör	0,100
K41	İşsizlik oranı	0,745
K42	Teşvik bölgesi	0,120
K43	Yaşam endeksi	0,134

Tablo 2.8: Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılığı

KRİTERLER	LAMDA	CI	RI	TUTARLILIK
Ulaşım Altyapısı	4,107	0,035	0,032	<0,10 TUTARLI
Ekonomik	3,244	0,122	0,061	<0,10 TUTARLI
Kalkınma	3,012	0,006	0,003	<0,10 TUTARLI
Nitelikli işgücü	3,029	0,014	0,007	<0,10 TUTARLI

İkili Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılığının Hesaplanması

Kriter ağırlıklarına bakıldığında ana kriterler içinden en yüksek öneme sahip çıkan kriter “ulaşım altyapısı”dır. Ulaşım altyapısının kendi içinde karayolu ulaşımı öne çıkmıştır. Tüm alt kriterler içinde işsizlik oranı öne çıkarken dış ticaret geliri ardından takip eden kriterdir. Ana kriterler ve kendi içlerinde alt kriterler tutarlı sonuç vermiştir.

4.3. TOPSIS Analizi Bulguları

TOPSIS analiz sonuçları için Filyos, Çandarlı ve İyidere lojistik köyleri için belirlenen 13 adet alt kritere ait karar matrisi oluşturulmuş, yorum ve hesaplama kolaylığı olması açısından veriler normalize edilmiştir. Normalize karar matrisinden sonra pozitif ideal ve negatif ideal hesaplamaları yapılmış sonuçlara göre 3 adet lojistik köy için sıralama sonucu elde edilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki tablolarda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 2.9: Karar Matrisinin Oluşturulması

	FİLYOS	ÇANDARLI	İYİDERE	FAYDA MALİYET	AHP AĞIRLIĞI
K11	9	9	5	FAYDA	0,573
K12	9	5	3	FAYDA	0,158
K13	9	5	9	FAYDA	0,210
K14	9	7	3	FAYDA	0,057
K21	5	7	5	FAYDA	0,655
K22	5	5	5	FAYDA	0,157
K23	7	7	7	FAYDA	0,186
K31	7	9	5	FAYDA	0,713
K32	9	7	5	FAYDA	0,186
K33	7	5	3	FAYDA	0,100
K41	5	7	9	MALİYET	0,745
K42	9	9	9	MALİYET	0,120
K43	9	7	5	FAYDA	0,134

Karar Matrisin (A) Oluşturulması

Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Tablo 2.10: Standart Karar Matrisi

	FİLYOS	ÇANDARLI	İYİDERE
K11	0,658	0,658	0,485
K12	0,839	0,466	0,514
K13	0,658	0,365	0,874
K14	0,763	0,593	0,393
K21	0,502	0,703	0,581
K22	0,577	0,577	0,707
K23	0,577	0,577	0,707
K31	0,562	0,722	0,485
K32	0,722	0,562	0,581
K33	0,768	0,5488	0,514
K41	0,401	0,562	0,789
K42	0,577	0,577	0,707
K43	0,722	0,562	0,581

Ağırlıklı Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Tablo 2.11: Ağırlıklı Karar Matrisi

	FİLYOS	ÇANDARLI	İYİDERE
K11	0,377	0,377	0,278
K12	0,133	0,074	0,081
K13	0,138	0,076	0,183
K14	0,044	0,034	0,022
K21	0,329	0,461	0,380
K22	0,091	0,091	0,111
K23	0,107	0,107	0,132
K31	0,401	0,515	0,346
K32	0,134	0,104	0,108
K33	0,076	0,054	0,051
K41	0,299	0,419	0,588
K42	0,069	0,069	0,084
K43	0,097	0,075	0,078

İdeal (A*) ve Negatif (A-) Çözümlerin Oluşturulması

Tablo 2.12: İdeal ve Negatif İdeal Çözümler

	A+	A-
K11	0,377	0,278
K12	0,133	0,074
K13	0,138	0,0767
K14	0,044	0,0228
K21	0,461	0,3809
K22	0,091	0,0910
K23	0,107	0,1078
K31	0,515	0,346
K32	0,134	0,104
K33	0,076	0,0514
K41	0,299	0,588
K42	0,069	0,0849
K43	0,097	0,0755

Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Tablo 2.13: Ayırım Ölçüleri

	FİLYOS	ÇANDARLI	İYİDERE
S+	0,183	0,179	0,365
S-	0,326	0,291	0,123

İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Tablo 2.14: İdeal Yakınlığın Hesaplanması

	FİLYOS	ÇANDARLI	İYİDERE
SIRALAMA	1	2	3

4. Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Yapılan AHP ve TOPSIS analizleri sonucunda Filyos lojistik köyü ilk sırada yer almıştır. Ulaşım altyapısı kriteri ana kriterler içinde öne çıkan kriter olmuştur. Bu sonuç lojistik faaliyetler açısından taşımacılığın önemini bir kez daha vurgulamıştır. Filyos lojistik köyü yer aldığı Filyos vadisi havzası içinde denizyolu, karayolu, demiryolu ve hava yolunun varlığı ile çok modlu taşımacılık olanağına sahip olması dolayısıyla değerlendirmeye alınan lojistik köyler içinde bir adım ne çıkmaktadır. İkinci sırada yer alan Çandarlı lojistik köyü yakın bir skor ile Filyos lojistik köyünü takip etmektedir. Ana merkezi Soma olmak üzere kurulması planlanan Çandarlı lojistik köyünün liman ve havayolu faaliyetleri için İzmir ilinin kullanılması planlanmaktadır. Üçüncü sırada İyidere lojistik köyü yer almıştır. Havayolu faaliyetleri için Trabzon ilinde bulunan havaalanının kullanılması planlanan İyidere lojistik köyüne herhangi bir demiryolu bağlantısı yoktur. İyidere limanının kullanılması Ovit Tüneli'nin açılmasıyla birlikte avantaj ve kolaylık sağlamıştır. Çandarlı ve İyidere lojistik köylerinden farklı olarak Filyos lojistik köyü tüm taşıma modlarını tek bir bölgede toplaması açısından avantajlı durumdadır.

Birinci sırada yer alan Filyos lojistik köyü Türkiye'nin ilk mega endüstri bölgesi olmayı hedefleyen Filyos Vadi Projesi kapsamında yer almaktadır. 1.166 hektar alan üzerine kurulu olan Filyos serbest bölgesi, iki büyük termik santrale 15 km mesafede kuruludur. İki büyük termik santralin toplam gücü 3.100 MW'dir. Aynı bölgede bulunan Kardemir ve Erdemir Türkiye'nin en büyük entegre yassı ve uzun mamul demir-çelik üreticileridir. Filyos limanı Türkiye'nin en büyük 3. Limanı olması dolayısıyla RO-RO gemileri ile taşımacılığın yapılabildiği bir limandır. Uluslararası finans kuruluşları tarafından desteklenen Filyos Projesi Türkiye'nin Karadeniz'e açılan bir kapısıdır. Şehrin gelişmeye açık konumu, bölgede çıkan yer altı zenginlikleri ve genç demografik yapısı ile gelişime açık bir bölgedir.

Araştırma sürecinde karşılaşılan bazı sınırlamalar bulunmaktadır. Nihai sonuçları karar vericilerin görüşlerini yansıttığı ve ideal durumlar karar vericiye bağlı olduğundan belirlenen sonuçlarda oluşabilecek sapmalar dikkate alınmamıştır. Bu durumun etkisini ortadan kaldırmak ve gelecek çalışmalar için ya daha fazla uzmanın görüşünden faydalanmak ya da diğer ÇKKV yöntemlerinden VIKOR yöntemi ile karşılaştırmalı analiz yapılması önerilmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- S.G., Ş.C.; Veri Toplama- S.G., Ş.C.; Veri Analizi/Yorumlama- S.G., Ş.C.; Yazı Taslağı- S.G., Ş.C.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- S.G., Ş.C.; Son Onay ve Sorumluluk- S.G., Ş.C.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support.

Author Contributions: Conception/Design of Study- S.G., Ş.C.; Data Acquisition- S.G., Ş.C.; Data Analysis/ Interpretation- S.G., Ş.C.; Drafting Manuscript- S.G., Ş.C.; Critical Revision of Manuscript- S.G., Ş.C.; Final Approval and Accountability- S.G., Ş.C.

Kaynakça

- Akandere, G. (2016). Lojistik köylerin etkin yönetimi: Konya iline yönelik bir model önerisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 19(1), 167-184.
- Aydın, G. T., & Öğüt, K. S. (2008a). Lojistik köy nedir?, 2. *Uluslararası Demiryolu Sempozyumu*, 1439-1448.
- Aydın, G. T., & Öğüt, K. S. (2008b). Avrupa ve Türkiye’de lojistik köyleri, 2. *Uluslararası Demiryolu Sempozyumu*, İstanbul, 2, 1471-1481.
- Balcı, H., & Emirkadı, Ö. (2019). Küresel Ticarete Lojistik Üslerin Önemi ve Karadeniz Bölgesi Lojistik Üs Potansiyelinin SWOT Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 6-30.
- Bay, M., & Erol, F. (2016). Lojistik köylerin önemi ve intermodal taşımacılık faaliyetleriyle desteklenmesi: Karaman ilinde bir uygulama.
- Bezirci, M., & Dündar, A. O. (2011). Lojistik Köylerin İşletmelere Sağladığı Maliyet Avantajları. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(1), 292-307.
- Demirkıran, Y., & Öztürkoğlu, Ö. (2020). Türkiye’deki Bölgelerin Lojistik Köy Kurulması Açısından potansiyelinin PROMETHEE II Yöntemi ile İncelenmesi. *Yaşar Üniversitesi Dergisi*, 15 (58), 347-367.
- Demiroğlu, Ş., & Eleren, A. (2013). Küresel Lojistik Köyleri ve Bu Kapsamda Türkiye’de Lojistik Köyleri Üzerine Bölgesel Bir İnceleme, (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Elgün, M. N. (2011). Ulusal VE Uluslararası Taşıma VE Ticarete Lojistik Köylerin Yapılanma Esasları ve Uygun Kuruluş Yeri Seçimi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(2):203-226.
- Elgün, M. N., & Aşıkoğlu, N. O. (2016), Lojistik köy kuruluş yeri seçiminde TOPSIS yöntemiyle merkezlerin değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1).
- Erkayman, B., Gündoğar, E., Gökay, A., & Ipek, M. (2011), A Fuzzy topsis approach for logistics senter. *Journal of business case studies*, 7(3), 49-55.
- Eryürük, S. H., Kalaoğlu, F., & Baskak, M. (2011), A Site Selection Model For Establishing A Clothing Logistics Center. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 22(1), 40-47.
- Gökgöz, B. İ., İlerisoy, Z. Y., & Soyluk, A. (2020). Acil durum toplanma alanlarının AHP yöntemi ile değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 935-945.
- Güner, S. (2017). Operational efficiency and service quality analysis in public transportation systems. *Journal of Transportation and Logistics*, 2(2), 33-48.
- Kayıkçı, Y. (2010), A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions. *The Sixth International Conference on City Logistics*. No.2, 6297-6311. Graz: Procedia Social and Behavioral Sciences.
- Kepe, D. (2016). Denizli Kaklık lojistik köyünün swot analizi ile değerlendirilmesi (Master’s thesis, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Kıracı, K., & Bakır, M. (2018). Using the multi criteria decision making methods in aircraft selection problems and an application. *Journal of Transportation and Logistics*, 3(1), 13-24.
- Kocaoğlu, B., & Küçük, A. (2019). Evaluation of the performance of companies operating in the pharmaceutical sector for Reverse Logistics applications with TOPSIS and MOORA Methods. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(1), 11-30.
- Kurt, M., & Erener, A. (2018). Lojistik Merkezlerin Planlanmasında Coğrafi Bilgi Teknolojileri Kullanımı- Kocaeli Örneği. *Journal Of Transportation And Logistics*, 3(1), 1-12.
- MÜSİAD, İstanbul Lojistik Sektör Analizi Raporu, 2014.
- MÜSİAD, Lojistik Sektör Raporu, 2015.
- Önden, I., Acar, A. Z., & Eldemir, F. (2018), Evaluation of the logistics center locations using a multi-criteria spatial approach. *Transport*, Vol.33(2), 322-334. <http://dx.doi.org/10.3846/16484142.2016.1186113>

- Özceylan, E., Erbaş, M., Tolon, M., Kabak, M., & Durgut, T. (2016), Evaluation of freight villages: A GIS-based multicriteria decision analysis. *Computers in Industry*, (76), 38-52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2015.12.003>
- Şahin, D., & Toramanlı, Ö. G. G. (2016). Küresel Ticarete Lojistik Köylerin Önemi.
- Tanyaş, M., & Bamyacı, M. (2009), Organize Lojistik Bölgesi Yer Seçimi Problemi için Bir Çok Ölçütlü Karar Verme Modeli: AHP-SAW. Mersin Sempozyumu. Mersin.
- TCDD, (2020). Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları, <https://www.tcdd.gov.tr/content/33>, Erişim tarihi; 05.10.2021.
- Terzi, S., Gür, Ş., & Eren, T. (2020). Sürdürülebilir tedarik zincirine endüstri 4.0 etkisinin çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25(1), 511-528.
- Türkoğlu, M., & Duran, G. Lojistik Sektörünün Önemi ve Bölgesel Kalkınmaya Katkıları. *Uygulamalı Sosyal Bilimler ve Güzel Sanatlar Dergisi*, 1(2), 86-97.
- UTİKAD, Hasanbey Lojistik Merkez Raporu, 2015
- Uysal, T., & Yavuz, K. (2014), Selection of Logistics Centre Location via ELECTRE Method: A Case Study in Turkey. 9th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference. Bali.
- Uzun, S., & Kazan, H. (2016). Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE karşılaştırılması: Gemi inşada ana makine seçimi uygulaması. *Journal of Transportation and Logistics*, 1(1), 99-113.
- Yücel, M., & Yılmaz, Ş. K. (2019). Türkiye'deki Lojistik Köyler ve Seçimine Etki Eden Unsurlar. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 10(1), 72-89.
- Zalluhoğlu, E. A., Aracıoğlu, B., & Bozkurt, S. (2014), Lojistik Köy Kurulumunun Lojistik Hizmet Sağlayıcılar Açısından Değerlendirilmesi: İzmir Örneği. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 81-103.



Türk Deniz ve Kıyı Sularında Yük Taşımacılığı Sektörünün Entropi-COPRAS Yöntemleriyle Finansal Performansının Analizi*

Financial Performance Analysis of the Sea and Coastal Freight Water Transport Sector Using the Entropy-Based COPRAS Method

İsmail Fatih Ceyhan¹ , Ferhat Demirci² 

Öz

Deniz yolu taşımacılığı, üç tarafı denizlerle çevrili coğrafi yapısı sebebiyle Türkiye için oldukça önemlidir. Diğer taşımacılık türleriyle karşılaştırıldığında, deniz yolu taşımacılığı sektörünün görece olarak düşük birim maliyete imkân vermesi ve taşımacılığa konu olan ürünlerin çeşitliliği, sektörün en cazip yönleri olarak kabul edilmektedir. Sektörün gelişimine ilişkin yasal otorite tarafından konulan makro hedeflere ek olarak, sektörde faaliyet gösteren firmaların sürdürülebilir bir mali yapıda olmaları da oldukça önemlidir.

Araştırmanın amacı, Türk deniz kıyı sularında yük taşımacılığı sektörünün finansal performansını 2009-2020 dönemi için analiz etmektedir. Bahsedilen dönem, finansal analizde yaygın kullanıma sahip finansal oranlar üzerinden çok kriterli karar verme yöntemi ile sıralamaya tabi tutulmuştur. Çok kriterli karar verme yöntemi olarak COPRAS (Karmaşık Nispi Değerleme Yöntemi) tercih edilmiş, kriterlerin ağırlık değerleri entropi yöntemi ile hesaplanmıştır. Entropi yöntemi bulgularına göre karlılıkla ilgili finansal oranlar, diğer oranlara göre daha yüksek değerler almıştır. COPRAS yöntemi ile elde edilen bulgulara göre ise ilgili dönemde en başarılı yıl 2012 yılı, en başarısız yıl ise 2011 yılı olmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde, sektörün ilgili dönemde yıllar itibarıyla değişken bir finansal performans seyri gösterdiği ve ayrıca finansal performans sıralamasında belirleyici olan faktörlerin karlılıkla ilgili göstergeler olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deniz Yolu Yük Taşımacılığı, Finansal Performans, Çok Kriterli Karar Verme, COPRAS, Entropi

ABSTRACT

Maritime transportation is very important for Turkey due to its geographical structure being surrounded by seas. Turkey's most attractive aspects compared to other countries is that it allows for relatively low unit costs in the sector and can transport a variety of products. In addition to the macro targets set by legal authorities regarding sector development, operating companies must crucially also possess a sustainable financial structure.

The aim of the research is to analyze the financial performance of the Turkish sea and coastal freight water transport sector for the 2009-2020 period. This period has been sorted using the COPRAS method, a multi-criteria decision-making method, in terms of financial ratios widely used in financial analysis. The weight values of the criteria have been calculated using the entropy method. When considering the entropy method's findings, financial ratios related to profitability took on higher values than the other ratios. According to the findings, the most successful year in this period was 2012, and the least successful year was 2011. The study results generally conclude the sector to have shown variable financial performance during the period and the factors determining the financial performance ranking for this sector to be the profitability ratios.

Keywords: Sea freight transportation, Financial performance, Multi-criteria decision making, COPRAS, Entropy

Başvuru/Submitted: 28.11.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 02.03.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 18.09.2022 • **Kabul/Accepted:** 21.09.2022

* V. Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresinde sunulan Deniz ve Kıyı Sularında Yük Taşımacılığı Sektörünün Entropi-COPRAS Yöntemiyle Finansal Trend Analizi başlıklı özet bildirinin genişletilmiş halidir.

1 **Sorumlu yazar/Corresponding author:** İsmail Fatih Ceyhan (Dr. Öğr. Üyesi), Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Bartın, Türkiye. E-mail: ismailc@bartin.edu.tr ORCID: 0000-0002-4314-7374

2 Ferhat Demirci (Arş. Gör.), Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Bartın, Türkiye. E-mail: fdemirci@bartin.edu.tr ORCID: 0000-0002-6206-1322

Atf/Citation: Ceyhan, I.F., & Demirci, F. (2022). Türk deniz ve kıyı sularında yük taşımacılığı sektörünün entropi-copras yöntemleriyle finansal performansının analizi. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 341-356. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1029349>

Extended Abstract

Due to the natural structure of the sector, the business volume in the freight transportation sector is dependent on the business volume realized in other sectors as well as both local and global economic conditions. The logistics sector is one of the sectors that will be directly affected by both the increasing and decreasing trends in both the local and global economies.

Sea freight transportation is very important for Turkey due to its notable geographical feature of being surrounded on three sides by the sea. Sea freight transportation allows lower unit costs compared to other types of transport and provides the opportunity to transport many products in terms of variety and volume. However, despite Turkey's natural advantage in regard to maritime transport, it has not been able to be used sufficiently due to the low number of Turkish-owned ships as well as the resultant lack of carrying capacity. In addition to the concerns based on operational reasons such as the number and capacity of ships, the companies in the sector must show sustainable financial success in order for the sector to achieve its real potential.

The aim of the research is to analyze the financial performance of the sea and coastal water freight transport sector for the period of 2009-2020. A decision matrix was created by choosing the financial ratios commonly used in financial analysis, which were then sorted by year. The ratios used for the data set are current ratio, cash ratio, financial leverage ratio, ratio of short-term liabilities to total liabilities, asset turnover, receivables turnover, net profit margin, return on assets, and return on equity. Multi-criteria decision-making methods that allow an alternative set to be ranked according to certain criteria constitute the methodology of the research. The literature contains many multi-criteria decision-making methods. However, this study has preferred the complex proportional assessment (COPRAS) method as it provides a better comparison for ranking the values of the alternatives. Criterion weights are an important concept in multi-criteria decision-making methods and were calculated using the entropy method, which allows weight values to be assigned independent of personal judgments.

According to the findings from the COPRAS method, the most successful year in the research period was 2012, while the least successful year was 2011. According to the weight values obtained using the entropy method, profitability ratios took on higher weight values than the liquidity, financial structure, and activity ratios. This shows the financial ratios that determined best the sector's financial performance during the research period to be the profitability ratios.

During the period examined in the research, the sector showed fluctuating trends regarding the financial terms. This trend occurred with sharp breaks between 2009-2014 and with relatively smaller breaks after 2015. To better understand the financial performance of the sector, the income statement items that affect profit should be analyzed in more detail. Another limitation regarding the research methodology is that only the COPRAS method was chosen as a multi-criteria decision-making method. In addition, future studies can compare the results by using different weighting methods and multi-criteria decision-making methods.

Giriş

Taşımacılık faaliyetleri, kara, deniz, hava ve demiryolu olmak üzere dört farklı şekilde gerçekleşmektedir. Kimi zaman bu taşımacılık türlerinden iki veya daha fazlası kombine halde de kullanılmaktadır. Denizyolu taşımacılığı, insanlık için oldukça önemli ve eski bir taşımacılık türüdür. Günümüz dünyasında artan çevresel kaygılar, maliyet avantajı güden firma politikaları, artan nüfustan kaynaklı talebi karşılama çabaları, hızlı sanayileşme, karayollarının yoğunluğu gibi birçok faktör, deniz yolu taşımacılığının önemini sürekli arttırmaktadır (Ceylan, 2020:13). İMEAK Deniz Ticaret Odası (2021), tarafından yayınlanan denizcilik sektörüne ilişkin raporda yer alan verilere göre dünya genelinde deniz taşımacılığının toplam taşımacılık faaliyetlerinin içerisindeki oranı 2019 yılında %85, 2020 yılında ise %90'dır.

Yük taşımacılığı sektöründe gerçekleşen iş hacmi, sektörün doğal yapısı gereği diğer sektörlerde gerçekleşen iş hacminden ve gerek yerel gerekse küresel ekonomik koşullardan bağımsız değildir. Yerel ve küresel ekonomilerde gerçekleşen büyüme ve küçülme eğilimlerinin doğrudan etki edeceği sektörlerin başında lojistik sektörü gelmektedir. Örneğin Tunalı ve Akarçay (2018) tarafından yapılan araştırmada sanayi üretiminde gerçekleşen %1 oranında artışın deniz taşımacılığında %55,9 oranında artışa sebep olacağı bulgusuna erişilmiştir.

Deniz yolu taşımacılığı, üç tarafı denizlerle çevrili coğrafi yapısı sebebiyle Türkiye için oldukça önemlidir. Deniz yolu taşımacılığı sektörünün diğer taşımacılık türleriyle karşılaştırıldığında görece olarak düşük birim maliyete imkân vermesi ve taşımacılığa konu olan ürünlerin çeşitliliği, sektörün en cazip yönleri olarak kabul edilmektedir (Doğan, 2020). Ancak Türkiye'nin coğrafi yapısından kaynaklanan deniz taşımacılığındaki avantajlı durumu, Türk mülkiyetli gemi sayısının az olması ve bu gemilerin toplam taşıma kapasitelerinin de az olmasından dolayı mevcut potansiyelinden oldukça uzaktır (Karahana ve Kırval, 2018:68). XI. Kalkınma Planı'nda Türkiye'nin deniz taşımacılığına ilişkin potansiyelini yeteri kadar kullanamamasıyla ilgili oluşan kaygıları bertaraf edecek nitelikteki önlemlere yer verilmiştir. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2019) tarafından hazırlanan XI. Kalkınma Planı incelendiğinde Türkiye'nin lojistik performans endeksinde meydana gelen gerilemenin nedenlerini ortadan kaldırmak maksadıyla birtakım amaçlar ve hedefler belirlenmiştir. Bu hususta vurgulanan amaçlar, denizyolu taşımacılığının payının artırılması ve Türk mülkiyetli deniz filo hacminin geliştirilmesine ilişkindir.

Sektörün gelişimine ilişkin yasal otorite tarafından konulan makro hedeflere ek olarak, sektörde faaliyet gösteren firmaların sürdürülebilir bir mali yapıda olmaları da oldukça önemlidir. Bu doğrultuda Türk deniz ve kıyı taşımacılığı sektörünün yakın geçmişte göstermiş olduğu finansal performans araştırmanın esas konusunu oluşturmaktadır. Literatürde benzer motivasyon taşıyan ve sektörün finansal durumunu analiz eden araştırmalar (Doğan, 2020; Dursun ve Erol, 2012; Karadeniz ve Kılıç, 2015) mevcuttur. Bu araştırmalarda finansal tablo analizinde yaygın kullanılan oran analizi yöntemi uygulanmıştır. Oran analizi yöntemi finansal tablolarda yer alan birbiriyle ilişkili kalemlerden üretilen çeşitli oranlar ile finansal tabloları daha anlaşılır kılmaya yaramaktadır.

Oran analizine ek olarak mali tablo analiz tekniklerinden trend analizi, yatay analiz, dikey analiz gibi yöntemler de sektör bilançolarının analizinde tercih edilebilir niteliktedir. Ancak bu yöntemlerin bazı dezavantajları mevcuttur. Oran analizi yöntemi sektöre ait oranları referans değerlerle karşılaştırmaya ve belirli dönemleri karşılaştırarak ilgili orandaki olumlu/olumsuz değişimi takip etmeye olanak vermektedir. Yatay analiz ve dikey analiz yöntemleri ise sadece bir yıllık periyotta bilanço ve gelir tablosu kalemlerinin kendi içerisindeki dağılımını yorumlamaya olanak vermektedir. Trend analizinde ise referans olarak seçilen bir yıl temel alınarak diğer yıllara ait mali tablo kalemlerini değişimleri gözlenebilmektedir. Ancak trend analizi için en büyük handikap referans olarak seçilecek yılın neye göre seçileceğinin belirsizlik içermesidir. Nitekim referans yıl firmanın veya sektörün iyi durumda olduğu bir yıla göre seçilerek karşılaştırmaya gidilebilir. Ancak en iyi yıl hangisi sorusu destekleyici bir başka analiz kullanılmadığı sürece trend analizinde belirsizdir. Bu araştırmada ise sektörün finansal analizi yapılarak, finansal oranları içeren bir karar matrisi üzerinden yıllar itibarıyla bir performans sıralaması elde edilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle araştırma periyodunda sektörün finansal durumundaki değişim gözlenebilir hale gelecektir. Ek olarak sektör düzeyinde elde edilen finansal performans ve ilişkili sektörler için yapılacak finansal performans analizleri ile karşılaştırılabilecektir. Araştırmadan elde edilecek bulgular, firma düzeyinde gerçekleştirilecek finansal performans analizlerini sektörün performansı ile karşılaştırabilmek için de bir referans oluşturmaktadır.

Bu doğrultuda Merkez Bankası sektör bilançolarından faydalanılarak finans alan yazınında yaygın kullanıma sahip finansal oranlar üzerinden ilgili sektöre ilişkin bir veri seti oluşturulmuştur. Araştırmada kullanılan oranlar; cari oran, nakit oranı, kaldıraç oranı, kısa vadeli yabancı kaynakların pasif toplamına oranı, aktif devir hızı, alacak devir hızı, net kar marjı, aktif getirisi ve özsermaye getirisi oranlarıdır. Finansal oranların ağırlık değerleri, entropi yöntemi ile belirlenirken, 2009-2020 arası dönem için sıralama, COPRAS (Complex Proportional Assessment/Karmaşık Nisbi Değerleme) yöntemi ile elde edilmiştir. Entropi yöntemine göre en yüksek ağırlık değerlerini karlılıkla ilgili oranlar almıştır. COPRAS yöntemiyle elde edilen sıralama sonuçlarına göre ise Türk Deniz ve Kıyı Taşımacılığı sektörü için en başarılı yıl 2012 yılı, en başarısız yıl ise 2011 yılıdır.

2. Literatür Taraması

Çok kriterli karar verme yöntemleri birçok alanda seçim problemlerine uygulanabilir niteliktedir. Bu durum çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanan araştırmalara ilişkin geniş bir literatür oluşmasına sebep olmuştur. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin finans alanında uygulama örnekleri incelendiğinde farklı sektörler ve farklı nitelikte alternatif setleri için (firma, sektör, yıl) yapılan performans finansal performans analizlerinin araştırmacılar tarafından sıklıkla gerçekleştirildiği gözlenmiştir.

Araştırmada deniz ve kıyı sularında yük taşımacılığı sektörü özelinde yıllara ilişkin karşılaştırmalı bir finansal analiz gerçekleştirilmiştir. Bu özellikte ve yöntem olarak çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulandığı araştırmalar incelendiğinde lojistik ve taşımacılık sektörüne ilişkin gerçekleştirilen araştırmaya rastlanmamıştır. Diğer taraftan literatürde farklı sektörler için sektör bilançolarından türetilmiş finansal oranları temel

olarak yapılan araştırmalar mevcuttur. Ömürbek ve Mercan (2014) T.C. Merkez Bankası sektör bilançolarından derlenmiş çeşitli finansal oranları kullanarak imalat alt sektörlerinin finansal performanslarını karşılaştırmıştır. Yirmi iki alt sektörün alternatif olarak yer aldığı araştırmada TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri kullanılmış ve her iki yönteme göre de kök kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı sektörü en iyi finansal performansı göstermiştir. Kablan ve Erdoğan (2021) tarafından gerçekleştirilen araştırmada ise Türk bankacılık sektörünün finansal performansı mülkiyet yapılarına göre karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Mülkiyet yapılarına göre (yerli-özel, kamu ve yabancı bankalar) bankacılık alt sektörlerinin finansal performansları 1980-1990, 1990-2000, 2000-2010 ve 2010-2018 dört döneme indirgenerek COPRAS yöntemiyle karşılaştırmalı analiz edilmiştir. Araştırmada yıllar için elde edilen sıralama bulguları değişkenlik göstermekle birlikte bahsedilen dönemlerde ağırlıklı olarak kamu bankalarının performansı yüksek çıkmıştır. Türk bankacılık sektörüne ilişkin bir diğer araştırma ise Akgül (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmada sektör ortalamalarında oluşan finansal oranlara göre 2010-2018 arası dönemde yılların finansal performansı sıralanmıştır. SAW, MAUT ve ARAS yöntemlerinin kullanıldığı araştırmada en başarılı yıl 2010 yılı iken en başarısız yıl 2018 yılıdır. Benzer bir motivasyon taşıyan ve yine Türk bankacılık sektörünü konu edinen bir diğer araştırma ise Demir (2021) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmada 2009-2019 yılları bankacılık sektör ortalamalarına göre ROIC, ITARA, CODAS yöntemleriyle sıralamaya tabi tutulmuştur. Bahsedilen dönem aralığında en başarılı yıl 2009 yılı iken en başarısız yıl 2019 yılı olmuştur. Bir sektörün yıllara ilişkin performansını konu edinen bir diğer araştırma ise kimya alt sektörleri özelinde Yavuz ve diğ., (2020) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmada bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak T.C. Merkez Bankası Sektör bilançolarından elde edilen çeşitli finansal oranlarla 2010-2016 döneminde yer alan yedi yıl sıralanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre kimya alt sektörlerinin finansal performansları dalgalı bir seyir göstermiş, alt sektörlerin yıllara ait finansal performans sıralamaları arasında düşük bir korelasyon gözlenmiştir.

T.C. Merkez Bankası tarafından hazırlanan sektör bilançoları sektörlerle ilişkin finansal analizler gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Sektör analizlerinde tercih edilebilecek bir diğer yöntem halka açık firmaların mali tablolarının konsolide edilerek analizlerin gerçekleştirilmesidir. Ancak bu yöntemin lojistik-taşımacılık gibi kimi sektörlerde halka açık firma sayısının azlığı sebebiyle uygulanabilirliği düşüktür. T.C. Merkez Bankası tarafından yayınlanan sektör bilançoları halka açık şirket statüsünde olmayan diğer firmaların da muhasebe bilgilerini içermektedir ve sektörlerle ilişkin mali analizlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Genellikle oran analizi yoluyla gerçekleştirilen bu araştırmalar, çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulandığı araştırmalardan farklı olarak yıllara veya sektörlerle ilişkin sıralama değerleri üzerinden karşılaştırma olanağı vermemektedir. Bahsedilen nitelikte, Merkez Bankası sektör bilançolarında yer alan oranları temel alan ve oran analizi yoluyla gerçekleştirilen, lojistik ve taşımacılık sektörüne ait araştırmalar Türkçe literatürde sınırlı sayıda mevcuttur. Yabancı kaynaklarda ise bu tip bir araştırmaya rastlanmamıştır. Doğan (2020) tarafından Türkiye Deniz ve Kıyı Sularında Yük Taşımacılığı sektörü 2014-2016 yılları için oran analizine tabi tutulmuştur. Araştırma sonuçlarına sektörün likidite ve kaldıraç oranlarının genel kabul görmüş

seviyede oldukları, devir hızı oranlarının ilgili dönemde durağan bir seyir gösterdiği, yabancı kaynak kullanımından kaynaklı faiz yükünün ise kâr marjını olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Deniz ve kıyı sularında yük taşımacılığı alt sektöründe bulunan 68 firmanın konsolide edilmiş mali tablolarına ait oranları kullanarak oran analizi yöntemiyle 2010 yılı IV. çeyrek dönemi finansal tablolarının incelendiği çalışmada Dursun ve Erol (2012) sektörde maliyetlerin yüksek dolayısıyla karlılığın da düşük olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Deniz ve kıyı sularında yolcu taşımacılığı sektörü için gerçekleştirilen ve 21 firmanın 2010-2012 dönemi konsolide edilmiş mali tablolarının oran analizini konu edinen araştırma sonucunda Karadeniz ve Kılıç (2015), sektörün borç ödeme gücünün zayıf, kaynak yapısının daha çok borçlanmalardan oluştuğu, dolayısıyla mali riskinin yüksek olduğu, varlıkların verimli kullanılmadığı ancak sektörün karlılık performansında dönem içerisinde artış trendi gösterdiği saptanmıştır.

Literatürde firma düzeyinde gerçekleştirilmiş, lojistik firmalarını konu edinen ve çok kriterli karar verme yöntemleriyle gerçekleştirilmiş finansal performans araştırmaları da mevcuttur. Kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri ve araştırma periyotları yönünden farklılaşan bu araştırmalarda (Çakır ve Perçin, 2013; Özbek, 2018; Özbek ve Demirkol, 2018) Fortune 500 listesinde yer alan lojistik firmaları finansal performans açısından sıralanmıştır. Lojistik sektörüne ek olarak farklı sektörleri konu edinen ve firma düzeyinde gerçekleştirilen birçok araştırma (Abdel-Basset ve diğ., 2020; Aksoy ve Yıldız, 2017; Farrokh ve diğ., 2016; Jacintho ve Kroenke, 2021; Wanke ve diğ., 2016) literatürde yer almaktadır. Bu araştırmalar ülke, sektör, araştırma dönemi ve kullanılan çok kriterli karar verme yöntemi açısından farklılaşmakta ancak, en iyi finansal performansı gösteren firmayı tespit etme amacıyla benzer bir motivasyon taşımaktadır.

3. Yöntem

Bu araştırmanın amacı, Türk deniz ve kıyı taşımacılığı sektörünün 2009-2020 dönemi için finansal göstergelere göre gösterdiği performans eğilimini tespit etmektir. Finansal performans eğiliminin tespit edilmesi için, belirli sayıda alternatifi belirli sayıda kritere göre sıralamaya olanak veren çok kriterli karar verme yöntemlerinden COPRAS yöntemi tercih edilmiş ve kriterlere entropi yöntemiyle ağırlık değerleri atanmıştır. COPRAS yöntemi nihai aşamada bir performans endeksi oluşturmakta ve sıralama değerlerini daha iyi yorumlamaya olanak vermektedir. Bu bölümde öncelikle veri seti ve değişkenlere değinilerek karar probleminin teşkil eden finansal oranlara yer verilmiştir. Devamında ise sırasıyla; araştırmanın metodolojisini ifade eden kriter ağırlıklandırma yöntemi (Entropi) ve çok kriterli karar verme yöntemi (COPRAS) anlatılmıştır.

3.1. Veri ve Değişkenler

Araştırmada finans literatüründe yaygın kullanıma sahip finansal oranlar ile yıllara ilişkin bir finansal performans sıralamasının elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda finansal oranlardan likidite oranları, finansal yapı oranları, faaliyet oranları ve karlılık oranları ana gruplarına ait sıklıkla kullanılan çeşitli oranlar yardımıyla araştırma periyoduna ilişkin bir karar matrisi oluşturulmuştur. Tablo 1'de araştırmanın karar matrisi için kullanılan veri setindeki finansal oranlara ve açıklamalarına yer verilmiştir.

Tablo 1: Finansal Oranlar ve Açıklamaları

Grup	Kod	Finansal Oran	Oranın Açıklaması
Likidite Oranları	LK1	Cari Oran	Dönen varlıkların kısa vadeli yabancı kaynaklara oranlanmasıyla hesaplanmaktadır. Firmaların kısa vadeli borçlarını ödeme kabiliyetini ölçmektedir.
	LK2	Nakit Oranı	Nakit ve benzeri varlıklar ve nakde çevrilebilir nitelikteki menkul kıymetlerin kısa vadeli borçlara oranıdır.
Finansal Yapı Oranları	FY1	Kaldıraç Oranı	Firmaların yabancı kaynaklarının toplam kaynaklar içerisindeki oranını ifade etmektedir.
	FY2	KVYK/Toplam Pasif	Firmaların kısa vadeli borçlarının toplam kaynaklar içerisindeki oranını göstermektedir.
Faaliyet Oranları	FO1	Aktif Devir Hızı	Firmanın varlıklarını kaç kere satışa dönüştürebildiğini gösteren orandır.
	FO2	Alacak Devir Hızı	Firmanın alacak tahsilat politikasının verimliliğini göstermektedir. Alacakların bir dönem içinde kaç kez tahsil edilebildiğini ölçmektedir.
Karlılık Oranları	KO1	Net Kar Marjı	Firmanın net karının toplam gelire oranıdır.
	KO2	ROA	Firmanın aktiflerinin ne derecede karlılık getirdiğini gösteren orandır.
	KO3	ROE	Firmanın özkaynaklarının ne derecede karlılık getirdiğini gösteren orandır.
	KO4	FVÖK(Z)/Faiz Giderleri	Faiz ve vergi öncesi elde edilen karın finansman giderlerini ne ölçüde karşıladığını gösteren orandır.

3.2 Entropi Yöntemi

Entropi, bir istatistiksel deneyde belirsizliğin ölçüsü olarak tanımlanmıştır (Shannon, 1948:20). Beş farklı yüzeyi aynı renkte bir yüzeyi ise farklı bir renkte olan bir zara ilişkin entropi düşük iken tüm yüzeyleri farklı renklerde olan bir zarın entropisi daha yüksektir. Termodinamik yasalarında yer alan ve mühendislik kökenli bir terim olan entropi farklı bir konsept ile yönelem araştırmalarında da kullanılır olmuştur. Entropi yönteminin uygulanma aşamaları şöyledir (Hwang ve Yoon, 1981, s.52-54):

Adım I: İlk aşama m sayıda alternatif n sayıda kriterden oluşan karar matrisinin oluşturulmasıdır.

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix}, (\text{Eşitlik: 1})$$

Adım II: Karar matrisinde yer alan çeşitli ölçeklerdeki kriterlerin ölçeklerden arındırılarak birbirleriyle karşılaştırılabilmesi için normalizasyon işlemi gerekmektedir. Normalizasyon formülü Eşitlik 2'de yer almaktadır (Hwang ve Yoon, 1981):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{p=1}^m x_{pj}}, (\text{Eşitlik: 2})$$

Karar matrisine normalizasyon işlemi uygulandıktan sonra normalize karar matrisi elde edilmektedir.

Adım III: Normalize karar matrisinin elde edilmesinden sonra kriterlere ilişkin e_j entropi değerlerinin ve d_j farklılaşma derecelerinin hesaplanması gerekmektedir. İlgili hesaplamalara ilişkin formüller sırasıyla şöyledir (Hwang ve Yoon, 1981).

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m z_{ij} \ln z_{ij}, \quad 0 \leq e_j \leq 1, \quad k = \frac{1}{\ln m} \quad m: \text{alternatif sayısı}, (\text{Eşitlik:3})$$

$$d_j = 1 - e_j, (\text{Eşitlik: 4})$$

Adım V: Her bir kritere ilişkin farklılaşma derecesinin bütün kriterlere ilişkin farklılaşma derecesi toplamına bölünmesiyle her bir kriter için w_j ağırlık değerleri elde edilmektedir (Hwang ve Yoon, 1981).

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{p=1}^n d_j}, (\text{Eşitlik:5})$$

3.3. COPRAS (Complex Praportional Assesment / Karmaşık Nisbi Değerleme) Yöntemi

COPRAS (Complex Praportional Assesment / Karmaşık Nisbi Değerleme) yöntemi Zavadskas, Kaklauskas ve Sarka (1994) tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Basit bir uygulama biçimi olan bu yöntem alternatifleri sıralama fırsatı verdiği gibi, alternatiflere fayda derecesi atadığı için daha düzgün bir karşılaştırma olanağı sunmaktadır. Yöntemin aşamaları altı temel adımdan oluşmaktadır. Yöntemin aşamaları kısaca şu şekildedir (Kaklauskas, Zavadkas ve Raslanas, 2005, s.363-364; Podvezko, 2011, s.138-139; Arslan, 2018, s.61-63):

Adım I: İlk aşama karar matrisinin oluşturulması aşamasıdır.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}, (\text{Eşitlik: 6})$$

Adım II: Kaklauskas ve diğ. (2005) normalize karar matrisi ve ağırlıklı karar matrisini aynı adımda ifade etmiştir. Kriterler normalize edilerek karşılaştırılabilir hale getirilmekte, ağırlık değerleriyle çarpılarak ise önem düzeyleri belirlenmektedir. Araştırmada entropi yöntemiyle belirlenen ağırlık değerleri kullanılmıştır. Ağırlıklı normalize karar matrisi Eşitlik 7 yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} w_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, (\text{Eşitlik:7})$$

Eşitlikte yer alan x_{ij} değerleri karar matrisinde yer alan i kriterinin j alternatifi için aldığı değeri, w_i değerleri kriterlerin ağırlık değerlerini, d_{ij} değerleri ise normalize edilmiş x_{ij} değerlerinin w_i ağırlık değerleriyle çarpılmış halini vermektedir.

Adım III: Ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulduktan sonra kriterler fayda ve maliyet yönlü olmalarına göre ayrıştırılarak maksimize indeksler ($S+j$) ve minimize indeksler ($S-j$) oluşturulur. $S+j$ değerleri fayda yönlü kriterlerin toplamını, $S-j$ değerleri maliyet yönlü kriterlerin toplamını ifade etmektedir. Fayda yönlü kriterler yüksek değer alması istenilen kriterleri, maliyet yönlü kriterler ise düşük değer alması istenilen kriterleri ifade etmektedir. Araştırmada kullanılan kriterlerden sadece Kaldıraç oranı maliyet yönlü kriterdir. Diğer kriterler ise fayda yönlü kriterlerdir. Maksimizasyon ve minimizasyon indeksleri Tablo 7'de yer almaktadır.

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij} \text{ , (Eşitlik:8)}$$

$$S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij} \text{ , (Eşitlik:9)}$$

Adım V: Bu aşamada maksimizasyon ve minimizasyon değerleri (S_{+j} ve S_{-j}) üzerinden alternatiflere ilişkin göreceli önem değerleri (Q_j) değerleri hesaplanmaktadır.

$$Q_j = S_{+j} + \frac{\sum_{j=1}^m S_{-j}}{S_{-j} \sum_{j=1}^m \frac{1}{S_{-j}}} \text{ (Eşitlik: 10)}$$

En yüksek Q_j değeri en iyi alternatifini vermektedir. Q_j değerlerinin sıralaması alternatiflerin sıralamasını vermektedir.

$$Q_{\text{maks}} = \text{maksimum}\{Q_j\}, j=[1,2,3,\dots,m], \text{ (Eşitlik: 11)}$$

Adım VI: Son aşamada görece önem değerleri ve Q_{maks} değerleri üzerinden performans indeksi (P_j) elde edilmektedir. Performans indeksi alternatifleri karşılaştırmak için görece önem değerlerine göre (Q_j) daha net bir karşılaştırma olanağı sunmaktadır.

$$P_j = \frac{Q_j}{Q_{\text{maks}}} \%100, \text{ (Eşitlik:12)}$$

4. Bulguların Yorumlanması

4.1. Karar Matrisinin Oluşturulması

Araştırmada Türk deniz ve kıyı sularında yük taşımacılığı sektörü finansal performansının yıllara göre sıralaması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda Tablo 2' de aktarılan karar matrisinde

Tablo 2: Karar Matrisi

		KRİTERLER									
		Cari Oran	Nakit Oranı	Kaldıraç Oranı	KVYK/Toplam Pasif	Aktif Devir Hızı	Alacak Devir Hızı	Net Kar Marjı	ROA	ROE	FVÖK(Z)/Faiz Giderleri
		LK1 (K1)	LK2 (K2)	FY1 (K3)	FY2 (K4)	FO1 (K5)	FO2 (K6)	KO1 (K7)	KO2 (K8)	KO3 (K9)	KO4 (K10)
ALTERNATİFLER	2009 (A1)	1,1127	0,3675	0,4533	0,1698	0,2686	6,0684	0,0526	0,0141	0,0259	1,1795
	2010 (A2)	1,1823	0,3478	0,4662	0,1761	0,3163	6,0263	0,0398	0,0126	0,0236	1,6019
	2011 (A3)	0,9344	0,2120	0,5681	0,2086	0,3390	5,5865	-0,1277	-0,0433	-0,1002	0,4582
	2012 (A4)	1,0751	0,3309	0,5119	0,2243	0,3728	6,4157	0,1123	0,0418	0,0857	2,9249
	2013 (A5)	1,1605	0,2455	0,5677	0,2288	0,3514	4,7807	-0,0699	-0,0246	-0,0568	0,4166
	2014 (A6)	1,1383	0,2240	0,5214	0,2188	0,3929	5,5057	0,0585	0,0230	0,0480	1,8585
	2015 (A7)	1,0438	0,2136	0,5469	0,2363	0,3981	4,6412	-0,0033	-0,0013	-0,0029	0,9811
	2016 (A8)	0,9833	0,1986	0,5768	0,2574	0,3879	4,5076	-0,0377	-0,0146	-0,0345	0,8992
	2017 (A9)	1,0245	0,2179	0,5930	0,2773	0,4649	4,6184	0,0613	0,0285	0,0700	1,5192
	2018 (A10)	1,0934	0,2286	0,6256	0,2807	0,5912	6,2998	0,0422	0,0250	0,0667	1,2110
	2019 (A11)	0,9822	0,1844	0,6422	0,3280	0,6060	5,0345	0,0917	0,0555	0,1553	1,5780
	2020 (A12)	1,2219	0,2903	0,6538	0,2899	0,6696	6,0641	0,0164	0,0109	0,0316	1,0629

*Veriler T.C. Merkez Bankası (2021) adresinde yer alan sektör bilançoları ve gelir tablolarından derlenmiştir.

yer alan alternatifler 2009-2020 arası dönemde yer alan yıllar, kriterler ise Tablo 1’de yer alan finansal oranlardır.

Tüm oranlar T.C. Merkez Bankası tarafından yayınlanan konsolide sektör bilançolardan ve gelir tablolarından derlenmiştir. Cari oran, dönen varlıkların kısa vadeli yabancı kaynaklara oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Nakit oranı, hazır değerler ve hisse senetleri kalemlerinin toplamının kısa vadeli yabancı kaynaklara oranıdır. Kaldıraç oranı, yabancı kaynakların toplam kaynaklara oranıdır ve borçluluk oranını göstermektedir. K.V.Y.K./Toplam pasif oranı vadesi bir yıldan kısa olan borçların toplam kaynaklardaki oranını göstermektedir. Aktif devir hızı brüt satış tutarının toplam aktiflere oranlanması yoluyla; alacak devir hızı ise brüt satışların ticari alacaklara oranlanmasıyla hesaplanmıştır. ROA, net kar tutarının toplam varlıklara; ROE net karın toplam özkaynaklara oranıdır. FVÖK/faiz giderleri oranı ise faaliyet karının finansman giderlerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

4.2. Kriterlere Ait Entropi Yöntemiyle Elde Edilen Ağırlık Değerleri

Entropi yönteminin aşamaları yöntem kısmında anlatılmıştır. Entropi yönteminde logaritmik fonksiyonlar yer almaktadır. Bu durum karar matrisinde yer alan negatif x_{ij} değerleri için sorun teşkil etmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için (Zhang ve diğ., 2014) tarafından önerilen Z değeri standartlaştırma dönüşümü karar matrisine uygulanmıştır. Yöntemin detayları Ek 1’de yer almaktadır. Karar matrisinde yer alan negatif değerler pozitif hale getirildikten sonra entropi yönteminin diğer aşamalarına geçilmiştir. Entropi yöntemiyle elde edilen ağırlık değerleri Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3: Entropi Değerleri, Farklılaşma Dereceleri ve Ağırlık Değerleri

	LK1 (K1)	LK2 (K2)	FY1 (K3)	FY2 (K4)	FO1 (K5)	FO2 (K6)	KO1 (K7)	KO2 (K8)	KO3 (K9)	KO4 (K10)
e_j	0,97662	0,97879	0,97606	0,97708	0,97874	0,97677	0,97368	0,97526	0,97607	0,97870
d_j	0,02338	0,02121	0,02394	0,02292	0,02126	0,02323	0,02632	0,02474	0,02393	0,02130
w_j	0,10067	0,09134	0,10309	0,09870	0,09156	0,10002	0,11334	0,10651	0,10304	0,09173

Kriterlerin ağırlık değerleri incelendiğinde en yüksek ağırlık değerini KO1 (Net Kar Marjı) kriterinin ve en düşük ağırlık değerinin ise LK2 (Nakit Oranı) kriterinin aldığı görülmektedir. Kriterlere ait ağırlık değerleri birbirlerine yakın değerler almış olmakla birlikte genel olarak karlılık grubundaki oranlarda diğer gruptaki oranlara göre daha yüksek ağırlık değeri aldığı gözlenmiştir. Bu durum karlılık grubundaki oranların karar probleminde daha fazla önem arz ettiklerini göstermektedir.

4.3. COPRAS Yöntemi Bulguları

Çok kriterli karar verme yöntemlerinde ilk aşama m sayıda alternatif ve n sayıda kriterden oluşan karar matrisinin oluşturulması aşamasıdır. Karar matrisine Tablo 2’de yer verildiği için COPRAS yönteminden elde edilen bulgularda tekrar yer verilmemiştir. COPRAS yönteminin diğer aşamalarından elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir:

Elde edilen Entropi yöntemiyle ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi yıllar itibarıyla Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4: Ağırlıklı-Normalize Karar Matrisi

	LK1 (K1)	LK2 (K2)	FY1 (K3)	FY2 (K4)	FO1 (K5)	FO2 (K6)	KO1 (K6)	KO2 (K7)	KO3 (K8)	KO4 (K9)
2009 (A1)	0,00865	0,01097	0,00695	0,00579	0,00477	0,00926	0,02526	0,01179	0,00853	0,00690
2010 (A2)	0,00919	0,01038	0,00714	0,00600	0,00561	0,00920	0,01909	0,01049	0,00778	0,00936
2011 (A3)	0,00726	0,00633	0,00871	0,00711	0,00602	0,00852	-0,06130	-0,03610	-0,03308	0,00268
2012 (A4)	0,00836	0,00987	0,00784	0,00765	0,00662	0,00979	0,05389	0,03490	0,02829	0,01710
2013 (A5)	0,00902	0,00733	0,00870	0,00780	0,00624	0,00729	-0,03355	-0,02048	-0,01875	0,00244
2014 (A6)	0,00885	0,00668	0,00799	0,00746	0,00697	0,00840	0,02807	0,01916	0,01584	0,01086
2015 (A7)	0,00811	0,00637	0,00838	0,00805	0,00707	0,00708	-0,00161	-0,00111	-0,00097	0,00574
2016 (A8)	0,00764	0,00593	0,00884	0,00877	0,00688	0,00688	-0,01808	-0,01218	-0,01139	0,00526
2017 (A9)	0,00796	0,00650	0,00909	0,00945	0,00825	0,00705	0,02942	0,02376	0,02310	0,00888
2018 (A10)	0,00850	0,00682	0,00959	0,00957	0,01049	0,00961	0,02028	0,02083	0,02201	0,00708
2019 (A11)	0,00763	0,00550	0,00984	0,01118	0,01076	0,00768	0,04401	0,04632	0,05124	0,00922
2020 (A12)	0,00950	0,00866	0,01002	0,00988	0,01188	0,00925	0,00785	0,00913	0,01044	0,00621

Tablo 5’ de gösterilen maksimizasyon ve minimizasyon endekslerinin oluşturulması aşamasında $S+j$ değerleri için yüksek değer olması arzulan kriterler $S-j$ değerleri için en düşük değeri olması arzulan kriterler toplanmıştır.

Tablo 5: Maksimizasyon ve Minimizasyon Endeksleri ve Görece Önem Değerleri

	$S+j$	$S-j$	Q_j
2009 (A1)	0,08611	0,01273	0,17206
2010 (A2)	0,08110	0,01314	0,16436
2011 (A3)	-0,09966	0,01582	-0,03047
2012 (A4)	0,16881	0,01549	0,23947
2013 (A5)	-0,04047	0,01650	0,02587
2014 (A6)	0,10484	0,01545	0,17568
2015 (A7)	0,03068	0,01643	0,09727
2016 (A8)	-0,00906	0,01761	0,05307
2017 (A9)	0,11493	0,01854	0,17397
2018 (A10)	0,10563	0,01916	0,16276
2019 (A11)	0,18237	0,02102	0,23443
2020 (A12)	0,07293	0,01990	0,12793

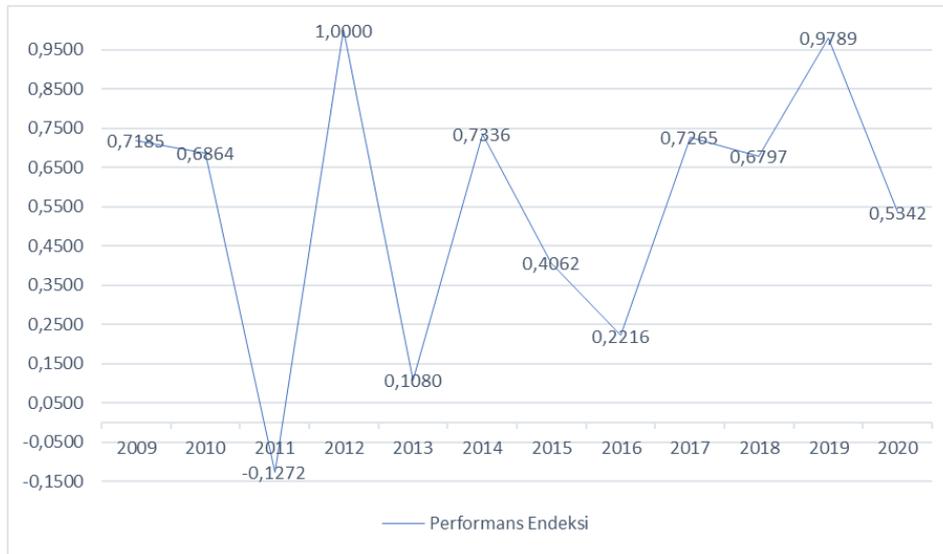
Buna göre, minimizasyonda kullanılan kriterler; FY1 ve FY2, maksimizasyon kriterinde kullanılan kriterler ise LK1, LK2, FO1, FO2, KO1, KO2, KO3 ve KO4 kriterleridir. Görece önem değerleri Q_j alternatiflerin birbirleriyle kıyaslanabilmelerine olanak vermektedir. En yüksek görece önem değeri en iyi alternatifi vermektedir. Q_j değerleri incelendiğinde en yüksek değeri 2012 yılı A4 alternatifi almıştır.

COPRAS yönteminde nihai aşama Tablo 6’ da gösterilen, en iyi alternatife ait Q_j değeri üzerinden bir performans endeksi oluşturulması aşamasıdır. Performans endeksi (P_j) değerleri alternatiflerin birbirleriyle kıyaslamalarını görece önem değerine (Q_j) göre daha açıklayıcı hale getirmektedir.

Tablo 6: Performans Endeksi ve Sıralamaları

	P_j	Sıralama
2009 (A1)	0,71850	5
2010 (A2)	0,68636	6
2011 (A3)	-0,12722	12
2012 (A4)	1,00000	1
2013 (A5)	0,10802	11
2014 (A6)	0,73364	3
2015 (A7)	0,40621	9
2016 (A8)	0,22162	10
2017 (A9)	0,72649	4
2018 (A10)	0,67966	7
2019 (A11)	0,97894	2
2020 (A12)	0,53421	8

Tablo 6 incelendiğinde alternatiflere ait sıralama değerleri yer almaktadır. 2012 (A4) yılı en iyi en yüksek görece önem değerine sahip olduğu için P_j değeri olarak 1,00 değeri almıştır. En iyi ikinci alternatif olan 2019 (A11) yılının P_j değeri 0,97894'tür. En iyi üçüncü alternatif olan 2014 (A6) alternatifi incelendiğinde P_j değerinin diğer iki yıla göre önemli bir düşüş göstererek 0,73364 değerini aldığı görülmektedir. Bu durum 2014 (A6) yılının en iyi üçüncü alternatif olmasına rağmen sektörün finansal performansında önemli bir düşüşe işaret etmektedir. Şekil 1'de alternatiflere ait P_j değerlerinin grafiği yer almaktadır.

**Şekil 1.** Performans Endeksi Grafiği

Şekil 1'de yer alan performans endeksi grafiği incelendiğinde, sektörün finansal performansının dalgalı bir trend gösterdiği görülmektedir. İlgili dönemin ilk iki yılında yatay bir seyir göstermiş, 2011 (A3) yılında ise bir düşüş görülmüştür. Tablo 2'deki 2011 yılına ait finansal oranlar incelendiğinde sektörün likidite oranlarının düşmüş, borçluluk düzeyinin artmış ve zarar edilmiş olduğu gözlenmiştir. Sektör 2012 (A4) yılında tekrar toparlanma sürecine girmiştir. İlgili yıldaki yükselişin en önemli sebebinin karlılık

oranlarındaki artış olduğu söylenebilir. Sonraki dönemde ise önce düşüş, sonra tekrar artış şeklinde yıllar itibariyle dalgalı bir trend gözlenmektedir.

5. Sonuç

Son dönemde yaşanan lojistik krizlerinin ortaya çıkardığı sonuçlardan da anlaşıldığı üzere lojistik ve taşımacılık faaliyetleri günümüz dünyasının olmazsa olmazları arasındadır. Parasal büyüklük olarak lojistik sektöründeki önemli payı nedeniyle denizyolu taşımacılığı en stratejik sektör konumundadır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2021). Akarsular ve denizlerde yapılan taşımacılık tüm dünya için önemli olmakla birlikte, coğrafi özellikleri bu taşımacılık türlerine uygun ülkeler için daha fazla önem arz etmektedir.

Araştırmada Türk Deniz ve Kıyı Sularında Yük Taşımacılığı Sektörünün 2009-2020 yıllarına ilişkin finansal analizi gerçekleştirilmiştir. Sektör düzeyinde yapılan analizin başlıca faydaları, sektörün finansal durumuna makro ölçekte bakabilme olanağı vermesi ve firma düzeyinde yapılacak analizlere bir referans noktası oluşturmasıdır.

Araştırmada mevcut bir alternatif setinin belirli kriterler gözetilerek sıralanmasına olanak veren çok kriterli karar verme yöntemi tercih edilmiştir. Kriter ağırlıkları entropi yöntemiyle hesaplanmış ve alternatifler COPRAS yöntemiyle sıralanmıştır. COPRAS yöntemiyle elde edilen sıralama sonuçlarına göre Türk Deniz ve Kıyı Taşımacılığı sektörü için en başarılı yıl 2012 yılı, en başarısız yıl ise 2011 yılıdır. Yakın tarihte gerçekleşen 2008 küresel mali krizin etkileri 2011 yılında da devam etmiştir. Küresel krizin devam eden etkilerine ek olarak 2011 yılında denizcilik sektöründe ekonomik, siyasi nedenlerden ve doğal afetlerden kaynaklanan olumsuzluklar da yaşanmıştır. 2008 krizi sonrası yeni bir kriz oluşma ihtimali, Orta Doğu'da yaşanan Arap Baharı, Japonya'da yaşanan tsunami ve Avustralya'da yaşanan yüzyılın sel baskını sektörü oldukça olumsuz etkilemiştir. Denizcilik sektörünü direkt etkileyen söz konusu olaylar, hem piyasalarda hem de tonaj talebi üzerinde önemli ölçüde olumsuz etki bırakmıştır (IMEAK, 2011). Denizcilik sektörünün gösterdiği finansal performans ülkenin makro ekonomik performansından da bağımsız bir seyir göstermemiştir. 2011 yılında Türkiye o zamana kadar gerçekleşen en yüksek dış ticaret açığı yaşanmıştır. 2011 yılında gerçekleşen ekonomik türbülans 2012 yılında gerçekleşen negatif büyümeye zemin hazırlamıştır (Eğilmez, 2014).

Araştırmada elde edilen bulgulara göre sektörün ilgili yıllardaki finansal durumu dalgalı bir seyir göstermiştir. Sektörün finansal performansında gözlenen dalgalı seyir 2009-2014 yılları arasında oldukça keskin kırılmalar ile gerçekleşmiş, 2015 yılından sonra gerçekleşen dalgalı seyir ise nispeten daha küçük kırılmalar halinde gerçekleşmiştir.

Türk Deniz ve Kıyı Sularında Yük Taşımacılığı Sektörünün finansal performansında belirleyici olan faktörlerin, karlılık grubunda yer alan net kâr marjı ve aktif getiri oranları olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, Beller Dikmen (2021)'in çalışmasında oran analizi yöntemiyle ulaşılan sonuç grafiğiyle benzer niteliktedir. Sektörün finansal performansını daha iyi anlayabilmek için, kârı oluşturan gelir tablosu kalemlerinin daha detaylı analizi gerekmektedir. Araştırmanın metodolojisine ilişkin bir diğer kısıt çok kriterli karar verme yöntemi olarak sadece COPRAS yönteminin tercih edilmiş olmasıdır.

Farklı ağırlıklandırma ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması durumunda elde edilecek sonuçlar karşılaştırılabilecektir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- İ.F.C., F.D.; Veri Toplama- İ.F.C., F.D.; Veri Analizi/Yorumlama- İ.F.C., F.D.; Yazı Taslağı- İ.F.C., F.D.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- İ.F.C., F.D.; Son Onay ve Sorumluluk- İ.F.C., F.D.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support.

Author Contributions: Conception/Design of Study- İ.F.C., F.D.; Data Acquisition- İ.F.C., F.D.; Data Analysis/ Interpretation- İ.F.C., F.D.; Drafting Manuscript- İ.F.C., F.D.; Critical Revision of Manuscript- İ.F.C., F.D.; Final Approval and Accountability- İ.F.C., F.D.

Kaynakça

- Abdel-Basset, M., Ding, W. P., Mohamed, R., & Metawa, N. (2020). An integrated plithogenic MCDM approach for financial performance evaluation of manufacturing industries. *Risk Management-An International Journal*, 22(3), 192–218. <https://doi.org/10.1057/s41283-020-00061-4>
- Akgül, Y. (2019). Çok kriterli karar verme yöntemleriyle Türk bankacılık sisteminin 2010-2018 yılları arasındaki performansının analizi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(4), 567–582.
- Aksoy, E. E., & Yıldız, A. (2017). Applying Data Envelopment Analysis to Evaluate Firm Performance. In U. Hacıoğlu, H. Dincer, & N. Alayoğlu (Eds.), *Global Business Strategies In Crisis: Strategic Thinking And Development* (pp. 319–334). https://doi.org/10.1007/978-3-319-44591-5_22
- Arslan, R. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bütünleştirilmesi: OECD Verileri Üzerine Bir Uygulama*. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı (Yayımlanmamış Doktora Tezi).
- Çakır, S., & Perçin, S. (2013). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü. *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 449–459.
- Ceylan, S. (2020). Deniz Taşımacılığı ve Incoterms: FOB'a İlişkin Bir Değerlendirme. *Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 13–39.
- Demir, G. (2021). Türk bankacılık sisteminin finansal performansının ROC-ITARA-CODAS yöntemleriyle analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 12(3), 831–847.
- Doğan, Ö. (2020). T.C. Merkez Bankası Sektör Bilançoları Üzerinden Deniz Yolu Yük Taşımacılığının Finansal Performans Analizi. *Türk Denizcilik ve Deniz Bilimleri Dergisi*, 6(2), 191–206.
- Dursun, A., & Erol, S. (2012). Denizyolu Yük Taşımacılığı Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Finansal Yapı Analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(3), 367–382.
- Eğilmez, M. (2014). *Türkiye Ekonomisinin Görünümü*, <https://www.mahfiyegilmez.com/2014/01/turkiye-ekonomisinin-gorunumu.html>. Erişim Tarihi:14.09.2022.
- Farrokh, M., Heydari, H., & Janani, H. (2016). Two comparative MCDM approaches for evaluating the financial performance of Iranian basic metals companies. *Iranian Journal of Management Studies*, 9(2), 359–382.
- Hwang, C.-L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*. Springer-Verlag.
- IMEAK. (2011). *Denizcilik Sektör Raporu 2011*, https://www.denizticaretodasi.org.tr/Media/SharedDocuments/sektorraporu2011sr_TR.pdf. Erişim Tarihi:15.09.2022.

- IMEAK. (2021). *Denizcilik Sektör Raporu 2021*, <https://www.denizticaretodasi.org.tr/tr/yayinlarimiz/sektorraporu>. Erişim Tarihi:10.09.2021.
- Jacintho, V. G., & Kroenke, A. (2021). Economic and financial indicators of Brazilian companies: a comparison between sectors. *Revista Ambiente Contabil*, 13(1), 90–113. <https://doi.org/10.21680/2176-9036.2021v13n1ID19365>
- Kablan, A., & Erdoğan, S. (2021). Mülkiyetine Göre Bankaların Finansal Performanslarının COPRAS Yöntemi ile Analizi: 1980-2018 Yılları Arası Türk Bankacılık Sektörü Üzerine Bir Araştırma. *Mali Çözüm*, 31(163), 67–92.
- Kaklauskas, A., Zavadskas, E. K., & Raslanas, S. (2005). Multivariant design and multiple criteria analysis of building refurbishments. *Energy and Buildings*, 37(4), 361–372. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.07.005>
- Karadeniz, E., & Kılıç, E. (2015). Deniz ve Kıyı Sularında Yolcu Taşımacılığı Sektörünün Finansal Performansının Oran Yöntemiyle Analizi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 79–98.
- Karahan, C. B., & Kırval, L. (2018). Clustering Analysis of Turkish Maritime Transportation Sector. *Journal of Transportation and Logistics*, 3(2), 63–80.
- Ömürbek, N., & Mercan, Y. (2014). İmalat Alt Sektörlerinin Finansal Performanslarının TOPSIS ve ELECTRE Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 237–266.
- Özbek, A. (2018). Fortune 500 Listesinde Yer Alan Lojistik Firmaların Değerlendirilmesi. *AKÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1), 13–26.
- Özbek, A., & Demirkol, İ. (2018). Lojistik Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerin SWARA ve GİA Yöntemleriyle Analizi. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 71–86.
- Podvezko, V. (2011). The comparative analysis of MCDA methods SAW and COPRAS. *Engineering Economics*, 22(2), 134–146. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.22.2.310>
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, XXVII(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *On Birinci Kalkınma Planı*.
- T.C. Merkez Bankası. (2021). *Sektör Bilançoları*, <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Reel+Sektor+Istatistikleri/Sektor+Bilançolari/Sektor+Bilanço+Verileri/>. Erişim Tarihi:15.09.2021.
- Tunalı, H., & Akarçay, N. (2018). Deniz Taşımacılığı ile Sanayi Üretimi İlişkinin Analizi: Türkiye Örneği. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 3(6), 111–122.
- Wanke, P., Azad, M. A. K., Barros, C. P., & Hassan, M. K. (2016). Predicting efficiency in Islamic banks: An integrated multicriteria decision making (MCDM) approach. *Journal Of International Financial Markets Institutions & Money*, 45, 126–141. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2016.07.004> WE - Social Science Citation Index (SSCI)
- Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., & Sarka, V. (1994). The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects. *Technological and Economic Development of Economy*, 1(3), 131–139.
- Zhang, X., Wang, C., Li, E., & Xu, C. (2014). Assessment Model of Ecoenvironmental Vulnerability Based on Improved Entropy Weight Method. *The Scientific World Journal*, 2014, 797814. <https://doi.org/10.1155/2014/797814>

Ek 1

Öncelikle Eşitlik 13 yardımıyla tüm kriterler ortalamaları ve toplamları 0 olacak şekilde dönüştürülür. Z değeri standartlaştırma dönüşümünden sonra elde edilen karar matrisi Tablo 7’de yer almaktadır:

Tablo 7: Z Değeri Standartlaştırma Dönüşümünden Sonra Karar Matrisi

	LK1	LK2	FY1	FY2	FO1	FO2	KO1	KO2	KO3	KO4
2009 (A1)	3,393	4,875	1,259	1,413	1,670	3,885	3,498	3,130	2,997	2,802
2010 (A2)	4,214	4,547	1,467	1,553	2,063	3,824	3,304	3,072	2,963	3,456
2011 (A3)	1,290	2,281	3,123	2,274	2,251	3,181	0,773	0,987	1,076	1,684
2012 (A4)	2,950	4,264	2,209	2,623	2,529	4,393	4,399	4,165	3,910	5,506
2013 (A5)	3,957	2,840	3,116	2,722	2,352	2,004	1,647	1,686	1,738	1,619
2014 (A6)	3,695	2,481	2,363	2,501	2,695	3,063	3,586	3,460	3,335	3,854
2015 (A7)	2,580	2,309	2,778	2,888	2,738	1,800	2,652	2,553	2,559	2,494
2016 (A8)	1,867	2,058	3,263	3,357	2,654	1,605	2,134	2,057	2,078	2,367
2017 (A9)	2,353	2,380	3,526	3,797	3,289	1,767	3,629	3,666	3,670	3,328
2018 (A10)	3,166	2,558	4,056	3,874	4,330	4,224	3,341	3,535	3,620	2,850
2019 (A11)	1,853	1,820	4,326	4,922	4,452	2,375	4,088	4,676	4,969	3,419
2020 (A12)	4,681	3,588	4,514	4,076	4,977	3,879	2,950	3,011	3,085	2,621

Eşitlik 13 karar matrisine uygulanmıştır. Eşitlik 13, Tablo 2’de yer alan karar matrisine uygulandıktan sonra $A > |minz_{ij}|$ koşuluna uygun şekilde tüm değerler bir A sayısıya toplanmalıdır. A değeri tüm kriterler için 3 olarak kabul edilmiştir. Z değeri standartlaştırma dönüşümü yapıldıktan sonra ve A=3 değeri eklendikten sonra elde edilen karar matrisi Tablo 7’de yer almaktadır.

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, (Eşitlik 13)$$

x_{ij} : Normalize karar matrisinde yer alan i alternatifine ilişkin j kriterinin değeri

(\bar{x}_j) : j kriterinin tüm alternatifler için ortalaması

s_j : j kriterine ait standart sapma değeri



Available online at www.iujtl.com



Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1025881

RESEARCH ARTICLE

An Analysis of the Driving Behaviours of Professional Truck Drivers: A Pilot Study in Turkey

Ján Beňuš¹ , Merve Seher Cebeci² 

ABSTRACT

Regulation (EC) No 561/2006 consists of various rules regarding the working hours of drivers, breaks and resting periods for truck and bus drivers to enhance working conditions and road safety. As of 15 July 2020, several changes have been made that might endanger road safety. The objective of this study is twofold. First of all, the study aims to explore various physical and psychological factors where the impact of these regulations is assessed. Secondly, it aims to observe the reasons behind truck drivers' fatigue behaviour. To achieve these objectives, a literature review is conducted to investigate the important features impacting truck drivers while driving. The data gathering process is carried out by using GPS data, digital tachograph data and drivers' video records monitored while they are driving. Lastly, the data is evaluated in cooperation with our partners from the University of Zilina. The pilot study is conducted in Turkey, Istanbul. Firstly, the results show that ten hours of driving does not cause any serious signs of fatigue behaviour in truck drivers. Secondly, the majority of the errors are in fact due to distractions, such as phone calls or SMS messages, rather than the result of exhaustion. Future studies will focus on increasing the number of drivers and working days to explore the behaviours of drivers thoroughly.

Keywords: Driving Regulations, Road Transport, Traffic Safety, Driver Awareness

Submitted: 19.11.2021 • Revision Requested: 21.01.2022 • Last Revision Received: 29.03.2022 • Accepted: 05.05.2022

1 **Corresponding author:** Ján Beňuš (Doctoral student), University of Zilina, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, Department of Road and Urban Transport, Dolný Kubín, Slovakia. E-mail: benus10@stud.uniza.sk ORCID: 0000-0002-3665-6453

2 Corresponding author: Merve Seher Cebeci (Doctoral student), Delft University of Technology, Civil Engineering and Geosciences, Department of Transport and Planning, Delft, Netherlands. E-mail: m.sehercebeci@gmail.com ORCID: 0000-0002-9248-2128

Citation: Beňuš, J., & Cebeci, M.S. (2022). An Analysis of the Driving Behaviours of Professional Truck Drivers: A Pilot Study in Turkey. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 357-365. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1025881>



1. Introduction

An unexperienced driver can cause various minor and/or major accidents on highways which might lead to many unintended outcomes, namely, financial loss, injury, and even loss of human life (Ghole et al., 2020). Fatigue is a more common cause of accidents than driving under the influence of alcohol. Drivers may feel drowsy due to a lack of sleep, constant driving, drugs, and medication. Especially in road transport, a driver has a big impact on road safety. In the case of falling asleep for a couple of seconds while driving, this might cause a severe accident and put many lives in danger. At high speed, a crash is likely with a high risk of death or severe injury. Around 20% of fatal road accidents involve driver fatigue. Fatigue is a major cause of crashes in the state of Victoria (Australia) resulting in some 50 deaths and approximately 300 serious injuries each year (Transport Accident Commission, 2021). As we have successfully demonstrated that drowsiness is a major cause of accidents, we also need to solve this problem (Apoorva et al., 2020). The objective of this study is to identify various risk factors associated with fatal crash severities. The second part of this study explores various aspects of truck-involved fatal crashes, namely, environment-related, road-related, vehicle-related, and driver-related variables. In the European Union, the rules on driving times, breaks and rest periods for drivers engaged in road haulage and passenger transport are laid down in Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and of the Council. The purpose of this regulation is to improve working conditions, to enhance road safety as well as to promote better monitoring and enforcement by Member States, and to improve working practices in the road transport sector. We believe that we will be able to confirm or contribute to the improvement of current legislation, especially in the field of international road freight transport by planning the measurement of driver drowsiness during real situations in traffic. In the first part, measurement is performed, the results of which are then evaluated in the second part and finally the research findings are presented. Several measurements are carried out in real traffic, where the face of the selected driver is monitored by cameras while driving for one day.

1.1. Regulation regarding the changes of excess time of driving (EC) No 561/2006

Regulation (EC) No 561/2006 has undergone a significant amendment that may jeopardize traffic safety. On the other hand, it may assist with issues such as vehicle route optimisation, driving and working hours of truck drivers, which will, in turn, affect duration of journey and arrival times (Goel, 2012). It is possible that, depending on the steps taken, drivers will be permitted to drive for up to 12 hours. The following lines outline the amendments to the Regulation and provide examples to illustrate them. Regulation (EC) No 561/2020, which came into force on August 20, 2020, also specifies the driving distance to the company's registered office. If a weekly rest period follows, the driver may travel to the employer's operating centre or his current address by exceeding the daily or weekly driving time if it does not jeopardise road safety (Poliak & Gnap, 2020). It is possible to exceed the daily or weekly driving time.

Figure 1 shows the case when driving time is exceeded by one hour.

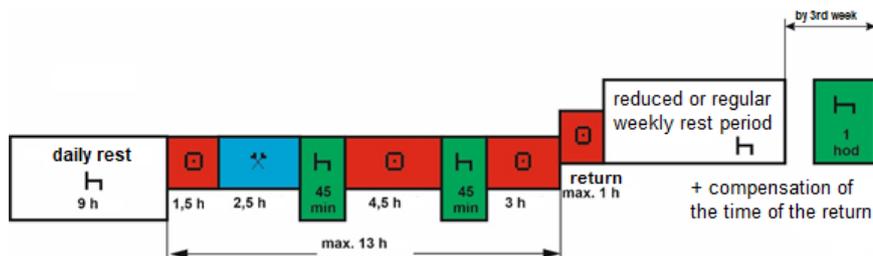


Figure 1. Exceeding driving time by one hour (Poliak & Gnap, 2020).

Figure 2 below shows the case when driving time is exceeded by two hours. In this example, the driver needs to have a break of at least 30 minutes before driving.

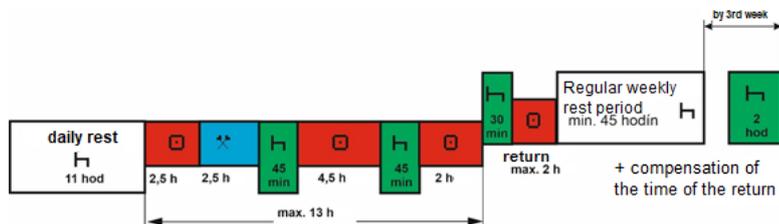


Figure 2. Exceeding driving time by two hours (Poliak & Gnap, 2020).

2. Literature review

The main objective of this paper is to investigate several risk factors that can be linked to fatal crash severity. Thereby, the literature review consists of factors which might be linked to sociodemographic characteristics such as age, gender as well as the behaviour of truck drivers.

The literature engaging with fatal crashes in the domain of road traffic safety demonstrates that truck drivers can be divided into several sociodemographic and personal categories, namely, gender, age, experienced or unexperienced (Kim et al., 2012; Lombardi et al., 2017; Morgan & Mannering, 2011; Yuan et al., 2019a; Yuan et al., 2019b). However, it is important to notice that truck drivers have many other characteristics. A single attribute being used to categorised them might result in biased evaluations (Yuan et. al., 2021).

Due to the fact that truck-involved fatal crashes lead to severe damage, studies have placed considerable attention on these crashes (Brodie et al., 2009; Lombardi et al., 2017; Gates et al., 2013). Several research findings show that the severity of truck-involved crashes depends on various factors such as driving behaviours, weather conditions and the number of vehicles involved (Khorashadi et al., 2005; Xie et al., 2012; Zhu & Srinivasan, 2011).

Khorashadi et al. (2005) show that area type is closely related to the severity of the crash. As expected, a crash which might happen in urban areas would be more serious than one in rural areas. With respect to the collision-related risk factors, several studies shed light on the fact that safety belt usage, weight and body types of vehicles and curviness of the road would have a considerable impact (Xie et al., 2012; Islam et al., 2014). Similarly, a

recent study shows that the characteristics of the crash might be different depending on the manners of collision (Guo et al., 2019).

Several studies explore the importance of vehicle-related risk factors. According to Chen & Chen (2011), it can be safer if a single-unit vehicles are used instead of non-single-unit vehicles. However, the research also highlights that single-unit trucks might cause severe driver injury in the case of multi-vehicle crashes. Zhu & Srinivasan (2011) point out that weight of the cargo might also impact on the severity of injury. They state that a trailer that transports lightweight cargo might lead to minor injuries compared to a trailer transporting heavy cargo.

Lastly, driver-related risk factors are investigated in several studies. Sociodemographic characteristics appear to be one of the most important aspects which might affect the injury severity. Specifically, the impact of age and gender is studied to explore the driver-related risk factors. Several studies indicate that the possibility of being involved in a crash is higher in older drivers (Lombardi et al., 2017; Kim et al., 2012). Another aspect which might originate directly from the driver is driving behaviour. In this context, traffic rule violations, drink driving and not wearing a seat belt are some of the factors which might impact on the severity of the injury Sullman et al., 2017).

3. Methodology

In this study, measurements are carried out in a real vehicle with a professional driver from Turkey. The measurement is based on several sources, namely, GPS data collection, data from a digital tachograph and also driver's video data which is collected while he is driving. Data is collected over the course of one day and includes various journeys made by a truck driver from Turkey in domestic transport. During different journeys, drivers may behave differently in terms of driving safety. We do not expect to only extract video data of the driver's face while driving but also information such as atmospheric conditions (rain, cloudy, snow, ...), land use, day of week, time period (morning, evening), season, number of lanes, surface type, and speed limit. Additionally, vehicle-related variables such as truck type, truck weight, vehicle age and vehicle trailering are also available. Finally, the aim of the data collection is to assess to what extent existing regulations and the adopted changes support traffic safety.

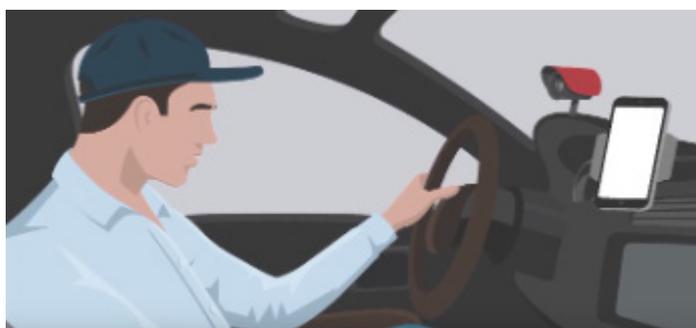


Figure 3. Camera location (Ghole et al., 2020)

At the completion of the proposed technique, it is important to clarify that the subjective method will be applied to analyse drivers' awareness because software with PERCLOS is not yet available. Authors are aware of possibility that this evaluation could lead to different results to the PERCLOS method, which was, and is also planned to be used for future measurements. However, using a subjective technique can be considered as accurate as PERCLOS due to rigorous evaluation of the authors.

3.1. Characteristics of the camera- Dual Sony IMX323

Based on the powerful Novatek 96 663 processor, the dual lens simultaneously records the front camera and the interior camera of a part of the vehicle in 1080P 30P + 1080P 30P / 720P 30P + 720P 30P resolution. There is an option to only use the front camera to record from the front at 4K 2160p 24P / 1440p 30P / 1080P 60P / 1080P 30P / 720P 60P / 720P 30P. The exceptional low-profile design allows the on-board lens to be well hidden. Both cameras can be rotated 180 degrees forward and backward, and 50 degrees left and right. The GPS module accurately records the position, speed, and route of vehicles. Moreover, it can be viewed using a GPS player on your computer (WINDOWS systems).



Figure 4. Dual Sony IMX323 (prepared by the authors)

A super night vision, Sony IMX323 1 / 2.9-inch light-sensitive image sensor, 4 infrared lights, f / 1.8 aperture, and 6-lens lens, can produce clear videos and photos even in low light conditions. WDR technology automatically compensates for light / dark spots and balances exposure, allowing all details of a scene to be recorded live. The built-in super capacitor prevents the battery from exploding during use. The on-board camera should be connected to a car charger.

4. Result

We conducted a pilot experiment to determine drivers' attention while driving in regular traffic. With a maximum driving time of ten hours each working day, the driver obeyed all applicable regulatory rules. We looked for indicators of exhaustion such as yawning, sleepy behaviour, loss of concentration, and shaking hands behind the wheel. The driver was a forty-one year old man with fifteen years of truck driving experience.

The driver initially drove for one and half an hours from the company's registered office to the loading point. He took a thirty-minute break while ten tons of cargo was being loaded. After completing loading of the cargo, he started his journey South to the unloading point. He drove 247.86 kilometres before taking a second obligatory break of thirty minutes according to social regulation. The driver then drove for one more hour to reach the

unloading point. After the cargo was unloaded, the driver started his return journey back to the company's registered office. After three hours of driving, his last forty-five minutes break was taken. The driver then drove for less than one hour back to the company's registered office. The total driving time of the driver on the analysed day was about ten hours, it took place on a sunny day from seven in the morning till early evening -7 p. m. and a distance of 807.79 kilometres was driven.



Figure 5. Route of the experiment (prepared by the authors)

During the whole journey, the driver was observed by means of a camera that recorded his face and a portion of his body from the waist up, but the camera was switched off during the driver's breaks. During the whole trip, we evaluated notable indicators of fatigue behaviour. We can see that before the last hour of driving, indicators of exhaustion such as yawning and head dropping began to appear in the second portion of the assessment, but after a 45-minute rest before the last hour of driving, all symptoms had disappeared. Evaluations of driver errors and fatigue behavioural symptoms are shown below in Figure 8. We can also see that there is no fatigue behaviour and yawning observed between the 6 and 8th hours that explains the break in between these lines.

However, we can detect multiple errors in the second portion of the assessment that could have resulted in traffic accidents. The majority of these errors were due to distractions, such as phone calls or SMS messages, rather than indicators of exhaustion. The driver had stopped paying attention to the traffic conditions as a result of this major problem present when using a cell phone, and this might jeopardise traffic safety, as is shown in the Figure 9.

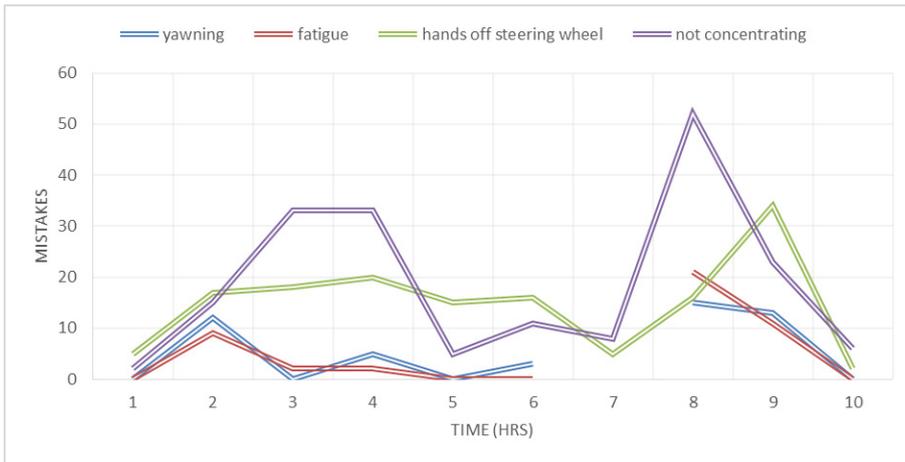


Figure 6. Signs of fatigue behaviour



Figure 7. Signs of dangerous behaviour

5. Conclusion

Due to the seriousness of the driver fatigue issue, there are several types of research which could prevent sleepiness in drivers while driving a motor vehicle. One solution is to educate drivers about the adverse conditions while driving when sleepy. This approach means realising the effects of lack of sleep, fatigue caused by long monotonous driving (Williamson et al., 2014). We would like to prepare educational material for training centres implementing training for professional drivers on the impact of fatigue and rest on drivers while driving by implementing individual measurements and their detailed documentation, and evaluation. Our aim is to verify the driver’s awareness condition while driving a lorry during a 12-hour working day, which was made possible by an amendment to Regulation 561/2006 adopted on 20 August 2020. In this experiment, one driver was recorded for one working day. The findings showed that fatigue behaviour can be prevented with the help of regulatory breaks during the drive. Surprisingly, there is no sign of exhaustion leading to driving errors. In future studies, the same experiment setting would be applied for longer time periods by increasing the number of truck drivers in order to explore driver fatigue. We believe that as the number of observed operation days

and truck drivers increases, the outcomes of the study will be validated. In addition, the research outcomes can be used in the future to improve the teaching process of drivers and update the current legislation dealing with the working shifts of drivers in road freight transport. As we can see from the result of this conducted experiment, there is a big possibility to prove that drivers are capable of driving safely for ten hours as allowed in current legislation. In further research, we would like to explore to what extent drivers are able to drive safely when driving for longer than allowed in the current legislation. Compared to the current social legislation in force in the United States of America, European Union drivers can drive 4 to 10 hours less in one week, and in two weeks this can be a difference of up to 30 hours (FMCSA, 2020). We believe that detailed research could provide a useful basis for a possible change in current legislation that would not result in an increase in the number of traffic violations and accidents.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support.

Author Contributions: Conception/Design of Study- J.B.; Data Acquisition- J.B.; Data Analysis/Interpretation- J.B., M.S.C.; Drafting Manuscript- J.B., M.S.C.; Critical Revision of Manuscript- J.B.; Final Approval and Accountability- J.B., M.S.C

References

- Apoorva, A., & Vali, D. (2020). Review on Drowsiness Detection. *EAI Endorsed Transactions on Smart Cities*, 20(12).
- Brodie, L., Lyndal, B., & Elias, I. J. (2009). Heavy vehicle driver fatalities: Learning's from fatal road crash investigations in Victoria. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 557-564.
- Chen, F., & Chen, S. (2011). Injury severities of truck drivers in single-and multi-vehicle accidents on rural highways. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1677-1688.
- Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA), (2020). <https://www.fmcsa.dot.gov/regulations/hours-service/summary-hours-service-regulations>
- Gates, J., Dubois, S., Mullen, N., Weaver, B., & Bédard, M. (2013). The influence of stimulants on truck driver crash responsibility in fatal crashes. *Forensic science international*, 228(1-3), 15-20.
- Ghole, U., Chavan, P., Gandhi, S., Gawde, R., & Fakir, K. (2020). DROWSINESS DETECTION AND MONITORING SYSTEM. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 32, p. 03045). EDP Sciences.
- Goel, Asvin, (2012) The minimum duration truck driver scheduling problem. *Euro Journal on Transportation and Logistics*. 1 (4), 285-306, DOI: 10.1007/s13676-012-0014-9.
- Guo, Y., Li, Z., Liu, P., & Wu, Y. (2019). Modeling correlation and heterogeneity in crash rates by collision types using full Bayesian random parameters multivariate Tobit model. *Accident Analysis & Prevention*, 128, 164-174.
- Islam, S., Jones, S. L., & Dye, D. (2014). Comprehensive analysis of single-and multi-vehicle large truck at-fault crashes on rural and urban roadways in Alabama. *Accident Analysis & Prevention*, 67, 148-158.
- Khorashadi, A., Niemeier, D., Shankar, V., & Mannering, F. (2005). Differences in rural and urban driver-injury severities in accidents involving large-trucks: an exploratory analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 37(5), 910-921.
- Kim, T. Y., Yoon, D. H., Shin, H. C., Kim, K. N., Yi, S., Oh, J. K., & Ha, Y. (2012). Spinal Cord Hemangioblastomas in von Hippel-Lindau Disease: Management of Asymptomatic and Symptomatic Tumors. *Yonsei Medical Journal*, 53(6), 1073. <https://doi.org/10.3349/ymj.2012.53.6.1073>

- Lombardi, D. A., Horrey, W. J., & Courtney, T. K. (2017). Age-related differences in fatal intersection crashes in the United States. *Accident Analysis & Prevention*, 99, 20-29.
- Morgan, A., & Mannering, F. L. (2011). The effects of road-surface conditions, age, and gender on driver-injury severities. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1852-1863.
- Poliak M., Gnap J., (2020). Práca vodičov nákladných automobilov a autobusov a používanie tachografov (Work of truck and bus drivers and use of tachographs). Žilinská univerzita v Žiline v EDIS – vydavateľskom centre ŽU, ISBN 978-80-554-1715-8.
- Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the harmonization of certain social legislation relating to road transport and amending Council Regulations (EEC) No 3821/85 and (EC) No 2135/98 and repealing Council Regulation (EEC) No 3820/85.
- Sullman, M. J., Stephens, A. N., & Pajo, K. (2017). Transport company safety climate—the impact on truck driver behavior and crash involvement. *Traffic injury prevention*, 18(3), 306-311.
- Transport Accident Commission, (2021). Available Online at: <https://www.tac.vic.gov.au/road-safety/statistics/summaries/fatigue-statistics>.
- Williamson, A. et al., (2014). Are drivers aware of sleepiness and increasing crash risk while driving ? *Accident Analysis and Prevention*, 70, pp.225–234. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.04.007>
- Xie, Y., Zhao, K., & Huynh, N. (2012). Analysis of driver injury severity in rural single-vehicle crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 47, 36-44.
- Yuan, Y., Yang, M., Gan, Z., Wu, J., Xu, C., & Lei, D. (2019a). Analysis of the risk factors affecting the size of fatal accidents involving trucks based on the structural equation model. *Transportation research record*, 2673(8), 112-124.
- Yuan, Y., Yang, M., Wu, J., Rasouli, S., & Lei, D. (2019b). Assessing bus transit service from the perspective of elderly passengers in Harbin, China. *International Journal of Sustainable Transportation*, 13(10), 761-776.
- Yuan, Y., Yang, M., Guo, Y., Rasouli, S., Gan, Z., & Ren, Y. (2021). Risk factors associated with truck-involved fatal crash severity: Analyzing their impact for different groups of truck drivers. *Journal of safety research*, 76, 154-165.
- Zhu, X., & Srinivasan, S. (2011). A comprehensive analysis of factors influencing the injury severity of large-truck crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 49-57



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1035565

RESEARCH ARTICLE

What Are The Barriers to the Adoption of Industry 4.0 in Container Terminals? A Qualitative Study on Turkish Ports*

Elif Koç¹ 

ABSTRACT

Seaports are nodal points in global supply chains. Industry 4.0 applications, which have entered our lives with the rapid technological developments, are also seen in the port sector. The use of Industry 4.0 technologies started in container ports first, and applications were predominantly encountered in this type of ports. The aim of the study was to investigate the nature of digital technologies in container ports and to reveal the major barriers to the adoption of Industry 4.0 in Turkish container ports. First, extant literature was reviewed, and the main obstacles to the adoption of Industry 4.0 were determined. Later, considering the literature findings, in-depth interviews were conducted with port managers. Then, content analysis was performed by examining transcripts and notes taken during the interviews using a professional computer-assisted qualitative data analysis software, MAXQDA-12. According to the findings, four main difficulties were identified as technological, operational, legal, and organizational difficulties. Operational barriers were revealed to be industry-related obstacles. Technological and operational challenges were the most frequently mentioned ones by the participants. Finally, the findings of the study were discussed, and suggestions were proposed to overcome those obstacles.

Keywords: Industry 4.0, Seaports, Digitization, Automation, Smart Ports

Submitted: 12.12.2021 • Revision Requested: 27.12.2021 • Last Revision Received: 12.01.2022 • Accepted: 20.01.2022

* This study has been presented as an abstract proceeding at the V. National / I. International Congress on Ports organized by Dokuz Eylül University Maritime Faculty.

¹ **Corresponding author:** Elif Koç (Asst.Prof.Dr.), Bandırma Onyedi Eylül University, Omer Seyfettin Faculty of Applied Sciences, Department of International Trade and Logistics, Balıkesir, Türkiye. E-mail: elifkoc@bandirma.edu.tr ORCID: 0000-0002-0235-086X

Citation: Koc, E. (2022). What are the barriers to the adoption of Industry 4.0 in container terminals? A qualitative study on Turkish Ports. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 367-386. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1035565>



1. Introduction

Maritime industry has been under the influence of social, economic, and especially technological developments in recent years. Ports, which are the most essential coastal facilities in shipping, are also affected by these developments (Shahbakhsh, Emad and Cahoon, 2021). Seaports are the interface between land and sea for marine vehicles that carry cargo and people from the point of departure to their destination (Kasypi and Shah, 2012). These ports located in coastal areas ensure that the flow of cargo is coordinated in an efficient, safe, and environmentally friendly way (Salido, Rodriguez-Molins and Barber, 2011; Martín-Soberón et al., 2014). Digital transformations in ports are one of the main drivers of changes in ports (Zarzuelo, 2021). With the introduction of Industry 4.0, ports can gain competitiveness in local and global markets by utilizing smart technologies such as the internet of things, big data management, augmented virtual reality, cloud computing, blockchains, automated vehicles, drones, and cyber-physical systems (Bastug et al., 2020). They can make their processes faster, more flexible, and productive (Rüssmann et al., 2015; Castelo-Branco, Cruz-Jesus and Oliveira, 2019). In addition, it is possible to increase efficiency in the value chain by reducing operating costs and to make the world more collaborative and connected. The effects of this concept were first seen in the production processes, and in the following years, it has been used in logistics and the entire supply chain (Rüssmann et al., 2015; Morrar, Arman and Mousa, 2017). Ports, which are the most essential nodal points and infrastructural facilities of supply chain systems, also get their share from these developments. Especially with information technologies and digitalization, which form the basis of Industry 4.0, significant changes are being experienced in port management and operations (Agatić and Kolanović, 2020).

The world is becoming more connected in line with the demands and expectations of customers. In parallel, ports are also under the influence of digital technology trends, as in many branches of logistics and maritime industry, such as vessel design, construction, maintenance, and operational concepts, etc. (Arabelen and Bastug, 2019; Sanchez-Gonzalez et al., 2019; Sullivan, 2020; Shahbakhsh, Emad and Cahoon, 2021). The use of Industry 4.0 technologies first started in container ports, and the applications are predominantly seen in this type of ports. The existence of a standard transport unit and the possibility of performing better operations in terms of time, efficiency, safety, and environmental awareness make the container terminals more available to apply digital technologies (Martín-Soberón et al., 2017). In this study, it was aimed to investigate the nature of digital technologies in container ports and to reveal the major barriers to the adoption of industry 4.0 in Turkish container ports. First, relevant literature was extensively reviewed, and the major impediments to the adoption of Industry 4.0 were determined. Then, considering the literature findings, in-depth and online face-to-face interviews were conducted with port managers. Content analysis method was applied to the obtained data and the difficulties in the implementation of Industry 4.0 applications in Turkish container ports were divided into four main groups: technological, operational, legal, and organizational. While technological, legal, and operational barriers were similar to other barriers identified in the literature, operational barriers were revealed

as sector-specific obstacles. Technological and operational challenges were the heavily expressed ones by the participants. In the end, the findings of the study were discussed, and suggestions were proposed to overcome those obstacles.

2. Industry 4.0 in Seaports

Sub-components of Industry 4.0; internet of things, big data and business analytics, block chain, cloud computing, cyber security, cloud computing, 3D printing, augmented reality, and simulation and modeling, etc. exist in modern logistics networks which also cover sea ports (Sullivan, 2020; Zarzuelo, Soeane and Bermúdez, 2020; Bastug et al., 2020). Industry 4.0 applications are materialized and implemented by system stakeholders. The parties keep furthering their level of digitization; the ability of port authorities to stay online, the number of autonomous systems used, and big data analysis are constantly increasing. Internet of Things (IoT) technology puts traditional business models in port business into a modern form. This technology adds value to the entire supply chain by connecting all ecosystem stakeholders. This connection is provided by “block chain systems”. These technologies help supply chains to work in a more integrated way by connecting all stakeholders in order to manage business processes effectively. Thus, workflows can be managed digitally and seamlessly (Esmer, 2017; Gromovs ve Lammi, 2017). In addition, IoT systems, in which all stakeholders are connected electronically, are supported by the use of “big data”. In big data technology, all connected devices produce data that any system stakeholder can easily use and benefit from. This sharing cannot be done without “cloud computing” or online security of software (Szozda, 2017). Big data can be managed by different stakeholders at the same time, and stakeholders can use a standardized set of programs and applications available in the cloud. On the other hand, the use of big data and cloud computing technology can only be achieved by having a strong “cybersecurity” system that can prevent cyber attacks and protect privacy (Solé, 2018).

The need and degree of digital transformation largely depends on the enthusiasm of the ports for transformation. Hamburg, Rotterdam, Shanghai, and Singapore ports are the leading ports operating with the highest level of smart systems. The first automated port activities in the world started to be carried out at the ECT Delta Terminal of the Port of Rotterdam in 1993. They introduced the concept of “automated terminals” to the industry to represent ports with these digital features. The port was equipped with Automated Stacking Cranes (ASC) and Automated Guided Vehicles (AGV), allowing unmanned operation of these vehicles (Martín-Soberón et al., 2017). Another port, Port of Hamburg, implemented new business models to connect terminals, authorities, shipping companies, and other stakeholders providing transportation, logistics, and administrative services, and to ensure better communication and cooperation between parties. In the port, different smart applications were connected to a single integrated platform. Also on that platform, data from sensors, mobile devices, and databases of various stakeholders were combined and utilized. With these systems, which improve internal operations and collect real-time information about in-port traffic, port authorities and stakeholders can minimize bottlenecks at port area and terminal entrances. Applications with position determination

feature can precisely locate vehicles entering the port and optimize the volume of vehicle traffic in the area (Riedl et al., 2018). In addition, considering the academic studies about this port, Ferreti and Schiavone (2016) revealed the implementation of IoT systems by redesigning the business processes in the Port of Hamburg, while Thaver (2019) examined the use of IoT and sensors that can adjust themselves according to the current weather conditions.

Furthermore, the Port of Hamburg started a new business model development project called “smartPORT logistics2 (SPL)” in 2010 in order to improve the traffic and freight flows in the port area by investing in port infrastructure and modern information systems. The main purpose of the project was to integrate different traffic control centers (road, sea, railway) with a main port traffic station. Its system also allowed decision making and continuous interaction with other actors based on real-time data. Thus, traffic and infrastructure integration were ensured. In order to benefit from the infrastructure in a more flexible and sustainable way, sensors were added to various points in the port (bridges, road lighting, etc.) (Heilig et al., 2017).

Another example of such a new business model was the agreement DP World made with Kazakhstan in 2017. In the consensus, it was decided to establish an electronic platform under the name of “Port Community System”. Related parties would carry out all their sea, land, and air transportation related processes in the logistics network from this platform. On this community, sea and dry ports, logistics centers, customs units, customers, and other related parties would perform an average of 50 thousand digital transactions per day. Thanks to these digital and automated systems, Kazakhstan would have an essential position in “One Belt One Road” project of China. As it is obvious here, port facilities are considered to be the nodal point of these digital systems (Esmer, 2017).

Today, the most contemporary and comprehensive example of the business model, including ports, is the global supply chain management platform called “TradeLens”. TradeLens is a blockchain technology for container shipping and logistics developed by the partnership of Maersk and IBM to modernize the supply chain ecosystems of the world, and it was launched in April 2018. This technology enables many stakeholders (e.g., shippers, shipowners, port and terminal operators, logistics companies, inland transport and customs administrations, and government officials) to connect with each other, share information and cooperate with mutual trust (Maersk, 2019). On this platform, the data in the supply chain can be tracked without any changes and can be shared if it is permitted (Cointelegraph, 2020). In this way, manual and paper-based documents are modernized, and industry standards for digital exchange of documents are generated (Turkish Time Magazine, 2018; Blockchain Turkey, 2020).

There are more than twenty ports and terminal operators worldwide (e.g., APM Terminals, Modern Terminals, Adani Ports) in the TradeLens Blockchain system (TradeLens, 2020). DP World, one of the world’s leading global terminal operators, also joined this community as of May 2020. DP World aims to connect the operations and logistic units of 82 ports around the World through this platform (DP World, 2020). Turkish-owned Yilport Holding, which operates in Gebze and Gemlik in Turkey and also manages their 22 international and

6 domestic terminals in 11 different countries, joined TradeLens in August 2020 (Deniz Haber, 2020). LimakPort operating in Iskenderun has also been included in this chain in August 2020. Apart from ports and terminals, global container shipping companies such as CMA CGM, MSC, AP Moller-Maersk, Hapag Lloyd, Hamburg-Sud; customs offices of various countries such as Russia, Saudi Arabia, Qatar, Canada, Indonesia; logistics and intermodal service providers such as Agility, CEVA Logistics, DAMCO, Unifeeder, CP Rail, Imoto Lines are actively involved in this chain (TradeLens, 2020). In March 2020, London-based Standard Chartered Company also joined the platform and became the first financial institution in the system (Cointelegraph, 2020). In conclusion, considering all these developments, it is possible to say that different ports around the world (especially container terminals) are expanding and developing their port management activities by implementing new business models and using smart systems (e.g., connected platforms, cloud computing-based services, mobile devices and applications, sensors, and other Internet of Things technologies).

3. Barriers to The Adoption of Industry 4.0

Within the scope of the study, relevant literature was extensively reviewed to summarize the existing knowledge on barriers to the adoption of industry 4.0. All these difficulties are presented in Table 1. In Industry 4.0, it is necessary to ensure both horizontal and vertical integration with digital technologies. Vertical integration refers to ensuring the coordination of different stakeholders on a single network and the contribution of each stakeholder to the value chain, and also establishing coordination and cooperation across organizational units within a particular enterprise (Schroder, 2017: 11; Raj et al., 2020). Horizontal integration is the integration of material, energy and information flows within business processes. The interoperability of different technologies and systems should be ensured, and a cyber-physical infrastructure should be established (Kumar et al., 2021).

With the implementation of new technological applications, various legal uncertainties and problems can also create impediments to digitalization. Although legal uncertainties are significantly reduced by the detailed preparation of contracts, the issues to be regulated are still complex (Schroder, 2017: 18). As the competitive environment develops, uncertainties and difficulties increase in digitalization, such as standardization, identification of responsible parties, and data protection (Kamble, Gunasekaran and Sharma, 2018: 101; Majumdar, Garg and Jain, 2021: 3). In addition, it is of great importance for state bodies to determine strategies and roadmaps for compliance with Industry 4.0 on a country basis (Majumdar, Garg and Jain, 2021: 3). Today, government policies on the issue are not sufficient in many countries. Governments should set roadmaps for the transformation of traditional business functions into smarter and more sustainable processes (Luthra and Mangla, 2018: 172).

Table 1. Major barriers to the adoption of Industry 4.0

Contractual and legal uncertainty	<i>Oesterreich and Teuteberg (2016); Schroder (2017); Kamble, Gunasekaran and Sharma (2018); Aggarwal, Gupta, Ojha (2019); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Kumar et al. (2021)</i>
Lack of government support and policies	<i>Zhou, Liu and Zhou (2015); Oesterreich and Teuteberg (2016); Schroder (2017); Thoben, Wiesner and Wuest (2017); Luthra and Mangla (2018); Kamble et al. (2019); Aggarwal, Gupta, Ojha (2019); Bakhtari et al. (2020); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Majumdar, Garg and Jain (2021); Kumar et al. (2021)</i>
Poor integration (Value-chain, process, data, technological)	<i>Zhou, Liu and Zhou (2015); McKinsey Digital (2016); Haddud et al.(2017); Schroder (2017); Thoben, Wiesner and Wuest (2017); Moktadir et al. (2018); Kamble, Gunasekaran and Sharma (2018); Aggarwal, Gupta, Ojha (2019); Kamble et al. (2019); Horváth and Szabó (2019); Raj et al. (2020); Bakhtari et al. (2020); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021)</i>
Cyber-security challenges	<i>Oesterreich and Teuteberg (2016); McKinsey Digital (2016); Petrillo et al. (2018); Moktadir et al. (2018); Kamble, Gunasekaran and Sharma (2018); Horváth and Szabó (2019); Aggarwal, Gupta, Ojha (2019); Kamble et al. (2019); Raj et al. (2020); Moeuf et al. (2020); Bakhtari et al. (2020); Turkyilmaz et al. (2021); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021) Zarzuelo (2021)</i>
Uncertainty about benefits	<i>Zhou, Liu and Zhou (2015); McKinsey Digital (2016); Haddud et al.(2017); Kamble, Gunasekaran and Sharma (2018); Raj et al. (2020); Bakhtari et al. (2020); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Kumar et al. (2021)</i>
Lack of adequate skills in the workforce	<i>Oesterreich and Teuteberg (2016); McKinsey Digital (2016); Haddud et al.(2017); Kamble, Gunasekaran and Sharma (2018); Petrillo et al. (2018); Machado et al. (2019); Kamble et al. (2019); Marcon et al. (2019); Peillon and Dubruc (2019); Horváth and Szabó (2019); Bakhtari et al. (2020); Raj et al. (2020); Moeuf et al. (2020); Turkyilmaz et al. (2021); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Kumar et al. (2021)</i>
High implementation cost	<i>Oesterreich and Teuteberg (2016); Majeed and Rupasinghe (2017); Haddud et al.(2017); Schroder (2017); Kamble, Gunasekaran and Sharma (2018); Moktadir et al. (2018); Kamble et al. (2019); Marcon (2019); Horváth and Szabó (2019); Raj et al. (2020); Bakhtari et al. (2020); Turkyilmaz et al. (2021); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021)</i>
Lack of infrastructure	<i>Oesterreich and Teuteberg (2016); Schroder (2017); Thoben, Wiesner and Wuest (2017); Kamble, Gunasekaran and Sharma (2018); Moktadir et al. (2018); Xu, Xu and Li (2018); Aggarwal, Gupta, Ojha (2019); Kamble et al. (2019); Marcon (2019); Peillon and Dubruc (2019); Bakhtari et al. (2020); Raj et al. (2020); Turkyilmaz et al. (2021); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Kumar et al. (2021)</i>
Job/Employment disruptions	<i>Kergroach (2017); Thoben, Wiesner and Wuest (2017); Kamble, Gunasekaran and Sharma (2018); Moktadir et al. (2018); Bakhtari et al. (2020); Raj et al. (2020); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Majumdar, Garg and Jain (2021)</i>
Standardization problems	<i>Oesterreich and Teuteberg (2016); Haddud et al.(2017); Schroder (2017); Thoben, Wiesner and Wuest (2017); Kamble et al. (2019); Horváth and Szabó (2019); Raj et al. (2020); Bakhtari et al. (2020); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Kumar et al. (2021)</i>
Challenges in data management and data quality	<i>Zhou, Liu and Zhou (2015); Ryan and Watson (2017); Haddud et al.(2017); Schroder (2017); Thoben, Wiesner and Wuest (2017); Petrillo et al. (2018); Horváth and Szabó (2019); Raj et al. (2020); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Kumar et al. (2021)</i>

Table 1. Major barriers to the adoption of Industry 4.0 (continued)

Resistance to change	<i>Khan and Haleem (2015); Oesterreich and Teuteberg (2016); Haddud et al.(2017); Machado et al. (2019); Aggarwal, Gupta, Ojha (2019); Marcon (2019); Peillon and Dubruc (2019); Horváth and Szabó (2019); Raj et al. (2020); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Kumar et al. (2021)</i>
Ineffective change management	<i>Oesterreich and Teuteberg (2016); McKinsey Digital (2016); Thoben, Wiesner and Wuest (2017); Horváth and Szabó (2019); Raj et al. (2020); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Kumar et al. (2021)</i>
Lack of internal digital culture and training	<i>Khan and Haleem (2015); Schroder (2017); Thoben, Wiesner and Wuest (2017); Petrillo et al. (2018); Marcon (2019); Raj et al. (2020); Moeuf et al. (2020); Bakhtari et al. (2020); Majumdar, Garg and Jain (2021)</i>
Concerns about privacy and data ownership	<i>McKinsey Digital (2016); Ryan and Watson (2017); Haddud et al.(2017); Schroder (2017); Thoben, Wiesner and Wuest (2017); Kamble et al. (2019); Marcon (2019); Horváth and Szabó (2019)</i>
Lack of a skilled management team	<i>Khan and Haleem (2015); Moktadir et al. (2018); Aggarwal, Gupta, Ojha (2019); Peillon and Dubruc (2019); Horváth and Szabó (2019); Bakhtari et al. (2020); Moeuf et al. (2020); Turkyilmaz et al. (2021); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021); Kumar et al. (2021)</i>
Lack of a digital strategy	<i>Schroder (2017); Petrillo et al. (2018); Raj et al. (2020)</i>
Unstable connectivity among companies	<i>Deloitte (2015); Zhou et al. (2016); Khan et al. (2017); Moktadir et al. (2018); Chauhan, Singh and Luthra (2021)</i>
Difficulty of coordination and collaboration across organizational units	<i>McKinsey Digital (2016); Kamble et al. (2018); Luthra et al. (2020); Majumdar, Garg and Jain (2021); Chauhan, Singh and Luthra (2021)</i>
Complexity in integrating IT and OT	<i>Lee et al. (2014, 2015); Lu (2017); Moktadir et al. (2018)</i>

The lack of basic and supporting infrastructure required for every stakeholder in the chain is one of the major challenges for the implementation of Industry 4.0 applications. In particular, IT infrastructure and internet network coverage must be provided uninterruptedly (Kamble, Gunasekaran and Sharma, 2018: 101). Digital applications are in the development stages in many industries, and there are uncertainties in potential cost-benefit expectations. The lack of clear understanding and approach about the ultimate value is among the obstacles (Kamble, Gunasekaran and Sharma, 2018: 101). Also, although various industry executives are aware of the importance of Industry 4.0, there are uncertainties about their ultimate contribution to achieving sustainability goals in the supply chain (Luthra and Mangla, 2018: 172).

There is a huge amount of information flow on Industry 4.0 platforms. There are concerns about the privacy and security of this information. In particular, issues such as cyber security risks, system access, verification, and authorization are essential challenges for organizations (Kamble, Gunasekaran and Sharma, 2018: 101). In Industry 4.0, all elements in the entire value chain are interconnected, and these highly integrated systems may encounter cybersecurity threats. This also raises concerns for stakeholders (Raj et al., 2020; Kumar et al., 2021). In addition, one of the requirements of Industry 4.0 is highly qualified employees with the skills to use technology. Employees' lack of digital skills is a major challenge in implementing digital solutions (Kumar et al., 2021). Employees

need continuous training to improve their technical skills (Raj et al., 2020). Resistance to change by the employees is also an important obstacle, and it can be overcome by effectively managing the changes (Haddud et al., 2017; Chauhan, Singh and Luthra, 2021).

Industry 4.0 initiatives require huge capital investments (Moktadir et al., 2018). Machinery, equipment, personnel training, consultancy, etc. are substantial cost items (Aggarwal, Gupta and Ojha, 2019). In addition, robots have started to replace humans, and the intensive use of automation eliminates many job positions (Moktadir et al., 2018). It is very important for organizations to have a talented management team that will implement new and digital business models. Industry 4.0 applications require revolutionary transformations and willingness of the management, and support for organizational change are indispensable (Luthra and Mangla, 2018). In order for Industry 4.0 to come to life, all stakeholders in a supply chain must be digitally integrated with each other. The inability to achieve this integration efficiently in many sectors is also a main difficulty (McKinsey Digital, 2016; Chauhan, Singh and Luthra, 2021).

4. Methodology

In this study, it was aimed to explore the barriers to the adoption of Industry 4.0 in Turkish seaports and whether the barriers obtained from the literature review were meaningful for this sector. To achieve this goal, in-depth online and face-to-face interviews with 5 port managers were done as part of data collection. The reason for choosing such data collection tool was to encourage participants to talk about related topics and explore contextual boundaries about unknown phenomena (Malhotra and Birks, 2007: 207). The interviews were conducted in August 2021. Each interview lasted approximately 40 to 60 minutes. A semi-structured interview protocol with open-ended questions was employed to facilitate the interview. The protocol was based on the literature, and the questions were based on the difficulties to the adoption of Industry 4.0 mentioned in the literature. As the sampling method, purposive methods were used for the interviews.

Table 2. Profiles of the Interviews

	Job Title	Gender	Education Level	Total Experience	Region	Duration	Date
P1	Operations Manager	Male	Undergraduate	20 years	Bursa	40 min.	05.09.2021
P2	Operations Director	Male	Undergraduate	23 years	Kocaeli	40 min.	08.09.2021
P3	Commercial & Operations Manager	Female	Undergraduate	12 years	Izmir	60 min.	10.09.2021
P4	Operations Manager	Male	Undergraduate	18 years	Bursa	40 min.	06.09.2021
P5	Operations Manager	Male	Undergraduate	11 years	Antalya	65 min.	15.09.2021

As seen in Table 2, there were four interviewees. All of them had an undergraduate degree. Each participant had more than 10 years of experience in the port sector. As they have extensive knowledge about port operations thanks to their long years of experience, port managers were preferred as participants. This made the study more meaningful. The participants were from seaports located in Bursa, Kocaeli, Antalya, and Izmir. The participants were selected from the managers of the ports located in different cities and

port areas as much as possible. Names and any other identifying information of the participants are confidential.

During the interviews, the concept of “Industry 4.0” was defined and explained to the managers with examples, and then they were asked one main question and several sub-questions. The main question was “*What are the barriers to the adoption of industry 4.0 for Turkish seaports?*” This question was detailed with iterative questioning techniques and probing (Kvale, 1996) during the interview, taking into account the barriers of Industry 4.0 in the literature. All the interviews were recorded using a voice recording device and transcribed verbatim. Grammatical errors made in the statements of participants during the interviews were not corrected as per the requirements of qualitative analysis. Otherwise, there would be a possibility that the thoughts and tendencies of the researcher on the subject might affect the raw data; in other words, that might cause researcher bias (Brennen, 2013: 21). Then, content analysis was performed by examining transcripts and notes using MAXQDA-12, a professional computer-assisted qualitative data analysis software. All transcriptions were thoroughly read by two researchers (the author and an independent expert coder) to avoid any possible bias, and they were systematically coded to discover the major obstacles to the transition to Industry 4.0. To obtain compatible coding results and ensure the reliability of the data, the same coding rules and instructions were applied for both coders to assess similar phenomena. When disputes occurred, they discussed them until building consensus, so inter-coder reliability could be achieved (Krippendorf, 2013: 271). The inter-coder similarity between the codings created by the two researchers was 85%, and this ratio is at an acceptable level (Creswell, 2009: 191; Miles and Huberman, 2014: 85).

5. Findings and Discussion

Main findings of the qualitative study were compiled under four main themes: technological, operational, legal, and organizational barriers. While technological, operational, and organizational challenges each had six items, legal obstacles had five. Figure 1 presents a hierarchical code-subcodes model and the frequency of the codes associated with the interview results. There were 23 codes in total that were used to evaluate each interview.

Based on the interviews, four types of challenges have been identified. The most prevalent challenge was technological one, and it was coded 54 times. While operational obstacles were coded 52 times as the second highest frequency, legal and organizational barriers were coded 46 and 26 times respectively.

Sub-themes, their repetitions, and major quotes by the participants about technological barriers are represented below. There are six major obstacles, and the most prevalent one is “high costs for digital installations”. All of the participants stated that digitalization requires significant investments, and this issue creates a significant challenge for sea ports. In similar studies, while Bucak, Dincer and Demirel (2019) argued that one of the most important challenges for Industry 4.0 applications in maritime is the high investment cost; Zarzuelo, Soeane, and Bermúdez (2020) emphasized that such digital investments in ports require high investment costs as a challenge for Industry 4.0. Second

highly mentioned difficulty is lack of internet coverage and IT facilities. Tas (2021) also determined this matter as an obstacle in logistics processes. The necessity of improving the internet infrastructure throughout the country was especially emphasized by most of the participants.

Cyber security threats were another important issue highlighted by the participants. Duck (2017) also stated that everything connected to the internet can be cyber-attacked today, and this is also valid for seaports and terminals. Also, Zarzuelo, Soeane and Bermúdez (2020) emphasized that cyber security is one of the primary issues of maritime companies and ports, and reminded that after the cyber attacks on the Port of Rotterdam in 2011 and 2016, a “Port Cyber Resilience Officer” was appointed to the port. Zarzuelo (2021) underscored the importance of seaports and terminals in the global supply chain as a nodal point and argued that a cyber-attack on a port would adversely affect the entire supply chain. Furthermore, in this study, it was emphasized that aiming to switch to Industry 4.0 is not sufficient alone, and the technological infrastructure throughout the country should be developed. Other obstacles stated by the participants were the necessity of keeping the software and hardware systems used constantly new and up-to-date, the difficulties of integrating multiple systems, the challenges in data management, and identifying qualified data. Sullivan (2020) also revealed the significance of data generation, data collection and data analysis with digital and information-based interfaces in the Industry 4.0 adoption, thanks to data management.

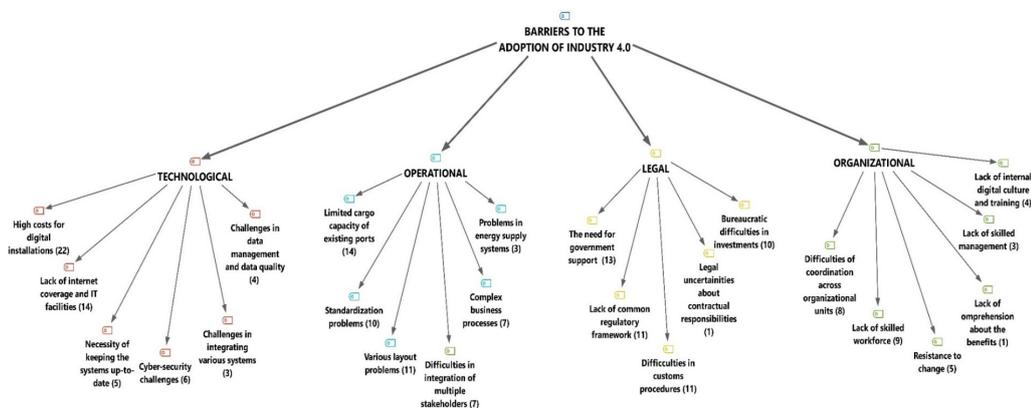


Figure 1 : Hierarchical Code-Subcodes Model

The second highly mentioned obstacle was operational-related matters. While the challenges related to technological, legal, and organizational issues were similar to the literature review findings, operational matters were revealed as industry-specific barriers within the scope of this study. Large port areas are needed for the digital operations in Turkish ports, and wider maneuvering areas are required for automatic handling equipments. Besides, field operations involve many complex business processes. In many ports, ship operations and yard operations are intertwined. CFS operations are performed in port areas. Furthermore, additional customs controls are also carried out in the port areas. These complex business processes were among the essential obstacles highlighted by the participants. Port managers also emphasized the frequent power cuts in the country. The cranes in the ports consume large amounts of energy, and it is not

possible to manage the power cuts by using generators. For the development in line with digitalization, it is necessary to provide uninterrupted energy supply. Additionally, digitalization in ports requires all system stakeholders to have the necessary technological infrastructure to use these systems simultaneously. The absence of these capabilities was one of the obstacles stated by the participants.

During the interviews, almost all participants mentioned legal challenges. They expressed that bureaucracy was an essential challenge in investment and growth initiatives for ports, and it was necessary to obtain numerous permits from various institutions. Custom procedures were another vital issue strongly emphasized regarding daily port operation processes. Since digitalization is a new concept in our lives, there are uncertainties about the authorities and responsibilities of the parties. All participants underscored the importance of the governments' regulatory role in this regard. These findings were also consistent with extant literature regarding maritime industry of Turkey. The study of Arabelen and Bastug (2019) and Bucak, Dincer and Demirel (2019) argued that the legal infrastructure, especially customs procedures and a single window system, should be improved. Mollaoglu (2021) also emphasized the leading role of government institutions in the direction of Industry 4.0.

The least mentioned barriers were organizational matters, and all of the items in this section were similar to the literature findings. Parallel to the technological developments experienced, the need for qualified personnel with the skills to use technology has arisen in ports, as in other sectors. The critical skills shortages make it difficult to employ people and to manage human resources. This matter was especially emphasized by P3, P5, and P2 participants. Similarly, Erdogdu (2021) argued that the lack of technical and digital skills of managers and employees, and then the need for training, is one of the essential obstacles to the implementation of new digital technologies in logistics. Bucak, Dincer and Demirel (2019) also determined "lack of qualified staff" as a weakness of maritime industry regarding digitalization in Turkey. Also, consistent with the study of Tas (2021), lack of internal digital culture and training was another mentioned obstacle. The culture created by the managers is essential at this point. In addition, the participants indicated that certain habits of employees lead them to resist to change from time to time. All identified barriers-related items, their repetitions and major supporting quotes are detailed in Tables 3-6 below.

Table 3. Selective Supporting Interview Quotes for Technological Barriers

Themes/Sub-themes Supporting Interview Quotes Frequency		
Technological		
High costs for digital installations	<p>“Of course, it is a bit difficult to apply 4.0 in small ports. Because they require large investments. These are the costs.” P2</p> <p>“.....Therefore, the cost issue is important for us. I think there should be government incentives here. On the other hand, I think a second stage of government incentives is that the government should manage regulatory activities at this point.” P3</p> <p>“.... Also, these are the things that force small ports in terms of cost.” P5</p>	22
Lack of internet coverage and IT facilities	<p>“It needs to work completely conjugate, it needs to work conjugate with stackers. This means that each machine must be given this infrastructure.” P3</p> <p>“Communication problems, better operation of backup servers, reduction of interruptions, increased mobility, improvement of software and hardware infrastructure will bring our system closer to its counterparts in Europe.” P5</p>	14
Necessity of keeping the systems up-to-date	<p>“Simultaneous updating of vehicles, no malfunction. The costs of maintaining them..... so when we look at them in general, internet systems, cloud systems must be updated.” P3</p> <p>“You have to buy a lot of technological stuff. You need to invest in them and update them.” P1</p>	5
Cyber-security challenges	<p>Even the lines operating with large volumes and large capacity ships in the world are currently experiencing cyber security problems.” P3</p>	6
Challenges in integrating various systems	<p>“In order to automate, your STS needs to work fully synchronized with the terminal truck and the entrance and exit system at the door.” P3</p>	3
Challenges in data management and data quality	<p>“Therefore, in order to manage this data, you have to be aware of the data, you have to have a command of that data and you have to have a command of the system.” P5</p>	4

Table 4. Selective Supporting Interview Quotes for Organizational Barriers

Themes/Sub-themes Supporting Interview Quotes Frequency		
Organizational		
Lack of skilled workforce	<p>“People should have experience, but also information technology capabilities are necessary.” P2</p> <p>“At this point, it is necessary to employ people with IT competence.” P5</p>	9
Difficulties of coordination across organizational units	<p>“In order to automate, your STS needs to work fully synchronized with the terminal truck and the entrance and exit system at the door.” P3</p>	8
Resistance to change	<p>“Apart from that, there are personnel who do not accept even though they know it. There are companies that face issues related to resistance to change.” P1</p>	5
Lack of internal digital culture and training	<p>“Staff must adapt to it. He needs to be trained accordingly.” P5</p>	4
Lack of skilled management	<p>“While managers should have understood accounting, finance and law 10 years ago, now they need to understand the system, software, hardware and system installation. This will take time.” P4</p>	3
Lack of comprehension about the benefits	<p>“Most importantly, cost-benefit analysis is required. What good does it do us? How much will it increase our productivity and what will it cost?” P5</p>	1

Table 5. Selective Supporting Interview Quotes for Operational Barriers

Themes/Sub-themes Supporting Interview Quotes Frequency		
Operational		
Limited cargo capacity of existing ports	<i>"The fact that the ports are not large enough to undertake such huge investments. It is a little difficult to apply 4.0 in small ports. Because they require large investments." P2</i>	14
Various layout problems	<i>"Technically existing sites should be wide enough for all processes and automated equipment, but this is not the case at the moment." P4</i> <i>"Here are certain lines, stacking structures, etc. they all need to be adjusted accordingly. Of course, there is no such infrastructure in the previously established ports." P1</i>	11
Standardization problems	<i>"Because a standard has to be determined and followed." P5</i>	10
Difficulties in integration of multiple stakeholders	<i>"I think that such a transformation should be entered into as a sectoral as a whole." P3</i>	7
Complex business processes	<i>"Ship operations and yard operations are complex and intertwined. Inside the yard operations there is aslo CFS activity." P3</i>	7
Problems in energy supply systems	<i>"We have power cuts from time to time." P2</i> <i>"Electric power infrastructure in port areas needs to be strengthened." P3</i>	3

Table 6. Selective Supporting Interview Quotes for Legal Barriers

Themes/Sub-themes Supporting Interview Quotes Frequency		
Legal		
The need for government support	<i>"In addition, incentives are required for investment. Tax advantages can be provided in such large investments. Domestic software can be promoted, such as national software. Those kinds of things are substantial." P5</i>	13
Difficulties in customs procedures	<i>"The main obstacle is the bureaucratic process in customs procedures." P4</i> <i>"The prolongation of the control in customs processes takes us away from full automation in ports." P3</i>	11
Bureaucratic difficulties in investments	<i>"Port expansion efforts face serious obstacles. You spend 5-6 years on the project you need to implement." P2</i>	10
Lack of common regulatory framework	<i>"I think that such problems can be overcome if we focus on this system with legal regulations and infrastructures that we can create with the help of the government." P3</i>	11
Legal uncertainties about contractual responsibilities	<i>".... Therefore, there are many problems in legal regulations in this sense. Confusion in authority and responsibilities." P3</i>	1

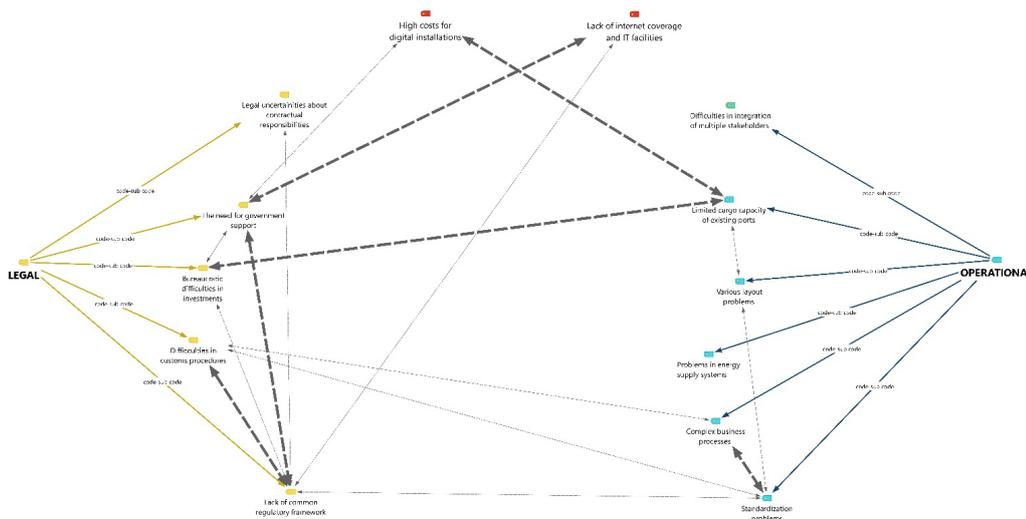


Figure 2: Code Co-Occurance Model

Within the scope of this study, relationships between codes were also investigated. First, code matrix browser was checked, and it was determined that the most intersecting relationships were between legal and operation-related codes. Then, the code co-occurrence model (as seen in Figure 2) was created. In addition to legal and operation-related barriers, “high costs for digital installations” and “lack of internet coverage and IT facilities”, the most prevalent sub-code of technological obstacles, were also included in the model because they were highly mentioned together with legal matters.

As seen in Figure 2, the participants who mentioned any legal obstacles also expressed other legal issues. Especially “difficulties in customs procedures” and “lack of common regulatory framework” were among the highly co-occurring items. All of the participants emphasized the requirement of the government’s prescriptive and regulatory role while talking about legal matters, which was consistent with the studies of Bucak, Dincer and Demirel (2019) and Mollaoglu (2021).

Many of the participants stated that custom procedures complicate business processes at ports and hinder standardization. They advocated more applicable rules that support the standardization of processes to overcome the difficulties in line with digitalization. It was also stated that technological investments require large costs and therefore government incentives are so crucial for the port investors. The participants also expressed the regulatory role of the government in other matters regarding operational challenges. Participant P5 said “Government should lead authoritatively, by setting the standards. Because when they set the rules, we abide by them. When the government sets its own standards and wants companies to comply with them, companies will adapt anyway”.

As the implementation of technological equipment and infrastructures requires bearing serious costs, P3 and P5 participants emphasized the necessity of government incentives on this subject. P3 stated that “..... therefore, the cost-related matters are important for us. I think there should be government incentives here”. Then, P5 said, “We also need an incentive for investment. Tax advantages can be provided in such large investments. Domestic software products can be promoted. Those things are life-sustaining”. These

statements also support the findings of Bucak, Dincer and Demirel (2019) and Zarzuelo, Soeane and Bermúdez (2020).

Similarly, the participants who pointed to the code “lack of internet coverage and IT facilities” also emphasized the importance of government incentives at this point. Regarding this, participant P5 said, “This is a point that the government needs to develop. For example, the internet bandwidth is determined by the government. Because this is something about the infrastructure of Telekom. Although some channels have been privatized, the main contractor is still Telekom, which is currently a state firm”. “Limited cargo capacity of existing ports” and “bureaucratic difficulties in investments” were two other related difficulties. Ports established in the past encountered many bureaucratic obstacles when they wanted to expand. In addition, it is not financially advantageous for small-scale ports to undertake these large investments. Participant P2 stated that “it’s a fact that the ports are not large enough to undertake such huge investments. It is difficult to apply 4.0 in small ports. Because they require large investments.” and that “Port expansion efforts face serious obstacles. You spend 5-6 years on the project you need to implement.” In his first sentence, the “high costs for digital installation” barrier was also mentioned.

6. Conclusion

Ports, which initially provided only basic services such as sheltering, loading and unloading, have experienced major developments within years, influenced by the developments in industry and technology (Agatić and Kolanović, 2020). With the introduction of Industry 4.0, the changes around ports have accelerated. Within the scope of this study, the obstacles encountered in the implementation of Industry 4.0 applications in Turkish ports, especially in container ports, were determined.

This study makes a number of contributions to the literature. First, while previous research highlights the concept of digitalization in general, namely Maritime 4.0, in this study, only port-related issues are revealed. Second, this study contributes to the research on barriers to digitization in sea ports especially in a developing country. This study is one of the few studies that comprehensively summarizes the obstacles to digitalization in Turkish ports. These barriers were grouped under four headings: technological, operational, legal, and organizational. In addition, technological, legal, and operational barriers are similar to other barriers identified in the literature, operational barriers such as layout, standardization and energy supply problems were revealed as sector-specific obstacles. Technological and operational challenges were the most mentioned ones by the participants. Serious costs for digital installations and deficiencies in the internet and IT infrastructure were the most common technological barriers. Disruptions in energy supply were among the major problems in terms of infrastructural matters. It is necessary to take precautions to solve this problem both port-wide (port site lighting with solar energy) and country-wide (the establishment of renewable power plants). The findings of this study also support other studies that highlight the concerns of cybersecurity in the maritime field and the fact that it is an important issue in the transition to digitization (Duck, 2017; Bucak, Dincer and Demirel, 2019; Zarzuelo, Soeane and Bermúdez, 2020; Zarzuelo, 2021). Cyber security concerns also support the hesitations of the ports about digitalization.

These findings have important implications for port managers, operators, and policy makers. First, physical inspection activities in customs processes when necessary (falling into the red line) and CFS operations organized in port areas are essential difficulties to the standardization and automation of processes. At this point, such activities can be carried out outside port areas, as in fully automated ports abroad. Second, the importance of the government's roles in terms of providing the infrastructure, setting rules and regulating the systems have been pointed out in this study. Many participants have argued that the existing customs legislation should be arranged to make it more compatible with Industry 4.0 practices. The government has vital duties to develop the technological infrastructure throughout the country. Participants also advocated that the investors need government incentives because digital investments are expensive ventures, and the production of domestic and national technologies are necessary to facilitate the digitization.

Third, port expansion projects take a long time in Turkey. Since the investment initiatives are not carried out in accordance with a certain master plan, new ports are opened when the ports reach their natural limits in terms of capacity. For example, there are Gempport, Borusan, and Roda Ports in the Gemlik Region. In the past, Roda Port was established because Gempport was insufficient to meet the demand in the region and could not expand its capacity. Thus, small-scale ports were established side by side in the region. In Kocaeli, Evyap Port was 100% full until DP World Yarimca Port was opened, and 50% of Evyap's cargo volume was shifted to this port. Additionally, small and medium-sized ports cannot fully benefit from the technological advantages of digitization since the ports do not have enough space to grow. In these cases, only efficiency and cost can be considered. On the other hand, such technological investments are reasonable at high TEU capacities. At this point, reducing the bureaucratic processes in enlargement and improvement projects will probably make a great contribution towards digitalization. These findings also support the studies of Bucak, Dincer and Demirel (2019) and Mollaoglu (2021) regarding the governments' regulatory role and the requirement of developed legal infrastructure.

The last implication was about human resource-related matters. The rapid technological developments have created a mismatch between the current abilities of the employees and the changing requirements of the job positions in the port industry, as in many other maritime-related sectors (Bucak, Dincer and Demirel, 2019). The critical skills shortages make it difficult to employ people who can use these technologies and to manage human resource-related matters. Finding and employing the required talent create an essential competitive advantage for the companies. Besides, after the recruitment process, various opportunities should be provided to the employees to improve their skills. Also, in the process of adaptation to digital technologies, the culture created under the leadership of the managers within the enterprise is of great importance at this point (Tas, 2021). In this way, both the effective management of human resources and the retention of these skilled people can be achieved. However, it should be taken into account that the cheap labor force is also an obstacle to digitalization for Turkey.

There are several limitations of this research that may show the ways for future research. First of all, due to some constraints, only five major ports were included. Future studies

should undertake the more number of ports operating in all regions of Turkey. This study was conducted among port managers who are only one of the stakeholders in port community. Therefore, further research should include other stakeholders, especially port users, to extend the findings of this study. Last but not the least, future research could also include government authorities in order to provide solutions regarding the legal issues in practice.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support

References

- Agatić, A and Kolanović, I. (2020). Improving the seaport service quality by implementing digital Technologies. *Pomorstvo*, 34(1), 93-101.
- Aggarwal, A., Gupta, S. And Ojha, M. K. (2019). Evaluation of key challenges to industry 4.0 in Indian context: a DEMATEL approach. *Advances in Industrial and Production Engineering*, 387-396. Singapore: Springer.
- Arabelen, G. and Bastug, S. (2019). Nesnelerin İnternetinin Pazarlama Faaliyetlerine Katkısı: Lojistik Bilgi Teknolojileri Üzerine Bir Uygulama. *Mersin Üniversitesi Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 17-31.
- Bakhtari, A. R., Kumar, V., Waris, M. M., Sanin, C. and Szczerbicki, E. (2020). Industry 4.0 implementation challenges in manufacturing industries: An interpretive structural modelling approach. *Procedia Computer Science*, 176, 2384-2393.
- Bastug, S., Arabelen, G., Vural, C. A. and Deveci, D. A. (2020). A value chain analysis of a seaport from the perspective of Industry 4.0. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 12(4), 367-397.
- Blockchain Turkey (2020). *Blockchain Turkey Platform*. https://www.google.com/search?q=Blockchain+Turkey&rlz=1C1GCEU_trTR821TR821&oq=Blockchain+Turkey&aqs=chrome..69i57j0i22i30i4.759j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8, Access Date: 20.07.2020.
- Brennen, B. (2013). *Qualitative Research Methods for Media Studies*. New York: Taylor and Francis.
- Bucak, U., Dincer, M.F., Demirel, H. (2019). *Evaluation of The Maritime 4.0 Using The AHP Method*. III. Global Conference on Innovation in Marine Technology and the Future of Maritime Transportation, 18-19 April 2019, Selcuk-Izmir.
- Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F. and Oliveira, T. (2019). Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. *Computers in Industry*, 107, 22-32.
- Chauhan, C., Singh, A. and Luthra, S. (2021). Barriers to industry 4.0 adoption and its performance implications: An empirical investigation of emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124809.
- Cointelegraph (2020). *TradeLens'e Dünyaca Ünlü Bir Banka Katıldı*. <https://tr.cointelegraph.com/news/standard-chartered-joins-ibm-and-maersks-blockchain-shipping-platform>. Access Date: 01.09.2020.
- Creswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. USA: Sage Publications.
- Deloitte (2015). *Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*. Deloitte, 1–30.
- Deniz Haber (2020). *Yılport Holding, Gebze Ve Gempport Terminallerinde Blockchain Kullanacak*. https://www.denizhaber.net/mobi/news_detail.php?id=96612. Access Date: 01.09.2020.

- DP World (2020). *DP World Joins With TradeLens To Digitise Global Supply Chains*. <https://www.dpworld.com/news/releases/dp-world-joins-with-tradelens-to-digitise-global-supply-chains/>. Access Date: 01.09.2020.
- Duck, D. (2017). Global threats: cybersecurity in ports, Hemispheric Conference on Port Competitiveness & Security, Miami (USA), University of Miami. Retrieved on 01.01.2022 from <http://portalcip.org/wp-content/uploads/2017/03/Max-Bobys.pdf>.
- Erdogdu, M. (2021). Dünya’da Lojistik 4.0, *Dijital Lojistiğin Gelişiminin Dünya Ticaretine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi*. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Esmer, S. (2017). *Endüstri 4.0, Lojistik 4.0, Denizcilik 4.0, Liman 4.0....* <https://www.7deniz.net/haber-endustri-40-lojistik-40-denizcilik-40-liman-40-22601.html>. Access Date: 21.06.2020.
- Gromovs, G. and Lammi, K. (2017). Blockchain and internet of things require innovative approach to logistics education. *Transport Problems*, 12 (Special Edition), 23-34.
- Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A. and Lee, H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1055-1085.
- Heilig, L., Schwarze, S. and Voss, S. (2017). An analysis of digital transformation in the history and future of modern ports, *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 1341–1350.
- Horváth, D. and Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119-132.
- Krippendorf, K. (2013). *Content Analysis: An Introduction to its Methodology*. USA: Sage Publications Inc.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A. and Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101, 107-119.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Parekh, H. and Joshi, S. (2019). Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 48, 154-168.
- Kasypi, M. and Shah, M. (2012). Agile supply chain for container terminal. *OIDA International Journal of Sustainable Development*, 4(5), 69-82.
- Khan, U. and Haleem, A. (2015). Improving to smart organization: an integrated ISM and fuzzy-MICMAC modelling of barriers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(6), 807-829.
- Kumar, P., Bhamu, J. and Sangwan, K. S. (2021). Analysis of barriers to Industry 4.0 adoption in Manufacturing Organizations: an ISM Approach. *Procedia CIRP*, 98, 85-90.
- Kvale S. (1996). *Interviews: An Introduction to Qualitative Research Interviewing*. Sage: Thousand Oaks.
- Kumar, S., Raut, R. D., Nayal, K., Kraus, S., Yadav, V. S. and Narkhede, B. E. (2021). To identify industry 4.0 and circular economy adoption barriers in the agriculture supply chain by using ISM-ANP. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126023.
- Luthra, S. and Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168-179.
- Luthra, S., Yadav, G., Kumar, A., Anosike, A., Mangla, S. K. and Garg, D. (2020). Study of key enablers of industry 4.0 practices implementation using ISM fuzzy MICMAC approach. In International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. *Proceedings of IEOM Society International*, 241-251.
- Lee, J., Kao, H. A. and Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3-8.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- Machado, C. G., Winroth, M., Carlsson, D., Almström, P., Centerholt, V. and Hallin, M. (2019). Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: challenges and enablers towards increased digitalization. *Procedia Cirp*, 81, 1113-1118.

- Maersk (2019). *Major ocean carriers CMA CGM and MSC to join TradeLens blockchain-enabled digital shipping platform*. <https://www.maersk.com/news/articles/2019/05/28/cma-cgm-and-msc-to-join-tradelens-digital-shipping-platform>. Access Date: 01.09.2020.
- Majeed, A. A. and Rupasinghe, T. D. (2017). Internet of things (IoT) embedded future supply chains for industry 4.0: An assessment from an ERP-based fashion and footwear industry. *International Journal of Supply Chain Management*, 6(1), 25-40.
- Majumdar, A., Garg, H. and Jain, R. (2021). Managing the barriers of Industry 4.0 adoption and implementation in textile and clothing industry: Interpretive structural model and triple helix framework. *Computers in Industry*, 125, 103372.
- Malhotra, N. and Birks, D. (2007). *Marketing Research: An Applied Approach*. Essex/UK: Pearson Education Limited.
- Marcon, E., Marcon, A., Le Dain, M. A., Ayala, N. F., Frank, A. G., & Matthieu, J. (2019). Barriers for the digitalization of servitization. *Procedia CIRP*, 83, 254-259.
- 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.
- McKinsey Digital (2016). Industry 4.0 after the Initial Hype. Where Manufacturers Are Finding Value and How They Can Best Capture it. https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%20/mckinsey_industry_40_2016.pdf, Access Date: 06.07.2021.
- Miles, B. and Huberman, A. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Sourcebook of New Methods*. Oaks, CA: Sage Publications Inc.
- Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo-Giraldo, S., Tobon-Valencia, E. and Eburdy, R. (2020). Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1384-1400.
- Moktadir, M. A., Ali, S. M., Kusi-Sarpong, S. and Shaikh, M. A. A. (2018). Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 730-741.
- Mollaoglu, M. (2021). *Endüstri 4.0'in Denizcilik Sektöründe Üzerindeki Etkilerinin Bulanık Tabanlı Yöntemlerle Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak Bulent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- Morrar, R., Arman, H. and Mousa, S. (2017). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11), 12-20.
- Oesterreich, T. D. and Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, 121-139.
- Peillon, S. and Dubruc, N. (2019). Barriers to digital servitization in French manufacturing SMEs. *Procedia CIRP*, 83, 146-150.
- Petrillo, A., De Felice, F., Cioffi, R. and Zomparelli, F. (2018). Fourth industrial revolution: Current practices, challenges, and opportunities. *Digital Transformation in Smart Manufacturing*, 1-20.
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., de Sousa Jabbour, A. B. L. and Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224, 107546.
- Riedl, J., Delenclos, F. X. and Rasmussen, A. (2018). *To Get Smart, Ports Go Digital*. https://image-src.bcg.com/Images/BCG-To-Get-Smart-Ports-Go-Digital-Apr-2018_tcm9-188400.pdf. Access Date: 20.06.2020.
- Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. and Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.

- Salido, M. A., Rodriguez-Molins, M. and Barber, F. (2011). Integrated intelligent techniques for remarshaling and berthing in maritime terminals. *Advanced Engineering Informatics*, 25(3), 435-451.
- Sanchez-Gonzalez, P. L., Díaz-Gutiérrez, D., Leo, T. J. and Núñez-Rivas, L. R. (2019). Toward digitalization of maritime transport? *Sensors*, 19(4), 926.
- Schroder C. (2017). The challenges of industry 4.0 for small and medium-sized enterprises. Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn. Germany 2017. <https://library.fes.de/pdf-files/wiso/12683.pdf>, Access Date: 25.08.2021.
- Shahbakhsh, M., Emad, G. R. And Cahoon, S. (2021). Industrial revolutions and transition of the maritime industry: The case of Seafarer's role in autonomous shipping. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 38(1), 10-18.
- Solé, M. (2018). *Workplace implications of Industry 4.0 at the Port of Barcelona*, Published Thesis, Lund University, Sweden.
- Sullivan, B. P., Desai, S., Sole, J., Rossi, M., Ramundo, L., & Terzi, S. (2020). Maritime 4.0—opportunities in digitalization and advanced manufacturing for vessel development. *Procedia manufacturing*, 42, 246-253.
- Szozda, N. (2017). Industry 4.0 and its impact on the functioning of supply chains. *Logforum*, 13(4), 401-414.
- Tas, A. (2021). *Lojistik Sektörü Özelinde Endüstri 4.0 Farkındalık Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma*. Doktora Tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Thaver, V. (2019). *A Smart Port City*. 1st Annual Durban Maritime Summit, Municipal Institute of Learning, EThekweni Municipality, Durban, South Africa. Retrieved on 30.11.2021 from http://www.mile.org.za/QuickLinks/News/Pages/news_20160225.aspx.
- Thoben, K. D., Wiesner, S. and Wuest, T. (2017). "Industrie 4.0" and smart manufacturing—a review of research issues and application examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4-16.
- TradeLens (2020). *TradeLens Official Web Site*. www.tradelens.com. Access Date: 01.09.2020.
- Turkish Time Magazine (2018). *Maersk ve IBM'den, TradeLens adlı Blockchain Sevkiyat Çözümünün tanıtımı*. <http://www.turkishtimedergi.com/sponsorlu/guler-dinamik/maersk-ve-ibmden-tradelens-adli-blockchain-sevkiyat-cozumunun-tanitimi/>. Access Date: 01.09.2020.
- Turkyilmaz, A., Dikhanbayeva, D., Suleiman, Z., Shaikholla, S. and Shehab, E. (2021). Industry 4.0: Challenges and opportunities for Kazakhstan SMEs. *Procedia CIRP*, 96, 213-218.
- Zarzuelo, I.P., Soeane, M. J. F. And Bermúdez, B. L. (2020). Industry 4.0 in the port and maritime industry: A literature review. *Journal of Industrial Information Integration*, 20, Article 100173.
- Zarzuelo, I.P. (2021). Cybersecurity in ports and maritime industry: Reasons for raising awareness on this issue. *Transport Policy*, 100, 1-4.
- Zhou, K., Liu, T. and Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD)*, 2147-2152. IEEE.



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1151822

RESEARCH ARTICLE

Çanakkale-Balıkesir Çıkışlı Çok Modlu Lojistik Faaliyetlerinde 1915 Çanakkale Köprüsünün Rolü*

The 1915 Çanakkale Bridge's Role in Multimode Logistics Activities Between Çanakkale and Balıkesir

Mehmet Gürtürk¹ , Yener Pazarcık² 

Öz

Bu çalışmada, Çanakkale-Balıkesir çıkışlı çok modlu lojistik faaliyetlerinde 1915 Çanakkale Köprüsü'nün rolünün ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda nitel araştırma yönteminin benimsendiği çalışmada, Köprü'nün paydaşı olarak belirlenen kişi, kurum ve kuruluşlar ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler neticesinde 1915 Çanakkale Köprüsü bölgenin lojistik, sosyo-kültürel, ekonomik ve sanayi gelişimine önemli katkılar sağlayacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Modlu Taşımacılık, 1915 Çanakkale Köprüsü, Lojistik

ABSTRACT

This study aims to reveal the role of the 1915 Çanakkale Bridge in the multi-modal logistics activities between Çanakkale and Balıkesir. The study adopted the qualitative research method and conducted face-to-face interviews with the people, institutions, and organizations that were determined as the bridge's stakeholders. As a result of the analysis, the 1915 Çanakkale Bridge has been determined to contribute significantly in the future to the region's logistics, socio-cultural, economic, and industrial development.

Keywords: Multimode transportation, 1915 Çanakkale Bridge, Logistics

Başvuru/Submitted: 09.08.2022 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 05.10.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 27.10.2022 • **Kabul/Accepted:** 28.10.2022

* Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalında yapılan "Çanakkale-Balıkesir Çıkışlı Çok Modlu Lojistik Faaliyetlerinde 1915 Çanakkale Köprüsünün Rolü" adlı Yüksek Lisans Tezinden Üretilmiştir.

¹ **Sorumlu yazar/Corresponding author:** Mehmet Gürtürk (Arş. Gör.), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Çanakkale, Türkiye. E-mail: mehmetgurturk@comu.edu.tr ORCID: 0000-0002-8417-1274

² Yener Pazarcık (Doç. Dr.), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Çanakkale, Türkiye. E-mail: ypazarcik@comu.edu.tr ORCID: 0000-0002-7651-9349

Atf/Citation: Gurturk, M., Pazarcik, Y. (2022). Çanakkale-Balıkesir çıkışlı çok modlu lojistik faaliyetlerinde 1915 Çanakkale köprüsünün rolü. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 387-403. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1151822>



Extended Abstract

The phenomenon of migration has emerged with the presence of human beings and gave birth to the concept of displacement (i.e., transportation). Today, the concept of transportation has been replaced by the concept of logistics. With the development of trade, using a single mode of transportation (i.e., road, sea, rail, or air) to convey a product from one point to another became insufficient. For this reason, multi-modal transportation systems have come to the fore and have strategic importance for businesses ability to profit and gain a competitive advantage.

Çanakkale Province's strategic position has been important throughout history. The completion in 2022 of the region's highway integration with the 1915 Çanakkale Bridge over the Dardanelles, one of Turkey's two straits, paved the way for its multi-modal transportation system. The 1915 Çanakkale Bridge is a candidate for becoming the logistics hub of the region because it connects the continents of Asia and Europe, the regional highway integration has been completed, and the Çanakkale Airport is active.

The study aims to investigate the role of the 1915 Çanakkale Bridge in multimodal logistics activities between Çanakkale and Balıkesir. In line with this, the study investigates the 1915 Çanakkale Bridge's impact on the socio-cultural, economic, and tourism activities of the region, especially with regard to logistics activities. The literature review shows a low number of studies on the 1915 Çanakkale Bridge. The current study contributes to the field due to the Bridge having been newly put into service and the bridge's impacts on logistics activities not having been previously investigated. Face-to-face interviews were conducted with 18 of the bridge's stakeholders and involve institution and organization officials, private company executives and employees, and heads of non-governmental organizations. These participants were asked 18 questions in connection with the purpose of the research. The first 13 questions has the participants describe the impact the bridge has had on regional logistics activities, another four questions has them describe the bridge's impacts on the region's sociocultural, economic, and tourism activities, and the last question aimed to reveal their opinions about the bridge's toll fee. The study analyzed the obtained results using the program MAXQDA Analytics Pro 2020 (Version 20.2.2). The analysis results show the 1915 Çanakkale Bridge to have positively impacted the region's sociocultural, economic, and tourism activities, as well as its logistics activities in particular.

1. Giriş

Hızla gelişen ekonomik küreselleşme ve bölgeselleşme ile birlikte, tüm alanlardaki sanayi tedarik zincirleri ve ulaşım ağı daha karmaşık bir hal almaktadır (Hao ve Yue, 2016). Tek bir taşıma türünün tüm ihtiyaçları karşılaması çok zordur bu nedenle lojistik verimliliğini artırabilmek adına birden fazla taşıma türünün (kamyon, tren, gemi ve uçak) kullanılması gerekmektedir (Jarašūnienė vd. 2016; Regmi ve Hanaoka, 2012). Çevre sorunlarının büyümesi, yakıt fiyatlarının yükselmesi ve karayolunda meydana gelen tıkanıklık yük taşımacılığı operasyonlarını yeni çözümler üretmeye zorlamıştır (Harris vd. 2015).

İşletmelerin yurt içi ve yurt dışındaki tedarik zinciri süreçlerini başarılı bir şekilde yürütmeleri için entegre bir çoklu (multimodal) taşımacılık ağı önemli bir faktördür (Harris vd. 2015). Çoklu (multimodal) taşımacılık karayolu, denizyolu, demiryolu, havayolu ve diğer ulaşım türlerinin ortak ve kesintisiz koordinasyonudur (Hao ve Yue, 2016). Ayrıca çoklu (multimodal) taşımacılık, ulaşımdan kaynaklı ortaya çıkan karbon emisyonun azaltılmasında da etkilidir (Tsao ve Linh, 2018). Çoklu (multimodal) taşımacılık, iki veya daha fazla taşıma türünün birbirine bağlanmasıyla entegre olan taşıma sürecini ifade eder (Guo, vd. 2021). Çoklu (multimodal) taşımacılık en az iki taşıma türüyle, çoklu (multimodal) taşıma sözleşmesine dayalı olarak taşıma operatörü tarafından bir ülkedeki alıcı noktasından farklı bir ülkedeki teslimat noktasına taşınmasıdır (UN, 1980).

Modlar arası (intermodal) taşımacılık, her bir taşıma türünün avantajlı yönleriyle oluşturulan bir taşıma sistemidir (Flodén, 2007). Modlar arası (intermodal) taşımacılık iki veya daha fazla taşıma türünün kullanıldığı, türler arası geçiş esnasında ürünlerin elleçlenmediği, aynı yükleme birimi veya araçta ürünlerin hareketini ifade etmektedir (Macharis ve Bontekoning, 2004). Tek modlu taşıma, toplam taşıma maliyeti ve mesafe göz önüne alındığında kısa mesafelerde modlar arası (intermodal) taşımacılığa göre daha ucuzdur ancak daha uzun mesafelerde modlar arası (intermodal) taşımacılık rekabetçi bir seçenek sunmaktadır (Macharis ve Pekin, 2009).

Uluslararası taşımacılığın gelişmesinin kaynağı kombine taşımacılıktır (Papoušková, 2021). Birleşmiş Milletler (UN) Avrupa Ekonomik Komisyonuna (ECE) (2001) göre kombine taşımacılık, Avrupa yolculuğunun -mümkün olan en kısa biçimde- ilk ve/veya son bölümlerinin karayolu taşımacılığı, geri kalan büyük bir kısmının ise demiryolu, denizyolu veya iç su yolları ile gerçekleştirildiği modlar arası (intermodal) taşımacılıktır. Kombine taşımacılık, ürünlerin elleçlenmeden ilk veya son bölümde karayolu taşımacılığının tercih edildiği, geri kalan bölümlerde demiryolu, denizyolu veya suyunun kullanıldığı taşımacılıktır (Papoušková, 2021).

1915 Çanakkale Köprüsü, Çanakkale Boğazı'nı Söğüt (Gelibolu) ve Suluca (Lapseki) noktalarından Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayacak asma bir köprü şeklinde inşa edilmesi planlanmıştır. 3,6 km uzunluğu ve 203 metre orta açıklığı ile dünyanın en uzun köprüsü olacak şekilde tasarlanmıştır. Köprü'nün, 324 km uzunluğundaki Kınalı-Tekirdağ-Çanakkale-Savaştepe Otoyolu projesinin bir parçası olarak yapılması planlanmıştır. Projenin genel yatırımcısı ve öncüsü Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)'dir. Güney Kore'den Daelim ve SK

Engineering ile Türkiye’den Limak ve Yapı Merkezi tarafından ÇOK AŞ. işletmesi kurulmuş ve KGM on altı (16) yılına Köprü’nün tasarım, inşaat ve işletmesini ÇOK AŞ. işletmesine vermiştir (ERM, 2018). T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (2022) tarafından hazırlanan 2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı’na göre Kınalı-Tekirdağ-Çanakkale-Savaştepe Otoyolu Malkara-Kınalı bölümü ile Çanakkale-Savaştepe bölümü 2053 yılına kadar inşa edilecek projeler arasında yer almaktadır.

1915 Çanakkale Köprüsü 18 Mart 2022 tarihinde hizmete açılmıştır. Köprü’nün yeni tarihli hizmete açılması sebebiyle Köprü üzerine yapılan çalışma sayısı azdır. Yapılan çalışmalara bakıldığında Köprü’nün lojistik etkilerini inceleyen bir çalışma olmaması sebebiyle bu çalışma lojistik alanında bir ilki barındırmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmalara bakıldığında ise Aydın ve Perk (2012) Çanakkale’de yapılacak bir boğaz köprüsünün yapım aşaması sırasında ve sonrasında meydana gelebilecek olumlu veya olumsuz etkilerin neler olacağını belirlemeyi hedeflemiştir. Tanoğlu vd. (2019) yapım aşaması devam eden yeni boğaz köprüsü hakkında Çanakkale ili Lapseki ilçesinde ikamet eden kişilerin görüş ve beklentilerini ortaya koymayı amaçlamıştır. Tanoğlu ve Yücesan (2020) Çanakkale Boğaz Köprüsü’nün Çanakkale ili Lapseki ilçe halkı üzerindeki etkisini analiz ederek elde edilen sonuçları Paydaş Katılım Planı ve Sosyal Etki Değerlendirme Raporu çerçevesinde incelemeyi amaçlamıştır. Atmaca (2022) Çanakkale ili Biga ilçesi ve Balıkesir ili Bandırma ilçesinin 1915 Çanakkale Köprüsü ile birlikte meydana gelen sektörel bazdaki etkilerini ortaya koymayı amaçlamıştır. Kundakçı ve Nas (2022) köprü kulelerinin bulunduğu enkesit hattı üzerindeki var olan deniz trafiğini ve bu kulelerin deniz trafiğine olası etkilerini ortaya koymayı amaçlamıştır. Odak noktası benzer konular olan çalışmalara bakıldığında Ilıcalı vd. (2014) İstanbul ilinin çoklu (multimodal) ulaşım sistemini incelemiş ve Fatih Sultan Mehmet (FSM) Köprüsü’nün rehabilitasyonu sebebiyle İstanbul trafiğinde oluşan mod kaymasını değerlendiren bir vaka çalışması ortaya koymuştur. Skjøtt-Larsen vd. (2003) Öresund Bölgesi’nde bulunan, İsveç ile Danimarka ülkelerini birbirine bağlayan Köprü’nün İskandinavya’nın yeni lojistik merkezi mi olacak sorusuna cevap aramıştır.

Bu çalışma, Çanakkale-Balıkesir çıkışlı çok modlu lojistik faaliyetlerinde 1915 Çanakkale Köprüsü’nün rolünü ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde, araştırmanın metodolojisinden, üçüncü bölümünde araştırmanın bulgularından ve son bölümde ise araştırmanın sonuç ve önerilerinden bahsedilmiştir.

2. Metodoloji

1915 Çanakkale Köprüsü’nün 18 Mart 2022 tarihinde hizmete açılmasıyla birlikte Marmara Bölgesinin karayolu entegrasyonu tamamlanmış oldu. Köprü, konumu ve özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Asya ile Avrupa’yı birbirine bağlayan iki boğazdan birisi olan Çanakkale Boğazı’nda kurulan ve “Dünyanın En Uzun Orta Açıklık Asma Köprüsü” unvanına sahip olan köprü, konumu ile stratejik ve jeopolitik bir öneme sahiptir. Köprü ile oluşan karayolu entegrasyonunun bölgede yer alan havalimanı ve limanlar ile bağlantısı sağlanarak çok modlu taşımacılık sistemine katkı sağlanacaktır. Köprü’nün açılmasıyla bölgeye demiryolu hattının getirilmesi ve mevcut limanların kapasitelerinin artırılması gündeme gelmiştir. Bölgede yeni Organize Sanayi Bölgelerinin kurulmasına, yeni turizm

tesislerinin açılmasına yol açmış ve bu açıdan bakıldığında Köprü'nün açılması bölgeyi sadece lojistik anlamda değil; ticari, turizm ve sosyo-kültürel açıdan da etkilemiştir. Bu bağlamda 1915 Çanakkale Köprüsü'nün bölgeye pozitif etkisi bulunmaktadır.

Araştırmanın temel amacı, 1915 Çanakkale Köprüsü'nün Çanakkale-Balıkesir çıkışlı çok modlu lojistik faaliyetlerindeki rolünün araştırılması olarak belirlenmiştir. Çok modlu lojistik faaliyetleri kapsamında Köprü'nün açılmasıyla var olan limanlarla denizyolu-karayolu taşımacılığının ve bölgedeki havalimanının ileride kargo taşımacılığına açılma ihtimaliyle oluşabilecek havayolu-karayolu-denizyolu taşımacılığının önü açılmış olacaktır. Araştırmanın varsayımı, 1915 Çanakkale Köprüsü'nün Çanakkale-Lapseki-Biga-Bandırma hattını etkileyeceği yönündedir. Araştırma kapsamının sınırları sivil toplum kuruluşları ile oda ve borsa yetkilileri, belediye başkanları, kamu kurum ve kuruluş yetkilileri ile lojistik hizmeti veren özel şirket yetkilileri ve çalışanları olarak belirlenmiştir. Araştırma verileri yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılarak toplanmıştır. Katılımcılar ile mail veya telefon aracılığıyla iletişime geçilerek kendilerinin belirlediği yer, gün ve saatte yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın etik ve tarafsız olması açısından soruların sorulması haricinde katılımcılar ile diyalog içerisine girilmemiştir. Katılımcılara önceden hazırlanan on yedi (17) adet soru ve görüşme gidişatına yönelik formda yer almayan bir (1) adet soru yöneltilmiştir. İlk on üç (13) soru Köprü'nün bölgedeki lojistik faaliyetlerine etkisini, son dört (4) soru ise Köprü'nün bölgedeki sanayi, sosyo-kültürel ve turizm alanlarına etkisini ölçmektedir. Görüşme formunda yer almayan bir (1) soru ile katılımcıların Köprü ücreti hakkında görüşleri ortaya koyulmuştur.

Araştırma kapsamında sorulan sorular lojistik bölümü öğretim üyeleri ile birlikte oluşturulmuş ve sektörde 20 yıla yakın süredir görev alan yönetici pozisyonundaki yetkili birinin görüşü alınarak son şekli verilmiştir. Araştırmada örneklem seçimi olarak, Amaçlı Örnekleme Yöntemlerinden Ölçüt Örnekleme ve Tipik Durum Örnekleme seçilmiştir. Tipik durumlar, evrendeki birçok benzer arasından açıklanmak istenen olgu veya olay hakkında bilgi içeren durumlara verilen addır. Ölçüt örneklemede önceden hazırlanmış ölçütler listesi tercih edilir veya ölçüt, araştırmacı tarafından oluşturulur (Baltacı, 2018). Araştırma deseni olarak nitel araştırma desenlerinden örnek olay araştırması seçilmiştir. Örnek olay araştırması, gerçek hayattaki zaman içerisinde birden fazla bilgi kaynağı (örn. gözlemi görüşme, belge, rapor) ile raporlanmasını ifade eder (Creswell, 2013). Analizler örnek olay desenine uygun olarak içerik analizi şeklinde gerçekleştirilmiştir. İçerik analizi, metin içerisinden gerekli çıkarımları yapabilmek için bir takım prosedür kullanılan bir araştırma yöntemi olarak tanımlanır (Weber, 1990). İçerik analizi, açık kodlama kuralları çerçevesinde birden fazla metin kelimesini daha az içerik kategorisine indirgeyebilen için sistematik bir teknik olarak ifade edilmiştir (Stemler, 2000).

3. Bulgular

Araştırma kapsamında analizleri gerçekleştirmek için MAXQDA Analytics Pro 2020 (Release 20.2.2) programı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analizler neticesinde oluşturulan kodlara ait ifadelerin sıklığı Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Kodların karşısında yer alan şekillerin büyüklük ve küçüklükleri kodların işaretlenme sıklığını ifade etmektedir.

“Toplam” ifadesi ise katılımcıların görüşme esnasında sorulara verdiği cevaplar doğrultusunda oluşan kodlama sayısıdır. İçerik analizi kapsamında katılımcıların görüşlerinin yorumlanabilmesi adına alt kodu bulunan kodlar için “Kod-Alt Kod Bölümler Modeli” ile alt kodu bulunmayan kodlar (Tehlikeli Madde Taşımacılığı, Çok Modlu Taşımacılık) ve kategori (Ucret) için ise “Tek Vaka Modeli (Kodlu Bölümler)” yöntemi kullanılmıştır. Katılımcıların isimleri, çalıştıkları kurum/kuruluşlar, yaş, tecrübe, meslek kolu ve unvanları veri güvenliği sebebiyle belirtilmemiştir. Katılımcılar K1, K2, K3, ..., K18 şeklinde ifade edilmiştir. Katılımcıları yorumlarına her kod ve kategori için önemli görülen bir (1) olumlu ve bir (1) olumsuz yorum şeklinde yer verilmiştir. Katılımcı yorumlarının kodlara ve kategoriye göre önemli kısımları şu şekildedir;

Kod Sistemi	Katılımcılar	TOPLAM
1915CanakkaleKoprusu		0
Lojistik Etkileri		0
Lojistik İhtiyacı	30	30
Hizmet Sağlama	21	21
Lojistik Maliyeti	21	21
Musteri Memnuniyeti	18	18
Tedarik Zinciri Yonetimi	23	23
Lojistik Us	17	17
Lojistik Performans İndeksi	16	16
Tehlikeli Madde Tasimaciligi	19	19
Çok Modlu Tasimacilik	23	23
Ro-Ro Tasimaciligi	16	16
Hava Kargo Tasimaciligi	17	17
Demiryolu Tasimaciligi	17	17
Yeni Liman	21	21
Ekonomik, Sosyo-kültürel Etkiler		0
Yol Haritası	17	17
Turizm Gelistimi	21	21
Ekonomik ve Sosyal Gelistim	23	23
Sanayi Gelistimi	21	21
Ucret	17	17
TOPLAM	358	358

Şekil 3.1. Kodlara ait ifadelerin sıklığını gösteren kod matris tarayıcısı

• Lojistik İhtiyacı

“Köprüünün yapılmasıyla yok hava lodostu, rüzgardı gemi vardı yoktu yani gemilerin şu anda yoğun çalışmasına rağmen defalarca Çardak'ta Lapseki'de o tır kuyruklarını görmüştünüzdür, şahit olmuşsunuzdur. Ve tabii artık hem sebze meyve üretiminin bölgemizde çok olması ve bu sebze meyvenin de gittiği yerlerde zaman önemli bir faktör yani zamanında ulaşması lazım gittiği yere. Tabii işte deniz ulaşımı aksayabiliyor, yoğunluk olabiliyor. O yetişen bölgemizde sebze meyveler zamanında gideceği yere ulaşmayabiliyor, ulaşmadığı zaman ekonomik kayıpları olabiliyor” (K13).

“Yük lojistiği ihtiyacından değil. Ana amaç yük lojistiği değil, neden? Kısa vadede değil. Çanakkale dışında Güney Marmara’da makul maliyetler sunan alternatifler var. Maliyet dışı etkenler var. Örnek olarak tır, 10-15 sefer 10 km’den yol yaparsa ayda fazladan km yapmış olacak. Yapacağı masraflardan yana takometre var, limandan kalkan RO-RO’lara bindiklerinden takometrelerini dolduruyorlar, temel ihtiyaçlarını gemide karşılıyorlar. Bunlar şoför için avantaj durumunda. Şoförler ile konuştuğumuzda sosyal ortamlarının olmadığını, camia ile gemide topladıklarını, gemide Digitürk, ücretsiz yemek, çay servisi, dinlenme salonu var bunlar kolay terk edilemez. Bakıldığında yoldaki yoğunluk Ambarlı’da İstanbul’da, köprüde 2 saat avantaj kazanacak, yolda 1 saat avantaj gidecek. İlk duyduğumuzda eyvah dedik, %10’luk toplam maliyetimize etki ediyor RO-RO taşımacılık. Ümitli ve mutluyuz kısa vadede negatif etkisi olabilir ama uzun vadede olumlu etki edecektir” (K2).

Katılımcıların büyük kısmı, 1915 Çanakkale Köprüsünün hem yük hem de yolcu taşımacılığında dolayı yapıldığını ve Köprü ile birlikte zaman kazanımı olacağı, mevsimsel hava koşullarının oluşturduğu olumsuzlukların ortadan kalkacağını, dönemsel yoğunlukların azalacağı ve alternatif bir güzergah oluşturması sebebiyle İstanbul trafiğine olumlu etki edeceğini beklemektedir. Diğer yandan bazı katılımcılar ise kısa vadede Köprü’nün cazip olacağını ancak uzun vadede ise RO-RO taşımacılığının tercih edileceğini belirtmiştir. Üç (3) katılımcı, Köprü’nün kısa vadede tercih edileceğini, orta ve uzun vadede ise feribot veya RO-RO taşımacılığının tercih edileceğini belirtmiştir.

• Hizmet Sağlama

“Bizim şu anda da örnek vermek istersek karşıda Saros’da rüzgar tribünü ile ilgili çalışmalar var. Saroz’un orada off-shore olarak bir takım projeler var, yine karşıda kara kısmında da artık rüzgar tribününde projeler de gitgide artıyor, kapasitelerde artıyor megawatt olarak. Bunun da artması demek tek kanat uzunlukların artması kule boylarının artması demek oluyor. Bu da artıkça lojistik anlamada, taşımacılık anlamında zorlukları ortaya çıkıyor. Bunun da feribotla taşınması tabii ki mecbur eğer buradan bir elleçleme yaparsanız köprü bu anlamda da özellikle bizim için çok ciddi bir katkı sağlayacak olumlu anlamda çünkü biz de bu anlamda rekabet edebileceğimiz diğer karşıdaki limanlarla şu an için Tekirdağ tarafı orada da Asyaport var ki konteyner kendi yüklerini elleçliyor. Martaş Limanı var bu anlamda rekabet artmış olacak olumlu katkısı olacak” (K1).

“Köklü değişiklik yok. Daha önce çalıştığım işletmede Almanya’ya en kısa sürede ben giderim gibi spesifik iddiaları vardı. Bu gibi firmaları etkiliyor. Sürat sağlıyor yoksa başka bir avantajı yok” (K2).

Katılımcıların büyük çoğunluğunda Köprü’nün, feribot geçişlerinde oluşan zaman kaybıyla birlikte meydana gelen mal tedarikinin yaşanmasının, ürünlerin müşteriye ulaşım sürelerinin uzamasının ve düşük rekabet avantajının önüne geçeceği görüşü hakimdir. Diğer yandan bazı katılımcılar ise Köprü’nün, hizmet sağlamada hız artışı haricinde değişikliklere yol açmayacağını belirtmiştir. Diğer taraftan üç (3) katılımcı ise Köprü’nün hizmet sağlamada hız artışı haricinde başka bir etki edeceğini düşünmemektedir.

• Lojistik Maliyet

“Hem yurt içi ulaşımda hem de Avrupa bağlantılı hem Kapıkule’den hem de İpsala’dan giriş çıkış yapan tırların karayolu ulaştırma işletmelerinin kullandığı Anadolu’ya geçişte ana bir güzergâh oluşturuyor. Tabii burada İstanbul bir seçenek. İstanbul’daki köprüler üç köprü ama özellikle Ege, Marmara, Güney Marmara ve Akdeniz bağlantı sayısı açısından Çanakkale önemli bir alternatif hem maliyetlerin düşürülmesi noktasında hem de zaman tasarrufu noktasında Köprü’nün çok önemli katkı yapacağını söyleyebiliriz lojistik işletmelerine” (K14).

“Karayoluna nakliyesi artıracak bir şey olarak göreceğiz. Aynı şekilde üçüncü köprü açıldığında ve zorlu bir güzergâhı olduğunu biliyorsunuz ikinci köprü arasındaki fiyat farkı tamam direkt firmaların navlunlarımıza yansıdı baya da bir etki yarattı İstanbul’un navlunlarına bir yüzde 15-20 arasında bir şey artışa neden olmuştu. Şimdi yeniden bir köprü daha çıktı, ne olur bilemiyorum, fiyatlar önemli belli bir fiyatlardan bahsediyorlar proje aşamasında ama hedef fiyatlardan proje gerçekleştirmede bu fiyatlarla mı işletilecek bakmak lazım” (K5).

Katılımcıların çoğunluğu, bozulma riski olan ürünleri taşıyan araçların karşıya geçiş sürelerinde yaşadıkları sorunların önüne geçerek ürünlerin geri gönderilmesini azaltacağını ve geçiş ücretinin yüksek olmaması halinde Köprü’nün lojistik maliyetleri aşağı çekeceği görüşündedir. Diğer katılımcılar, Köprü ücretinin yüksek olması halinde lojistik maliyetlerinin artacağını düşünmektedir.

• Müşteri Memnuniyeti

“Köprü muhakkak etkileyecek. Yani memnuniyetten ziyade zaten bir yolu 2 saatte gitmek farklı 10 dakikada geçmek çok yukarda yani. Dolayısıyla da hem şoför arkadaşlar hem müşteri olarak bizler bundan memnun kalacağız niye aracın içerisinde insanların beklemesi zaten bir sıkıntı. Bunun tabii ki maliyetleri var. Bekleme maliyetleri, yemek maliyetleri, mazot maliyetleri, yakıt maliyetleri sonuçta bütün bunlar etkili. Yani orada köprüye ya da GESTAŞ’ı beklerken o yolun üzerinde sıra oluyor görmüşsünüzdür iki kilometre, üç kilometre sıra olduğu oluyor araç burada dur kalk dur kalk! Bu maliyetler sürekli aracın maliyetlerini yükseltiyor, işletme maliyetlerini yükseltiyor. Dolayısıyla köprü olduğunda bu araçlar duraklama yapmayacağı için biletini alan geçecek” (K7).

“Memnun olabileceklerini zannetmiyorum. Neden? Çok pahalı olacak geminin maliyeti çok. Devamlı kullanan memnun olmaz. Dışarıdan gelip, Avrupa’dan gelip transit geçiş yapanlar onlar belki memnun olabilir ama şimdi haftada 6 sefer Trakya’ya gidiyorum geliyor bana çok bir maliyet çıkıyor ortaya o zaman yani köprüyle geçişinden gemiyle geçişinden arasında çok bir maliyet çıkıyor bu maliyette benim nakliyeme yansıyor o yüzden ben tercih etmem, o maliyet açısından tercih ettim. Gemiye tercih ederim” (K18).

Katılımcıların çoğu, feribot geçişlerinden kaynaklı uzayan teslim ve termin sürelerinin ortadan kalkacağını, Köprü ile birlikte hızlı ve güvenli teslimatın artacağını ve bu durumun müşteri memnuniyetine olumlu yansıtacağını düşünmektedir. Diğer katılımcılar ise

Köprü ücretinin yüksek olması sebebiyle maliyetlerin artacağını ve bu durumun müşteri memnuniyetini düşüreceğini düşünmektedir.

- Tedarik Zinciri Yönetimi

“Genel olarak da şey kısmından faydası olacaktır ve şimdi ithalat anlamında yurtdışından gelen hammadde kaynaklı diğer sektörler baktığımızda gene de AsyaPort’a gelip oradan Gemlik’e geçip veya Evyap Limanı’na gidip 2- 3 aktarma ile geliyor ilk önce AsyaPort’a ulaşıyor, orada iki günlük operasyon süreci yaşadıkten sonra Gemlik’e geçiyor ya da Gemlik’te de bir süre geçtikten sonra Evyap’a gidiyor burada sürekli bir süreç uzuyor. Şimdi ilk bu taraf Anadolu’ya gelecek olanlar için Asyaport’ta yapılan bir operasyon diğer tur mecbur Evyap’a gidiyor o da en son noktaya kadar gidip daha sonra Anadolu’ya doğru dağılıyor ama AsyaPort’ta bu operasyonu yaptıktan sonra direkt köprü üzerinden Balıkesir yoluyla beraber İç Anadolu’ya doğru işte Ege Bölgesine doğru kayma sağlanabilir. Bu anlamda süre anlamında ciddi bir kısaltma getirir. Faaliyeti yani tedarik zinciri etkisi de bunu da kısalttı mı zaten müşteri memnuniyeti hem diğer taraftan ürünün hammaddesini alıp mamule çevirene kadar geçen süreyi kısaltmış olacaktır” (K6).

“Tedarik zinciri yani nakliye. Pek olumlu olmaz diye düşünüyorum çünkü hepsi her şey maliyetler meydana çıkıyor. Çok acil mesela yetişmesi gereken yükler için alternatif. Günlüğü vardır, saatlidir hayvanlar vardır para vardır veya acil yetişmesi gereken yükün vardır. O mesela o anda avantajlı olur ama bunda normal yükte fazla olmaz” (K18).

Köprü’nün; planlama, talep yönetimi, sipariş yönetimi, üretim ve taşıma gibi tedarik zinciri süreçlerini nasıl etkileyeceği belirlenmek istenmiştir. Katılımcıların büyük kısmı, Köprü’nün mevsimsel ve dönemsel aksaklıkların önüne geçerek hızlı teslimat için alternatif güzergah oluşturacağını ve bu durumun da tedarik zincirine pozitif anlamda etki edeceği görüşündeler. Azınlık katılımcı ise Köprü olmasa dahi tedarik zincirinin devam edeceğini, Köprü ile birlikte tedarik zincirinin teçhizat, zaman ve maliyet açısından olumsuz etkileneceği görüşüne hakimdir.

- Lojistik Üs

“Düşünüyoruz. Ama bunun Çanakkale bölgesinde mi olur ilçelerinde mi olur bunu zaman gösterecek mesela Biga olabilir çünkü bizim Biga’nın organizesi üretim ağırlıklı daha çok Çanakkale organizesi depolama ağırlıklı tabii bu da Çanakkale’deki Ezine’deki ihtisas gıda organize sanayiye de tabii atlamamak lazım o da bir faaliyete geçtiği zaman oradaki gıda fabrikaları da çalışmaya başladığı zamanda bu köprü çok büyük faydası olmuş olacak yani ulaşım anlamında bilhassa gıdayı daha çok etkilediği için gıdada araçların beklememesi gerektiğinden dolayı bu anlamda çok büyük faydası olacak” (K11).

“Diyemem. Büyük OSB Çanakkale’de yok. İleride de olmaz. Çanakkale altyapı ile demiryolu ile olur. Onun haricinde olmaz. Güzel bir iç limanı yeri var mı? İç liman yoksa üs olmaz. Kepez Limanı kaldırmaz. Dökme yük yerine konteyner kullanılıyor artık” (K3).

Katılımcıların büyük kısmı, Çanakkale’nin stratejik bir konuma sahip olduğunu, Köprü ve bölgede kurulan, kurulum aşamasında olan ve kurulacak olan organize sanayi bölgeleri ile

de stratejik öneminin güçleneceğini vurgulamıştır. Diğer katılımcılar, bölgenin özgün bir doğa yapısının olduğunu, demiryolunun, büyük bir limanın ve büyük üretim merkezlerinin olmaması sebebiyle lojistik üs olamayacağı görüşüne hakimdir.

- Lojistik Performans İndeksi

“Tabii ki düşünüyorum. Peki nasıl hangi alanda etki yapacak 7 tane faktör var: Gümrük olsun, altyapı olursa sevkiyat, lojistik, hizmetlerin katkısı, gönderilerin takibi, izlenebilirliği ve hepsine katkı sağlayacak. Yani artık burası hareketli bir güzergah olacak” (K6)

“Zamanında teslim noktasına katkı yapar. Diğerleri iç lojistik meseleleri. Mesela gümrük noktasına katkı yapmaz. Çok büyük faydası olacağını zannetmiyorum” (K2).

Katılımcıların büyük çoğunluğu, Köprü'nün Türkiye'nin Lojistik Performans İndeksine, özellikle altyapı olanakları ve zamanında teslimat alanlarında etki edeceğini hatta köprüyle birlikte gümrükleme işlemlerinin başlanabileceği ve böylelikle gümrükleme alanına da etki edeceği görüşündedir. İki (2) katılımcı ise Köprü'nün lojistik performans indeksine çok büyük katkı sağlamayacağını belirtmiştir.

- Tehlikeli Madde Taşımacılığı

“Yok. Neden yok? Çünkü alternatifi deniz taşımacılığı. Bugün yanıcı madde taşıyan turlar tek biniyor gemiye başka araç alınmıyor. Köprü olduğu zaman da adam seni köprüye alacağını zannetmiyorum. Bin gemiye diyebilir ama onu köprüye sokmak zorunda değil. Onlar bir şekilde ayrı bir zamanda giriyor, sırada kuyrukta beklemiyor” (K17).

“Ona çıkmaz, neden çıkmaz? Çünkü geçeceği zaman gemiler tek olarak geçiriyor. Onlarda herhangi bir sıkıntı şu ana kadar yaşamadılar yani köprü olduğunda da yaşanacağını zannetmiyorum. Neden? Çünkü gemi tek tanker alıyor, tek başına geçiriyor karşıya. Köprüden geçmese bile onlar zamanında ulaşıyor” (K18).

Katılımcılar, feribot geçişleri sırasında karşılaşılan önlem ve sınırlamalardan kaynaklı uzayan teslim sürelerinin ortadan kalkacağını, firma ticaretlerine olumlu katkı sağlayacağı ve ADR'li araçların geçişleri sırasında gerekli tedbirler alınarak güvenlik riskinin oluşmayacağı görüşündedir.

- Çok Modlu Taşımacılık

“Kombine taşımacılık kapsamında özellikle zaman açısından ve bozulabilir nitelik arz eden kıymetli bazı ürünlerin Çanakkale'ye gelmesiyle Çanakkale'de kurulacak bazı lojistik işletmelerinin bu ulaştırma modunu yani hava, kara ulaştırma modunu beraber düşündüklerinde. Çanakkale Havalimanı'nın potansiyelinin ve yarattığı fırsatların değerlendirileceğinin ve önemin artacağını söyleyebiliriz. Dolayısıyla Çanakkale Köprüsü'nün hem havalimanının hem Çanakkale Deniz Limanı'nın potansiyelini ve hinterlandını rahatlıkla artıracığını söyleyebiliriz. Çünkü çoklu taşıma modu bir altyapı gerektirir. 1915 Çanakkale Köprüsü'nün tamamlanmasıyla bir anlamda yeni gelişmeler olacağını söyleyebiliriz. Lojistik açısından şüphesiz hava kargo taşımacılığı da bunlardan birisi. Tıpkı demiryolu taşımacılığı gibi hava kargo taşımacılığı da kombine lojistik

taşımacılığı açısından önemli. Dolayısıyla önümüzde orta ve uzun vadede Çanakkale Havalimanı'nın öneminin artacağını da rahatlıkla söyleyebiliriz” (K14).

Katılımcılar, Köprü ile birlikte karayolu entegrasyonun tamamlanacağını, denizyolu ve havayolunun daha aktif hale getirilmesi ve bölgeye demiryolu hattının gelmesi ile birlikte çok modlu taşımacılık sistemine büyük katkı sağlayacağını belirtmiştir.

● RO-RO Taşımacılığı

“Şimdi şöyle söyleyeyim Bandırma Limanı'ndan Tekirdağ ve Ambarlı limanlarına Karabiga limanlarına Tekirdağ limanlarına RO-RO taşımacılığı şu an yapıyor ama köprüyle birlikte bu RO-RO taşımacılığının şey düşeceğini düşünüyorum ben niye çünkü özellikle kış aylarında RO-RO ile karşıya geçmek normal şartlarda 4 saat 5 saat ise 6-7 saati buluyor. Beklemeler artıyor zaman kaybı artıyor. Bir de şimdi köprüde bekleme olmayacağı için insanlar köprüyü tercih edecek şoförler köprüyü tercih edecek. Yani kişiler köprüyü tercih edecek. Niye? Beklemesi yok direkt adres alacaklar yani burada Karabiga'nın da yine RO-RO taşımacılığının düşeceğini düşünüyorum. Burada Karabiga'da en fazla Kale Nakliyat anladığım kadarıyla kullanıyor burayı kendi gemileri olduğu için ama diğer firmalar adına bu taşımacılıkta RO-RO taşımacılığını düşeceğini düşünüyorum” (K7).

“Herkes maliyet hesabı yapıyor. Yani şimdi köprü faaliyete geçtiği zaman köprü parası işte oradaki yani kilometre toplayacak olan kilometre araçların yaktığı yakıt hepsi hesaplanıyor mesela biz de kendi araçlarımız Trakya hattına ya da Trakya üzerinden İstanbul'a gideceği zaman maliyet hesabı yapıyorduk. İşte Lapseki'den gemiyle geçtiği zaman gemi ücreti Gelibolu'dan işte İstanbul'a ya da Tekirdağ kaç kilometre yapıyor o kilometrede kaç lira yakıt yakıyor bunları çıkartıyorduk. Bir de buradaki geminin parasını soruyordu bu ya kafa kafaya geliyor ya da biraz daha düşük oluyor ve diyor ki arabamızı yorulmasın risk olmasın hadi Karabiga'dan RO-RO ile geç diyorduk. Bu değişmez insanlarımız yine bizim RO-RO kullanılır” (K13).

Katılımcılar ilk olarak Köprü ücretleri doğrultusunda karar vereceklerini, ücretin istenilen seviyede olması halinde Köprü'yü tercih edecekleri, ücretin yüksek olması halinde ise RO-RO taşımacılığına yönelecekleri görüşüne hakimdir. Ayrıca bazı katılımcılar, gemilerde şoförlerin sosyallaşabilmelerinden dolayı RO-RO taşımacılığının çok olumsuz etkilenmeyeceğini belirtmiştir.

● Hava Kargo Taşımacılığı

“Tabii ki. Böyle bir proje bölgeye büyük katkılar sağlayacak. Altyapı gelince üretim, istihdam, lojistik merkezler oluşacaktır. Yük cinsine bağlı olarak üretim artacak, hava kargo taşımacılığı artacaktır” (K9).

“Bence olmaz. Çünkü Çanakkale'deki sanayileşme ile Bursa'daki sanayileşme arasında uçurum var. Yani Çanakkale sanayi kuruluşları için böyle bir operasyon zarar eder. Çünkü çok yüksek maliyet çıkar, Bursa devam eder diye düşünüyorum” (K6).

Katılımcıların çoğunluğu, Köprü'nün bölgenin lojistik üs olması, çok modlu taşımacılık sisteminin ve bölge sanayisinin gelişmesiyle birlikte hava kargo taşımacılığının önünün

açılacağı görüşündedir. Diğer yandan bazı katılımcılar, Çanakkale'nin sanayi şehri olmaması sebebiyle hava kargo taşımacılığının gerçekleştirilemeyeceğini fakat bölge sanayisinin gelişmesiyle hava kargo taşımacılığının gündeme gelebileceğini belirtmiştir.

• Demiryolu Taşımacılığı

“Kesinlikle etkiler yani İÇDAŞ'ın da bu konuda çok ciddi baskısı var. Zaten İÇDAŞ bu anlamda şanslı biraz daha Bandırma'ya yakın olduğu için demiryolu bağlantısının oraya kadar uzatılması konusunda ısrarcı. Umuyoruz ki gerçekleşir. Çanakkale için de sonuçta bu bir şans oluşturur. Demiryolu limanlar için kesinlikle ve kesinlikle olmazsa olmaz bir lojistik bağlantı yoludur” (K1).

“Hızlandırabilir mi terste tepebilir mi? Öyle bir durum da var ya daha önce köprü konusu olmadığı için 2010'lu yıllar zamanında kalan o dönemde fayda analizi yaptığımızda çok iyiydi demiryolunun gelmesi Biga'ya kadar gelmesi işte bu hatta hat devam edecekti. Çünkü Çanakkale Sermaik var, İÇDAŞ var, diğer firmalar da var. Demiryolu taşımacılığı için etkiler mi? İki tane projeden biri bana sorsanız uzak diğeri olduğu için bu yani kalabilir ama şey anlamında olması gerekiyor mu? Kesinlikle. Mesela hızlı tren gelsin Biga'ya, Çanakkale'ye kadar gelsin bu hatta yürüsün Ankara'yı bağlansın Konya'yı bağlansın. Çünkü ulaşım insanların gelişimine de dahil her şeye faydası var, olan bir konuya öyle şey azımsanacak, küçümsenecek bir konu yani o yüzden keşke olsa ama bana sorsanız onlardan bugünlere bir şey olmadı bundan sonra da ama taşımacılık anlamında olabilir ya tabi şimdi burasının nasıl kullanacak insanlar şimdi onu da bilmiyoruz. Yani şimdi iki tane yatırımın aynı anda olması birbirini baltalama anlamına da gelebilir. Yani bunu işte taşıma olarak bunun demiryolu düşüncen yoksa insanları taşımaları olarak düşüneceksin bana sorsan şeyde gelebilir yani insan taşımacılık yani bir şey yolcu tren şeklinde belki olabilir. Keşke olsa zaten buralarda kara taşımacılığı azıcık şey azaltmakta fayda var yol yapıyoruz durmadan yolda sadece tırlar dolaşsın” (K16).

Katılımcıların çoğunluğu, demiryolu taşımacılığı ile ilgili bir projenin gündemde olduğu ve Köprü'nün bu projeye pozitif etki edeceği görüşündedir. Katılımcıların diğer bir kısmı ise Köprü üzerinde demiryolu hattının yer almaması ve devletin hem köprü hem de demiryolu projesinin birlikte gerçekleştiremeyeceğinden, Köprü'nün demiryolu hattının bölgeye gelmesinde etkili olmayacağı görüşündedir.

• Yeni Liman

“Olabilir, Karabiga limanını yapacağız. Şimdi Çanakkale turizm kenti olduğunda Çanakkale'ye turizm limanı, kruvaziyer gemi limanı ihtiyacı var. Biz, ticari anlamda da bakınca da Biga'ya Karabiga'ya böyle bir yatırımın olması düşüncesindeyiz” (K11).

“Şu an hiç öyle bir beklentim yok. Yani bu bölgenin sanayisi belirli bir çapta. Bir-iki sanayi kuruluşları gelmeli ki ondan sonra ihtiyaç doğsun. Şu anda ihtiyaç yok diye düşünüyorum. Çünkü Bandırma var, en kötü Gemlik var, Karabiga İÇDAŞ var ha olamaz mı olabilir. Gelişsin bu bölgede gelişsin bir Bursa olalım bizde bölgede. Bursa olursak tabii o zaman ihtiyaç olur tabi kesinlikle. Çünkü deniz yakınıımızda” (K16).

Katılımcıların çoğunluğu, Köprü ile birlikte bölgeye yeni bir liman yapılmasını beklemektedir. Hatta bazı katılımcılar yeni limanın Biga ilçesi Karabiga beldesine yapılabileceği öngörüsüne sahiptir. Diğer katılımcılar ise Marmara Havzasında birçok liman olmasından dolayı bölgeye yeni bir liman yapılmayacağı görüşüne sahiptir.

- Yol Haritası

“Tabii bunla alakalı bizim Çanakkale ölçeğinde lojistik anlamında da en aktif iş hacmine sahip olan ilçeyiz İÇDAŞ, DOĞTAŞ, Organize Sanayi bölgesindeki 40’ın üzerindeki fabrikanın yani eski yıllara da baktığımız zaman bu bölgenin lojistik anlamdaki sektörün başını çeken yine Biga olmuş. Tabii bizim de burada Göktepe mevkiinde vasfını yitirmiş bir mera alanı var. 150 bin metrekare oranın yazışmaları uygunlukları hepsi alındı şu an bakanımız da uygun gördü. Şu an tahsis işlemleri başladı. Biga Belediyemize tahsisi yapılacak. Biz de nasip olursa oraya 50 bin ya da 60 bin metrekare alan üzerine kamyon, tır garajı ve nakliyeciler sitemizi oraya planlayacağız. Biz göreve geldiğimiz günden beri her platformda bahsettiğimiz konu 1915 Çanakkale Köprüsü” (K13).

“Köprü ile ilgili bir planımız yok şirket olarak. Ama ilgilendiğiniz birkaç tane konu vardı mesela ilk başta rafa kaldırdığımız konu köprü ile birlikte köprüünün yapılacak olması ile birlikte ileriki günlerde belki yeni bir yatırıma bizi itebilir. Daha önce zor olan bir konu” (K16).

Katılımcıların büyük çoğunluğu, Köprü’nün gelmesiyle birlikte yol haritalarını belirlediklerini diğer kısmı ise yol haritalarını belirlemediklerini belirtmiştir.

- Turizm Gelişimi

“Çok pozitif etki edecektir. Özellikle Çanakkale hafta sonu kaçılabilir bir yer. Turizm geliri açısından avantaj orada yaşayanlar için pozitif etki anlamına gelmiyor” (K2).

“Sadece köprüden geçerken turist görür bir fotoğraf çeker alır gider başka bir şey olmaz” (K17).

Katılımcıların büyük çoğunluğu; bölgenin turizm açısından popüler olduğunu, Köprü’nün hizmete açılmasından sonra günübirlikçi turist sayının artacağını ve bölgenin tanıtımına pozitif katkı yapacağını belirtmektedir. İki (2) katılımcı ise Köprü’nün bölge turizmine katkı sağlamayacağı düşüncesindedir.

- Ekonomik ve Sosyal Gelişim

“Sağlayacaktır, kesinlikle sağlayacaktır. Ya bir kere bölgede çeşitli konaklama yerleri oluşacak çeşitli ne bileyim yöresel bölgesel ürünler satan pazarlar oluşacak. İşte bu araçların atıyorum Mercedes’in bilmem ne servisi oluşacak Scania’nın bilmem ne servisi oluşacak. Bunlar artık buralarda yol boyunca araçların bakım onarım için gerekli ihtiyaçlarını karşılayacak durumlar oluşacak gibi bu tür bölgeye katkısı mutlaka olacak ekonomik olarak” (K6).

“Esnafa bir faydası olacağını zannetmiyorum. Dediğim gibi kurum, kuruluş, lojistik. Bana göre Çanakkale gel geçinden kaybeder yani oradaki duraksamalarda yapılan alışveriş,

yemden içmeden Çanakkale’de gezilmesi yani Çanakkale sadece Anzak gününü beklemek zorunda kalacak gibi geliyor” (K17).

Katılımcıların büyük bir kısmı; arsa fiyatlarının yükselmeye ve bölgenin cazibe merkezi olmaya başladığını, yatırımların giderek artacağını bu durumun da bölgenin ekonomik ve sosyal gelişimine katkı sağlayacağını belirtmiştir. Bir (1) katılımcı ise Köprü’nün bölgenin ekonomik ve sosyal gelişimine katkı sağlamayacağı görüşündedir.

• Sanayi Gelişimi

“Ümit edilen nokta bu. İstanbul taşı, Tekirdağ taşı, sanayi kaçacak yer arıyor. Düzce/Sakarya/ Kocaeli bundan böyle sanayinin en büyük çıktısı lojistik, nakliyat. Kısa vadede Tekirdağ dolmadı uzun vadede dolacak. Çanakkale’de açılacak topraklar var. Köprü, liman ve yol ile birlikte hazır kurulu sistem haline geliyor Çanakkale” (K2).

“Yok, ben bölgede Çanakkale Bölgesi olarak beklemiyorum turizm daha ağırlıklı olur. Çünkü bir de bizim Çanakkale ve Ege Bölgesinde gerçekten işgücü sorunumuz had safhada insanların hala böyle bir şey var. Bir Düzce gibi değil, bir Sakarya gibi değil ne bileyim işte öyle bir şey var” (K6).

Katılımcıların büyük kısmı; sanayi kapasitesi anlamında Marmara Bölgesi’nin artık taşıdığı, Köprü’nün yapılması ve denize kıyısı olması sebebiyle yeni gözde yerin Çanakkale olduğunu belirtmiştir. Diğer yandan iki (2) katılımcı ise tarihi yapısı ve Kazdağları’nın olması sebebiyle Çanakkale’nin sanayi anlamında gelişim göstermeyeceğini savunmuştur.

• Ücret

“Şu an bizim İstanbul’a geçiş maliyetlerimizi biz nasıl hesaplıyoruz karadan bütün şu an feribot artı karayolu mesafesinde yaptığımız yakıt, mazot işte yol süresi bunlarla beraber alıp aracın sabit maliyetlerini bir hesabımız var aynı zamanda yine RO-RO geçişi ile bir hesabımız var. Bunların altında olmasını bekleriz yani bunların maliyeti ne ise bir aracın sefer süresi içerisinde bunun altında bir maliyetin oluşmasını bekleriz. Bu hesaba göre şimdi rakam vermem uygun değil ama bakarız yani feribot fiyatlarıyla ekonomik olsun ki tercih edilsin aynı şekilde anlaşması nasıl bilmiyorum ama Osmangazi gibiye hepimizin cebinden çıkmasın geçenin cebinden çıksın” (K5).

“Belirlenen rakam muhakkak düşünülmüştür yetkililer tarafından tabii burada ben köprü’nün tercih edileceğini düşünüyorum. Özellikle işletmeler lojistik işletmeye tarafından köprü’nün geçiş düzeyinin zaten belli avantajlar sağlayacağı açık. Dolayısıyla köprü önemli bir zaman avantajı sağlıyor. Zaman önemli bir maliyet ve dolayısıyla büyük işletmelerin büyük lojistik işletmeler için çok önemli olduğunu düşünüyorum bu köprü ücretinin” (K14).

Katılımcıların bir kısmı, ödenen ücrete karşılık alınan hizmete değeceğini belirtmiştir. Katılımcıların diğer bir kısmı ise ücretin yüksek olması durumunda Köprü yerine feribot veya RO-RO geçişlerini tercih edeceklerini belirtmiştir.

4. Sonuç

Araştırmanın problemi ve amacı doğrultusunda ilk olarak “1915 Çanakkale Köprüsü hinterlandında yer alan bölgelerin lojistik alanlarına etki edecektir” varsayımı irdelenmiştir. Bu doğrultuda on sekiz (18) katılımcıya on üç (13) soru sorulmuştur. Gerçekleştirilen analizler sonucunda Köprü’nün bölgedeki lojistik faaliyetlere pozitif yönde etki edeceği sonucuna varılmıştır. Köprü’nün lojistik ihtiyacından dolayı yapıldığı, işletmelerin lojistik hizmet sağlamalarına olumlu katkı sağlayacağı, lojistik maliyetlere olumlu etki edeceği, müşteri memnuniyetine pozitif katkı sağlayacağı, tedarik zincirine olumlu etki edeceği; Köprü ile birlikte Çanakkale’nin hatta bazı katılımcılara göre Biga’nın lojistik üs olabileceği; Köprü’nün lojistik performans indeksine olumlu katkı yapacağı; Köprü’yle birlikte ADR’li araçlarının geçişinin önündeki engelin kalkacağı; Köprü’nün çok modlu taşımacılık sisteminin önünü açacağını, ücretlerin makul seviyelerde olması halinde RO-RO taşımacılığını olumsuz etkileyeceği; Köprü ile birlikte Çanakkale’nin lojistik üs olması haline hava kargo taşımacılığının yapılacağı; Köprü’nün demiryolu hattının bölgemize kazandırılmasında önemli rol oynayacağı; Köprü’yle birlikte Çanakkale iline, hatta bazı katılımcıların görüşlerine göre Biga ilçesi Karabiga beldesine yeni bir liman yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Araştırmanın problemi ve amacı doğrultusunda ikinci ve son olarak “1915 Çanakkale Köprüsü hinterlandında yer alan yerleşim bölgelerinin ekonomik, sosyal, turizm ve sanayi alanlarına etki edecektir” varsayımı irdelenmiştir. Bu doğrultuda on sekiz (18) katılımcıya on dört (14) soru ve ayrıca mülakatın gidişatı doğrultusunda her bir katılımcıya “1915 Çanakkale Köprü ücreti hakkında düşünceleriniz nelerdir?” sorusu sorulmuştur. Gerçekleştirilen analizler doğrultusunda katılımcıların ortak görüşü 1915 Çanakkale Köprüsü’nün hinterlandında yer alan yerleşim bölgelerinin ekonomik, sosyal, turizm ve sanayi alanlarına pozitif etki edeceği yönündedir. Köprü’yle birlikte işletmelerin genelini yol haritası hazırladıkları; Köprü’nün bölge turizmine katkı sağlayacağı, yine bölge ekonomisine ve sosyal gelişimine pozitif etki etmeye başladığı, sanayi gelişimini olumlu yönde ivmelendireceği; Köprü ücretinin yüksek olması halinde feribot veya RO-RO taşımacılığının tercih edileceği sonucuna varılmıştır.

Elde edilen sonuçlar neticesinde 1915 Çanakkale Köprüsü’nün Çanakkale-Balıkesir çıkışlı çok modlu lojistik faaliyetlere olumlu etki edeceği, bunun yanında bölgenin sosyo-kültürel, ekonomik ve sanayi gelişimine olumlu katkı sağlayacağı tespit edilmiştir.

4.1. Gelecek Çalışmalar

Gelecek çalışmalara ışık tutması açısından Köprü’nün çok modlu taşımacılık dışında askeri taşımacılık faaliyetlerindeki etkisi, Köprü’nün tedarik zinciri süreçlerine etkisinin incelenebileceği, çalışmanın Çanakkale-Balıkesir özelinden çıkarılarak Marmara Bölgesi geneline etkisinin incelenebileceği düşünülmektedir.

4.2. Sınırlamalar

Araştırma verilerinin toplanması amacıyla teklif edilen görüşme talapleri; çalıştıkları kurumun kimliği sebebiyle şahsi düşüncelerini söylemekten çekinmeleri, iş yoğunluğu ve yıllık izinde olmaları nedeniyle geri çevrilmesi çalışmanın sınırlamalarıdır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

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

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support.

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

Kaynakça

- Atmaca, D. (2022). 1915 Çanakkale Köprüsü'nün Biga ve Bandırma'ya Yönelik Sektörel Etkileri. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(1), 241-259.
- Aydın, M., & Perk, E. (2012). Boğaz Köprüsü ve Dışsalık: Çanakkale'ye Yönelik Nitel ve Nicel Bir İnceleme. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12(24), 1-30.
- Baltacı, A. (2018). Nitel araştırmalarda örnekleme yöntemleri ve örnek hacmi sorunsalı üzerine kavramsal bir inceleme. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 231-274.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. 3rd ed. Sage publications.
- ERM (2018). *Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirmesi (Teknik Olmayan Özet)*. <https://www.1915canakkale.com/cmsfiles/Galleries/6796/teknik-olmayan-ozet.pdf> (Erişim Tarihi: 14.07.2022).
- Flodén, J. (2007). *Modelling Intermodal Freight Transport. The Potential of Combined Transport in Sweden*. Department of Business Administration Företagsekonomiska institutionen.
- Guo, J., Du, Q., & He, Z. (2021). A method to improve the resilience of multimodal transport network: Location selection strategy of emergency rescue facilities. *Computers & Industrial Engineering*, 161, 107678.
- Hao, C., & Yue, Y. (2016). Optimization on combination of transport routes and modes on dynamic programming for a container multimodal transport system. *Procedia Engineering*, 137, 382-390.
- Harris, I., Wang, Y., & Wang, H. (2015). ICT in multimodal transport and technological trends: Unleashing potential for the future. *International Journal of Production Economics*, 159, 88-103.
- İlçali, M., Catbas, N., Kiziltas, M., & Ongel, A. (2014). Multimodal Transportation Issues in Istanbul: A Case Study for Traffic Redistribution Due to Long Span Bridge Rehabilitation. In *Advanced Materials Research* (Vol. 831, pp. 413-417). Trans Tech Publications Ltd.
- Jarašūnienė, A., Batarlienė, N., & Vaičiūtė, K. (2016). Application and management of information technologies in multimodal transportation. *Procedia Engineering*, 134, 309-315.
- Kundakçı, B., & Nas, S. (2022). Vessel Traffic Characteristics Analysis on the Cross-section of the 1915 Çanakkale Bridge at the Strait of Çanakkale. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 9(2), 60-70.
- Macharis, C., & Bontekoning, Y. M. (2004). Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review. *European Journal of operational research*, 153(2), 400-416.
- Macharis, C., & Pekin, E. (2009). Assessing policy measures for the stimulation of intermodal transport: a GIS-based policy analysis. *Journal of transport geography*, 17(6), 500-508.
- Papoušková, K. (2021). The Concept of Railway Transport in the Czech Republic. *Transportation Research Procedia*, 53, 154-158.

- Regmi, M. B., & Hanaoka, S. (2012). Assessment of intermodal transport corridors: Cases from North-East and Central Asia. *Research in Transportation Business & Management*, 5, 27-37.
- Skjøtt-Larsen, T., Paulsson, U., & Wandel, S. (2003). Logistics in the Öresund region after the bridge. *European Journal of Operational Research*, 144(2), 247-256.
- Stemler, S. (2000). An overview of content analysis. *Practical assessment, research, and evaluation*, 7(1), 17.
- Tanoğlu, M., & Yücesan, M. (2020). Bölgesel Kalkınma ve Yönetişim: 1915 Çanakkale Köprüsü Örneği. *Journal of Academic Value Studies*, 6(1), 97-107.
- Tanoğlu, M., Yücesan, M., & Yağmur, İ. (2019). Lapseki Halkının 1915 Çanakkale köprüsüne bakışı ve beklentileri üzerine bir inceleme. In *ICOAEF VI-International Conference on Applied Economics and Finance and Extended With Social Sciences* (Vol. 90, p. 97).
- Tsao, Y. C., & Linh, V. T. (2018). Seaport-dry port network design considering multimodal transport and carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, 199, 481-492.
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (2022). 2053 Ulaştırma ve Lojistik Ana Planı. <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/bakanlik-yayinlari/2053-ulasirma-ve-lojistik-ana-plani-rev.pdf> (Erişim Tarihi: 21.10.2022).
- UN. (1980). United Nations Convention on International Multimodal Transport. https://unctad.org/system/files/official-document/tdmtconf17_en.pdf (Erişim Tarihi: 24.06.2022).
- UNECE (2001). Terminology on combined transport. <https://unece.org/DAM/trans/wp24/documents/term.pdf> (Erişim Tarihi: 27.07.2022).
- Weber, R. P. (1990). *Basic content analysis* (Vol. 49). Sage.



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1067686

RESEARCH ARTICLE

Locating Consolidation Centres For Aggregation of Subsistence Agricultural Products From The Southwestern Region of Nigeria

Sulaimon Adebisi¹ , Jonathan Ekpudu² , Olamide Awe³ 

ABSTRACT

The purpose of this study is to improve agriculture product supply capacity in a way that is beneficial for subsistence farmers and consolidators in the southwestern region of Nigeria. Data gathered includes the distance travelled between various locations, units demanded, and fixed and variable costs. The data were presented on Google maps and evaluated using Weber, Centre of Gravity (CoG), and Mixed Integer Linear Program (MILP) methods. Software deployed for analysis were Microsoft 2013-Excel Solver, and Statistical Analysis System (SAS). The Weber and CoG methods yielded similar results that the consolidation centre should be located at the Oshodi area of Lagos State to minimise distance travelled. However, the MILP model suggested that opening consolidation centres at the Mushin area of the Southwest region generated the optimal outcome in terms of cost and distance travelled to market and customers. The novelty of the developed model is that it provides alternative location candidates that can be critically explored in practical location decisions. Hence, the model is a support tool applicable by managers of agricultural businesses in their decision to establish consolidation centres in such a manner that minimises cost and distance travelled to meet customer and market demand.

Keywords: Location, Consolidation Centre, Agricultural Products, Transportation, Facility

Submitted: 04.02.2022 • Revision Requested: 18.05.2022 • Last Revision Received: 16.09.2022 • Accepted: 18.10.2022

1 Sulaimon Adebisi (Dr.), University of Lagos, Department of Business Administration, Lagos, Nigeria. E-mail: lanre18april@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3032-6936

2 Jonathan Ekpudu (Dr.), University of Lagos, Department of Business Administration, Lagos, Nigeria. E-mail: jekpudu@unilag.edu.ng
ORCID: 0000-0001-7657-1182

3 **Corresponding author:** Olamide Awe (Lecturer), University of Lagos, Department of Business Administration, Lagos, Nigeria. E-mail: aweola26@yahoo.com
ORCID: 0000-0003-0597-1087

Citation: Adebisi, S., Ekpudu, J., & Awe, O. (2022). Locating consolidation centres for aggregation of subsistence agricultural products from the southwestern region of Nigeria. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 405-430. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1067686>



1. Introduction

A sustainable agricultural sector is expected to possess the capacity and capability to provide enough food to its population, contribute to foreign earnings, create employment for adults and youths, serve as a source of raw materials for industry conversion, and improve the socio-economic status of citizens. The agricultural sector is a solid foundation for growth in the industrial and economic activities of a nation from whence further accelerated economic growth and development can be achieved. Positive environmental benefits, such as sustainable natural resource management, biodiversity preservation, conservation of land, and development of the potential of rural areas, can be achieved through successful agricultural practice (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018).

Dating back to the precolonial era, subsistence agricultural practices were prevalent in Nigeria. Subsistence agriculture in Nigeria has been a means of survival for small-scale farmers, and a shock absorber for the economy when agricultural output has declined, but it has not translated to the development of rural areas (Apata, Folayan, Apata & Akunlua, 2011). Subsistence agriculture, according to Apata, Folayan, Apata, and Akinlua (2011), plays an important role in food security but it has not translated to rural development in Nigeria. Small-scale farming has not been able to meet the challenges of contemporary agricultural development (Onakuse, 2012).

Despite policy support from the Nigerian government to set a pace for agricultural practices in the country, some factors keep agriculture at subsistence levels. Poverty in rural areas, the continuous increase in rural-urban migration, and the degradation of land have kept farming at subsistence levels (PricewaterhouseCoopers, 2017). Also, farmers do not have access to market their products due to facility problems and stringent government regulations (Gaal & Afrah, 2017). Farmers are not able to sell their crops at a profitable price after harvesting due to storage problems and lack of access to the market. This problem often leads to post-harvest food loss and waste in the agricultural supply chain in Nigeria. Additionally, the transportation facilities in Nigeria are poor, storage facilities are not adequate, and products harvested are left in remote areas without access to markets (Adeniran & Oladun, 2020).

Given the nature of subsistence farming and the corresponding predicaments that have been described, subsistence agriculture needs large-scale investment and a business environment that promises returns to farmers beyond survival to economic development. Nigeria has many opportunities to transform its economy, particularly in agricultural product processing. Special agricultural processing zones could promote agro-industrial development and employment (African Economic Outlook, 2020). Organised and guided programs that increase the size of farms, cost of labour reduction, and farming technique improvements could serve as a veritable means to enhance the income of subsistence farmers in Nigeria (Adeniyi, 2013). Similarly, the institutional changes that enhance efficiency would be of benefit to small-scale farmers by facilitating shifts from subsistence to commercial agriculture (Apata, Folayan, Apata & Akinlua, 2011).

Consequently, an approach that can be used to address the above issues is consolidation. The function of a consolidator in agricultural supply chains cannot be underestimated. The importance of the consolidation function has been ignored in recent literature suggesting improvements in agricultural practices in Nigeria (Nwangwu, 2019; Olayemi, Oko, Oduntan, 2020; Adsida, Nkomoki, Bavorova & Madaki, 2021, Anzaku & Charles, 2022). The consolidator aggregates small goods that belong to various shippers into full or truckload containers in such a manner that makes it easy to distribute goods cost-effectively, locally and globally (Caizza, Volpe & Stanton, 2015). Consolidators are agents, logistics companies, and export brokers that provide a complex set of services to agro-food SMEs (Caizza, Volpe & Stanton, 2015). Food crops produced through subsistence farming in the rural areas of the country by small farmers are consolidated by a company that aggregates demand from the small farmers and then enables supply to various parts of the country. The concept of consolidation becomes useful because the farmers produce in small lots, and it is not economically feasible for them to supply to the consumers or retailers in all other parts of the country. It is the job of a consolidator to aggregate the small produce and supply it to retailers, who further supply to consumers.

However, consolidation centres have to be located in a place that ensures easy access to customers and markets, and where operations are performed at the least cost. To achieve this, the purpose of this study is to examine how the location of consolidation centres for the aggregation of subsistence agricultural products of small-scale farmers can be used to improve their access to markets. The perspectives of this study have not been considered in much research relating to facility location within the context of agriculture in Nigeria. This indicates the need to bridge the gap by applying facility location models to optimise consolidation practices for aggregation, and supply of crops to areas of high demand in the Southwestern region of Nigeria.

2. Literature Review

In this section, Weber's least cost and the bullwhip effect theories were used to underpin this study. Additionally, some empirical literature was reviewed with a focus on the study objectives, methods deployed for data collection and analysis, the relevant findings, and conclusions.

2.1. Theoretical Review

Weber's least cost theory, also known as the theory of industrial location, was propounded in 1909 but later published in 1929 in his classic work titled *Über den Standort der Industrien*. The essence of the theory was to determine the appropriate location of facilities (Weber, 1909). In regard to this study, Weber's least cost theory gives insights on the appropriate location to establish consolidation centres for the aggregation of agricultural products.

Based on Weber's least cost theory, the point for locating an industry that minimises transportation and labour requires the analysis of three factors. The first factor is that the point of optimal transportation is based on the cost of distance to the material index. The material index describes the ratio of the weight of localised materials divided by the

weight of the finished product (Fearon, 2002). The location of consolidation centres, in this case, is largely influenced by the analysis of the material index. This is because the consolidation has to be close to farmers who supply the raw agricultural products. By so doing, the consolidator can effectively discharge aggregation responsibilities, making it easier for agricultural products to be stored and distributed in a cost-effective manner (Caizza, Volpe & Stanton, 2015).

Secondly, Weber's least cost theory posits that due to labour distortion, more favourable sources of lower labour cost might justify greater transport distance. Consequently, the location of consolidation centres in the rural area of the Southwest region is influenced by a study of labour dynamics in the region. A study of rural-rural migration by Agbonlahor & Philip (2015) shows that labour supply in Southwest Nigeria is mostly influenced, among other things, by the availability of farmland. Crop farming and farm labour constitute major livelihood options for migration to the rural community (Agbonlahor & Philip, 2015). A study of migration and sustainable development in Southwestern Nigeria showed that socio-economic variables such as income level, age, educational status, household size, and occupation influence the incidence of migration to areas like Ogun, Oyo, and Ekiti state (Adebayo, 2020). According to the study, the migrants' reasons for returning to the place of origin were the need for community development and for origin achievements such as club membership, chieftaincy title, and ownership of farm landed property, amongst others (Adebayo, 2020). Hence, locating consolidation centres in the Southwestern region of Nigeria is justified by labour migration potentials to the area.

The third factor, according to Weber's least cost theory, is agglomeration or concentration of firms and deagglomeration of firms. Agglomeration describes the collection of clusters of business firms located very close to each other. The general idea of agglomeration is to concentrate business activities close to one another with the goal of increasing their productivity and economic relevance (Kano, Lengyel, Elekes & Lengel, 2019). Agglomeration of firms, according to Weber's least cost theory, is necessary when there is adequate demand for support services of the organisation, nearness to the labour force, and opportunities for investment in new businesses (Fearon, 2002). Through an agglomeration strategy, firms build facilities that provide products and services that are in close contact with customers. Based on considerations such as cost of establishment, nearness of customers, and markets, one or more consolidation centres can be opened for aggregation of crops.

Weber's least cost theory further states that deagglomeration of firms occurs when organisations leave a particular environment due to reasons such as shortage of labour, overconcentration of firms, unprofitable industry, high cost of operation, and other issues (Kano, Lengyel, Elekes & Lengel, 2019). Consequently, Werber (1909) examined factors that lead to the diversification of an industry within horizontal relationships between processes within plants. Other factors of diversification are the attractiveness of the market or industry and government regulatory policies. Weber further examined factors leading to the diversification of an industry in the horizontal relations between processes within a plant (Fearon, 2002). Issues associated with industry location are highly relevant for an

organisation's strategic positioning for competitiveness (Simiyu, 2020). Hence, from a diversification perspective, the establishment of consolidation centres for the aggregation of agricultural products is an emerging business opportunity for companies operating in the agri-business supply chain, and for other logistics companies in Nigeria's freight or shipping industry. Therefore, the use of the Weberian model justifies the use of cheap and unexploited labour, raw materials, and optimal transportation distance.

The bullwhip effect was first conceptualised by Jay Forrester's Industrial Dynamics (1961), and because of this, the concept was also named the Forrester effect (Forrester, 1961). The concept can further be traced to the work of Procter and Gamble (P&G) in the 1990s, who applied the idea to the observed variation between the company and its suppliers. The phenomenon of the bullwhip effect generally describes a situation when demand forecast yields supply chain inefficiencies, delay, and the inability to meet customer demands. The bullwhip effect is one of the most popularly celebrated concepts in the operations management research field (Wang & Disney, 2016). Bullwhips refer to inventory swings in response to shifts or changes in consumer demand, which amplifies a supply chain upstream (Lee, Padmanabhan, & Whang, 1997; Disney, 2008; Hoberg & Thonemann, 2014).

The bullwhip effect in the agricultural supply chain occurs due to the structure of the industry. Description of the agricultural value chain by Kim (2018) shows that the supply chain is long and fragmented. Conspicuous characteristics of the agricultural supply chain are the psychological and physical distance between suppliers and customers. More so, geographical fragmentation exists because farms are located in rural areas, and are usually far away from urban centres where customers are located. Psychological differences also occur due to sociocultural differences between the rural and urban areas (Kim, 2018). The physical and psychological distance increases the existence of intermediaries and gatekeepers, making the industry more fragmented, with small players who have myopic views of optimising profits and interest in the supply chain with little interest or consideration for issues affecting the entire supply chain (Kim, 2018). Hence, the negative impact of the bullwhip effect on the agricultural industry is more severe than in other industries. Ntihinurwa and de Vries (2021), who observed physical farmland fragmentation, suggested farmland consolidation practices in line with other agricultural land protection policies and programs geared towards ensuring food security in the chain. Consolidation practices are very important approaches veritable tool for the reduction of fragmentation due to installed capacity for aggregation of products for further distribution in a supply chain in a cost and time-effective manner (Caizza, Volpe & Stanton, 2015).

2.2. Empirical Review

The single and multiple network location models have been applied in various studies as decision tools to solve facility location problems for the optimisation of firm performance in the agricultural industry. In the study by Islam, Uddin, Alam, and Faruque (2019) the mixed integer linear programming model was applied to investigate a two staged supply chain network for coordination of agricultural products during times of uncertainty amongst producers, wholesalers, retailers, and consumers. Information on agricultural

products was collected from two hundred and thirty-five (235) players in the agricultural market. Other information gathered included the types of products, agricultural product hub facilities, variable and fixed cost of plant installation, distribution centres, warehouses, distances, and prices associated with the use of various transportation modes. Major findings adduced the reasons for shortage in the agricultural product supply to insufficient producer's production capacity. More so, improvement in profits before and after coordination is determined by a complete outsourcing decision, which is of benefit to the producer and wholesalers.

The mixed integer linear programming model was applied to integrated fish supply chain planning by Nurdin, Zarlis, Tulus, and Efendi (2020) to solve problems associated with a shortage in the supply of fish to some destinations, and to meet customer demand. The researchers gathered data from suppliers which covered transportation cost and distances, operational cost data, fish resources data, and distribution routine data, and it was presented in the form of matrix. Using the MILP method, the objective function was developed to minimise cost of inventory, transportation, and other costs related with distribution of fish in the supply chain network. The objective function was subject to demand and supply constraints, while the binary variable and fixed cost constraint were also included in the model. Application of the model showed that the operational cost of transporting fishes from suppliers to consumers at the various locations is minimised. The model further revealed that other costs, such as cost from suppliers to distribution centres and to consumers, and the inventory costs applicable to the suppliers and distribution centres, were minimised.

Hanifha, Ridwan, and Suksessanno (2020) demonstrated how the centre of gravity method and the mixed integer linear programming model were integrated to make decisions on site selection for new facilities. Data collected included the customer nodes from fifty-three villages on the x and y coordinates, and demand from the villages. Other information relates to the fixed and variable cost of transportation and establishment of the facilities. The objective function was to minimise the cost subject to demand and supply constraints. The binding constraints were used to determine whether to open the new facilities or not. Results showed that it was only feasible to open six (6) facilities in six villages for operation amongst the twenty-four (24) villages and even distributed across three (3) districts. Selecting the six facilities according to the model yields the minimum total costs.

Towards the design of a sustainable supply chain for meat distribution, Zarini and Javadian (2020) applied a multi objective mixed integer programming model. The model was applied to reduce challenges associated with product diversity, product shortage, and product tracking and visibility in the meat supply chain. The objective functions were to minimise costs, environmental impacts of the operation, maximise operational efficiency in the facilities, and to optimise social aspects such as job opportunities, days lost by worker and so on. The corresponding constraints included capacity constraints, demand and supply constraints, the binary variable, and non-negativity values. Data collected for the study included the demand for various types of meat products, purchasing costs,

fixed and variable costs of operation, number of farms, slaughter houses, retailers, and customers, and time periods. Using the multi objective mixed integer programming model, findings revealed that application of this model reduces the total fixed and variable supply chain network costs.

Furthermore, the study by Emidio, Lima, and Madrona (2021) demonstrated how the mixed integer linear programming method can be used to facilitate the supply chain decision and production planning of dairy manufacturers. The model was used to address issues relating to the type of milk to select and the pick-up schedule of the suppliers at the planning horizon. Data gathered covered parameters such as the warehouse space, cost, diary product demand, set up cost, inventory costs, fixed and variable costs, and so on. Major findings showed that the model proves useful for companies to reduce their costs of transportation, and inventory and product costs.

The empirical studies reviewed suggest that network location models have been applied by researchers to solve continuous single facility and network facility location problems. Some of the models are the centre of gravity model, Weber or minimum distance model, and the mixed integer linear program model. Hence, the models proved very useful veritable to proffer solutions to solving location problems within agricultural contexts. However, none of the studies examined issues relating to the location of consolidation centres for aggregation of subsistence agricultural products from local areas in the southwestern region of Nigeria to areas of high demand on the Lagos State Mainland.

3. Methodology

In this study, facility location models were deployed to prescribe feasible regions for the settlement of aggregation centres. Facility location models are useful for locating warehouses or distribution centres where the agricultural products of subsistence farmers can be consolidated and supplied to meet customers or market demand. Also, the models facilitate operational and tactical decisions such as operational cost minimisation, profit maximisation, optimal routing, and inventory decisions. The models application can be found in similar studies (Islam, Uddin, Alam & Faruque, 2019; Nurdin, Zarlis, Tulus & Efendi, 2020; Hanifha, Ridwan & Suksessanno, 2020; Zarini & Javadian, 2020; Emidio, Lima & Madrona, 2021). Hence, to solve the first problem objectives, facility location models used were Weber or Minimum Distance methods and the Centre of Gravity Method (CoG). Both methods are used to solve continuous location problems according to the first objective, which is to find a single location for the establishment of a consolidation centre where agricultural products can be supplied to selected destinations within the southwestern region. Primary data related to the distance between location x and y was collected through physical observation of distances. The Weber or Minimum Distance methods and the Centre of Gravity Methods (CoG) are shown below:

Using the Weber method, the model is given as follows:

$$\text{Min } Z = \sum_{k \in K} W_k d_k(X, Y) = \sum_{k \in K} W_k \sqrt{(X - X_k)^2 + (Y - Y_k)^2} \quad (1)$$

The model finds the best point x and y coordinates in Euclidean space to establish a single consolidation centre to serve customers/markets in various destinations given the demand and distances.

Where: locations is k

W_k = Weight of location k

X_k = X coordinate of location k

Y_k = Y coordinate of location k

d_k = distance from location k to centre point (x,y)

Decision Variables

X = Horizontal or X coordinates of centre point

Y = Vertical or Y coordinate of centre point

Also, using the Centre of Gravity method, the model is given as follows:¹

$$CoG = \frac{W_1d_1+W_2d_2+W_3d_3,\dots}{w} \quad (2)$$

The model finds the centroid or pivotal point of balanced weighted x and y coordinates to establish a single consolidation centre to serve customers/markets in various destinations given the demand and distances. (2)

Where: W_k = Weight of location k, d_k = distance travelled from location k to centre point of destination.

The second objective of the study is to find multiple location or candidate consolidation centres, within the limits defined by the Weber and centre of gravity methods, where agricultural crops can be aggregated to minimise the total cost of distribution to other areas within the southwestern region. To approach this problem, the Mixed Integer Linear Programming (MILP) method was used. The objective function and constraints are specified in the model below:

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j C_{ij}x_{ij} + \sum_i f_i Y_i \quad (3)$$

This condition specifies the minimum total cost, i.e. the flow based variable transportation cost and independent fixed costs of operation given that the consolidation centres are opened (3)

Subject to constraints:

$$\sum_j x_{ij} \leq S_i \quad \forall i \in S \quad (4)$$

The condition specifies that supply from the consolidation centres to the customer/market cannot be more than the centre capacity (4)

$$\sum_i x_{ij} \geq D_j \quad \forall i \in D \quad (5)$$

The condition specifies that the agricultural product supplied must be sufficient enough to meet customer/market demand in the various destinations. (5)

$$x_{ij} - M_{ij}Y_i \leq 0 \quad \forall ij \quad (6)$$

A logical or linking constraint that connects the fixed cost of operation and flow units of goods from the consolidation centre to the customer/market. The constraint fulfils the condition that it is only possible to deliver the agro products from the consolidation centre if it is opened (6)

$$\sum_i Y_i \geq P_{MIN} \quad (7)$$

The condition specifies the minimum number of consolidation centres to open (7)

$$\sum_i Y_i \leq P_{MAX} \quad (8)$$

The condition specifies the maximum number of consolidation centres to open (8)

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall ij \quad (9)$$

The condition specifies that flow of agricultural products from the consolidation centres to customers/market in various regions must be greater than zero (9)

$$Y_i = \{0,1\} \quad \forall i \quad (10)$$

A condition specifies whether consolidation centre is opened or not opened (10)

Model Interpretation for indices and input data is such that:

i = The Consolidation centres (DC) for aggregation of crops

j = Customers or market

S_i = Supply Availability at consolidation centres (DC) i (units) $\forall j \in S$

D_j = Customer/Market Demand j (units) $\forall j \in D$

C_{ij} = Variable Cost of Providing Service to Customer/ Market j from DC i (₦/units) $\forall i, j$

F_j = Fixed Cost of Opening DC i (₦) $\forall i, \in S$

P_{MIN} = Minimum number of consolidation centres (DCs) that are required to be opened

P_{MAX} = Maximum number of consolidation centres (DCs) that are required to be opened

M = A big number or a linking constraint between the X_{ij} 's and Y_i 's

The Decision Variables are such that:

X_{ij} = the flow of a consolidation centre DC $_i$ to the customer or market j (units) $\forall j$

Y_i = 1 provided that a consolidation centre DC is to be opened, or 0 otherwise if closed $\forall i \in S$

The Weber and Centre of Gravity (CoG) location models suggest a single location for the establishment of a consolidation centre, i.e. a site at Oshodi-Isolo, as shown in figure 3.1, from which agricultural products can be supplied to some destinations within the southwestern region, such as Idimu, Berger, and Yaba. The Weber method minimises both the distance and the weights or units, and the CoG model ignores weights or units and focuses only on distance travelled (Fearon, 2002). The location suggested with the models

assumes a Euclidean plane and pivotal space, of which assumptions are not perfectly fit for decisions to set up consolidation centres in practice. This is due to some potential physical and geographical factors associated with other locations within the feasible space ignored by the models (Simiyu, 2020). For example, the models ignore the underlying network roads, rails, or highways in the southwestern region that can be better assessed to facilitate the cost of transportation. Or the potential presence of swamps, bushes, or other factors in the environment that can prevent the establishment of a consolidation centre in the chosen location. Although the weakness of the single continuous location models (i.e. Weber and Center of Gravity (CoG)) reduces their practical relevance, they both generated insights that were useful for the selection of a list of location candidates.

The Mixed Integer Linear Programming Models (MILP) support the decision to select optimal location candidates, i.e. the establishment of one or more consolidation centres from which the agricultural products would be supplied to other areas in the southwestern region. Trade-offs for multiple locations, according to Ellet (2012), are associated both with costs and level of service. Therefore, the MILP model used for this study considers costs factors such as nature of assets, facility costs, and transportation costs.

3.1. Analysis of a Single Location Decision Problem

The study area, which is located in the Otta area of Ogun State, receives demand for major crops from Lagos. The major areas, however are the Idimu, Berger, and Yaba

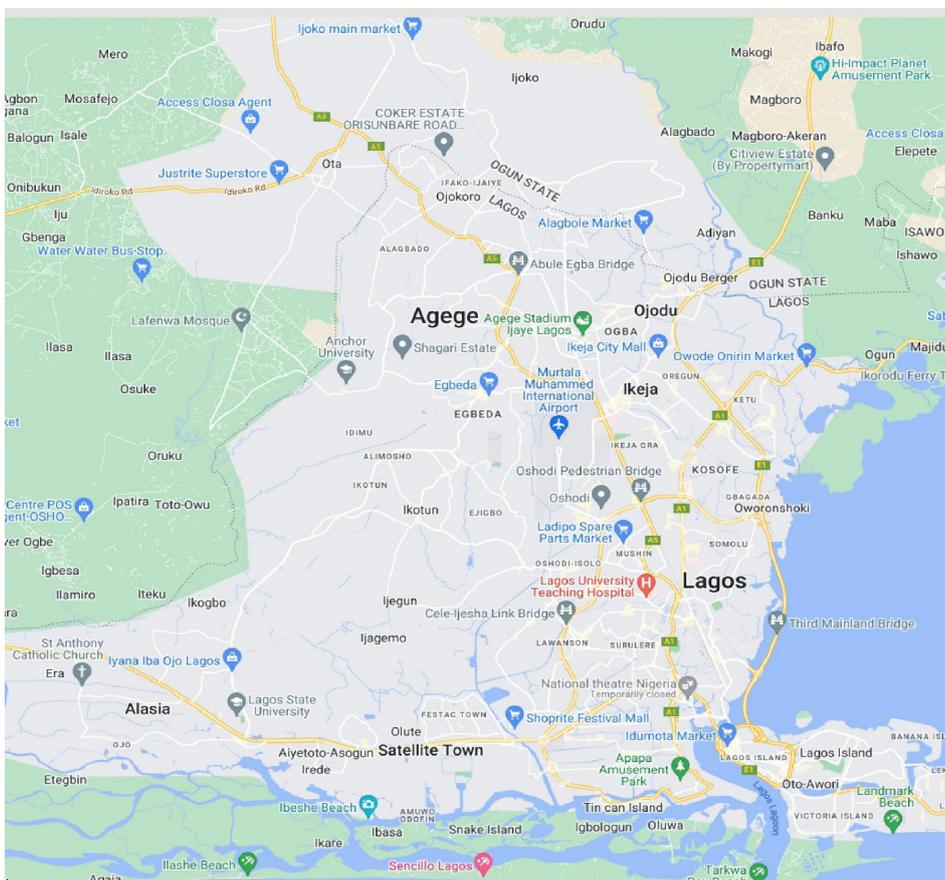
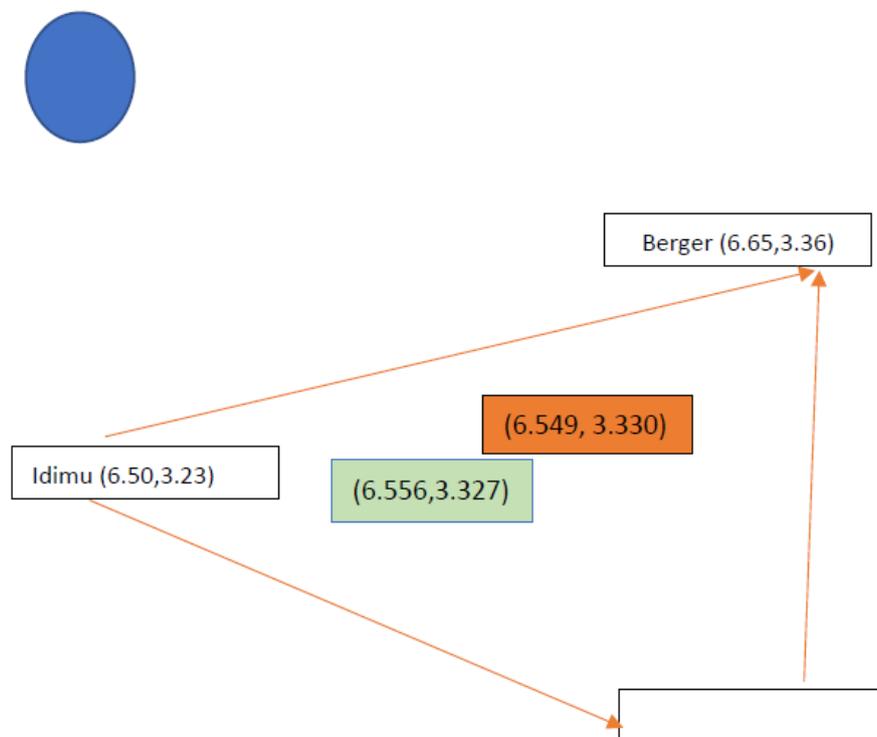


Figure 3.1. Location of the Demand Region and Aggregation Centres on the Map

Source: Google Map

areas of the Lagos Mainland. To provide enough capacity to meet demand in the areas, the managers decided to establish consolidation centres where the crops gathered from smaller farmers in [Ogun State Areas] can be stored and re-distributed to the major areas of high demand in Lagos State Mainland.



Analysis of Objective 1: To find a single location to set up a consolidation centre to serve the major areas of demand at Idimu (ID), Berger (BG), and Yaba (YB) that minimises the expected cost of transportation. The facility location variables are described such that:

Where: locations are k

W_k = Weight of location k

X_k = X coordinate of location k

Y_k = Y coordinate of location k

d_k = distance from location k to centre point (x,y)

Decision Variables

X = Horizontal or X coordinates of a centre point

Y = Vertical or Y coordinate of a centre point

Table 3.1: Output of the Weber and Centre of Gravity Methods

				Weber Method		Centre of Gravity Method	
City	Weight	x	Y	Distance	Weighted Distance	Distance	Weighted Distance
Berger	4250	6.65	3.36	0.10	446	0.10	423
Yaba	3200	6.47	3.35	0.08	262	0.09	285
Idimu	2200	6.50	3.23	0.11	246	0.11	247
	9650			Total Wgt. Dist.	954	Total Wgt. Dist.	955
Weber Coordinates		6.549	3.330	Weber (Average Distance) = 0.10 CoG (Average Distance) = 0.10			
CoG Coordinates		6.556	3.327				

Source: Author's analysis on Excel Solver

Analysis of table 3.1 shows the x and y coordinates where consolidation centres should be located. The Weber method suggests that a consolidation centre should be located at (6.54, 3.33) coordinates, which is an area within Ajao Estate, Oshodi-Isolo, Lagos State. Also, the CoG method suggests that a consolidation centre should be located at (6.55, 3.327) coordinates, which is also an area around Mafoluko, Oshodi, Lagos State. The consolidation centre will serve demand at Idimu (ID), Berger (BG), and Yaba (YB). However, it is not practically feasible to locate the consolidation centre at the area specified by the Weber Coordinates and the CoG methods. This justifies the need for the second objective, which is to select multiple locations from a list of candidates to locate consolidation centres that can serve demand in many destinations in such a manner that minimises the total cost of delivery.

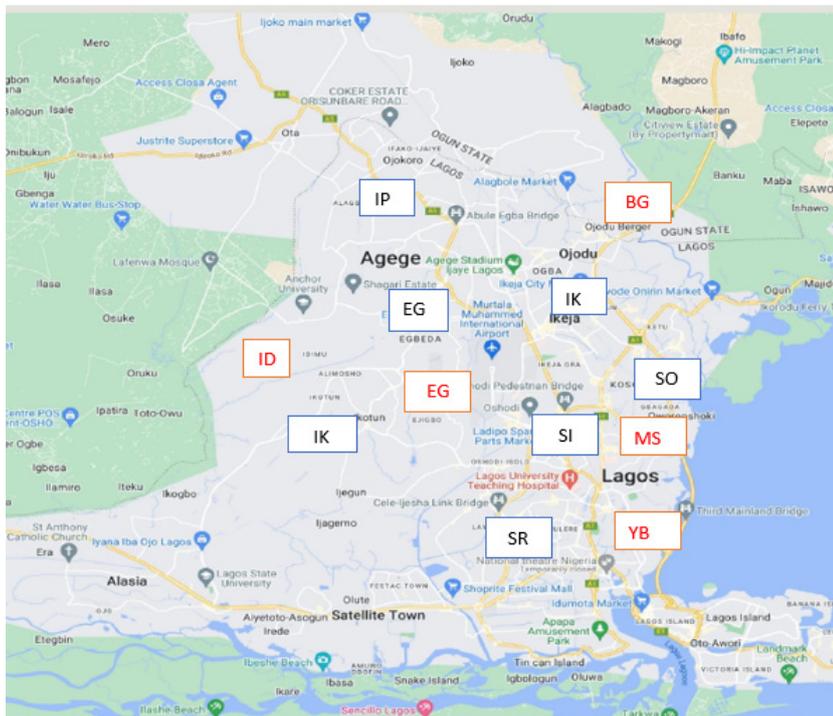


Figure 3.2. 12 Locations on the Aerial Map

Source: Google Map

2.2. Analysis of Multiple Location Decision Problem

Analysis of Objective 2: To select multiple locations from a list of candidates to locate consolidation centres that can serve demand in many destinations in such a manner that minimises the total cost of delivery.

Figure 3.2 shows a list of location candidates. The location candidates were selected based on managerial judgement and some practical considerations such as labour, population of the environment, extent of security/risks, availability of markets/customers, and nature of the environment. Five (5) location candidates selected for further analyses are Berger (BG), Ejigbo (EG), Yaba (YB), Idimu (ID), Mushin (MS), and other 7 locations. Other characteristics of the selected location, such as the distance, units demanded, and coordinates are presented in table 3.3. More so, the estimated Fixed Cost (Fi) for establishment of a consolidation centre is for ₦ 10,000,000. i.e. Further, the variable cost per distance (Cij) = ₦ 10,000 Mile/drive. Hence, the major task is to find amongst the list of candidate locations those that minimise the cost of delivering products to other destination points within the Lagos Mainland Area.

Table 3.2.: Location Characteristics

ID	City Name	Demand (Units)	Distance Between Cities					Coordinates	
			Dj	BG	EG	YB	ID	MS	X
BG	Berger	4250	0	7.01	9.22	9.79	7.67	6.65	3.4
SI	Oshodi-Isolo	1200	8.7	5.59	3.61	6.23	1.66	6.53	3.3
SR	Surulere	4300	10.07	8.33	1.69	8.94	2.29	6.49	3.3
IK	Ikeja	1250	3.17	4.86	6.43	7.11	4.55	6.60	3.4
IT	Ikotun	1100	9.2	3.35	7.63	2.53	5.64	6.55	3.3
EJ	Ejigbo	860	8.36	3.57	5.9	3.77	4.01	6.56	3.8
SO	Somolu	1290	7.35	8.22	3.21	9.85	2.25	6.53	3.4
EG	Egbeda	2800	7.01	0	8.45	2.71	6.2	6.59	3.3
IP	Ipaja	660	7.53	1.12	9.86	2.31	7.55	6.61	3.3
YB	Yaba	3200	9.22	8.63	0	9.85	2.19	6.47	3.4
ID	Idimu	2200	9.79	2.71	9.85	0	7.76	6.50	3.2
MS	Mushin	1820	7.67	6.2	2.19	7.76	0	6.53	3.3

Source: Author’s Field Survey

The first scenario in table 3.3 assessed the cost and area coverage benefits of locating a single consolidation centre. Analysis shows that a consolidation centre should be opened at Mushin (MS) to serve customers in 12 locations, which are Berger (BG), Egbeda (EG), Ejigbo (EJ), Idimu (ID), Ikeja (IK), Ipaja (IP), Ikotun (IT), Mushin (MS), Oshodi-Isolo (SI), Somolu (SO), Surulere (SR), and Yaba (YB). However, a total cost of ₦10,109,548 would be incurred. The second scenario assessed the cost of locating two (2) consolidation centres and coverage benefits. Analysis shows that one consolidation centre should be opened at Egbeda (EG) to serve customers in 7 areas, which are Berger (BG), Egbeda (EG), Ejigbo (EJ), Idimu (ID), Ikotun (IK), Ipaja (IP), and Ikotun (IT). Also, another consolidation centre should be opened at Yaba (YB) to serve customers in 5 areas, which are Mushin (MS), Oshodi-Isolo (SI), Somolu (SO), Surulere (SR), and Yaba (YB), to

Table 3.3: Location Decision Scenarios and Cost Implication

(1,0)		BG	EG	EJ	ID	IK	IP	IT	MS	SI	SO	SR	YB
0	BG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	EG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	ID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	MS	4250	2800	860	2200	1250	600	1100	1820	1200	1200	4300	3200
0	YB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scenario 1: Total Cost = ₦10109548													
0	BG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	EG	4250	2800	860	2200	1250	660	1100	0	0	0	0	0
0	ID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	MS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	YB	0	0	0	0	0	0	0	1820	1200	1290	4300	3200
Scenario 2: Total Cost = ₦20069139													
1	BG	4250	0	0	0	1250	0	0	0	0	0	0	0
1	EG	0	2800	860	2200	0	660	1100	0	0	0	0	0
0	ID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	MS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	YB	0	0	0	0	0	0	0	1820	1200	1290	4300	3200
Scenario 3: Total Cost = ₦30037264													
1	BG	4250	0	0	0	1250	0	0	0	0	0	0	0
1	EG	0	2800	860	2200	0	660	110	0	0	0	0	0
0	ID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	MS	0	0	0	0	0	0	0	1820	1200	1290	0	0
1	YB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4300	3200
Scenario 4: Total Cost = ₦40029819													
1	BG	4250	0	0	0	1250	0	0	0	0	0	0	0
1	EG	0	2800	860	0	0	660	110	0	0	0	0	0
1	ID	0	0	0	2200	0	0	0	0	0	0	0	0
1	MS	0	0	0	0	0	0	0	1820	1200	1290	0	0
1	YB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4300	3200
Scenario 5: Total Cost = ₦50022889													
<i>Source: Author's computation on SAS Studios, SAS Programmer</i>													

incur a total cost of ₦20,069,139. The third scenario assessed the cost of locating three (3) consolidation centres. Analysis shows that one consolidation centre should be opened at Berger (BG) to serve customers in 2 areas, which are Berger (BG) and Ikotun (IK). Also, another consolidation centre should be opened at Egbeda (EG) to serve customers in 5 areas, which are Egbeda (EG), Idimu (ID), Ipaja (IP), and Ikotun (IT). More so, the third consolidation centre should be opened at Yaba (YB) to serve customers in 5 areas, which are Mushin (MS), Oshodi-Isolo (SI), Somolu (SO), Surulere (SR), and Yaba (YB) to incur a total cost of ₦30,037,264. The fourth scenario assessed the cost of locating four (4) consolidation centres. Analysis shows that a consolidation centre should be opened at Berger (BG) to serve customers in 2 areas, which are Berger (BG) and Ikotun (IK). Also, another consolidation centre should be located at Egbeda (EG) to serve customers in 5 areas, which are Ejigbo (EJ), Idimu (ID), Ipaja (IP), and Ikotun (IT). More so another consolidation centre should be opened at Mushin (MS) to serve customers in 3 areas, which are Mushin (MS), Oshodi-Isolo (SI), and Somolu (SO). Furthermore, the

company should open a consolidation centre to cover 2 areas, which are Surulere (SR) and Yaba (YB) to incur a total cost of ₦40,029,819. The fifth scenario assessed the cost of locating five (5) consolidation centres. Analysis shows that a consolidation centre should be opened at Berger (BG) to serve customers in 2 areas, which are Berger (BG) and Ikeja (IK). Also, a consolidation centre should be opened at Egbeda (EG) to serve customers in 4 areas, which are Egbeda (EG), Ejigbo (EJ), Ipaja (IP), and Ikotun (IT). Furthermore, the company should open a consolidation centre at Idimu (ID) to serve customers in a single area, Idimu. More so, a consolidation centre should be opened at Mushin (MS) to serve customers in 3 areas, which are Mushin (MS), Oshodi-Isolo (SI), and Somolu (SO). Furthermore, a consolidation centre should be opened at Yaba (YB) to serve customers in 2 areas, which are Surulere (SR) and Yaba (YB), to incur a total cost of ₦50,022,889.

Table 3.4: Location Decision Scenarios and Area Coverage Scope

Scenarios	Ratio of Consolidation Centre (s) to Location (s)					Coverage Scope (Rank)
Scenario 1	MS					
	1 to 12					5 th
Scenario 2	EG	YB				
	1 to 7	1 to 5				4 th
Scenario 3	BG	EG	YB			
	1 to 2	1 to 5	1 to 5			3 rd
Scenario 4	BG	EG	MS	YB		
	1 to 2	1 to 5	1 to 3	1 to 2		2 nd
Scenario 5	BG	EG	ID	MS	YB	
	1 to 2	1 to 4	1 to 1	1 to 3	1 to 2	1 st

Source: Author's computation on SAS Studios, SAS Programmer

Table 3.4 presents the other benefit attached to the selection of multiple consolidation points. Benefits associated with the selection of multiple sites were measured in terms of scope of areas covered by multiple consolidation centres. In scenario 5, facility ID serves customers in 1 area, while facility BG and YB, amongst others, serves customers in 2 areas. In comparison with other options, scenario 5 was ranked highest among others because it offered the best option in terms of closeness between facility and area coverage scope.

Table 3.5: Summary and Comparison of Options

	Center = 1	Center =2	Center = 3	Center = 4	Center = 5
Total Cost	₦10,109,548	₦20,069,139	₦30,037,264	₦40,029,819	₦50,022,889
Cost of Transportation	₦109,548	₦69,139	₦37,264	₦29,819	₦22,889
Facility Cost	₦10,000,000	₦20,000,000	₦30,000,000	₦40,000,000	₦50,000,000

Source: Author's computation on SAS Studios, SAS Programmer

Table 3.5 shows that opening a single location pays off in terms of the cost of transportation, facility, and distance. More transportation costs are incurred as longer distances are travelled to get goods to customers. The decision to open 1 consolidation centre pays off

in terms of the lowest total cost of ₦10,109,548. Hence, the best choice for the location of the consolidation centre is to open just 1 centre at Mushin (MS) to serve customers in other areas such as Berger (BG), Egbeda (EG), Ejigbo (EJ), Idimu (ID), Ikotun (IK), Ipaja (IP), Ikotun (IT), Mushin (MS), Oshodi-Isolo (SI), Somolu (SO), Surulere (SR), and Yaba (YB). Through experience gained in one consolidation centre, decisions can be made as to how to open other centres in the future, but managers need to reduce the fixed cost of opening a facility as more new centres are opened.

4. Results and Discussion

In this study, location models were applied to suggest feasible options for the establishment of consolidation centres for the aggregation of subsistence agricultural products from the southwestern region of Nigeria. This is also an attempt to bridge the gap between demand and supply of agricultural products from the rural areas of the southwestern region to urban centres where household food consumption expenditure is high (National Bureau of Statistics, 2020). Both the Weber or Minimum Distance methods and the Centre of Gravity Methods (CoG) were used to prescribe a solution to the first problem objective, which is to find a single location for the establishment of a consolidation centre where agricultural products can be supplied to selected destinations within the southwestern region. Result of the Weber method indicate that a consolidation centre should be located at (6.54, 3.33) coordinates, which is an area within Ajao Estate, Oshodi-Isolo, Lagos. Also, the CoG method further suggests that a consolidation centre should be located at (6.55, 3.327) coordinates, which is also an area around Mafoluko, Oshodi, Lagos.

The result of the mixed integer linear programming method was presented based on the five scenarios explored. The outcome of the first scenario also shows that a consolidation centre should be opened at Mushin (MS) to serve customers in other areas, such as Berger (BG), Egbeda (EG), Ejigbo (EJ), Idimu (ID), Ikeja (IK), Ipaja (IP), Ikotun (IT), Mushin (MS), Oshodi-Isolo (SI), Somolu (SO), Surulere (SR), and Yaba (YB). By so doing, the company will incur a total cost of ₦10,109,548. Findings based on the second to fifth scenarios give general insights that decisions to open more than one consolidation centre attract an extra cost of location. The model suggests that the establishment of consolidation centres is feasible based on the consolidation of costs and distances in such a manner that would serve areas of high demand in the southwestern region of the country.

Major insights from the results are that the establishment of consolidation centres for aggregation of agricultural products supplied by the subsistence farmers from the rural areas of the southwestern region is feasible. From the consolidation centres, supplies can be moved to meet the demand from urban centres in the southwestern region. The possibility of establishing consolidation centres implies that special agro-processing zones could promote agro-industrial development and employment (African Economic Outlook, 2020). This also implies new investment opportunities for firms, increasing the possibility for agglomeration, where businesses are located close to each other and move towards increasing their productivity and economic relevance (Kano, Lengyel, Elekes & Lengel, 2019). Services provided by the consolidation centres imply that products and services are in close contact with customers and markets (Fearon, 2002). This offers additional

opportunities to agents, logistics companies, and export brokers that provide a complex set of services to agro-food SMEs (Caizza, Volpe & Stanton, 2015).

The feasibility of locating one or more consolidation centres in the southwestern region implies the possibility of aggregation function, which in other words means that the small agricultural outputs of the subsistent farmers will be combined and maintained in such a manner that makes the distribution of agro products easy and cost-effective (Caizza, Volpe & Stanton, 2015). This is a panacea to the bullwhip effect in the agricultural value chain caused by psychological, geographical, and physical fragmentation between suppliers and customers (Kim, 2018; Ntihinyurwa & de Vries, 2021). By so doing, the small-holder value chain is promoted from subsistence to profit generation (Fan, Brzeska, Keyer & Halsema, 2013). Therefore, consolidation practices prove veritable for reduction of fragmentation due to installed capacity for aggregation of products for further distribution in a supply chain in a cost and time-effective manner (Caizza, Volpe & Stanton, 2015).

5. Conclusions and Recommendations

The study developed a model that facilitates decision making in the establishment of consolidation centres for aggregation of crops produced by subsistence farmers operating in the rural areas of the southwestern region of Nigeria and being supplied to the high-demand zones located at the urban centres. By applying the model, managers in the agricultural sector can improve consolidation practices in such a manner that reduces the cost of operation, minimises distance travelled to customers and markets, and improves service levels. The model is very useful, as it suggests various alternatives that managers can explore to improve their location decisions in a practical context. Therefore, it serves as a veritable decision support tool for managers and administrators in the agricultural sector to facilitate location planning.

However, some recommendations are made for improvement and implementation of this model in practice. Decision makers should start small by establishing one consolidation centre at the pinpointed area, which would serve demand from highly populated areas in the southwestern region. By so doing, practitioners can observe the market trend and nature of the new business while the lowest cost is incurred. Based on profit, market attractiveness, and operational feasibility of the establishment of one site, managers can further decide based on the model on the location of consolidation centres in other sites within the region.

Researchers interested in facility location studies can develop the model to include factors such as average customer distance travelled, average demand distance, inbound cost of transportation, inventory costs, and multiple agricultural products. This gives additional insights to decision makers on whether to maintain more than one consolidation centre based on costs, distance, and types of agricultural product considerations.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support

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

References

- Adebayo, A. (2020). Migration and sustainable development in southwestern Nigeria, *International Journal of Social Sciences and Humanities Reviews*, 10 (2), 224 – 240,
- Adeniran, A.O., & Oladun, E.A. (2020). The implication of transport development models on agricultural development in Nigeria: An empirical review. *Open Journal of Economics and Commerce*, 3(2), 28-41.
- Adeniyi, O.R. (2013). Socio-economic analysis of subsistence farming practices in south-western Nigeria, *Sustainable Agriculture Research*, 2(1), 104-111.
- Adsida, I. R., Nkomoki, W., Bavorova, M., & Madaki, M.Y. (2021). Effects of agricultural programmes and land ownership on the adoption of sustainable agricultural practices in Nigeria, *Sustainability*, 13 (1), 1-16.
- African Economic Outlook, (2020). *Developing Africa's Workforce for the Future*, African Economic Outlook, 11-206.
- Agbonlahor, M.U., & Philip, D.O. (2015). Deciding to settle: rural-rural migration and agricultural labour supply in southwest Nigeria, *The Journal of Developing Areas*, 49(1), 267-284.
- Anzaku, E.D., & Charles, A. (2022). Agricultural transformation and economic growth in Nigeria economy, *Lafia Journal of Economics and Management Sciences*, 3 (1), 1-19.
- Apata, T.G., Folayan, A., Apata, O.M., & Akinlua, J. (2011). The economic role of nigeria's subsistence agriculture in the transition process: implications for rural development, *85th Annual Conference of the Agricultural Economics Society Warwick University*, 1-10.
- Caizza, R. Volpe, T., & Stanton, J.L. (2015). Global supply chain: The consolidators' role, *Operations Research Perspectives* 3, 1–4.
- Disney, S. (2008). Supply chain aperiodicity, bullwhip and stability analysis with Jury's inners. *IMA Journal of Management Mathematics*. 19(2), 101–116.
- Ellet, S (2012). Using freight market intelligence to focus your ocean freight strategy. *Chain Analytics*, 1-28.
- Emidio, J., Lima, R., & Madrona, G.L, (2021). How can mixed integer linear programming assist dairy manufacturers by integrating supply decisions and production planning? *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 11(2), 178-193.
- Fan, S., Brzeska, J., Keyer, M & Halsema, A. (2013). From subsistence to profit: transforming smallholder farms, food policy report: *International Food Policy Research Institute.*, 1-30.
- Fearon, D. (2002). Alfred Weber: Theory of the location of industries, center for spatially *Integrated Social Science*, 1, 1-5.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). Sustainable agriculture for biodiversity: Biodiversity for sustainable agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 1-48.
- Forrester, Jay Wright (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press
- Gaal, O.H, & Afrah, A. (2017). Lack of infrastructure: the impact on economic development as a case of Benadir region and Hir-shabelle, Somalia, *Developing Country Studies*, 7(1), 49-55.
- Gbatoron, A., & Raymond, A. (2017). An economic analysis of Dutch disease in Nigeria. *CARD International Journal of Management Studies, Business & Entrepreneurship Research*. 2(1) 75-90.
- Hanifha, N.H., Ridwan, A.Y, & Suksessanno, P.M. (2020). Site selection of new facility using gravity model and mixed integer linear programming in delivery and logistic company, *Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering (APCoRISE)*, 43-47. DOI: 10.1145/3400934.3400944,
- Hoberg, K.; Thonemann, U. (2014). Modeling and analyzing information delays in supply chains using transfer functions, *International Journal of Production Economics*. 156, 132–145.

- Islam, M.K., Uddin, M.F., Alam, M.M., & Faruque, M.O (2019). A mixed integer linear programming approach for two stage supply chain network coordination of agricultural products considering uncertainty, *International Journal in Mathematical and Statistical Sciences*, 6 (6), 36-45.
- Kano, I.S., Lengyel, B. Elekes, Z., & Lengel, I. (2019). Agglomeration, foreign firms and firm exit in regions under transition: the increasing importance of related variety in Hungary, *European Planning Studies*, 27(11), 2099-2122.
- Kim, B. (2018). Agricultural value creation through effective supply chain management, *Current Investigations in Agriculture and Current Research*, 2(2), 180-183.
- Lee, H.; Padmanabhan, V. Whang, S. (1997). Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. *Management Science*. 43 (4), 546–558.
- Ntihinyurwa, P.D., & de Vries, W.T. (2021). Farmland fragmentation, farmland consolidation and food security: relationships, research lapses and future perspectives, *Land Journal*, 10, 2-39.
- Nuridin, N, Zarlis, M., Tulus. S., & Efendi, S. (2020). Mixed integer linear programming model for integrated fish supply chain planning, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98(12), 1-12.
- Nwangwu, G. (2019). Improving agriculture in Nigeria through public-private partnerships, *African Journal of Business Management*, 13(8), 256-263
- Olayemi, S.S., Oko, A.A., & Oduntan, F.T. (2020). Adoption of appropriate good agricultural practices (GAPs) technologies among smallholder farmers in Nigeria, *International Journal of Agricultural Research, Sustainability, and Food Sufficiency*, 7, (2) 447- 458.
- Onakuse, S. (2012). The future of subsistence agriculture in the rural community of Uzanu, Edo state, Nigeria, *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 3(1), 61-71.
- PricewaterhouseCoopers, PWC, (2017). Transforming Nigeria's agricultural value chain: A case study of the Cocoa and Dairy industries, Retrieved from: www.pwc.com/ng
- Simiyu, A.J. (2020). Strategic Positioning and Competitive Advantage at G4S Kenya, *International Journal of Innovative Social Sciences & Humanities Research* 8(4), 1-19.
- Wang, X & Disney, S.M. (2016). The bull whip effect: progress, trends and directions. *European Journal of Operational Research*, 1(2), 691-701
- Weber, A. (1909). *Theory of the location of industries*. Chicago: University of Chicago Press.
- Zarini, F.G., & Javadian, N.J., (2020). A multi objective mixed integer programming model for design of a sustainable meat supply chain network, *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 13(16), 78-92.

Sunday, 20 June 2021 14:58:58 2

The OPTMODEL Procedure

Solution Summary	
Solver	MILP
Algorithm	Branch and Cut
Objective Function	TotalCost
Solution Status	Optimal
Objective Value	10109548
Relative Gap	0
Absolute Gap	0
Primal Infeasibility	0
Bound Infeasibility	0
Integer Infeasibility	0
Best Bound	10109548
Nodes	0
Solutions Found	2
Iterations	0
Presolve Time	0.00
Solution Time	0.00

TotalCost
10109548

[1]	open
BG	0
EG	0
ID	0
MS	1
YB	0

flow												
	BG	EG	EJ	ID	IK	IP	IT	MS	SI	SO	SR	YB
BG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS	4250	2800	860	2200	1250	660	1100	1820	1200	1290	4300	3200
YB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Var open[BG] BINARY

Figure 5. Establish One Consolidation Centre
 Source: Author’s Computation on SAS Studios, SAS Programmer, 2021

Appendix

Scenario 1: Opening a Single Consolidation Centre

Scenario 2: Opening Two (2) Consolidation Centres

Sunday, 20 June 2021 15:24:18 2

The OPTMODEL Procedure

Solution Summary	
Solver	MILP
Algorithm	Branch and Cut
Objective Function	TotalCost
Solution Status	Optimal
Objective Value	20069139
Relative Gap	0
Absolute Gap	0
Primal Infeasibility	2.583792E-13
Bound Infeasibility	0
Integer Infeasibility	0
Best Bound	20069139
Nodes	1
Solutions Found	3
Iterations	40
Presolve Time	0.00
Solution Time	0.00

TotalCost
20069139

[1] open
BG 0
EG 1
ID 0
MS 0
YB 1

flow												
	BG	EG	EJ	ID	IK	IP	IT	MS	SI	SO	SR	YB
BG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EG	4250	2800	860	2200	1250	660	1100	0	0	0	0	0
ID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
YB	0	0	0	0	0	0	0	1820	1200	1290	4300	3200

Var open[BG] BINARY

Figure 6. Establish Two Consolidation Centres
Source: Author’s Computation on SAS Studios, SAS Programmer, 2021

Scenario 3: Opening Three (3) Consolidation Centres

Sunday, 20 June 2021 15:26:57 2

The OPTMODEL Procedure

Solution Summary	
Solver	MILP
Algorithm	Branch and Cut
Objective Function	TotalCost
Solution Status	Optimal
Objective Value	30037264
Relative Gap	0
Absolute Gap	0
Primal Infeasibility	0
Bound Infeasibility	0
Integer Infeasibility	0
Best Bound	30037264
Nodes	1
Solutions Found	2
Iterations	25
Presolve Time	0.00
Solution Time	0.00

TotalCost
30037264

[1]	open
BG	1
EG	1
ID	0
MS	0
YB	1

flow												
	BG	EG	EJ	ID	IK	IP	IT	MS	SI	SO	SR	YB
BG	4250	0	0	0	1250	0	0	0	0	0	0	0
EG	0	2800	860	2200	0	660	1100	0	0	0	0	0
ID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
YB	0	0	0	0	0	0	0	1820	1200	1290	4300	3200

Var open[BG] BINARY

Figure 7. Establish Three Consolidation Centres

Source: Author’s Computation on SAS Studios, SAS Programmer, 2021

Scenario 4: Opening Four (4) Consolidation Centres

Sunday, 20 June 2021 15:28:24 2

The OPTMODEL Procedure

Solution Summary	
Solver	MILP
Algorithm	Branch and Cut
Objective Function	TotalCost
Solution Status	Optimal
Objective Value	40029819
Relative Gap	0
Absolute Gap	0
Primal Infeasibility	2.273737E-13
Bound Infeasibility	0
Integer Infeasibility	1.249306E-16
Best Bound	40029819
Nodes	1
Solutions Found	2
Iterations	25
Presolve Time	0.00
Solution Time	0.00

TotalCost
40029819

[1]	open
BG	1
EG	1
ID	0
MS	1
YB	1

flow												
	BG	EG	EJ	ID	IK	IP	IT	MS	SI	SO	SR	YB
BG	4250	0	0	0	1250	0	0	0	0	0	0	0
EG	0	2800	860	2200	0	660	1100	0	0	0	0	0
ID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS	0	0	0	0	0	0	0	1820	1200	1290	0	0
YB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4300	3200

Var open[BG] BINARY

Figure 8. Establish Four Consolidation Centres
 Source: Author’s Computation on SAS Studios, SAS Programmer, 2021

Scenario 5: Opening Five (5) Consolidation Centres

Sunday, 20 June 2021 15:29:43 2

The OPTMODEL Procedure

Solution Summary	
Solver	MILP
Algorithm	Branch and Cut
Objective Function	TotalCost
Solution Status	Optimal
Objective Value	50022889
Relative Gap	0
Absolute Gap	0
Primal Infeasibility	0
Bound Infeasibility	0
Integer Infeasibility	0
Best Bound	50022889
Nodes	0
Solutions Found	2
Iterations	0
Presolve Time	0.00
Solution Time	0.00

TotalCost
50022889

[1]	open
BG	1
EG	1
ID	1
MS	1
YB	1

flow												
	BG	EG	EJ	ID	IK	IP	IT	MS	SI	SO	SR	YB
BG	4250	0	0	0	1250	0	0	0	0	0	0	0
EG	0	2800	860	0	0	660	0	0	0	0	0	0
ID	0	0	0	2200	0	0	1100	0	0	0	0	0
MS	0	0	0	0	0	0	0	1820	1200	1290	0	0
YB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4300	3200

Var open[BG] BINARY

Figure 9. Establish 5 Consolidation Centres
 Source: Author’s Computation on SAS Studios, SAS Programmer, 2021

ARTICLES REQUESTING CORRECTION

Table 1: Referee Response File

Referee	Referee Opinion	Referee Proposal	Reply to referee
Referee 1	Major correction	The methods used are good in terms of function, but there are problems in use. The CoG and Weber method could have been designed to contribute to the MIP method. One more constraint could be added to the MIP model and the maximum distance to the positions obtained in Weber or CoG models could be kept below a certain value. In the manuscript, Weber and CoG methods give us only a theoretical position and that this position may not be appropriate.	In the study, both the weber and CoG methods were applied to determine a feasible site where a consolidation centre can be located. Both methods generated similar outcome in terms of the suggested coordinates, and distance travelled from the site to the customers/market. The weber and CoG methods both methods provided a foundation for the application MILP method in terms of selection of location candidates within the triangle. The practical reasons for consideration of various location candidates analysed with the MILP methods was to examine other potential areas where the consolidation centres can be located instead of focusing on just the weber and CoG prescription. The constraints used in MILP represents the scope considered based on our access to information.
		It is not clear where the weights used in Weber and CoG methods come from. Do the demands of the locations constitute the weights? These weights could be found with multi-criteria decision-making methods by determining different criteria. Likewise, service quality, customer satisfaction, etc., other than the cost mentioned in the manuscript. cases can also be added as a constraint to the MIP model.	The demand of the location in units constitutes the weights and it is also an important factor we considered in this study because beside the distance between the locations, and the costs of establishment, the market size attracts investors to agricultural business in the study environment.
		The equations showing the constraints and objectives in the MIP model should be explained one by one, and what the model does should be explained more clearly to the reader. This interpretation also applies to the Weber and CoG method.	The equations showing the constraints and objectives in the MILP, weber and CoG methods has been explained one by one in pages 7 and 8.
		Some of the figures used in the manuscript should be converted into tables. So the manuscript will have a better and more professional look.	Some figures have been converted into tables. Tables 3.1 to 3.4.has been clearly presented on pages 10, 12, 13 and 14. Thanks you for your time and professional advice to making this paper better
Referee 2	Minor correction	The introduction section should be improved. In the introduction section the literature gap and the purpose of the study should be described.	Based on your comments and suggestions, the introduction section has been improved to reflect the gap in literature and purpose of the study. We reflected this on the last four paragraphs of the introduction section.
		The data in figures 2, 3, and 4 should be given in table format.	Also, the data has been presented in table format on 3.1, 3.2, 3.3 and 3.4 on pages 10, 12 and 13.
		The analysis results should address the methodological calculations and notations given in Section. 2.	The result and discussion has been presented on page 14 to reflect the methodological calculations. Reasons and justifications for the methods adopted has been reflected in section 3 on page 6.

		The methodology applied is introduced in Sect. 2 however insufficient detail on why these methods are adopted is given. The authors should explain why they choose this methods and review similar studies applying CoG and MILP combined	Empirical evidences of the application of similar methodology were cited on page 6 and critically explained in the review of empirical studies in pages 5 and 6.
Referee 3	Major Correction	The originality of the evaluation model and its approach in the Abstract can be emphasized more clearly. Also the author should give brief information about the evaluation process and contribution	The originality of the model and its contribution to facilitate decision making in the agricultural sector has been reflected in the abstract.
		There may be a Section 2 (Literature Review) it is important to add all the studies related with the topic and utilized methods seperately. In other words, could it be advisable to look at other references which are up-to-date? I think introduction should be separated and literature survey section needs a more adequate reference to recent contributions.	Another section 2 (literature review) has been added in page 2 and it included the theoretical and empirical review. Recent materials that showed various contexts within which similar methods were applied to solving location decision problems in the agricultural sector were reviewed.
		It is necessary to improve the (Conclusion) and clarify the need for focused topics and its contribution	The conclusion has been adjusted based on your suggestions.
		I suggest that Figures and Tables should be revised. The quality of image is very low and there may be some typing errors in these Figures (Times new roman APA standarts etc.)	More so, the figures and tables has been revised to improve the quality of presentation.
Referee 4	Major Revision	Additional analysis is needed to support claims of the potential advantages in case of multiple consolidation points.	Within the scope of this study, the analysis between pages 10 to 12 indicated the outcomes of opening more than one consolidation point in terms of cost alone and area coverage. Also, the analytical scenario on table 3.4 in page 13 suggests that the more consolidation points opened the more areas, locations or markets served. Due to additional cost of gathering information we did not objectively indicate some benefits associated with increasing the number of consolidation centres such as placing limits to distance travelled to supply customers/ market, but presentation on the table means that more areas are covered as more consolidation centres are opened.
		In the annexes, there is information on type of produce however this information is not used in any research conclusions - it either should be used or omitted from the paper	The information on the type of produce provided in the appendix has been removed as advised.
		The table showing comparison of options is well detailed and sufficient - there is no need to detail it in the text: one-two summarizing sentences are sufficient (current text also contains an error)	The information on table 3.5 which includes comparison of options has been modified.



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1197450

RESEARCH ARTICLE

Bir Hizmet Olarak Hareketlilik-MaaS Perspektifi ve Türkiye Analizi

The Perspective of Mobility as a Service (MaaS) and an Analysis of Türkiye

Özgür Talih¹ , Necla Tektaş² 

ÖZ

Şehirleşmenin pek çok avantajı beraberinde getirmesinin yanı sıra, ciddi nüfus artışlarıyla birlikte planlama doğru yapılmadığı takdirde barınma sorunları, aşırı kalabalık sebebiyle kısıtlı alanlarda yaşamak zorunda kalmak, işsizlik, gece kondu yaşamının artması, su ve kanalizasyon altyapısının yetersiz hale gelmesi, kentsel kirlilik ve suç oranlarında artış gibi olumsuzluklara sebep olacaktır. Bu olumsuzluklar ulaşım ve hareketlilik alanında çok çeşitli şekillerde ortaya çıkmaktadır. Trafik sıkışıklığı, otopark sorunları, toplu taşıma altyapısının yetersiz hale gelmesi, gürültü ve çevre kirliliği, daha uzun seyahat süreleri, kamusal alan kaybı, yürüyüş alanlarının azalması ve bireysel otomobil bağımlılığı acilen çözülmesi gereken kent içi ulaşım problemleridir. Bu problemler doğrultusunda ve kentsel hareketlilik ortamında meydana gelen hızlı değişimlere yönelik olarak dünyanın her yerinde yenilikçi ve teknolojiye dayanan çözümler sunulmaktadır. Aynı zamanda dünyada hareketlilik hizmetlerinin sayısının da her geçen gün hızla artıyor olması sebebiyle, kullanıcılar seyahatin en iyi yolunu seçerken, tüm bu hizmet seçenekleri içinden en uygun olanını bulmakta zorlanmaktadır. Bu çalışmada tüm bu durumlar için çözüm olarak değerlendirilebilecek öne çıkan en önemli kavramlardan biri olan hizmet olarak ulaşım (TaaS) ya da güncel bilinen adıyla hizmet olarak hareketlilik (MaaS) kavramı incelenerek Türkiye için önerilere yer verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Ulaşım Sistemleri, Sürdürülebilir Hareketlilik, Bir Hizmet Olarak Hareketlilik, MaaS, Türkiye MaaS

ABSTRACT

In addition to the many advantages, urbanization also causes negative issues such as housing problems, having to live in limited areas due to overcrowding, unemployment, more slum areas, inadequate water and sewage infrastructure, increased urban pollution, and increased urban crime rates when the necessary planning is not done correctly in response to serious population increases. These negative issues manifest in a wide variety of ways in the field of transportation and mobility, with traffic congestion, parking problems, inadequate public transport infrastructure, noise and environmental pollution, longer travel times, loss of public spaces, reduced walking areas, and individual automobile dependency being urban transportation problems that urgently need solving. In response to these problems and the rapid changes in the urban mobility environment, innovative technology-based solutions are being offered all over the world. At the same time, the number of mobility services in the world is growing rapidly, and users are faced with the challenge of choosing the best way to travel. This study examines mobility as a service (MaaS) as one of the most prominent concepts able to be considered for all solving these situations and provides recommendations for Türkiye.

Keywords: Intelligent Transportation Systems, Sustainable Mobility, Mobility as a Service, MaaS, Türkiye MaaS

Başvuru/Submitted: 01.11.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 09.11.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 09.11.2022 • **Kabul/Accepted:** 09.11.2022

- Sorumlu yazar/Corresponding author:** Özgür Talih (Yüksek Lisans Öğrencisi), Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Tezli Yüksek Lisans Programı, Balıkesir, Türkiye E-mail: ozgurtaalih@ogr.bandirma.edu.tr ORCID: 0000-0002-5899-2511
- Necla Tektaş (Doç. Dr.), Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Yöneylem Araştırması Ana Bilim Dalı Başkanı, Balıkesir, Türkiye. E-mail: ntektas@bandirma.edu.tr ORCID: 0000-0002-8190-4532

Atf/Citation: Talih, O., & Tektaş, N. (2022). Bir hizmet olarak hareketlilik-MaaS perspektifi ve Türkiye analizi. *Journal of Transportation and Logistics, Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 431-463. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1197450>



Extended Abstract

Improvements as well as setbacks regarding rural-urban transformation have been observed in many different quantitative or qualitative characteristics of cities due to issues such as industrialization, commercialization, social benefits, social opportunities, employment opportunities, modernization, and changes to living standards. However, the concept of urbanization, which has emerged with the changes in some of the basic structural elements of cities in the form of increases and decreases, has been accompanied by newly anticipated as well as unforeseen societal needs alongside the many advantageous results. Urban planning that is not done correctly or that has not been studied at all within the context of significant population growth additionally leads to results such as those living in the city being exposed to limited areas, inadequate water and sewerage infrastructure, increased environmental pollution, and increased difficulties with urban transportation. Finding permanent and well-designed solutions for situations such as traffic congestion in urban transportation, parking problems, insufficient public transportation infrastructure, noise, environmental pollution, longer travel times, loss of public space, reduced walking areas, and individual car dependency is an important requirement for sustainable mobility.

Innovative and technology-based solutions are being focused on all over the world in this direction due to the rapid changes in the urban mobility environment. At the same time, the rapid increase in the number of mobility services in the world has made finding the most suitable one among all these service options difficult when determining the best way to travel. One of digital transformation's prominent opportunity solutions to all these situations is mobility as a service (MaaS).

MaaS is considered to be a concept related to intelligent transportation systems using a multi-modal, multi-stakeholder, and multidisciplinary approach and offers a wide range and combination of technologies from hardware to software, including smart, flexible, secure, inclusive, data-based, and sustainable new concepts, applications, and methods. This range of technologies expresses the evolution from the traditional into the future as well as its change, development, and differentiation by harmonizing with innovative technology.

While this concept will change most approaches to conventional solutions and thinking about individual mobility, it will also support the replacement of the current vehicle-centered transportation services with a new user-centered perspective. This disruptive and innovative perspective is being shaped in line with the developments in innovative technologies such as mobile communication, the Internet of Things (IoT), artificial intelligence, and big data and will put users at the center of transportation services, enabling them to determine the most appropriately personalized effective, efficient, and comfortable mobility solutions for their needs. MaaS technology will become an alternative to the use of individual vehicles and will in particular allow people to purchase the required transportation services as package deals. This system optimizes traffic flow, integrates different transportation modes, and provides smooth and pleasant transitions and will additionally eliminate time losses and the need to worry about loading cards, buying tickets, and making payments.

In this context, large changes will occur in the predicted impact on the lifestyles of communities by integrating various transportation services into a single mobility service accessible in line with passenger demand (i.e., understanding and implementing MaaS). In the next few years, even more developments are expected to emerge that will revolutionize travel. In this context, the concept of MaaS is seen as a lifeline for transportation and appears to be a solution to climate change, digitalization, logistics, and mobility. Exemplary initiatives and projects are just beginning in Turkey in the framework of these technologies that have started being implemented and studied in many parts of the world.

Developments and innovations also underline the need for a roadmap in this context for Türkiye. The need exists for a flexible MaaS roadmap that will be prepared by seeing the big picture in this area and including three-, five-, and ten-year projections. Determining the legislative needs regarding MaaS that are expected to become widespread in the upcoming years and creating a common terminology are considered to be a necessity for Türkiye.

While rapid and intense urbanization, changes in customer expectations and consumption patterns, and disruptive and innovative technologies have reshaped mobility with extraordinary results in the field of transportation as well as in every other sector, MaaS is expected to take its place as an original and domestic model in Türkiye in the very near future. This study discusses the definition, historical development, and technical structure of MaaS as well as its development, future plans, and current status in the world and also includes implications and suggestions for Türkiye.

Giriş

Hızlı kentleşme, nüfus artışı ve çevresel zorluklar pek çok alanda olduğu gibi ulaşım hizmetlerinde de değişim gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Bu gereksinim ile birlikte gelişen ve farklılaşan ulaşım hizmetlerinde, mevcut araç merkezli yaklaşımın yerini kullanıcı merkezli yeni bir bakış açısı almaktadır. Kullanıcıları, ulaşım hizmetlerinin merkezine koyan ve her bireyin ihtiyacına özel en uygun seçeneği sunan, Bir Hizmet Olarak Hareketlilik (MaaS) kavramı etkin, verimli ve konforlu yenilikçi bir kişiselleştirilmiş seyahat çözümü olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle MaaS öncelikli olarak bireysel araç kullanımının alternatifi olacaktır.

Hareketlilik seçeneklerinin her geçen gün arttığı günümüzde bunlardan en iyi şekilde yararlanmak ve farklı hareketlilik hizmetleri arasında entegrasyonun sağlanması da çözüm isteyen önemli bir konudur. Bu doğrultuda trafik akışını optimize ederek farklı ulaşım türleri arasında entegre, sorunsuz ve keyifli geçişler sağlayan MaaS ile kullanıcılar seyahatlerini daha kolay ve uygun fiyatlarla planlayabileceklerdir.

Veri, rezervasyon, ödeme, entegrasyon, planlama, farklı hizmetlerin seyahat paketleri haline getirilmesi gibi fonksiyonlardan bilgi teknolojilerinin kullanımına kadar uzanan çok farklı ve geniş kapsamlı konuları birlikte değerlendirmeyi gerektiren, dünya için de henüz yeni bir kavram ve yaklaşım olan MaaS konusunda, büyük resmi görerek genel politikalar geliştirilmeye ve esnek yol haritaları hazırlanarak uygulanmaya koymaya ihtiyaç duyulmaktadır.

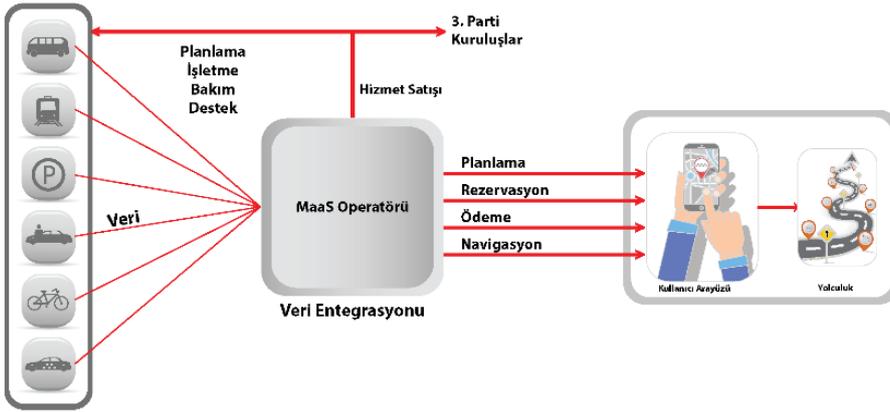
1. Bir Hizmet Olarak Hareketlilik (MaaS)

Bireyler bir yerden başka bir yere hareketleri sırasında, özellikle de işe gidiş dönüşlerde, trafikte meydana gelen farklı nitelikteki koşullar sebebiyle çok fazla zaman harcamaktadır. Bununla birlikte yorgunluk, stres, kaygı gibi psikolojik ya da fiziksel sorunlara da maruz kalınmaktadır. Bu durum sadece bireyleri değil bu döngünün içinde bulunan tüm parametreleri olumsuz etkilemektedir. Bu durumlar için ulaşım ve hareketliliği farklı bir boyuta taşıyacağı düşünülen bir kavram olan MaaS, çözüm olarak değer görmektedir. Mobility as a Service'in kısaltması olan MaaS, Türkçe'de "Bir Hizmet Olarak Hareketlilik" olarak kullanılmaktadır.

1.1 MaaS Tanımı ve Literatüre Bakış

MaaS, kullanıcıların mevcut pek çok hareketlilik hizmeti arasında seçim yapmasının zor olması gerçeğinden yola çıkarak; farklı ulaşım türlerine kullanıcı talepleri doğrultusunda seçimlik olarak erişimi mümkün hale getiren, her kullanıcı için bireysel seyahat seçeneklerinin tamamını sunarak bu doğrultuda en iyi teklifin alınmasını sağlayan, yollardaki araç sayısını azaltan, akıllı ulaşım sistemi yaklaşımı olarak ortaya çıkan dijital bir platformdur. Teknoloji, veri ve insanın bir arada olduğu bu platform tüm ulaşım türleri için seyahatlerde rezervasyon, ödeme ve planlama faaliyetlerine tek bir ulaşılmış noktadan erişimi sağlamaktadır. MaaS uygulamaları, tüm yolculuk süreçlerinin planlanmasını sağlarken minimum risk ve maksimum fayda içeren konforlu seyahatleri olanaklı hale getirmektedir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın hazırladığı AUS Terimler Sözlüğünde Bir Hizmet Olarak Hareketlilik (MaaS), “*Kişiselleştirilmiş ulaşım hizmetlerinin tüm modları içeren tek bir platform üzerinden planlanması, ödenmesi ve sunulması.*” şeklinde tanımlanırken Bir Hizmet Olarak Toplu Taşıma (MaaS Transportation) ise “*Kentsel bir alanda, düzenli ve sürekli olarak halka açık veya özel olarak genel veya özel ulaşım hizmetlerinin sağlanması. (okul otobüsü, kiralama veya gezi hizmeti dahil değildir.)*” olarak tarif edilmiştir (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a).



Şekil 1. Bir Hizmet Olarak Hareketlilik (MaaS) (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020b)

Tablo 1’de görüldüğü üzere, MaaS ile ilgili olarak literatürde pek çok araştırmacı ve yazar tarafından bugüne kadar temel unsurların vurgulandığı farklı tanımlamalar yapılmıştır. Bu tanımlarda kullanıcı merkezlilik, isteğe bağlı hareketlilik, tek bir platform, gerçek zamanlı veri, çok modlu ulaşım, seyahat planlama ile rezervasyon ve ödeme, bunların entegrasyonu, bireysel seyahat paketleri konularına odaklanıldığı görülmektedir.

Tablo 1. MaaS İçin Farklı Tanımlar (Hensher et al., 2020)

Tanımlayan Kişi	Tanım
Heikkilä (2014, p. 8)	Hareketlilik operatörleri tarafından müşterilere, kapsamlı hareketlilik hizmeti yelpazesinin sunulduğu bir sistemdir.
Hietanen (2014, pp. 1–2)	Müşterinin ana ulaşım ihtiyaçlarının tek bir arayüz üzerinden karşılanarak bir servis sağlayıcı tarafından sunulduğu hareketlilik dağıtım modelidir ve tipik olarak hizmetler paketler halinde sunulur.
Atkins (2015, p. 19)	Ulaşımın her türlü hareketlilik fırsatını entegre eden, bunları kullanıcının A noktasından B noktasına olabildiğince kolay erişimini sağlamak için tamamen entegre bir şekilde sunan, esnek, kişiselleştirilmiş ve isteğe bağlı hizmetlerdir.
Ghanbari et al. (2015)	Çeşitli ulaşım modlarını birleştirmek suretiyle son kullanıcılar için kapıdan kapıya sorunsuz hizmetler sağlayan çok aktörlü bir ortamdır.
Ulaşım Sistem Katapultu- (Transport Systems Catapult) (2016)	Müşterinin hareketlilik gereksinimlerini karşılayan ulaşım hizmet(lerin) sunumunu yönetir. Hareketlilik hizmet modeli, müşterinin hareketlilik gereksinimlerine dair ‘kim?’ ve ‘neden?’ sorularının anlaşılmasıyla ilişkilidir. Ancak o zaman ‘nasıl?’ sorusu bir ulaşım çözümü olarak cevaplandırılabilir.
König et al. (2016)	Tek noktadan alışveriş ilkesiyle planlama ve ödemeyi entegre ederek müşterilerin ulaşım ihtiyaçlarını karşılayan çok modlu ve sürdürülebilir hareketlilik hizmetleridir.

Hensher (2017)	Çok modlu taşımacılık hizmetlerinin, kullanıcıların tek bir hesaplama ödeme yapabileceği seyahati oluşturan ve yöneten ortak bir kapı (yöntem, platform) aracılığıyla sunulmasıdır. MaaS uygulanması ve tasarımı paketler, bütçeler ve araçlardan oluşan İngilizce ifade ile 3 B'yle (Bundles, Budgets, Brokers) ilişkilendirilmektedir. Yani, müşteriler son kullanıcı tercihlerine göre bütçeleri ile hareketlilik paketleri satın alabilirler.
K2 İsveç Toplu Taşıma Bilgi Merkezi-(K2 Swedish Knowledge Centre for Public Transport) -(2017)	Ulaşım araçlarını satın almak yerine tüketicilerin ihtiyaçlarına göre hareketlilik hizmetleri satın alınması anlamına gelir ve bu sistemlerle tüketiciler, aynı veya farklı operatörler tarafından sunulan hareketlilik hizmetlerini tek bir platform ve tek ödeme ile satın alabilirler.
Kamargianni and Matyas (2017, p. 3)	Tüm hareketlilik hizmet sağlayıcılarının tekliflerinin tek bir hareketlilik operatörü tarafından toplandığı ve kullanıcılara tek bir dijital platform üzerinden sunulduğu, kullanıcı merkezli, akıllı bir hareketlilik.
MuConsult (2017, p. 4)	Dijital bir platform aracılığıyla yolculara özel olarak hazırlanmış entegre seyahat seçeneklerinin sunulduğu, esnek, kısmen talep odaklı, çok modlu hareketlilik hizmetleri yelpazesi olarak tanımlanmaktadır.
Samtrafikken (2017, p. 4, 18)	Hareketliliğin bir hizmet olarak satın alınabildiği ve özel araç sahipliği gerektirmeyen, ulaşım için yenilikçi bir fikirdir. A'dan B'ye farklı ulaşım araçlarıyla seyahat etmeyi kolaylaştıran bu hizmetler çok modlu bir seyahat planlayıcısı dahil olmak üzere tam hareketlilik aboneliğine kadar her şeyi hatta kişisel hareketliliğin bir tamamlayıcısı olarak malların taşınmasını da içerebilir. Temel amaç, daha sürdürülebilir hareketliliği sağlamak ve özel araç bağımlılığını azaltmak için hizmetlerin gezginlere ilham vermesi ve çekici gelmesidir.
Shaheen et al. (2017, p. 144)	Hareketlilik birleştirme, akıllı telefon ve uygulama tabanlı abonelik erişimi ve çok modlu entegrasyon (altyapı, bilgi ve ücret entegrasyonu) üzerinde durur. Yolcu hareketlilik hizmetlerinin, mobil cihazların, gerçek zamanlı bilgilerin ve ödeme mekanizmalarının entegrasyonu ile yakınsamasını vurgulama eğilimindedir.
Docherty et al. (2018) drawing on Thakuriah et al. (2016)	Bireylerin araç sahipliğinin yerini giderek "kullanıcılığım", yani başkalarının, genellikle de kurumsal sağlayıcıların sahip olduğu, birlikte çalışabilir hareketlilik hizmetleri paketine (araba, taksi, otobüs, demiryolu, bisiklet paylaşımı) erişim hakkı satın alma becerisinin almasıdır. Bu, büyük verinin yoğun bir şekilde işlenmesi ve arzun gerçek zamanlı olarak taleple eşleştirilmesiyle entegre bir araya getirme ve ödeme platformları tarafından kolaylaştırılmaktadır.
MaaS Alliance (2018a, b)	Çeşitli ulaşım hizmeti biçimlerinin talep üzerine erişilebilir özellikteki tek bir hareketlilik hizmeti üzerine entegrasyonudur. MaaS'ın kilit noktası hem yolcu hem de ürün olmak üzere kullanıcıları ulaşım hizmetlerinin merkezine alarak onlara bireysel ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilmiş hareketlilik çözümleri sunmasıdır. Bu şu demektir ki, ilk defa, en uygun ulaşım moduna veya hizmetine kolay erişim, son kullanıcılar için esnek bir yolculuk hizmeti seçenekleri arasında sunulacaktır.
MaaS Global (2018)	Tüm seyahat araçlarını bir araya getiren ve farklı ulaşım sağlayıcılarının seçeneklerini tek bir mobil hizmette birleştirerek, planlama ve tek seferlik ödeme güçlüğünü ortadan kaldırmaktadır.
Avam Kamarası Ulaştırma Komitesi-(House of Commons Transport Committee) (2018)	Yurt dışında ve halihazırda Birleşik Krallık'ta pilot olarak denenmekte olan bir fikirdir. İnsanların seyahat için planlama, rezervasyon ve ödemeyi entegre eden bir sistem kullanarak çeşitli toplu, paylaşımlı ve özel ulaşım araçlarına erişebildiği dijital platformlar (genellikle akıllı telefon uygulamaları) için kullanılan bir terimdir.

Polis (2018)	Yaşam tarzı ihtiyaçlarına dayalı ve tek bir arayüz ve abonelik yoluyla sağlanan kişisel bir hareketlilik paketi sunulmaktadır. Kısmen iş ve teknoloji öncelikleri tarafından yönlendirilen MaaS, yerel, ulusal ve AB düzeyinde dahil olmak üzere politika düşünme üzerinde bir etkiye sahip olmak zorunda kalacak.
Arthur D. Little (2018, p. 59)	MaaS, kavramı, tüketicilere entegre, esnek, verimli ve kullanıcı odaklı hareketlilik hizmetleri sunmayı amaçlar. Bu bireysel motorlu ulaşım modlarının kişisel mülkiyetinden ve entegre olmayan ulaşım araçlarından, hizmet olarak tüketilen entegre çok modlu hareketlilik çözümlerinin kullanımına doğru bir kayma anlamına gelir. Bu değişim, yolculuğu oluşturan ve yöneten ve planlama ile ödemeyi (her müşteri segmentinin ihtiyaçlarına göre uyarlanmış hareketlilik paketlerine dayalı olarak) tek noktadan alışveriş ilkesine entegre eden bir 'entegre hareketlilik platformu' aracılığıyla toplu ve özel taşımacılık sağlayıcılarından gelen ulaşım hizmetlerinin entegrasyonu ile sağlanır.
UITP Policy Brief-(UITP Politika Özeti) (2019, p. 2)	Aktif hareketlilik ve verimli bir toplu taşıma sistemini temel alan tek bir dijital hareketlilik sunumundaki farklı ulaşım hizmetlerinin (toplu taşıma, araç paylaşımı, araba paylaşımı, bisiklet paylaşımı, scooter paylaşımı, taksi, araba kiralama, araç çağırma gibi) entegrasyonu ve bunlara erişimdir. Bu kişiye özel hizmet, kullanıcının seyahat ihtiyaçlarına göre en uygun çözümleri önerir. MaaS her zaman kullanılabilir durumdadır ve entegre planlama, rezervasyon ve ödeme imkanları sunar, bunun yanı sıra kolay hareketlilik sağlamak ve bir araba sahibi olmak zorunda kalmadan yaşamı mümkün kılmak için yol bilgisi sağlar.

Türkiye’de MaaS konusunda yapılan akademik çalışmaların durumu ile ilgili olarak “mobility as a services”, “MaaS”, “hizmet olarak hareketlilik”, “hareketlilik” anahtar ifadeleri kullanılarak yapılan araştırma ile Tablo 2’deki sonuca ulaşılmıştır. Yapılan bu araştırmanın eksik bilgi içermesi ve AUS ile birlikte düşünülerek derinleştirilerek geliştirilmesi mümkündür. Bu tablodan ülkemizde MaaS konusunun 2019 yılından itibaren belgelerde yer almaya başladığı ve bu konunun daha çok yeni olduğu görülmektedir.

Tablo 2. MaaS Konusuna Değinen Ülkemizde Yayımlanmış Dokümanlardan Bazıları

Sıra	Yazar/lar	Konu	Nitelik
1	Kocagöz E., Kocagöz O., 2019	Akıllı Ulaşım	Makale
2	Erdoğan M.H., 2019	Otomotiv Sektöründeki Teknolojik Yönelimler ve Teknik Analizler	Tez
3	Coşkun D., 2020	Mobility As A Service (MaaS) nedir?	Makale
4	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020	Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı	Politika Belgesi
5	Öz S., Onursal F. S., Candan Uca N. 2020	Dijital Gelecekte Mesleklerin ve Sektörlerin Dönüşümü	Kitap Bölümü
6	Oğuztimur S., Şahin B., Dağ A., Tünat S., 2021	MaaS-Hizmet Olarak Hareketlilik Dünya Kentleri ve İstanbul Örneklerinin Karşılaştırmalı İncelemesi	Makale
7	İnaç H., Öztemel E., Aydın M.E.,2021	Akıllı Şehirler İçin Mobilite 4.0 Geçişinde Akıllılık ve Stratejik Öncelik Değerlendirmesi	Makale

Sağlıklı, temiz, verimli ve müreffeh bir dünya oluşturmak amacıyla yüklerin, eşyaların ve insanların hareketliliğine ilişkin çözümler araştırılırken son yıllarda MaaS kavramı, ulaşımın uçtan uca şekillenmesinde önemli bir yer tutmakta ve her geçen gün daha da çok dikkatleri çekmektedir. Bu çalışmada MaaS’ın tanımı, literatürdeki yeri, tarihsel gelişimi,

faydaları, yapısal özellikleri, platformları ve örnek modellemeleri ele alınarak ülkemizde bu alanda yapılacak çalışmalar için strateji ve politika belirlemede dikkate edilecek hususlar ile yenilikçi yaklaşımlar için öneriler sunulmuştur. Böylece, MaaS konusunda ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar ile güncel bilgiler bütünsel olarak ele alınıp derlenerek ve gelecek önerilerine yer verilerek ülkemizde yapılmış ilk çalışmalardan olma özelliği taşımasıyla literatüre katkı yapılması amaçlanmıştır.

1.2 MaaS'ın Tarihsel Gelişimi

MaaS konsepti fikir olarak ortaya çıkması ve ilk vizyonu, 1996 yılında, Avusturya'nın Innsbruck kentinde düzenlenen ENTER Konferansında, ulaşım sağlayıcıları ve müşterileri için bir platform olarak kullanılacak *"akıllı bilgi asistanı"* tasarlayan ve tanımlayan Nico Tschanz ile Hans-Dieter Zimmermann tarafından dünyaya tanıtıldı. Bu tasarım ile teknik olarak akıllı bir bilgi asistanı, seyahat hizmetlerine entegre edilerek MaaS sisteminin temelleri teşkil edildi. Bu platformun vizyonu ise *"seyahatleri planlamak, birleştirmek ve rezervasyonu mümkün hale getirmek ile otel rezervasyonu ve sigorta satın almak gibi seyahatle ilgili diğer pek çok faaliyeti desteklemek"* olarak belirlendi.

Finlandiya Altyapı Gününde, MaaS Finlandiya Ltd.'nin CEO'su Sempo Hietanem tarafından Hareketlilik Paketleri sunumunu yaptığı sırada 2006 Nisan'ında *"Blablacar"* fikri ortaya çıktı. Daha sonra, Finlandiya Ulaştırma Bakanlığı tarafından 2009 yılında akıllı ulaşımı *"ulaşım sistemini optimize etmek için bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı"* olarak tanımlayan dünyadaki ilk Akıllı Ulaşım Stratejisi yayınlandı. Finlandiya Ocak 2010'da ulaştırma kuruluşlarını tarafsızlaştırarak reforme eden ilk ülke oldu ve aynı yılın Eylül ayında Finlandiya Ulaştırma Bakanlığı, resmi politikayı altyapıdan daha bütünsel bir yaklaşıma kaydırmaya başlayan bir Rapor paylaştı. Finlandiya düşünce kuruluşu Sitra 2011 yılında, Ulaştırma Bakanlığı ile farklı kamu ve özel sektör kuruluşlarının geniş katılımıyla birlikte hazırladığı *Ulaştırma Devrimi* adlı bir doküman yayınladı. Aynı zaman da 2011'de Finlandiya Ulaştırma Bakanlığı, ulaştırma kuruluşları ile aynı tarzda tarafsız bir şekilde yeniden yapılandırıldı.

MaaS adı, 2012'de, Yeni Ulaştırma Politikaları Kulübü (The Club for New Transport Policy) tarafından ilk kez halka açık olarak kullanıldı. Bu terim, Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığı Genel Müdürü Minna Kivimäki tarafından, önce Nokia'nın eski ürün lideri Reijo Paaanen'nin ortaya atmış olduğu *Hizmet Olarak Taşıma (TaaS)* terimi tercih edildikten sonra vazgeçilerek kabul edildi. Hareketlilik ve lojistiğin bir hizmet ve *"büyüme, rekabet gücü ve refah"* için bir kaynak olarak görüldüğü *Yeni Ulaştırma Politikası* 2013'te Finlandiya tarafından duyuruldu. Aalto Üniversitesi mühendislik öğrencisi Sonja Heikkilä tarafından *MaaS üzerine ilk yüksek lisans tezi* Mayıs 2014'te hazırlandı. Gelişmesi bir anda hızlanan bu alandaki değişime yön verecek olan pek çok akademik çalışma, bildiri ve araştırma makaleleri hızla ortaya çıkmaya başladı.

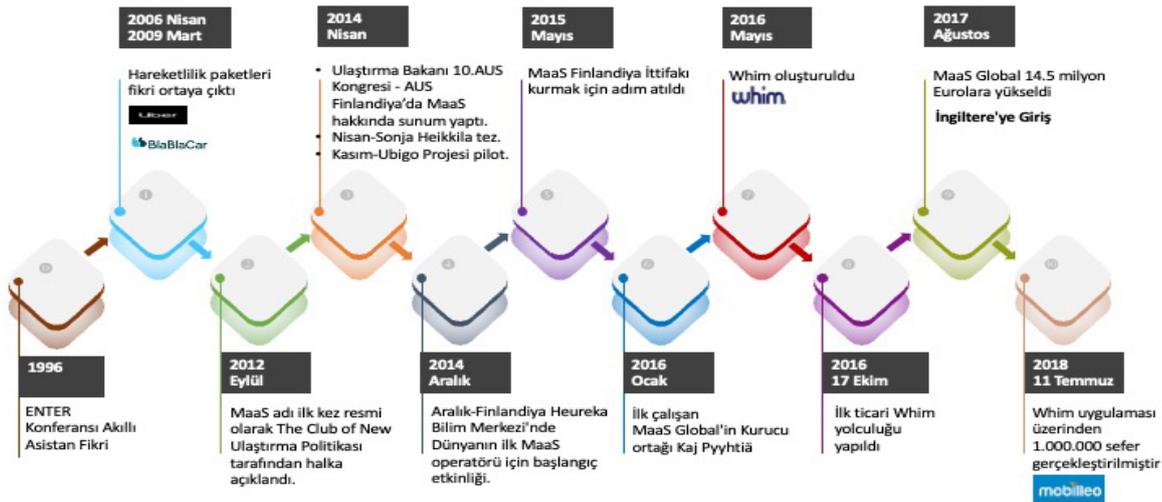
MaaS terimi 2014 yılına kadar daha İsveç'te gündeme gelmemişken, aynı yıl Göteborg'da W olarak isimlendirilen ve aylık abonelik hizmeti sunan, MaaS benzeri ilk deneme çalışması yapıldı. Bu deneme çalışması, yüksek memnuniyet oranına sahip olmasına ve genel olarak çok iyi karşılanmasına rağmen, üçüncü taraflara ulaşım bileti satılması

dahil olmak üzere hükümetin yeterli desteğini alamaması nedeniyle aynı yıl içinde kısa süre içerisinde durduruldu. Bu arada, Helsinki’de “*MaaS temelli bir şehir*” olasığını tartışan bir kongre, MaaS fikrinin yeniden doğmasına ve geliştirilmesine öncülük etti. Avrupa Komisyonu tarafından organize edilen 10. AUS Avrupa Kongresi’ne 2014 yılında AUS Finlandiya, Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığı ile Helsinki Şehri ev sahipliği yaptı. Bu etkinlikte hizmet olarak hareketliliğin tanıtımı yapıldı. İlk MaaS araştırma pilot uygulaması *UbiGo* projesi başlatılarak MaaS hizmetlerini iyileştirmeyi ve ardından Birleşik Krallık’a tanıtmayı amaçlayan *Mobilleo konsepti* için çalışılmaya başlandı.

MaaS ittifakı 2015 yılında Bordeaux’daki AUS Kongresinde kuruldu. Bu ittifak, Hizmet olarak Hareketliliğin temelleri ve bunun şehir altyapılarına yerleştirilmesine yardımcı olmak için oluşturuldu. Burada Mobilleo’nun geliştirme çalışmalarına başlanarak 2018’de piyasaya sürülmesinin temelleri atıldı.

Akıllı telefon teknolojisinin 2016 yılındaki gelişmeleri MaaS için yeniden yapılanmayı tetikledi. MaaS’ın yeni bir şehir altyapısı oluşturmaya yardımcı olabileceği ve Akıllı Şehirler oluşturmayı destekleyeceği fikri ortaya çıktı. *Whim MaaS Global 2016 yılı ocak ayında kuruldu ve Whim Uygulaması* mayıs ayında kullanıma başladı.

MaaS konsepti İngiltere’ye 2017 yılında giriş yaptı ve özellikle ilgi alanları Londra, Manchester ile West Midlands oldu. Bu yoğun nüfuslu kentsel alanlarda hem işletmeler hem de bireyler için daha optimize edilmiş bir seyahat endüstrisine sahip olunması ve diğer ulaşım sorunlarının yanı sıra seyahat yoğunluğunun ortaya çıkardığı zorluklara daha pratik çözümler ve faydalar sağlandı. MaaS için 2018 yılı çok önemli olarak kabul edildi. Çünkü Birleşik Krallık’ta Mobilleo gibi MaaS platformları piyasaya sürülmüş ve şehirler Akıllı Şehirlere dönüşme yolunda adımlar atmaya başladı (Hietanen, 2019; Illingworth, 2018).



Şekil 2. 1996-2018 Arası MaaS'ın Tarihsel Gelişimi

1 <https://whimapp.com/helsinki/en/history-of-maaS-global/>, <https://www.mobilleo.com/the-history-of-mobility-as-a-service/bilgilerden-yazar-tarafından-uyarlanmıştır>.

1.3 MaaS'ın İhtiyaç ve Faydaları

Günümüzde yürüme, bisiklete binme, toplu taşıma kullanımı ve taksi gibi geleneksel seyahat yöntemlerine ek olarak araba paylaşımı, bisiklet paylaşımı, skuter kullanımı gibi yenilikçi kentsel ulaşım şekilleri ortaya çıkmaktadır. Seyahat seçeneklerinin artması, değişmesi ve farklılaşması, şehirleri ve şehir sakinlerini bir entegrasyon eksikliği, karmaşa ve ulaşım maliyetlerinin artışına maruz bırakmaktadır.

Şehir ulaşımı için hareketlilik hizmetleri arasındaki entegrasyon eksikliği, özellikle savunmasız yol kullanıcılarını ve gelir düzeyi düşük ya da hiç olmayan şehir sakinlerini göz ardı edebilmektedir. Seyahat edenler birden fazla modu kullanarak hareketliliklerini kendileri tek tek planlamak zorunda kaldıklarında ise genellikle tercihleri kapıdan kapıya hizmet sağlayan bireysel araçlar olmaktadır.

Her kentsel alan kendine has özellikleri barındırırken şehir sakinlerinin genel refahını sağlamak amacına odaklanarak adil, sürdürülebilir, kolay, erişilebilir ve ekonomik bir hareketlilik ekosistemi oluşturmayı hedeflemektedir.

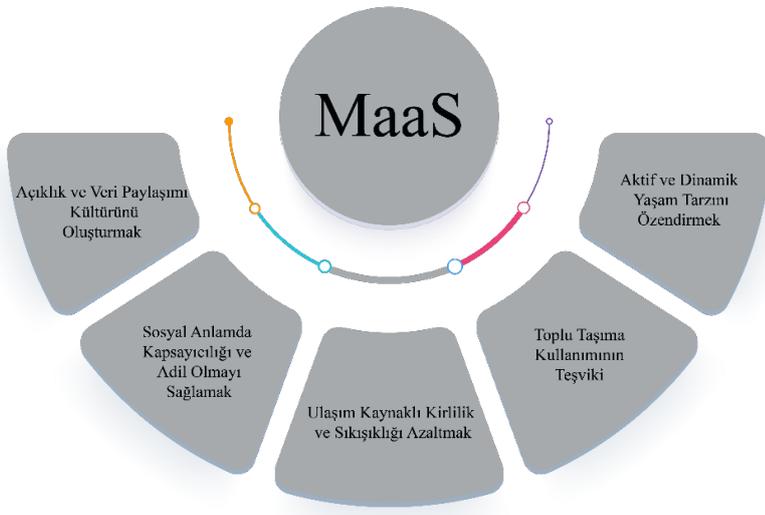
Şehirlerde ulaşımın neden olduğu sürdürülebilirlik için en önemli zorlukların başında fosil yakıtlar ve karbon salınımının neden olduğu hava ile trafikten kaynaklı gürültü kirliliğinin oluşturduğu çevresel zararlar gelmektedir. Bununla birlikte trafik sıkışıklığından kaynaklanan bekleme süreleri ile zaman kayıpları ise durumun ciddiyetini ortaya koyan diğer bir husustur.

Bu zorlukların yanı sıra seyahat edebilmek için çeşitliliklerin ve seçeneklerin arttığı düşünüldüğünde hedefe en etkin ve verimli şekilde ulaşmak için hareket planına odaklanmanın yoruculuğu tartışılmaz bir durum olmaktadır. Yıkıcı ve yenilikçi teknolojilerin sağladığı imkanların domino etkisi ile pek çok alana yayılması, hareketlilik ve bunun dışındaki pek çok yaşamsal faaliyeti kolaylaştıran dijital çözümlerin ortaya çıkmasını sağlarken angarya olarak görülen işleri kolaylaştırmış ve hızlandırdı. Akıllı ulaşım sistemleri uygulamalarına ve veriye özellikle de açık veriye sahip şehirlerde hareketlilik ıstırap olmaktan çok, keyifli bir hal alacaktır. Yenilikçi ulaşım çözümü olarak ortaya çıkan MaaS uygulamaları sayesinde, mevcut ve yenilikçi teknolojilerin tüm olanaklarını kullanmak suretiyle planlanan yolculuklar sorunsuz, etkin ve verimli bir hal alacaktır.

Küresel Piyasa ve Sosyal Yaşam	Yıkıcı, Yenilikçi ve Akıllı Teknolojilerdeki Gelişmeler	Entegre Hareketlilik Arz ve Talebi
<ul style="list-style-type: none"> • Çevresel sürdürülebilirlik kavramı • Nüfusun değişkenliği • Şehirleşme oranlarındaki ciddi artış • Yaşam standartlarındaki değişim • Salgın hastalık gibi sağlıkla ilgili konuların çok yönlü etkisi • Afet ve acil durumlar için çözüm arayışları • Kişiselleştirme talepleri • Uygun fiyata konforlu seyahat talebi 	<ul style="list-style-type: none"> • Dijital ve mobil teknolojiler • Haberleşme teknolojileri • Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojileri • Yapay zeka • Otonom ve bağlantılı araçlar • Elektrikli araçlar ve şarj altyapıları • Paylaşımlı hareketlilik seçenekleri • Mikro hareketlilik seçenekleri • Büyük veri ve bulut bilişim • Akıllı ulaşım ve kooperatif akıllı ulaşım teknolojileri • Ödeme sistemleri teknolojileri • Ulaşım altyapısı 	<ul style="list-style-type: none"> • Akıllı ulaşım sistemleri • Akıllı biletleme • Hareketlilik planları oluşturulması • Birlikte çalışabilirlik için teknik ve idari çözümlerin belirlenmesi

MaaS, kamu ya da özel birden fazla hareketlilik hizmeti sağlayıcısının tekliflerini bir araya getirir. Son kullanıcıların bunlara dijital bir ara yüz aracılığıyla erişmesini sağlayarak, seyahatleri sorunsuz bir şekilde planlamaya ve ödemelerine olanak tanır. Aktif hareketlilik ve etkin toplu taşımayı temel alan MaaS, taşıtların ihtiyacına göre en iyi rota ve seyahat seçeneğini sunar. Ayrıca, yolculuklar için rezervasyon ve ödeme yapmak içinde entegre bir platform sağlar.

MaaS'a ihtiyacın başlıca unsurları; toplu taşıma kullanımının teşviki, ulaşım kaynaklı kirlilik ve sıkışıklığı azaltmak, açıklık ve veri paylaşımı kültürünü oluşturmak, sosyal anlamda kapsayıcılığı ve adil olmayı sağlamak, aktif ve dinamik yaşam tarzını özendirmek olarak görülebilmektedir.



Şekil 3. MaaS'a İhtiyacın Temel Unsurları

Bir şehir otoritesi için, MaaS vatandaşlara daha fazla hareketlilik seçeneğine daha kolay erişim sağlayacak bir yöntemdir. Bir kentsel alan tahsisi perspektifinde ise tüm hareketlilik hizmetlerine yönelik koordineli bir yaklaşım ve araç trafiği hacmini en uygun şekilde planlayabilen bir araçtır. Ayrıca, bireylerin araç sahibi olmak zorunda kalmadan hareketlilik ihtiyaçlarını karşılamak için iyi bir fırsattır. Bu durum alternatif ulaşım seçeneklerini daha entegre ve akıcı hale getirirken özel araç sayısında azalmanın yolunu açacaktır. MaaS'ın temel faydaları ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Çok modlu erişim de dahil olmak üzere ulaşım ağıyla daha kolay ve daha bilinçli kullanıcı etkileşimi.
- Kullanıcı ihtiyaçlarını (doğru zamanda ve fiyatta istedikleri yere ulaşmak gibi) ve ulaşım ağı ihtiyaçlarını (verimlilik ve düşük talepli hizmetlerin ve ilgili maliyetlerin kaldırılması gibi) karşılamak için kişiselleştirilmiş hizmetlerin mevcudiyeti.
- Kullanıcılar ve ulaşım operatörleri ve sahipleri arasında veri paylaşımı ile sonuçlanan birlikte çalışabilir ve entegre sistem.

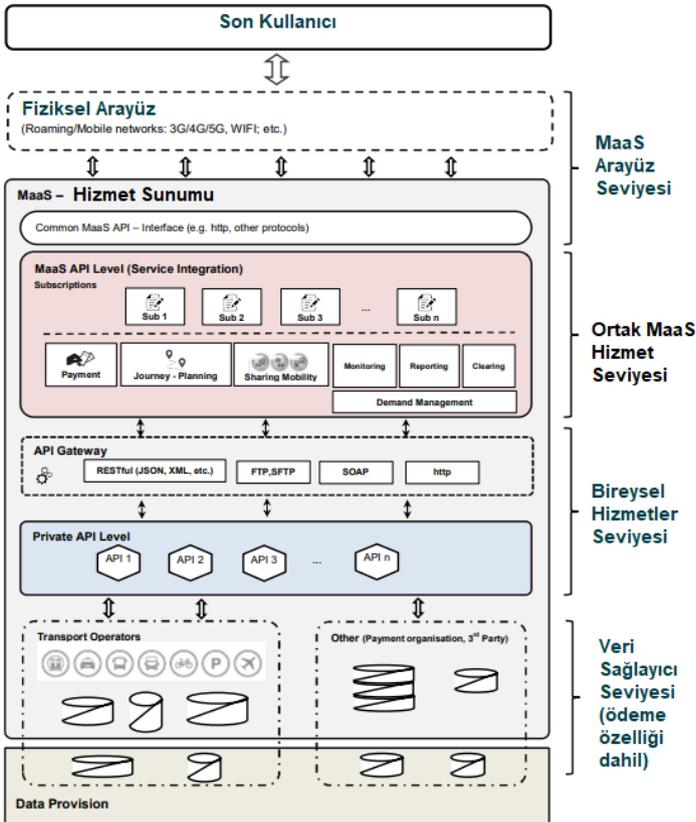
- İnsanları ve eşyaların taşınmasında artan verimlilik; Sıkışıklık ve aşırı kalabalık azalır, seyahat süresinin azalması, taşıtlar için zaman ve sağlık faydaları ile işletmeler için ekonomik faydalar sağlama potansiyeline sahiptir.
- Daha düşük olumsuz çevresel etkiler.

Bu temel faydalar dışında MaaS'ın faydaları paydaşlar ve faydalananlar yani kullanıcılar açısından da belirtilen kaynakta ayrıca ele alınmaktadır (United Nations. Economic Commission for Europe. Inland Transport Committee & Printed at United Nations, 2020).

1.4 MaaS'ın Yapısal Özellikleri

MaaS'ın çalışma prensiplerinin doğru tanımlanması, teknolojilerinin bilinirliği, terminolojisinin ortaya konması, bileşenlerinin işlevleri, ekosistemi ile ilgili konuların iyi anlaşılması başarılı bir şekilde uygulanması için önemlidir.

MaaS, insanların hareketliliğinin planlanmasını kolaylaştıran bir organizasyonel yapı olarak son kullanıcılara farklı şekillerde, farklı teknolojiler ve farklı formatlarda sunulabilir. İnternet, bilgi ve iletişim tabanlı teknolojiler MaaS hizmetlerinin sağlanmasında önemli itici teknoloji olarak görülmektedir. Genel değer zinciri çerçevesinde özel gereksinimleri karşılayacak veri seviyesi, bilgi seviyesi, MaaS hizmeti oluşturma, MaaS hizmeti sağlama ve hareketlilik pazarı fonksiyonlarından oluşan beş modül seviye tanımlanabilir. (König et al., 2017). Standartların ve farklı teknolojilerin uyum için prosedürlerin belirlenmesi nihai MaaS hizmet sunumun için temel gerekliliklerdendir.



Şekil 4. Örnek Teknik MaaS Sistem Mimarisi (König et al., 2017)

Ortak bir MaaS sistem mimarisi kurmak için referans ve modelleme temeli olarak, AUS mimarileri analiz edildi. Buna göre, MaaS ile ilgili yeni gereksinimler belirlendi. Çünkü AUS mimarileri, yüksek düzeyde hizmet entegrasyonu, otomasyon ve bağlanabilirlik ile güçlü bir şekilde karakterize edilir. AUS mimarilerinin yaygınlaştırılması ile doğru orantılı olarak, hizmetlerin ve sağlanan veri içeriğinin daha yüksek düzeyde uyumlaştırılması sağlanabilir. Bu durumda, farklı işbirlikçi organizasyonların senkronize edilmesi ve son kullanıcılara yüksek kaliteli hizmetler sunulması için MaaS hizmetlerinin sağlanmasıyla çok benzer gereksinimler ortaya çıkar (König et al., 2017). Tek noktadan hizmet ilkesini izleyen sistem mimarisi, güvenilir bir MaaS operasyonu sağlayan sorumlu atanmış roller/ sorumluluklar tarafından yerine getirilmesi gereken ilgili temel gereksinimleri gösteren tek bir teknik çözümü tasvir eder ve ardından, nihai MaaS hizmet sunumu için farklı düzeyler sunulur (König et al., 2017).

Tek durak noktası prensibiyle birden fazla ulaşım türünü kapsayan esnek, verimli ve kullanıcı dostu hizmetler sunmak amacıyla müşteri odaklı ve ekolojik hareketlilik hizmetleri planlamanın ön koşullarını araştıran Avrupa'yı Birbirine Bağlamak için Hizmet Olarak Hareketlilik (MAASiFiE) projesiyle MaaS'ın ekonomik, teknik, sosyal pek çok yapısal özelliğinin araştırıldığı görüldü. Bu projenin üçüncü iş paketindeki gelişmeler ve vaka çalışma analizleri internet tabanlı teknolojilerin MaaS hizmetlerinin sağlanmasında önemli bir itici güç olduğunu gösterdi (König et al., 2017)

1.4.1 MaaS'ın Terminolojisi

MaaS ile ilgili çalışacak kamu ve özel sektör, akademi, yerel yönetimler, sivil toplum kuruluşları gibi tüm paydaşların aynı dili konuşması için tutarlı ve anlaşılır bir terminolojiye sahip olması önemlidir. Bir ağ bilgisi temeli üzerine inşa edilen MaaS, bir dizi yeni terim sunar ve ortak terimlere bazı nüanslar ekler. Bu terimlerden bazıları sadece MaaS'a özgüken diğer bir kısmının ise terim olarak kullanımı zaten yaygındır.

Türkiye'de AUS için ortak dili konuşmanın sağlanabilmesi ve bu alandaki kavram kargaşasını ortadan kaldırmak amacıyla Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından AUS alanında ilk sözlük 2017 yılında hazırlandı. Söz konusu sözlük periyodik olarak güncellenmektedir (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a).

Türkiye için MaaS'ın ortak bir terminolojisini oluşturmak kapsamında değerlendirme yapıldığında, AUS'un bir alt sistemi ya da uygulaması olması sebebiyle bu alana ilişkin terimler, AUS Terimler Sözlüğüne (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a) ilave edilebileceği gibi bahse konu sözlük içerisinde farklı bir bölüm olarak ele alınmak suretiyle yer alması da mümkün olabilir. Böylece önümüzdeki zamanlarda yaygınlaşması kaçınılmaz olan MaaS terminolojisine de tek bir kaynaktan erişilmiş olacaktır.

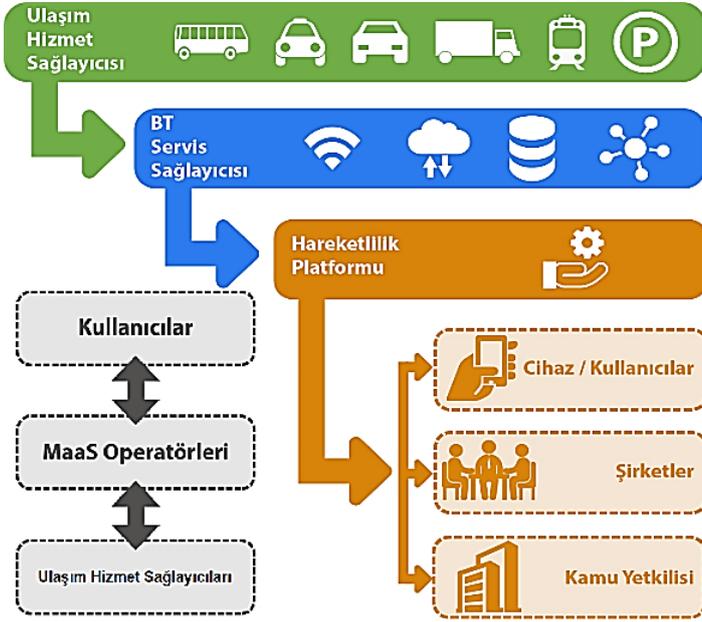
Tablo 4. *MaaS Terminolojisi (kaynak: MaaS Lab, MaaS Dictionary)* (Signor et al., 2019)

Terim	Tanımı
Bir Hizmet Olarak Hareketlilik (Mobility as a Services-MaaS)	Bir operatörün birden fazla hareketlilik hizmeti sağlayıcısının tekliflerini bir araya getirdiği ve son kullanıcıların bunlara dijital bir arayüz aracılığıyla erişim sağlayarak hareketlilik için sorunsuz bir şekilde planlama ve ödeme yapmalarını sağlayan kullanıcı merkezli akıllı hareketlilik yönetimi ve dağıtım sistemi.
MaaS Operatörü (entegratör)	Hareketlilik hizmeti sağlayıcılarının tekliflerini entegre eden, MaaS Ürünlerini tasarlayan ve bunları son kullanıcılara satan kuruluştur. Belirli bir alanda bir veya birkaç MaaS Operatörü olabilir ve bir operatör birden fazla alanda hizmet sağlayabilir.
BT Sağlayıcıları (BT=Bilgi Teknolojileri)	Verilerden ve BT altyapısından sorumlu olan kuruluştur. Buna ödeme, biletleme, telekomünikasyon, teknik arka uç, MaaS platformu dahildir ancak bunlarla sınırlı değildir. MaaS Operatörü ayrıca BT sağlayıcılarından biri olabilir. MaaS Platformu, MaaS Operatörü tarafından son kullanıcılara hareketliliğin nihai hizmetini sağlamak için kullanılan BT yapısıdır.
MaaS Platformu	BT Sağlayıcıları tarafından geliştirilen bileşenlerden oluşan ön uç ve arka uç olmak üzere ikiye ayrılır. Ön Uç, müşteriye dönük unsurdur. Müşterilerin MaaS Ürünlerini satın almak ve kullanmak için etkileşimde bulunduğu mobil ve/veya web uygulaması olan dijital arayüzdür. Back-End, MaaS'nin sunulmasını sağlayan dahili destek ögesidir. Veri içe aktarma, veri depolama, yolculuk planlama, optimizasyon, biletleme, ödeme ve iletişim gibi bütünleyici işlevleri yerine getiren bileşenler topluluğudur.
MaaS Platformu Sağlayıcı	MaaS Platformunu sağlamaktan sorumlu şirkettir. Bu, MaaS Operatörü veya yalnızca teknolojik unsurlardan sorumlu üçüncü bir taraf olabilir.
MaaS Dijital Arayüzü	Müşterilerin MaaS Ürünlerini satın almak ve kullanmak için etkileşimde bulunduğu bir mobil ve/veya web uygulamasıdır.
Hareketlilik Hizmetleri	İnsanların seyahat etmesini sağlayan sistemin tüm unsurlarıdır. Bunlar ulaşım modlarını ve hareketliliği destekleyici hizmetleri içerir, ancak bunlarla sınırlı değildir. Taşıma modları, taşıma operatörleri tarafından son kullanıcılara sağlanan hizmet türleridir (örneğin, araba paylaşımı, araç çağırma, taksi, otobüs, demiryolu vb.).
Hareketliliği Destekleyen Hizmetler (MSS)	Hareketlilik hizmetlerini destekleyen fiziksel altyapı unsurlarıdır. Bunlara şarj istasyonları, yakıt istasyonları, park yerleri dahildir ancak bunlarla sınırlı değildir.
Hareketlilik Servis Sağlayıcıları (MSP'ler)	MaaS operatörüne ve son kullanıcılara Hareketlilik hizmetleri sağlayan kamu veya özel kuruluştur.
Çok Hizmetli Seyahat Planlayıcısı (Multiservice Journey Planner)	A noktasından B noktasına seyahat etmenin en uygun yollarını sağlayan özel bir arama motorudur. Planlanan yolculuklar, son kullanıcılar için önemli olan belirli kriterlere (hız, maliyet, konfor, mesafe) göre optimize edilir. Son kullanıcıya en iyi yolculuğu sağlayabilecek kadar çok modun bir kombinasyonunu sunar.
MaaS İş Ekosistemi	Bir MaaS Operatörünün değer oluşturma ve yakalama şeklini etkileyen daha geniş bir organizasyon ağıdır.
MaaS Ürünü	Bir MaaS Operatörü tarafından müşterilerine sunulan hizmetin türüdür. Buna, kullandığın kadar öde hizmetleri ve MaaS Planları dahildir, ancak bunlarla sınırlı değildir.
MaaS Planı	Bir MaaS Ürünüdür ve bir MaaS Operatörü tarafından müşterilerine sunulan paket haline getirilmiş hareketlilik hizmetleri ve hareketliliği destekleyen hizmetlerdir. Paket; kullanım miktarı, seyahat maliyeti ve abonelik süresini içerir.

1.4.2 MaaS'ın Bileşenleri

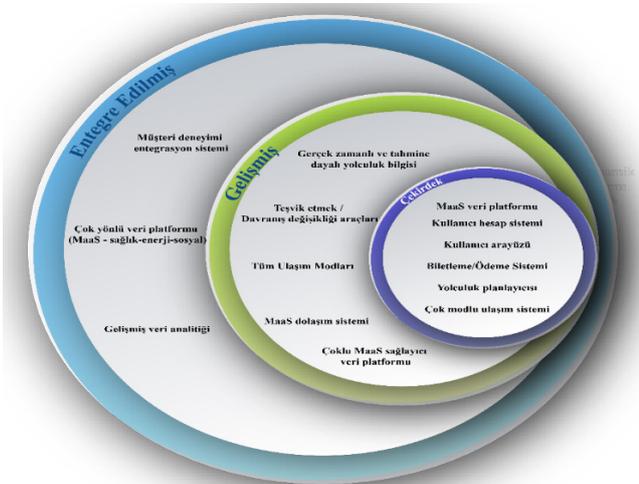
Kamu, özel ya da karma MaaS operatörü veya şirketler ile sistem yöneticisi planlayıcıları, kullanıcılar ve platformlardan oluşmaktadır. MaaS operatörü veya şirketlerini ise toplu taşıma otoritesi, ulaşım otoritesi, özel sektör ulaşım operatörleri, özel sektör üçüncü parti operatörler, özel sektör seyahat planlayıcıları ve diğerleri oluşturmaktadır. MaaS platformları genel anlamda kamu ya da özel sektör sağlayıcılarından oluşmaktadır. Bu bileşenlerin temel amaçları çok modlu hareketlilik için bir yaklaşımı, modlar arasında

seçim yapabilme yeteneğini, seyahat verilerine ulaşabilmeyi ve yenilikçi çözümleri ortaya koymaktır.



Şekil 5. MaaS Genel Temel Bileşenleri

Kullanıcılar, servis sağlayıcılar ve yetkililer ve alt bileşenlerinden oluşan MaaS'ın en temel bileşeni ise veridir. Farklı nitelikte çeşitli verilerin güvenliğinin sağlanması önemli ve zor bir husustur. Bu kapsamda kullanıcılara ait kişisel verilerin yanı sıra ulaşım ve altyapıya ilişkin kritik verilerin ve ulaştırma otoriteleri tarafından ortaya konulan politika kararlarına ilişkin verilerin güvenliğinin sağlanması gerekli ve sistem tasarlanırken tedbirler geliştirilmesi gereken bir konudur. Bununla birlikte ortaya çıkan bir diğer zorluk ise sistemler arasındaki entegrasyon ve veri bütünlüğünün korunmasına ilişkindir. Platformlar tasarlanırken göz ardı edilmemesi gereken en önemli unsur olarak karşımıza veri ve buna ilişkin tüm alt süreçlerin de doğru planlanması gelmelidir.



Şekil 6. MaaS Sistemi Bileşenleri (Nur Khalid, 2019)

Bir MaaS sisteminin bileşenleri MaaS'ın kapsamındaki coğrafi alanlar, MaaS teklifine dahil olan ulaşım modları ve seyahat planlaması, gerçek zamanlı çok modlu bilgi, entegre tek ödeme, yolculuk deneyiminden oluşan MaaS ile sunulan hizmetin niteliğini sunan çekirdek, gelişmiş ve entegre olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmaktadır.

Çekirdek MaaS bileşenleri, temel bir MaaS sunumu sağlamak için gereken temel öğeleri temsil eder. Gelişmiş MaaS bileşen seti, kapsamlı bir hareketlilik sunumu, çoklu bölge ve çoklu sağlayıcı sunumu gibi ek hizmetlere ve gelişmiş yolculuk bilgisi araçlarına rehberlik eder. Entegre MaaS sunumu, bütünsel bir müşteri deneyimi sunmak için diğer sektörlerle (Sağlık, Enerji, Perakende gibi.) entegre olmayı hedefleyen ulaşım sisteminin ötesine geçer (Nur Khalid, 2019).

1.4.3 MaaS'ın Çerçevesi

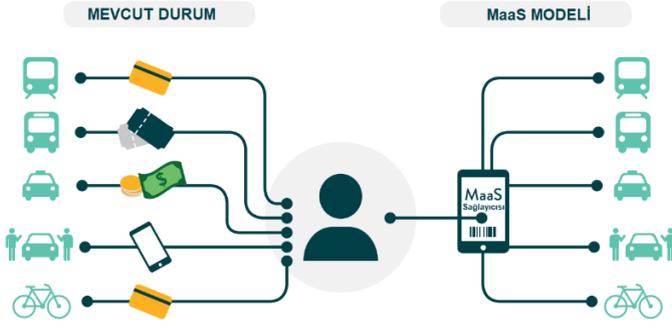
Çerçeve, MaaS operatörleri için öngörülen senaryoya genel bir bakış olarak Aralık 2014'te Finlandiya Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığı tarafından sunulmuştur (García, Lenz, Haveman, & Bonnema, 2020). MaaS üç temel özelliği içermektedir [Barreto et al., 2018]:

- **İsteğe bağlı ulaşım:** MaaS, çeşitli ulaşım hizmetleri için kullanıcının gereksinimlerini karşılar. MaaS sistemi, kullanıcı için en uygun ulaşım aracını tanımlamayı amaçlar. Ulaşım, toplu taşıma, taksi veya araba kiralama veya diğer olasılıklar arasında bisiklet paylaşımı olabilir;
- **Abonelik hizmeti:** MaaS kullanıcıları, karşılıklı anlaşılan bir süre boyunca kullandıkça öde aboneliğini kullanabilir. Böylece, kullanıcıların seyahat biletleri satın alması veya ayrı ulaşım hesaplarına kaydolması gerekmeyecektir;
- **Yeni pazarlar yaratma potansiyeli:** MaaS, isteğe bağlı seyahat veri kalıpları ve dinamikleri hakkında daha iyi görüş ve fikir sahibi olmak için kullanılabilir. Bu, kullanılmayan müşteri talebini tespit ederek yeni satış kanallarının oluşturulmasına ve ayrıca kullanıcı hesabı ve ödeme yönetiminin basitleştirilmesine olanak sağlayacaktır (Barreto, Amaral, & Baltazar, 2018).

1.4.4 MaaS'ın Ekosistemi

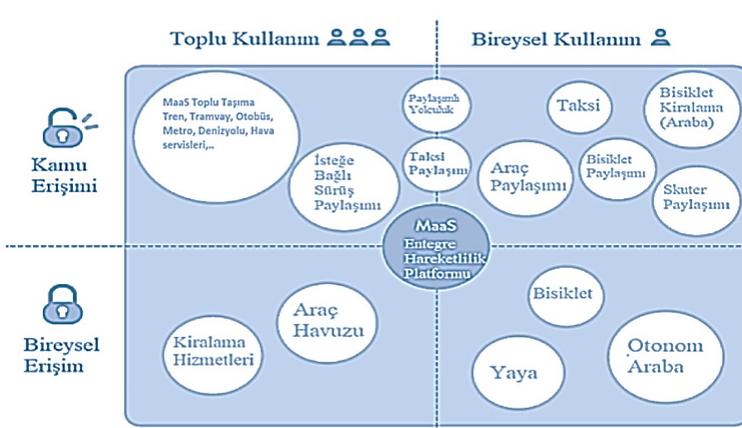
Ulaştırma sektörünü oluşturan ve farklı sektörlerden de çeşitli aktörlerden oluşan bir ekosistemin MaaS'ı sunmak için iş birliği yapması gerekmektedir. Sürdürülebilir bir MaaS ekosisteminin geliştirilmesinde özellikle en önemli rol hem yerel hem de ulusal düzeyde ilgili kamu idarelerince üstlenilmelidir. MaaS kapsamında ulusal düzeyde politika ve hedeflerin ortaya konulması, tüm paydaşlarla birlikte sağlanmalıdır.

MaaS, birden fazla kuruluşun iş birliği içinde hareket ettiği, iş sektörlerinin ve şirketlerin geleneksel sınırlarını pozitif açıdan alt üst eden ve kullanıcıları tüm süreçlere ve gelişimine dahil eden bir iş ekosistemi gerektirmektedir. Çalışanlardan, hareket kabiliyeti kısıtlı kişilere, yaşlı, çocuk ve gençlere kadar çok geniş bir kitleye hitap etmektedir. Neticede donanım, yazılım ve insan kaynağı gibi parametrelerin birleşiminden oluşan MaaS farklı müşteri segmentlerine hitap ederken çok farklı seçenekli ve çeşitli çözümleri de mümkün kılacaktır.



Şekil 9. Mevcut Ulaşım ve MaaS (International Association of Public Transport (UITP), 2019)

MaaS modelinin ise ulaşım alanında önemli bir paradigma değişikliğine yol açtığı görülmektedir. Bu yaklaşım ile kullanıcılar seyahatlerini bir hareketlilik sağlayıcısından satın alabilmenin konforuna sahiptir.



Şekil 10. MaaS'a Entegre Edilen Ulaşım Hizmetleri (International Association of Public Transport (UITP), 2019)

Tablo 5. Geleneksel ulaşım ve MaaS arasındaki farklar (Aurecon, 2022)

Geleneksel Ulaşım	MaaS Yaklaşımı
İzole edilmiş ulaşım modları, operatörler ve ağlar	Uyumlu, bağlantılı ve kusursuz bir ekosistem
Düşük doluluk oranına sahip bireysel ulaşım türleri	Artan yaşanabilirlik için paylaşılan ve kişiselleştirilmiş ulaşım
Tek mod ve seyahat seçeneği odağı	Bir moda veya diğerinde sadece tek bir kısım değil, tüm seyahatin planlaması üzerine odaklanma
Tüketicinin öngörülen programlara uyması ve potansiyel seçenekleri bireysel olarak değerlendirmesi gereksinimi	Toplu ve talebe duyarlı hizmetler sunan, bağlantılı/entegre seyahatler, yolculuk planlama ve ödemeler
Ağ kullanımının parçalanmış ve statik olarak yakalanması	Hareketlilik hizmetlerinin daha iyi izlenmesini, yönetilmesini ve planlanmasını sağlayacak daha iyi bilgi yakalamasının sağlanması
Trafik sıkışıklığı ve aşırı kalabalık toplu taşıma	Daha düşük trafik sıkışıklığı ve ulaşımın çevresel olumsuz etkilerinin azaltılması

1.6 AUS ve MaaS İlişkisi

AUS, seyahat sürelerinin azaltılması, trafik güvenliğinin artırılması, mevcut yol kapasitelerinin verimli kullanılması, hareketliliğin artırılması, enerjinin verimli kullanılması ve çevreye verilen zararın azaltılması gibi amaçlar doğrultusunda geliştirilen kullanıcı, araç, altyapı ve merkez arasında çok yönlü veri alışverişi ile izleme, ölçme, analiz ve kontrol mekanizmalarını içeren bilgi iletişim temelli sistemlerdir (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020b). Aynı kaynakta AUS'un faydaları ise aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Hareketliliğin artması,
- Trafik sıklığındaki azalma ve toplu ulaşımın olası katkıları,
- Trafik kazaları ile buna bağlı ölümlerin, yaralı sayılarının ve maddi kayıpların azalması,
- Ulaşımın geçen zamanın azalmasıyla yakıt tasarrufunun sağlanması,
- Karbon salımı ve çevre kirliliğinin azalması,
- Araçların yıpranma süresinin gecikmesiyle bakım maliyetlerinde tasarruf sağlanması,
- Acil yönetim sistemlerinin verimliliğinin ve etkinliğinin artması,
- Araç-araç, araç-altyapı, araç-merkez haberleşme sistemleri ile seyahat süresini azaltıp ulaşım kolaylığı sunması,
- Trafik güvenliğine ve toplu ulaşımın katkı sağlayan Web-mobil uygulamalarının ortaya çıkmasının sağlanması,
- Kameralar, algılayıcılar ve benzeri uygulamalar yardımıyla araç, çevre ve altyapıdan elde edilen büyük verinin analizi ile ulaşım kolaylığının sağlanması,
- Elektrikli ve hibrit araçların artışına bağlı olarak akıllı enerji sistemlerine geçişle enerji tasarrufunun sağlanması,
- Kameralardan ve benzeri uygulamalardan elde edilen verilerle kamu güvenliğinin sağlanması,
- Gerçek zamanlı verilere dayanan mobil uygulamalar ve hizmetler sayesinde elde edilecek doğru ve anlık bilgiler ile yolcu ve yük hareketliliğinin optimize edilmesi (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020b).

AUS kapsamında ortaya çıkan pek çok uygulama bulunmaktadır. Bu doğrultudaki uygulamaların bazıları ise Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı'nda aşağıdaki gibidir:

- Bir Hizmet Olarak Hareketlilik (Mobility as a Services)
- Araç Paylaşımı (Car Sharing)
- Yolculuk Paylaşımı (Ride Sharing)

- Araç Havuzu (Car Pooling)
- Park Et Devam Et (Park and Ride)
- İndir Devam Et (Kiss and Ride)
- Alan Trafik Kontrolü (Area Traffic Control)
- Sıkışıklık Ücretlendirme (Congestion Charging)
- Gelişmiş Taksi Uygulamaları

MaaS ise tüm bu sayılan AUS uygulama ve hizmetlerin kullanıcılara tek bir platform üzerinden sunulmasını sağlayan yenilikçi, insan odaklı ve çevreci bir akıllı hareketlilik dağıtım modelidir. Toplu taşımada ve bireysel hareketlilikte reform sağlayacak yenilikçi bir AUS alt sistemi olarak değerlendirilebilir.

AUS ile MaaS tanımları ayrı ayrı değerlendirildiğinde aslında her ikisi için de pek çok ortak hedefin olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum MaaS'ın akıllı ulaşımın bir alt alanı olması nedeniyle pek çok ortak faydada kesişmesi de doğaldır. AUS için mevcut olan tüm güçlü ve zayıf yönler ile tehdit ve fırsatların tüm dünya ülkelerinde yapılan çalışmalar takip edildiğinde benzer niteliğe sahip olduğu görülmektedir. AUS ile ilgili fırsatların ve gelişmelerin MaaS'ın da önünü açacak çabalar içerdiği tartışmasız gerçektir.

Türkiye'de de AUS alanında kamu ve özel sektör ile yerel yönetimler, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarından oluşan çok farklı paydaş grubu tarafında pek çok çalışma yapıldığı bilinmektedir. Bu kapsamda ilk politika belgesinin 2014 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından hazırlandığı ve akabinde güncellenen Ulusal AUS Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planının ise 2020 yılı ağustos ayında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile yayımlanarak yürürlüğe girdiği bilinmektedir. Söz konusu belgede AUS'un uzun ve kısa dönem hedefleri belirlenerek MaaS'ta aynı çerçevede tutulmuştur. Söz konusu belgenin uzun dönem hedeflerinden biri de blokzincir teknolojilerinin MaaS, veri paylaşımı, yük ve lojistik hizmetleri ve benzeri alanlarda kullanımının yaygınlaştırılmasıdır. Burada da MaaS kavramının, ulaşımın tüm türlerindeki çeşitli hizmetleri, farklı sektörlerin gücü ve yeteneğini bir araya getirerek sunan çok paydaşlı yapısı AUS ile benzer özelliklere sahiptir. Böylece AUS ile ilgili olarak tanımlanan politika, strateji, mevzuat, teknoloji, sosyal, kültürel tüm ihtiyaç, sorun ve talepler bir alt alan olarak MaaS için de geçerli olabilmektedir.

2. MaaS Platformları ve Gelişimi

MaaS'ın yaygınlaşması, açık erişime sahip güçlü ve güvenilir bir ulaşım ve dijital teknoloji altyapısının varlığı ile sürdürülebilir bir iş modeli sağlamak için rekabete ve iş birliğine izin veren ticari bir çerçevenin oluşturulmasına ihtiyaç duymaktadır. Bu doğrultuda MaaS'ın bireylerin ulaşım ihtiyaçlarını desteklemesi gereken kullanıcı merkezli bir hizmet olduğunun kabul edilmesi gerekmektedir. Ulaşımı oluşturan değerler zincirinde ek bir hizmet halkası olan MaaS aynı zamanda birileri tarafından finanse edilmelidir.

MaaS'ın yaygınlaştırılması ve geniş çapta benimsenmesi ile veri ve teknoloji sistemleri; ulaşım sistemleri, seyahat davranışını etkileyen sosyal, çevresel ve ekonomik yönler;

hükümet politikaları ve mevzuatlarındaki değişiklikler gibi bir dizi hususa bağlıdır (Nur Khalid, 2019).

Tablo 6. MaaS'ın Üzerinde Etkisi Olan Konular (Nur Khalid, 2019)

Konu	Etki Seviyesi	Açıklama
Veri ve teknoloji sistemleri	Yüksek	Teknolojik gelişmeler, MaaS yaygınlaşması ve benimsenmesi üzerinde oldukça olumlu bir etkiye sahip olacaktır. Bağlantı ve veri analitiğindeki iyileştirmeler, güvenilir bir MaaS sunumunu destekleyecek ve "akıllı" kullanıcı merkezli hizmetlerin sunulmasını sağlayacaktır. Biletleme sistemlerindeki gelişmeler, daha entegre bir MaaS sunumuna izin verecektir. Hava yolu yolculuğu için dalgalanma ve gerçek zamanlı ücretlendirme konusundaki mevcut aşinalık, halkın kabulünü kolaylaştıracaktır.
Taşıma sistemleri	Orta	Araç teknolojilerindeki (örneğin otonom araçlar ve bağlantılı araçlar) gelişmeler, ulaşım modları (ilk son mil çözümleriyle toplu taşıma) arasında daha iyi entegrasyon sağlayacaktır. Yeni ulaşım modlarının tanıtılması, MaaS seçeneklerini ve tekliflerini arttıracaktır. Bununla birlikte, bu tür modların ortaya çıkması ve kaybolması, çoğu durumda müşterileri çıkış noktasından varış noktasına uygun bir şekilde ulaştırmak için yeterli seçenek olacağından, entegre bir teklif olarak MaaS üzerinde önemli bir etkiye sahip olmayacaktır.
Sosyal eğilimler	Yüksek	MaaS'ın potansiyel faydalarından biri, araç sahipliğinin azalmasıdır, bu da daha sonra tek kişilik yolculukların azalmasına neden olabilir. Bu, üç kuşak ailelerin coğrafi dağılımı ve hizmet odaklı bir topluma doğru hareket gibi sosyal eğilimlerdeki değişikliklere bağlıdır. Bu tür eğilimlerde gelecekteki değişikliklerin MaaS'ın benimsenmesi üzerinde büyük bir etkisi olması muhtemeldir. Demografi açısından ve nüfus yaşlandıkça, bireysel araba kullanma veya sahip olma konusunda isteksizlik olacak ve otonom araçlar dahil MaaS seçenekleri giderek daha çekici hale gelecek. Arazi kullanımı açısından MaaS en iyi ve etkin olarak yoğun kentsel alanlarda çalışır. Ancak banliyö ve kırsal alanlarda konut ve endüstriyel kalkınma için son planlama izinlerindeki artışın mevcut MaaS iş modellerine uyması zor olacaktır.
Politikalar ve mevzuatlar	Yüksek	Teknoloji, veri paylaşımı ve kullanımı, belirli davranışların teşviki, ulaşım biletleme ve ulaşım operasyonel modelleri ile ilgili politikalar ve mevzuatlar, MaaS'ın benimsenme düzeyi ile genel başarısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır.

2.1 MaaS'ın Topoloji ve Gelişme Aşamaları

Topolojik yaklaşım, MaaS için hem iş modeli hem de işletim modelinin nasıl ortak teknolojilere sahip olabileceğini gösterir.

- **Seviye 0**, temel seviye, herhangi bir entegrasyon olmaksızın her farklı ulaşım aracı için ayrı hizmetlerin sağlandığı durumu ifade eder.
- **Seviye 1**, işlevselliğe göre daha fazla sınıflandırılabilen bilgilerin entegrasyonunu temsil eder. Seviye 1'in katma değeri, en iyi seyahati bulmak için karar desteğidir ve günün saati, güzergâh veya kullanılan ulaşım türü ile ilgili seçimi kolaylaştırmaktır.
- **Seviye 2**, rezervasyon ve ödeme entegrasyonunu temsil eder. Seviye 2 hizmeti, tek seferlik seyahatlere odaklanır ve toplu taşıma biletleri, taksi veya mümkün olduğunda diğer ulaşım hizmetlerini ekleyerek bir seyahat planlayıcısının doğal bir uzantısı olabilir. Seviye 2'nin katma değeri, seyahat bilgilerinin bir seyahat için rezervasyon ve ödeme yapma yeteneği ile birleştirilmesidir.
- **Seviye 3**, sözleşmeler ve sorumluluklar dahil olmak üzere hizmet teklifinin entegrasyonunu temsil eder. Katma değeri, müşterinin hareketlilik ihtiyaçlarının karşılanması, ulaşım hizmeti sağlayıcılarının hizmetlerinin tercih edilir olması ve araç sahipliğine kapsamlı bir alternatif olmasıdır. Burada hareketlilik, geleneksel

olarak mevcut olan bilgileri entegre etmenin ötesinde, iş birliği yoluyla daha iyi bir hizmet teklifi sunmaya geçebilir. Sağlayıcılar, hizmet kalitesini iyileştirmek veya daha sorunsuz seyahat deneyimleri sağlamak için kullanıcılara paketler veya abonelikler sunabilir.

- **Seviye 4**, toplumsal hedeflerin entegrasyonunu temsil eder. Bu seviyede MaaS, hareketlilik talebi ve arzı arasında bağlantı kurmanın ötesine geçer. Burada katma değer, özel araç sahipliğinin ve kullanımının azaltılması, böylece daha erişilebilir, yaşanabilir bir şehrin ortaya çıkmasının desteklenmesidir. MaaS, hareketlilik ile ilgili olarak toplumsal değerlere ve hedeflere uygun davranış değişikliklerinin ortaya çıkmasını hem yönlendirecek hem de yönetecektir. İklim değişikliği, sağlık ve refah ile ilgili toplumsal endişeler artmaya devam ettikçe, daha sürdürülebilir ulaşım modalarının desteklenmesi gibi büyük davranış değişiklikleri ve politikalarla ilgili yeni yaklaşımlar ortaya çıkabilir.



Şekil 11. MaaS Entegrasyon Seviyeleri Örnek Uygulamaları (Transit Protocol, 2019)

Kullanıcılar, hizmetler, sunucular ve platformlar ile bunları oluşturan pek çok araç, gereç ve unsur, MaaS değer zincirini oluşturur. İyi tasarlanmış bir MaaS bu zincirdeki halkalara ilişkin tüm olay döngülerini doğru tanımlamaya odaklanmaktadır.

Şekil 12 Sochor ve diğerleri ile Lyson ve diğerleri tarafından çalışılan iki ayrı sınıflandırma bulunmaktadır. Bu iki sınıflandırma entegrasyon seviyesine ilişkin olarak ince ayrıntılar içeren durumlar bakımından farklılık göstermektedir. Birinde sadece artan entegrasyona odaklanılırken diğerindeyse bu artışın ortaya çıkarttığı bilişsel çabadaki ve yolcular üzerindeki yükün azalmasına yoğunlaşmaktadır.

Buradaki nihai **Seviye 5** ise, MaaS'ın genel olarak özel otomobilin rahatlığıyla aynı düzeyde bir seyahat deneyimi sağladığı durum olarak tanımlanmaktadır. Ancak bunun gerektirdiği operasyonel entegrasyon seviyelerine ulaşamayabilir (Hensher et al., 2020).



Şekil 12. MaaS Entegrasyon Seviyeleri (Hensher et al., 2020)

2.2 MaaS'ın Yönetişim Unsurları

MaaS, yaşam tarzı ihtiyaçları doğrultusunda kişisel ve iş odaklı, kullanıcı ile başlayan ve aşağıdan yukarıya işleyen bir sistemdir. Bu nedenle kullanıcısı için çok özel, güvenli ve değerli olmakta hatta bireysel araç kadar iyi bir seçenek olarak kapıdan kapıya mod bağımsız sorunsuz ulaşım çözümü sağlamaktadır. Kullanıcı için tek bir hesap ve tek bir hareketlilik sağlayıcısı ile uzakların yakın olacağı bir yaklaşım sunmaktadır. Buradaki en temel entegrasyon unsurları ise aşağıdaki şekildedir;

- Kişilerin ulaşım ihtiyaçlarını odaklanarak bir hizmet sunmak.
- Mesafeden bağımsız olarak kesintisiz ve verimli bilgi, mal ve insan hareketliliğini sağlamak.
- Hareketliliği kolaylaştıracak ve artıracak çözümlere yoğunlaşmak.
- Ulaşım hizmetleri bilgisi, ödeme ve biletleme entegrasyonunu sağlamak.
- Kapıdan kapıya hareketlilik hizmetlerini uygun fiyatla, çeşitlilikle ve konforla sunmak.
- Akıllı ulaşımında bilgi ve hizmetler için açık bir ekosistem oluşturmak.
- Bireysel araç kullanımı ile kıyaslandığında çok daha üst seviye hizmet sunarak tercih edilir olmak.
- Hareketlilik verilerini toplamak, analiz etmek ve paylaşmak suretiyle gelecek planları ve daha iyi çözümler için kullanmak.

Her şehir ve bölge; yerel şartlar, kamu ve özel sektör aktörleri arasındaki ilişki, mevcut kaynaklar ve politika hedefleri gibi hususları dikkate alarak ulaşım sorunlarına ilişkin çözüm seçeneklerinden en uygun olana karar vermelidir. MaaS ile ilgili alınacak kararlar ve yapılacak çalışmalar için de bu husus önemlidir olmakla birlikte MaaS işlevselliği ve yönetişimi aşağıdaki özellikleri içermelidir;

- Her yere uyan tek bir mükemmel çözüm olmadığından farklı seçenekler üzerinde ayrıntılı planlar yapılması gerekmektedir.

- Tüm yararlanıcıların özel ihtiyaçları doğru analiz edilerek ulaşım sistemindeki MaaS ile çözülebilecek boşluklar ve eksiklikler belirlenmelidir.
- Proje ya da planlama yaparken her hareketlilik çözümünün buna MaaS'ta dahil, mevcut altyapısının müsaade ettiği oranda işe yarar ve verimli olabileceği hususu dikkate alınmalıdır.
- Bir uygulama ya da platform ile desteklenmelidir.

İhtiyaçlara çözüm olmak üzere mevcut toplu taşıma ağı üzerine planlanarak özel ve kamu sağlayıcıları tarafından desteklenen MaaS çalışmalarının başarılı olması muhtemeldir.

2.3 MaaS Platform Örnekleri

Avusturya'da Smile pilot projesi, entegrasyon seviyesi 2'de çalışan yüksek profilli bir MaaS sağlayıcısıdır. Bu pilot uygulama, 2014'ten 2015'e kadar devam etmiş ve gelişmiştir. Çevreye duyarlı çalışmalar yapan, ulaşım sağlayıcıları ve yazılım mühendisleri gibi taraflar arasında iş birliğini içermektedir. Smile uygulamasında, çok modlu rota bilgileri sunularak ödeme ve biletleme sisteme entegre edilmiş olup Smile'in devamı olan WienMobil, 2017'den beri faaliyettir. Bu hizmet, geliştirilmiş bir seyahat planlayıcıya (Beam-Beta) sahiptir.

Entegrasyon seviyesi 3'te çalışmak üzere tasarlanan üç MaaS girişimi ise Shift, UbiGo ve Whim'dir. Bunlardan ilki, Las Vegas'ta (Amerika Birleşik Devletleri) geliştirilen SHIFT; bisiklet paylaşımı, araba paylaşımı, taksiler ve vale hizmeti gibi birçok farklı ulaşım hizmetini entegre etmeyi amaçlamaktadır. İkinci girişim, UbiGo, İsveç'te pilot olarak başlamış ve 2013'ten 2014'e kadar sürmüştür. Bu hizmet, Göteborg sakinleri için bireysel hareketlilik gereksinimlerine göre ön ödemeli paketlerin satın alınması şeklinde prensip sağlamıştır. Üçüncü girişim, Finlandiya'da 2016'dan beri faaliyette olan Whim'dir. MaaS Global'in resmi internet sayfasından (<https://whimapp.com/>) kuruluşun dünyanın ilk gerçek MaaS operatörü olduğu ve ödüllü Whim uygulamasıyla, piyasada ilk her şey dahil MaaS çözümü ile kullanıcılarına tüm şehir içi ulaşım hizmetlerini tek bir adım ile vererek toplu taşıma, taksi, bisiklet, araba ve diğer seçeneklerle istedikleri yere ve istedikleri zaman tek bir abonelik altında seyahat etmelerini sağladığı görülmektedir.

MaaS Platformlarına ilişkin dünyada bilinen uygulamalara ilişkin incelemeler Tablo 7'de yer almaktadır.

Tablo 7. MaaS Şemaları, Durumları ve Aralık 2019 İtibarıyla Entegrasyon Seviyeleri (Hensher et al., 2020)

Adı	Yer	Durum Pilot (P) / Çalışıyor (Ç)	Tarih: Başlangıç Tarihi Net Değil (BND) Sonlanma Tarihi Net Değil (SND)	Şehir (Ş) / Kırsal (K)	Mod Sayısı	Entegrasyon düzeyi: Sochor ve diğerleri (2018)	Entegrasyon düzeyi: Lyons ve ark. (2019)	İnternet Adresi
CityMapper Pass	Londra, Birleşik Krallık	Ç	2019-Mevcut	Ş	3	3	4	https://citymapper.com/pass?lang=en
Communauto	Kanada ve Fransa	Ç	2018	Ş	3	2	4	https://www.communauto.com/index_en.html
HanKasımermobil 2.0	HanKasımer, Almanya	Ç	2016	Ş	5	2	4	https://www.gvh.de/home/?L=1#/
Foli	Turku	Ç	Mevcut-BND	Ş	4	2	4	https://www.foli.fi/en/mobile-ticket
Jelbi	Berlin	Ç	2019	Ş	6	2	4	https://www.jelbi.de
MaaS Madrid	Madrid	P	2019	Ş	5	3	4	https://www.youtube.com/watch?v=x2lO4n4zg1c
Moovizy 2	Saint-Etienne	Ç-c	2019	Ş	9	2	4	https://www.transdev.com/en/solutions/moovizy-maas/
myCicero	İtalya	Ç	2014-BND	Ş /K	4	2	4	http://www.mycicero.it/eng/tp_b/index.html
Smile	Viyana, Avusturya	P	2014–Mayıs 2015	Ş	7	2	4	http://smile-einfachmobil.at/index_en.html
swa Augsburg	Augsburg, Almanya	Ç	Kas.19	Ş	4	3	4	https://www.sw-augsburg.de/mobilitaet/emobilitaet/
TAC Mobilités	Annemasse, Fransa, and Geneva, İsviçre	Ç	2019– Mevcut	Ş	3	2	4	https://www.ratpdev.com/en/newsroom/news/ratp-group-launches-its-first-maas-app-annemasse
Tripi	Sidney, Avustralya	P	Kasım 2019–	Ş	7	3	4	Closed scheme to an employee group. See Chapter 4
UbiGo	Göteborg, İsveç	P	2013– 2014	Ş	5	3	4	https://ubigo.me/en/
UbiGo 2.0	Stockholm, İsveç	P	2019– Mevcut	Ş	4	3	4	https://www.fluidtime.com/en/project/ubigo/
Whim	Helsinki, Finlandiya	Ç	2016– Mevcut	Ş	7	3	4	https://whimapp.com
WienMobil	Wien, İsveç	Ç	2017– Mevcut	Ş	7	2	4	https://www.wienerlinien.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeId/66533/channelId/-3600061
Beeline	Singapur	Ç	Ağustos 2015–	Ş	1	2	3	https://www.beeline.sg
EC2B	Göteborg, İsveç	P	2019– Mevcut	Ş	4	2	3	https://ec2b.se/
Choice/ Queenstown	Yeni Zelanda	P	2017– 2018	Ş	5	2	3	https://www.nzta.govt.nz/traffic-and-travel-information/mobile-apps/choice-app/
Ghent University MaaS Pilot	Ghent, Belçika	P	Nisan– Haziran 2017	Ş	5	2	3	http://www.idm.ugent.be/maas/
Ridemate (Auckland)	Yeni Zelanda	P	2017– 2018	Ş	5	2	3	https://nzta.govt.nz/traffic-and-travel-information/mobile-apps/ridemate-app/
S'hail	Dubai	Ç	2017– Mevcut	Ş	5	2	3	https://www.rta.ae/wps/portal/rta/ae/

TRIPPS Beta	Leidsche Rijn	P	2019– Mevcut	Ş	4	2	3	https://inKasimactory.com/en/2019/08/12/mobility-as-a-service/
Tuup Turku	Oulu, Turku and Tampere, Finlandiya	Ç	2016– Mevcut	Ş	9	2	3	https://www.kyyti.com/
Whim	Birmingham, Birleşik Krallık	P	2018– Mevcut	Ş	3	2	3	https://whimapp.com/uk/
Zengo	Geneva/ Lausanne, İsviçre	Ç	2019– Mevcut	Ş	5	3	3	https://www.zengo.ch
Zipster	Singapur	P (beta version)	Mart 2019– Mevcut	Ş	4	2	3	https://zipster.io/
BRIDJ	Sidney, Avustralya	P	Ağustos 2018–	Ş	1	2	2	https://www.bridj.com/
Kätevä Seinäjoki	Finlandiya	P	2016– 2017	K	3	2	2	http://www.komialiikenne.fi/w/kateva--sovellus
MinRejseplan	Danimarka	P	2018	Ş / K	2	2	2	https://www.nordjyllandstrafikskab.dk/English/Bus-&-train
Mobility Mixx	Hollanda	Ç	2014-BND- Mevcut	Ş / K	7	2	2	https://mobilitymixx.nl/en/home.html
Mobility.2. Services	Palma, İspanya	P	2013– 2016-SND	Ş	?	2	2	https://civitas.eu/content/mobility-20-services
NaviGoGo	Dundee, İskoçya, Birleşik Krallık	P	2017– 2018	Ş	4	2	2	https://static1.squarespace.com/static/5cee5bd0687a1500015b5a9ft/5d5c0a6c3e4b3a0001242602/1566313071168/NaviGoGo-Pilot-report.pdf
NS-Business Card	Hollanda	Ç	2012-BND– Mevcut	Ş	6	2	2	https://www.ns.nl/en/business/ns-business-card
Postauto	İsveç	Ç	Nisan 2019- BND–Mevcut	K	1	1	2	https://www.postauto.ch/de/fahrplan-und-angebote
Sonnera Reissu Hämeenlinna	Hämeenlinna and Ylläs, Finlandiya	P	2016	Ş / K	3	2	2	https://yhteiso.telia.fi/t5/Blogi/Sonera-Reissu-Alyliikennepalvelut-ovat-jo-taalla/ba-p/126052
Switchh Hamburg	Hamburg, Almanya	Ç	2018 -BND- Mevcut	Ş	2	2	2	https://www.switchh.de/hochbahn/hamburg/switchh/homepage
TIM	Graz, Avusturya	Ç	Eylül 2016-BND- Mevcut	Ş	4	2	2	https://www.tim-graz.at/
Trav.ly	UK	Ç	2008– Mevcut	Ş/K	2	2	2	https://www.trav.ly/
Utrecht Region Pass	Utrecht, Hollanda	O	2016– Mevcut	Ş/K	4	2	2	https://utrechtregionpass.com/
UESTRA	Hannover, Almanya	O	Mevcut – Mevcut	Ş/K	4	2	2	https://shop.uestra.de/index.php/
Door to gate	Müni, Almanya	P	2017– Mevcut	Havaalanı	5	1	1	https://www.globalairrail.com/images/events/2017/Airport_Access_Ideas_Forum_2017/Case_Studies/AAIF2017%20-%20Case%20Studies-MaaS.pdf
TripGo	Global	O	2012– Mevcut	Ş/K	Çoklu	1	1	https://tripgo.com

Son dönemde ülkemizde de ortaya çıkan Martı, HOP, Palm, BinBin gibi skuter ile çoğunlukla yerel yönetimler tarafından sunulan bisiklet paylaşım sistemleri yaygınlaşmaktadır. Aynı zamanda iTaksi, biTaksi hizmetleriyle beraber Moov, TikTak ve zipcar araç kiralama

uygulamaları yavaş yavaş kullanıma girmektedir. Türkiye'deki büyük şehirlerin çoğunda toplu taşıma sistemleri üzerinde kartlı ödeme sistemleri ve mobil uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar üzerinden ise ödeme sistemlerinin de hayata geçiyor olduğu görülmektedir.

Aynı zamanda Ulusal AUS Strateji Belgesi ve Eylem Planında yer alan *2.3 Tek Kart Ödeme Sistemi* eylemi ülke çapında ortak bir ödeme sistemi geliştirmeyi, hazırlanacak olan kart ile tüm toplu taşıma araçlarında yolculuk yapmayı mümkün hale getirmeyi amaçlamaktadır. Merkezi olarak kurulacak sistemle, ulusal düzeyde tüm toplu taşıma ücret toplama sistemlerinin entegrasyonunun sağlanması ve yolcuların standart bir kart ile bu hizmetlerin tamamından faydalanması amaçlanmaktadır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020b). Bu durum ülkemiz politikalarının MaaS'ı destekler nitelikte olduğunu göstermektedir.

3. Öneriler

Giderek artan teknoloji yoğun ve dijital dünyada ulaşım hizmetleri de dahil her şeye tek bir dokunuşla erişilmektedir. MaaS, şehirlerdeki trafik sıkışıklığından park yeri problemlerinin çözümü ile emisyonların ortaya çıkarttığı çevresel zararlara kadar pek çok sorunun çözülmesine yardımcı olma potansiyeline sahiptir. Bunun için ise entegrasyon, birlikte çalışabilirlik, güvenlik ve veri hususlarının önemi bir kez daha karşımıza çıkıyor. Türkiye'de yerel yönetimler, özel girişimler ve diğer MaaS bileşenlerinin yavaş yavaş oluşması ile ortak platformların ortaya çıkması da muhtemel olacaktır. Bu nedenle MaaS için bir yol haritasının belirlenmesi ve ortaya konması sektördeki farklı disiplinlerdeki paydaşlar için önemli bir ihtiyaçtır.

3.1 Strateji ve Politikalar

Politika yapıcılar MaaS'ın düzenleyici çerçeve içinde uygun şekilde yer alması için ulaşım hizmetlerinin sağlanmasını kapsayan mevcut mevzuat ve politika belgelerini inceleyerek düzenleyip güncellemelidir. MaaS'ın mevcut düzenleyici çerçeve tarafından kapsanmayan kısımları tüm paydaşları ile birlikte ele alınarak oluşturulmalıdır.

MaaS'ın ulaşım istediği politika hedefi; her coğrafi alan, bölge ya da şehir için birbirinden farklı ihtiyaçlara bağlı olarak değişiklikler gösterebilmektedir. Bu doğrultuda hazırlana ya da hazırlanması gereken stratejik planlar önemli yol haritaları olacaktır.

MaaS'ın başarısı ihtiyaç doğrultusunda sistemin sorunsuz çalışması, geniş kapsama marjinal özel ve farklı kullanıcılar için hareketlilik seçeneklerinin belirlenmesi, uyarlanabilir sistem ve süreçlerine sahip olmak, iş birliği ve birlikte çalışabilirliği teşvik etmek, veri toplama ve yönetimi gibi hususlarda stratejik hedeflerin ortaya konulması ile sağlanabilecektir. Bu kapsamda kullanılması gereken ortak standartlar ve teknik isteklerin netleştirilmesi hatta AUS mimarisinin yanı sıra MaaS mimarisinin de ayrıntılarının çalışılması gerekmektedir.

AUS'nin dolayısıyla MaaS hizmetlerinin planlanması, tasarlanması, sunumu ve yönetimi kapsamında yapılan çalışmalar özellikle son kullanıcı, teknoloji, gizlilik, güvenlik, reklam ve tanıtım konularına odaklanan politik bakış ve stratejik bir yaklaşım gerektirmektedir.

Tablo 8. Strateji ve Politika Belirleme Unsurları

Son Kullanıcılar
<ul style="list-style-type: none"> · Son kullanıcı ihtiyaçlarını anlamaya ve bunları karşılamaya odaklanılmalı. · Hizmetlere eşit şartlarda erişim sağlandığı ve ayrımcılık olmadığına emin olunmalı. · Kolayca erişilebilir ve kullanılabilir müşteri hizmetleri kanalı sağlanmalı. · Ortaya çıkan herhangi bir şikâyet veya sorunu ele almak için açık prosedür kanallarına sahip olunmalı. · Seyahatin planlandığı gibi gerçekleşmediği ya da memnun kalınmayan hizmetler olduğu zaman telafi için tazminat, geri ödeme gibi net bir politika olmalı. · Çok dilli hizmetler sunulmalı (hem yerel hem de uluslararası dillerde). · Engelli veya hareket kabiliyeti azalmış kişiler, yayalar, motorsuz yol kullanıcıları, motosikletliler gibi savunmasız yol kullanıcılarının ulaşım araçlarına ve hizmetlerine ek bir maliyete maruz kalmadan erişim ve yardım sağlanmalı. · Hizmetlerin satın alınmadan önce, seyahat esnasında ya da sonrasında çeşitli aşamalarda seyahate ilişkin olarak bilgilendirme yapılmalı. · Hizmet kullanıcılarının sağlam ve verimli seyahat kararları vermelerine olanak tanıyarak net, doğru ve tutarlı bilgiler sağlanmalı. · Hizmetlerde kesinti ya da sorun olması durumunda önlemler alınarak yeniden yönlendirme ve yeniden rezervasyon için mekanizmalar oluşturulmalı. · Sunulan hizmetler için ücret politikası hakkında açık ve tutarlı bilgiler sağlanmalı. · Hizmetin sağlanması veya reddedilmesi kapsamında açık ve adil gerekçelendirme yapılmalı. · Hizmetlerin kullanıcı ihtiyaçları, organizasyonel kısıtlamalar ve gelecekteki yönelimler hesaba katılarak sürekli geliştirilmeli.
Hizmet Sağlayıcılar (Teknik)
<ul style="list-style-type: none"> · Kullanıcıların ve süreçlerin, hizmetleri etkin biçimde kullanabilmeleri amacıyla sistemin tüm bileşenlerinin doğru tasarımı ve planlaması yapılmalı. · Sistem arızalarıyla başa çıkacak mekanizmalara sahip güvenilir bir platform sağlanmalı. · Hizmetlerin birden çok platform üzerinden sağlanmalı. · Aksaklıklar kapsamında çağrı merkezi ya da benzeri destek seçeneklerinin kullanıcılar için 7/24 esaslı çalışmalı. · Birden çok güvenli ödeme seçeneğine yer verilmeli. · Hizmetlerin etkin yönetimi, sürekli iyileştirme yapılması için yenilikçi teknolojilerin desteğiyle mekanizmalar oluşturulmalı.
Gizlilik-Güvenlik
<ul style="list-style-type: none"> · Kullanıcılar için mevcut ve erişilebilir olan bir gizlilik politikasının varlığı ve uyumu sağlanmalı. · Veri toplama, paylaşım ve korunmasına ilişkin mevzuat düzenlemeleri yapılmalı. · 6698 sayılı Kişisel Verileri Koruma Kanunu'na uyum ve kullanıcının açık izni olmadan hiçbir kişisel verinin kullanılmadığından emin olunmalı. · Hangi verilerin toplandığı, verileri kimin topladığı ve verilerin ne için kullanılacağına ilişkin bilgiler net ve açık olmalı. · Kullanıcılara verilerinin toplanmasına izin vermemesini sağlayacak bir seçenek olmalı.
Reklam-Tanıtım
<ul style="list-style-type: none"> · Mevzuat çerçevesinde rekabet yasağına sadık kalınmalı. · Hizmet sözleşmeleri ve yasal sözleşmeler yoluyla yerel operatörlerle hizmetlerin sağlanması kapsamında roller ve sorumluluklar açıkça tanımlanmalı. · Ortak standartlara uyum sağlanmalı.

MaaS ile ilgili bir strateji oluşturulurken ulusal, bölgesel planlar ve ilgili tüm mevzuat dikkate alınmalıdır. Özellikle ulusal ulaşım ana planları, AUS politika belgeleri, yerel yönetimlerin planları mutlak surette mevcut durum kapsamında incelenerek oluşturulacak MaaS planları, politikaları ve ihtiyaç duyulan tüm belgelerin bunlarla uyumu göz önünde bulundurulmalıdır. MaaS stratejik planları kent içi trafik planlaması, toplu taşımının özendirilmesi, entegrasyon ve ödeme yönetimi, hareketliliğin artırılması, bağlantılı ve otonom araç programları, yenilikçi teknolojiler yenilikçi çözümler, çevre ve insan başlıklarına uygun stratejik hedefler belirlenmek üzere tüm paydaşlar ile birlikte çalışmalar yapılmalıdır. Politika düzeyinde stratejik planlama teknoloji, ulaşım, paylaşım, hizmet, ekonomi ve akıllı ekonomi gibi farklı unsurları içermelidir. Ulusal MaaS Planları oluşturulurken belirlenecek kısa, orta ve uzun dönem hedefler ile mizyon vizyon kavramını tüm paydaşların iş birliği ile ortaya çıkarılması ve sonrasında gerçekleştirme ve takip

sistemlerinin mutlaka olması gerekmektedir. MaaS ile ilgi tüm hedeflere ulaşabilmek uygulamanın ortaya çıkmasındaki yapısı ve işletilmesi için gereklilikler düşünüldüğünde kamu özel ortaklıklarının önemli olacağı ortaya çıkmaktadır.

3.2 Yenilikçi Yaklaşım

Günümüzde sensörler, mobil cihazlar, her şeyin interneti (IoE), veri üretimi ve paylaşımı dahil dijital teknolojilerin getirdiği tüm yenilikçi çözümlere, otonom ve bağlantılı araçlara, elektrikli araçlara ve mikro hareketlilik çerçevesindeki ulaşım seçeneklerine ilgi artışı gözlenmektedir. Öne çıkan bu eğilimlerin, değişim ve dönüşümlerin en önemli itici gücünün bilgi ve iletişim teknolojileri başta olmak üzere tüm teknolojik kavramlar ve beraberinde fırsatlar getirdiği gibi zorlukları da getirmektedir.

Değişim talep tarafında da görülmektedir. Teknoloji ve talep arasındaki itme ve çekme ilişkisi burada da karşımıza çıkmaktadır. Akıllı hareketlilik çözümlerine geçiş, potansiyel olarak bir dizi çeşitli endişeyi giderebilir ve aynı zamanda da geniş fırsatlar sağlayabilir. Dijital platformlar, seyahat planlayıcılar, Nesnelerin İnterneti teknolojisi ve biletleme çözümlerinin sağladığı değişim yavaş yavaş hissedilmektedir. Bu doğrultuda yeni bir düşünce biçiminin ve yenilikçi MaaS platformlarının ve sistem entegrasyonunun benimsenmesi gerekmektedir.

MaaS, hem yolcular hem de yükler için geniş bir ulaşım hizmetleri yelpazesiyile kullanıcıların hareketlilik ihtiyaçlarını karşılar ve talep üzerine kişiye özel taşımacılık sunar. Bir MaaS hizmet sağlayıcısı, toplu taşıma, taksi veya araba kiralama veya araba veya bisiklet paylaşımı gibi bir müşterinin ihtiyaçlarını karşılamak için en uygun ulaşım araçlarını düzenler.

Küresel ekonomik durgunluk, hizmet kalitesini artırma hedefi, iklim değişikliği, enerji güvenliği ve kötü hava kalitesi ile ilgili endişeleri politika yapıcılarını yenilikçi önlemler almaya çözümler üretmeye yöneltmektedir.

Değişim taşımacılık modlarında hizmet sağlayan kamu ve özel hizmet sağlayıcılar için de gereklilik arz eder. Kurumsal hizmet sağlayıcılar tarafından da yenilikçi yaklaşımlar ve planlamalar yapmak günümüz internet dünyasının sadık takipçisi olan kullanıcıların en öncelikli beklentileri arasındadır. Bunun yanında toplumun farklı özelliklerdeki bireylerinin her birine özel yaklaşımlar ve teklifler sunabilmek manuel ve geleneksel yöntemler ile mümkün olmamaktadır.

Sosyal etkilerin de değişimi zorladığı bir gerçektir. Araba kullanamayacak durumda olan yaşlıların artan oranı, ekonomik koşulların araç sahipliğini zorlaştırması, hareket kısıtlılığı olan kişiler için diğer değişim faktörlerinin ortaya çıkarttığı ekstra zorluklar düşünüldüğünde burada da bakış açısını yenilemeye yıkıcı teknolojilerin olumlu etkisi çözümlerine başvurmayı gerekli hale getirmektedir. Evler, arabalar ve pek çok nesnenin ödünç verilerek paylaşımlı kullanılabilirdiği günümüzde iş birlikçi tüketim kültürü ile mahremiyet anlayışlarında da büyük bir dönüşüm yaşanmaktadır.

Ekonomik faktörler seyahat talebine, ulaşım maliyetlerinin artışına neden olmaktadır. Bu durum araç paylaşımı, bisiklet paylaşımı, toplu ve bireysel talebe duyarlı ulaşım, sahipliğe

erişim gibi paylaşılan mobilite seçeneklerine yönelimi zorlamada temel nedenlerden olmaktadır.

Türkiye’de yerel yönetimler, özel girişimler ve diğer MaaS bileşenlerinin oluşmasına müteakip ortak platformların ortaya çıkması da muhtemeldir. Dolayısıyla ortaya çıkacak çalışmalar ve gelişmeler için mevzuat ve standartlar ile desteklenmesinin gerekli olduğu açıktır. Bu nedenle, MaaS için şimdiden, tüm paydaşlar dahil edilmek suretiyle otoriteler tarafından yol haritasının ortaya konulması ve uygulaması için çalışmaların başlaması önemli bir ihtiyaçtır.

4. Tartışma ve Sonuç

Dünyadaki şehirlerin pek çoğu günümüzde MaaS konusunda çalışmalar yapmayı denemektedir. Hareketlilik arz ve talebi genellikle ülkeden ülkeye, şehirden şehire hatta aynı şehirin farklı bölgelerinde bile farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar düşünüldüğünde hareketlilik ihtiyaçları çerçevesinde MaaS planlaması yapılırken entegrasyon, rezervasyon ve ödeme işlevlerini birlikte düşünmek gerekmektedir. Toplu taşımanın şehirlerde MaaS altyapısının bel kemiği olmakla birlikte taksi, talebe duyarlı ulaşım ve bisiklet paylaşımı gibi yumuşak hareketlilik hizmetleri ile tamamlanması etkinlik ve verimlilik sağlayacaktır. Ulaşım seçeneklerini tek bir uygulamada bir araya getiren ve yolculuk planlamasından tüm deneyimleri değerlendirebilen öğrenen sistemlerin ortaya çıkması taşımacılık sektörü, müşteri beklentileri, şehir hareketliliği konusunda reform niteliğinde olan MaaS’ın yaygınlaşmasını ve yerleşmesini sağlayabilecektir. Toplu taşıma ile bireysel araçların egemen olduğu hareketlilik ve ulaşım zorluklarla karşı karşıya olan ve aynı zamanda özellikle şehirlerin gelişmesi noktasında çok sayıda yeni fırsatları içinde barındıran bir konudur. Ulaşımın sorunlarını büyük oranda aşan şehirler gelişmişlik endekslerinde yerlerini yukarıya taşıyabilmektedirler. Kısaca MaaS sayesinde temel olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılması beklenmektedir:

- Seyahat etme seçeneklerini bulma zahmetini kişilerin üzerinden alarak en uygun seçeneği sunmak ve bireysel araç kullanımının yerini kişilerin fiziksel aktivite ile gerçekleştirdikleri yumuşak (soft) hareketliliğin alması.
- Yumuşak (soft) hareketlilik ve verimli bir toplu taşıma sistemi temelinde, farklı ulaşım hizmetlerinin (toplu taşıma, araç paylaşımı, araba paylaşımı, bisiklet paylaşımı, scooter paylaşımı, taksi, araba kiralama, araç çağırma ve araç kiralama gibi) tek bir dijital hareketlilik platformuna entegrasyonu ve bunlara hızlı erişimi sağlaması.
- Kullanıcının seyahat ihtiyaçlarına göre en uygun çözümleri öneren sistem sayesinde kişiye özel hizmet verilmesi ile kolay ve konforlu seyahatin mümkün olması.

Bu kapsamda çeşitli ulaşım hizmetlerinin yolcu talebi doğrultusunda erişilebilen tek bir hareketlilik hizmetine entegrasyonu ile yani Hizmet Olarak Hareketliliğin anlaşılması ve uygulanmaya başlanması ile toplulukların yaşam tarzı üzerinde tahmin edilen etkide büyük değişiklikler görülecektir. Bu doğrultuda seyahatte devrim yaratma ve önümüzdeki birkaç yıl içinde daha da fazla değişikliğin ortaya çıkması beklenmektedir.

Gelişmeler ve yenilikler Türkiye için de bu kapsamdaki yol haritası ihtiyacının altını çizmektedir. MaaS için de çok farklı disiplinleri içeren bu alandaki büyük resmi görerek

hazırlanacak, üç, beş ve on yıllık projeksiyonu içerecek, esnek yol haritasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye için önümüzdeki zamanlarda yaygınlaşması kaçınılmaz olan MaaS'ın ortak bir terminolojisini oluşturmak kapsamında değerlendirme yapılması ve tek bir kaynaktan erişimin mümkün olması sağlanmalıdır.

MaaS çalışmaları kapsamında ihtiyaç ve temel adımlar öneri olarak aşağıdaki gibidir:

- Hareketlilik hizmeti teklifleri şehirden şehire farklılık göstermekte olduğundan çalışmalarda bu husus özellikle dikkate alınmalıdır.
- MaaS projesinin etkin çalışması için minimum entegrasyon seviyesi, en azından belirli bir hizmet alanında hareketlilik hizmetinin arama, rezervasyon ve ödeme işlevlerinin entegrasyonunu içermelidir.
- Toplu taşıma, MaaS altyapısının omurgasını oluşturmalı ve taksi, bisiklet paylaşımı gibi diğer hareketlilik hizmetleri ile tamamlanmalıdır.
- MaaS için sonraki adımlardan biri, toplu taşımada kullanılmak üzere otonom ve bağlantılı araçları kullanmaktır.

Gelecekteki MaaS planlaması ve uygulamasının aşağıdaki noktaları akılda tutulmalıdır;

- Topluluk ihtiyaçlarının çeşitliliğini ve teslimat kapasitesini tanımak için çok modlu ve kapıdan kapıya olmalıdır.
- Daha geniş ülke politikaları ve hedefleriyle uyumlu sonuçlarla bağlantılı isteğe bağlı olacak şekilde MaaS'ı teşvik etmek için toplumsal hedeflere ve olası fırsatlara dikkat edilmelidir.
- İdeal olarak tek noktadan ödeme ile tüm modlarda entegre bir fiyatlandırma planı sunması gereklidir.
- Esnek paketleme ve fiyatlandırma yoluyla gerçek ve potansiyel kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamalıdır.
- Kolay giriş ve katılım ile şu anda var olandan daha fazla seçenek sunmalıdır.
- Gerekliğinde tercih edilen ulaşım modlarına erişimi garanti etmesi koşuluyla, araba sahipliği gibi varlık sahipliğinin giderek gerekli olmadığı paylaşım ekonomisine geçiş olasılığını açmalıdır.
- Politika, strateji, mevzuat gibi üst politika belgeleri dahil ihtiyaç duyulacak diğer dokümanlar ile desteklenmelidir.
- Güçlü, zayıf, fırsat ve tehditler (GZFT) ve boşluk analizlerinin mutlaka yapılması gerekmektedir.
- Ülke AUS mimarisi ile uyumlu olacak şekilde ülke MaaS mimarisinin de belirlenmesi gerekmektedir.

- MaaS kapsamında kullanıcılar da dahil olmak üzere tüm paydaşları dahil ederek bir yol haritasının ortaya konulmalı ve uygulamaya başlanmalıdır.

Hızlı ve yoğun şehirleşme, müşteri beklentileri ile tüketim şekillerinin değişimi, yıkıcı ve yenilikçi teknolojilerin her sektöre olduğu gibi ulaşım alanının da sağladığı olağanüstü sonuçlarla hareketliliği yeniden şekillendirirken MaaS, Türkiye’de özgün ve yerli bir model olarak yerini alacaktır.

Etik Kurul Onay Beyanı: İlgili çalışmada insan veya hayvan katılımcılardan veri toplanmadığı için etik kurul izni gerekmemektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Yazar Katkıları: Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- Ö.T.; Veri Toplama- Ö.T.; Veri Analizi/Yorumlama- Ö.T., N.T.; Yazı Taslağı- Ö.T.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- N.T.; Son Onay ve Sorumluluk- Ö.T., N.T.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support.

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

Kaynakça

- Arias-Molinares, D., & García-Palomares, J. C. (2020, October 1). The Ws of MaaS: Understanding mobility as a service from literature review. *IATSS Research*, Vol. 44, pp. 253–263. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2020.02.001>
- Aurecon. (2022). What is Mobility as a Service? Retrieved May 20, 2022, from <https://www.aurecongroup.com/expertise/urban-mobility-integrated-transport/defining-maaS-mobility-as-a-service>
- Barreto, L., Amaral, A., & Baltazar, S. (2018). Urban Mobility Digitalization: Towards Mobility as a Service (MaaS); Urban Mobility Digitalization: Towards Mobility as a Service (MaaS). In *2018 International Conference on Intelligent Systems (IS)*.
- García, J. R. R., Lenz, G., Haveman, S. P., & Bonnema, G. M. (2020). State of the art of mobility as a service (MaaS) ecosystems and architectures-an overview of, and a definition, ecosystem and system architecture for electric mobility as a service (eMaaS). *World Electric Vehicle Journal*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/WEVJ11010007>
- Hensher, D. A., Ho, C. Q., Mulley, C., Nelson John D., Smith, G., & Wong, Y. Z. (2020). *Understanding Mobility as a Service (MaaS): Past, Present and Future*.
- Hietanen, S. (2019). A Brief History of MaaS Global, the company behind the Whim app. Retrieved May 19, 2022, from Whim website: <https://whimapp.com/helsinki/en/history-of-maaS-global/>
- ILLINGWORTH, J. (2018, November 16). The History of Mobility as a Service. Retrieved May 19, 2022, from mobilio website: <https://www.mobilio.com/the-history-of-mobility-as-a-service/>
- International Association of Public Transport (UITP). (2019). *Mobility as a Service*. Retrieved from www.uitp.org
- König, D., Piri, E., Karlsson, M., Sochor, J., & Heino, I. (2017). *Technology for MaaS*. https://www.researchgate.net/publication/317416475_Deliverable_5_Technology_for_MaaS_MAASiFiE_project_funded_by_CEDR
- Nur Khalid. (2019). *Could Mobility as a Service solve our transport problems?* Retrieved from <https://www.theiet.org/media/3666/mobility-as-a-service-report.pdf>
- Signor, L., Karjalainen, P., Kamargianni, M., Matyas, M., Pagoni, I., Stefanelli, T., ... Geier, T. (2019). *Mobility*

- as a Service (MaaS) And Sustainable Urban Mobility Planning*. Brussels,. Retrieved from https://www.eltis.org/sites/default/files/mobility_as_a_service_maas_and_sustainable_urban_mobility_planning.pdf
- Transit Protocol. (2019). What is Mobility as a Service? Retrieved May 22, 2022, from Transit Protocol website: <https://medium.com/@transitprotocol/what-is-mobility-as-a-service-672259066c87>
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2020a). *AUS Terimler Sözlüğü*. Ankara. Retrieved from <https://hgm.uab.gov.tr/uploads/pages/akilli-ulasim-sistemler-aus/aus-terimleri-sozlugu.pdf>
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2020b). *Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı*. Ankara. Retrieved from <https://www.uab.gov.tr/uploads/announcements/ulusal-akilli-ulasim-sistemleri-strateji-belgesi-v/ulusal-akilli-ulas-im-sistemleri-strateji-belgesi-ve-2020-2023-eylem-planı.pdf>
- United Nations. Economic Commission for Europe. Inland Transport Committee, & Printed at United Nations. (2020). *Transport trends and economics 2018-2019 : mobility as a service*.



Radyo Frekans Tanımlama Teknolojisinin Depo Yönetimine Katkıları

The Contributions of Radio Frequency Identification Technology to Warehouse Management

Ozan Ateş¹

Öz

Tedarik zinciri, “hammaddelerin tedarikini, depolamayı, üretim ve montajı, stok kontrolünü, dağıtımı, sipariş yönetimini ve ürünün son kullanıcıya ulaştırılmasını kapsayan faaliyetler ve bu faaliyetlerin takip ve kontrol edilebilmesi için gerekli olan bilgi sistemleri” olarak tanımlanabilir. Tedarik zinciri ve bilgi teknolojileri birbirini ile çok sıkı bir ilişki halinde olduğundan bilgi teknolojileri Tedarik Zinciri için çok önemli bir konumdur. Kullanılan bilgi teknolojilerinden Bar Kod Teknolojisi Tedarik Zincirinin tüm operasyonlarına bir izlenebilirlik ve doğruluk kazandırması sebebi ile tercih edilmiş ve günümüzde önemli bir konuma ulaşmıştır. Diğer taraftan stok ve depolama operasyonları Tedarik Zincirinin tüm halkalarında yer alan operasyonlar olması bakımından Tedarik Zinciri içinde önemli bir yer işgal etmiş ve Tedarik Zincirinin etkinliğini artırmak isteyen firmaların öncelikli iyileştirme alanlarından biri olmuştur. Stok ve depolama operasyonları mevcut durumda Bar Kod ve Kare Kod Teknolojileri ile yürütülmektedir ancak değişen ve gelişen koşullar müşteri ihtiyaçlarına sirayet etmiş ve buna bağlı olarak tüm Tedarik Zinciri halkaları ve nihayetinde stok ve depolama operasyonları da etkilenmiştir. Depolama yapılan ürünlerin nitelik ve nicelikçe çoğalması stok ve depo yönetimini zorlaştırmıştır. Ancak eskiden beri olduğu gibi bugün de sürecin hala Bar Kod ve Kare Kod Teknolojisi ile sürdürülmeye çalışılması süreçleri yavaşlatmıştır.

Buna karşın teknolojiye hızlı gelişim işletmeleri de hızlı olmaya zorlanmaktadır. Bu sebeple hızlı, esnek, doğru ve insan hatasının mümkün olduğunca az olduğu bir teknoloji olan RFID (Radio Frequency Identification – Radyo Frekans Tanımlama) Teknolojisi işletmelerin gündemine girmiştir. RFID Teknolojisi mümkün olduğunca insandan bağımsız ve hızlı bir operasyon ortamı vaat etmektedir. Bu sebeple işletmeler etkin bir tedarik zinciri için etkin bir stok ve depolama operasyonu gerekliliğinin farkında olarak bu operasyonlarda RFID Teknolojisinin nasıl kullanılabileceği konusunu araştırmaktadır. Uygulama örneğinde bir üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcısı firmanın deposunda RFID Teknolojisinin kullanımına yer verilmiştir. Stoklanan malzemelerin ve taşıma aletlerinin RFID etiketleri ile donatıldığı depo ortamında siparişe düşen ürünler için en yakın taşıma aleti yönlendirilmekte ve uygun toplama sırası oluşturularak ürünlerin toplanarak istenen noktaya transferi RFID Teknolojisi ile sağlanmaktadır. Taşıma aletlerinin konumlarının tespitinde RFID okuyucularının frekanslarından ve dalga boylarından ve toplama sıralarının oluşturulmasında sezgisel bir yöntem olan oklidyen uzaklık hesaplamalarından faydalanılmıştır. Bu makale çalışmasında yer verilen uygulama örneğinde RFID Teknolojisinin depolama işlemlerini nasıl iyileştirebileceği tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Radyo Frekans Tanımlama, Bilgi Teknolojileri, Stok ve Depo Yönetimi, Tedarik Zinciri Yönetimi

ABSTRACT

Supply chain is definable as “the activities covering the procurement of raw materials, storage, production and assembly, stock control, distribution, order management, and delivery of the product to the end user, as well as the information systems necessary for monitoring and controlling these activities” (Author, Year, p. ??). Information technologies occupy a very important place in supply chains Due to the very close relationship that exists between them. Among the information technologies used in supply chains, barcode technology has been preferred as it provides traceability and accuracy in all operations of the supply chain and has currently reached a very important position. Meanwhile, stocking and warehouse operations are also important in supply chains as they occur at all links of the supply chain and have become the primary area of improvement for companies that want to increase supply chain efficiency. Stocking and warehouse operations are currently carried out using barcode technology, but changing and developing conditions have affected customer needs, accordingly also affecting all supply chain links and ultimately stocking and storage operations. The increases in the quality and quantity of the products to be stored have made warehouse management difficult. However, the fact that this process is still being carried out with barcode technology is now slowing down the processes. For this reason, radio-frequency identification (RFID) technology has come to the agenda of businesses as a fast technology free from human error. RFID technologies

Başvuru/Submitted: 04.10.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 17.03.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 09.11.2022 • **Kabul/Accepted:** 09.11.2022

1 Sorumlu yazar/Corresponding author: Ozan Ateş (Dr. Öğr. Üyesi.), İstanbul Gedik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-mail: ozan.ates@outlook.com.tr ORCID: 0000-0000-0003-4178-2603

Atıf/Citation: Ceyhan, I.F., & Demirci, F. (2022). Türk deniz ve kıyı sularında yük taşımacılığı sektörünün entropi-copras yöntemleriyle finansal performansının analizi. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 465-478. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1004271>



promise an environment of fast, human-independent operation wherever possible. As a result, businesses have become aware of the need for effective stocking and storage operations for an effective supply chain and have begun investigating how RFID technologies can be used in these operations. This article includes an example that discusses how RFID technologies can improve storage and warehouse operations.

Keywords: Radio Frequency Identification, Information Technologies, Stock Management, Warehouse Management, Supply Chain Management

Extended Abstract

A supply chain can be defined as “the activities covering the procurement of raw materials, storage, production and assembly, stock control, distribution, order management, and delivery of the product to the end user, as well as the information systems necessary for monitoring and controlling these activities” (Author, Year, p. ##). Information technologies have a very important position in the supply chains due to the very close relationship they have with one another.

As an information technology used in supply chains, barcode technologies have been preferred due to how they provide traceability and accuracy in all supply-chain operations and have currently reached an important position. In recent years, QR codes are a technology that have been used frequently in industry circles and found a wide area of use in the public sector due to their reliability. QR code technology can be read very quickly, is also able to read data with alphanumeric and binary characters in addition to numerical data, has a low margin of error regarding reading, and is more tolerant to negative situations such as erasures, contamination, and wear and tearing; all these facts have made this technology more advantageous than barcode technology.

Meanwhile, stocking and warehouse operations occupy an important place in supply chains as these operations occur in all links of the supply chain and have become a priority area of improvement for companies that want to increase the supply chain efficiency. Stocking and warehouse operations are currently carried out with either barcode or QR code technologies; however, changing and developing conditions have affected customer needs; as such, all supply chain links and ultimately stocking and warehouse operations have also been affected. The increases in the quality and quantity of stored products have made stock management and warehouse management difficult. However, trying to continue these processes using barcode and QR code technologies has slowed them down, with the targets desired for speed, flexibility, and accuracy not being achieved.

Rapid developments in technology have forced businesses to become fast. For this reason, radio-frequency identification (RFID) technology has entered the agenda of businesses as a fast, flexible, accurate, technology free from human error. RFID technology promises an environment of fast, human-independent operation as much as possible. For this reason, businesses have become aware that effective stocking and storage operations are necessary for an effective supply chain and have begun investigating how RFID technologies can be used in these operations. The study’s case involves the use of this technology in a warehouse of a third-party logistics service provider company. In this warehouse environment, the stocked materials have been equipped with RFID tags that

guide the nearest handling equipment for ordered products; this environment creates an appropriate collection order using RFID technology to collect and transfer the products to their desired points.

Existing warehouse operational structures only use barcode technologies to determine the location of products that have been ordered. Which transport device will handle these products and in which order depends entirely on the knowledge and experience of the warehouse personnel. However, RFID technology permits more complex operations to be performed, such as determining the locations of the transport devices that will handle certain products as well as the order in which products will be handled by these devices. This study examines this situation that RFID technologies promise by presenting it concretely in an applied example. This applied example involves the use of RFID technology in the warehouse of a third-party logistics service provider company. The warehouse environment where the stocked materials and transportation tools have been set up with RFID tags use the RFID technology to guide the transportation device closest to the products that have been ordered and to create an appropriate collection order for the products, collecting and transferring them to their desired points. The frequencies and wavelengths of the RFID readers are used to determine the locations of the transport devices and to calculate the Euclidian distances as an intuitive method for creating collection sequences.

Stock management and warehouse management within supply chains are perhaps the most labor-intensive and most critical operations. Any disruption in these operations represents a negative disruption to the overall supply chain. For this reason, the study focuses on this area and emphasizes the importance of improving these operations within the supply chain.

RFID technology not only allows for the continuous monitoring of movement in the supply chain but also provides the opportunity to effectively and efficiently direct these movements by selecting the right tools, detailed information about objects in motion, and rather comprehensive reporting. As big data analysis is currently gaining importance, this detailed reporting service RFID technologies offer will open the door to many future improvements.

Giriş

Stok ve depo operasyonları tedarik zincirinin bütün halkalarında yer alan operasyonlar olması bakımından kritik öneme haiz olup bu operasyonlarda meydana gelebilecek bir aksaklık tedarik zincirinin genelini olumsuz yönde etkileyebileceği gibi bu operasyonlarda yapılabilecek bir iyileştirme ise tedarik zincirinin genelini olumlu yönde etkileyecektir. Depolaması yapılan ürünlerin nitelik ve nicelikçe çoğalmasında stok ve depo yönetimini zorlaştırmıştır. Ancak eskiden beri olduğu gibi bugün de sürecin hala Bar Kod ve Kare Kod Teknolojisi ile sürdürülmeye çalışılması süreçleri yavaşlatmış, istenilen hız, esneklik ve doğruluk hedeflerine ulaşamamıştır.

Buna karşın teknolojideki hızlı gelişim işletmeleri de hızlı olmaya zorlamaktadır. Bu sebeple hızlı, esnek, doğru ve insan hatasının mümkün olduğunca az olduğu bir teknoloji olan RFID (Radio Frequency Identification – Radyo Frekans Tanımlama) Teknolojisi işletmelerin gündemine girmiştir. RFID Teknolojisi mümkün olduğunca insandan bağımsız ve hızlı bir operasyon ortamı vaat etmektedir. Bu sebeple işletmeler etkin depo operasyonu gerekliliğinin farkında olarak bu operasyonlarda RFID Teknolojisinin nasıl kullanılabilirliği konusunda araştırmaktadır.

Mevcut depo operasyon yapılarında Bar Kod Teknolojisi, yalnızca siparişi gelen ürünlerin konumlarının tespitinde kullanılmaktadır. Söz konusu ürünlerin hangi taşıma aleti tarafından hangi sırayla elleçleneceği tamamen depo personelinin bilgi ve tecrübesine bağlıdır. Ancak RFID Teknolojisi ile konum tespiti dışında, o ürünleri elleçleyecek taşıma aletlerinin konumlarının tespiti ve hangi ürünlerin hangi taşıma aletleri tarafından hangi sırayla elleçleneceği gibi daha karmaşık işlemlerin yapılması mümkündür. Çalışmamızda RFID Teknolojisinin vaat ettiği bu durum incelenmekte ve çalışmamızın sonunda yer alan uygulama örneğinde somut olarak ortaya konulmaktadır.

Endüstri 4.0 ile hayatımıza giren otomasyon kavramı kendisine depo yönetiminde de yer bulmuştur. Firmaların özmal depolarında kendi standartlaştırılabilir ürünleri stoklanıyor iken lojistik servis sağlayıcıların depolarında çeşitli müşterilerinden çeşitli standartlarda ürünler stoklanabilmektedir. Firmalar ürünlerini standartlaştırarak depo otomasyonu için gerekli ön hazırlığı daha kolay bir şekilde yapabilirken lojistik servis sağlayıcıların bu tarz bir standartlaştırmayı sağlamaları daha güçtür. Çalışmamız ürün standartlarının çok değişik olduğu bu nedenle otomatik taşıma sistemlerinin kurulamadığı bir çevrede mevcut sistemin nasıl daha otomatik hale getirilebileceğine dair bir görüş ortaya koymaktadır.

Endüstri 4.0 kavramı ile birlikte iş dünyasında kendisine daha fazla yer bulan dijitalleşme konusu yapay zekayı ve otomasyonu işletmelerin gündemine dâhil etmiştir. Depo operasyonlarında otomasyon sistemlerini giderek daha fazla işletme uygulamaya almaktadır. Kendi ürünlerini üreten işletmeler ürün ve koli ebatlarında belirli bir standardizasyonu sağlayarak depo sistemlerinde otomasyonu uygulayabilmekte bu nedenle Bar Kod Teknolojisini kullanmaya devam ederek verimli, insan hatasından uzak, hızlı ve esnek yapılar inşa edebilmektedirler.

Ancak birçok işletmeye hizmet veren 3PL (Third Party Logistics Providers – Üçüncü Parti Lojistik Hizmet Sağlayıcıları) firmalarında farklı çeşitlerde ürünler söz konusu

olduğundan aynı ürün ve koli ebat standardizasyonundan bahsetmek mümkün değildir. Ancak dijitalleşme diğer işletmeleri olduğu kadar 3PL işletmelerini de otomasyon yapılarının kurulmasına zorlamaktadır.

RFID Teknolojisi belirli bir ürün ve koli ebat standardizasyonu olmadığı için otomasyon yapılarını kurmakta zorlanan işletmelere kolaylık sağlamaktadır. Bar Kod veya Kare Kod Teknolojisinin aksine RFID Teknolojisi ürünlerin depo içindeki konumunun tespitinin yanı sıra bu ürünleri elleçleyecek uygun nitelikteki ve nicelikteki taşıma aletlerinin depo içindeki konumlarının tespiti, elleçleme işlemine en uygun olan taşıma aletinin tespiti ve toplama sırasının belirlenmesi gibi bir dizi karmaşık ve daha çok depo personelinin bilgi ve tecrübesine dayanan işlemleri bütünleşik ve otomatik olarak yürüterek sistemleri otomasyona daha uygun hale getirmiştir.

Mevcut durumda depo operasyonlarında kullanılan bilgi teknolojilerinden Bar Kod Teknolojisi depo operasyonlarına bir izlenebilirlik ve doğruluk kazandırması sebebi ile tercih edilmiş ve günümüzde önemli bir konuma ulaşmıştır. Son yıllarda ise Kare Kod Teknolojisi, endüstri çevrelerinde sıklıkla kullanılmaya başlanmış ve güvenilirliği sebebiyle kamu sektöründe de kendisine geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Kare kod teknolojisinin çok hızlı okunabilmesi, nümerik veri dışında alfanümerik ve binary karakterlere sahip verileri de okuyabilmesi, okumada hata payının düşük olması ve silinme, kirlenme, yırtılma ile yıpranma gibi olumsuz durumlara karşı daha fazla toleranslı olması bu teknolojiyi bar kod teknolojisinden daha avantajlı bir hale getirmiştir. Ancak bu teknolojiler RFID Teknolojisinin vaat ettiği hız, esneklik, doğruluk ve bütünleşikliği sağlayamadığından kullanım alanlarının dijitalleşme ile beraber azalacağı öngörülmektedir.

Stok ve Depo Yönetimi

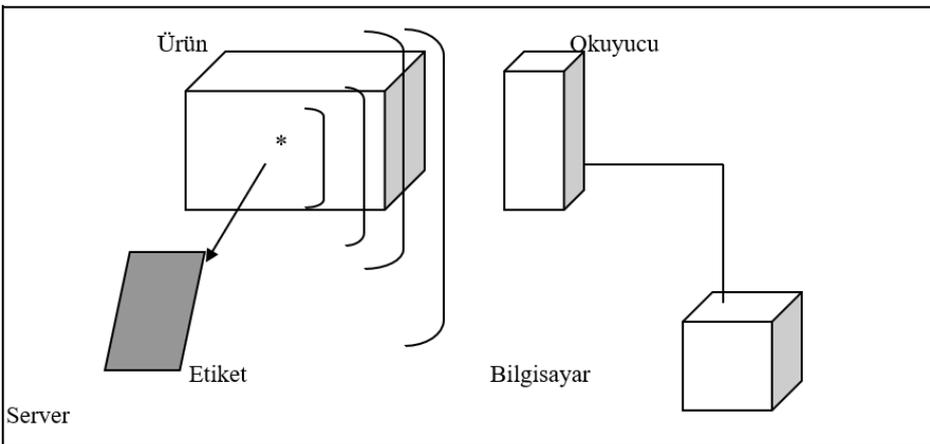
Stok; kısaca stoklanan malzemeleri ve depolanmış kapasiteyi ifade eder (Aydın, C.). Stok; işletmenin satmak, üretmek veya işletme ihtiyaçlarında kullanılmak üzere elinde bulundurduğu, değerlendirme gününde işletmenin mülkiyet ve tasarrufundan çıkmamış mal, hammadde, yarı mamul, işletme malzemesi, yardımcı malzeme, mamul gibi maddi değerlerdir (Tüccarın El Kitabı Serisi VIII – Stok Yönetimi)

Depo; ürünlerin hammadde ortamından üretim aşamasına, oradan da tüketim dağıtım merkezlerine kadar olan bütün bir faaliyetler dizisinin gerçekleştirilmesinde stratejik rol oynayan ara noktalarıdır. Depo yönetimi ise eşyaların doğru şekilde boşaltılması, ayrıştırılması ile birlikte belirli bir düzen dâhilinde raflara yerleştirilmesi, korunması daha sonrasında siparişle birlikte raftan alınması, yüklemesi ve sevkiyata hazır hale getirilmesi operasyonlarını kapsar. Kalifiye insan kaynakları, depo bilgi sistemi (yazılım, RFID, barkod, okuyucu vb.), depo zemini, raf sistemleri, forkliftler ve paletler depo yönetiminin temel unsurlarıdır (Erdal, M.). İşletmenin boyutu ile faaliyet alanı başta olmak üzere diğer birçok faktörün de hesaplamalara dahil edilmesi zorunluluğu depo yönetim ve uygulamaları konusunda optimum çözümlere erişilmesini güçleştirmektedir. Stok ve depo operasyonları tedarik zincirinin kritik operasyonlarıdır. Satış departmanında müşteri ihtiyaçlarına uygun olarak üretilmesi gereken ürünler ile ilgili olarak hammadde ve yarı mamuller zamanında sipariş edildiğinde bu siparişlerin zamanında üretilmesi,

firmaya gönderilmesi, stoklanması ve ihtiyaca göre doğru, hızlı ve gerektiği kadar kullanılması nihayetinde müşteri ihtiyaçlarına uygun ürünlerin olabildiğince hızlı şekilde pazara sunulmasını sağlayacaktır. Her hangi bir aşamadaki problem zincirleme olarak tüm operasyonu etkileyecek sonuçta ürünün piyasaya dahi geç sunulması söz konusu olabilecektir. Piyasaya zamanında sunulan ürünlerin ise zamanında depolara aktarılması, siparişlere göre depolanan ürünlerin zamanında sevk edilmesi gerekmektedir. Görüldüğü üzere tedarik zincirindeki tüm süreçlerde; hammaddenin tedarikinden ürünün son müşteriye ulaşmasına kadar her yerde stok ve depolama operasyonlarından bahsedildi. Bu sebeple bu operasyonlardaki bir iyileşme, tedarik zincirinin performansını otomatik olarak yükseltecektir. Yarı mamul ve hammaddeler sipariş edildikten kısa bir süre sonra istenen miktarda ve istenen nitelikte tedarik edilecek buna bağlı olarak son ürünün üretimi hızlanacak ve depolara hızlı bir şekilde aktarılacaktır. Depolamanın doğru yapılması ve siparişlerin hızlı bir şekilde çıkarılması ise ürünün normalden daha erken teslim edilmesine olanak sağlayacak işletmelerin çeşitli fırsatları kaçırmadan ürünlerini piyasaya sunmalarına ve müşterilerine daha erken teslimat yapmalarına olanak sağlayacaktır ki bu da firmaya rekabette avantaj ve müşteri memnuniyeti olarak geri dönecektir. Tedarik Zinciri nihai bir ürünün tüm süreçleri ile ilgili olduğundan bir halkadaki sorun tüm zinciri etkilemektedir (Ko, M., J., Kwak, C., Cho, Y. ve Kim, C.). Bunun dışında firmalar arasında kurulacak güven ve işbirliği sayesinde risklerin paylaşılması, esnekliğin artırılması ve neticesinde yeni ürünlerin piyasaya daha hızlı sürülerek tedarik zincirine dinamizm katan ve rakiplere karşı avantaj sağlayan bir sonuç elde edilecektir (Özdemir, A.).

RFID (Radio Frequency Identification Technology – Radyo Frekans Belirleme) Teknolojisi

RFID, farklı malzemelerin otomatik olarak tanımlanmasında radyo dalgalarını kullanan teknolojilere verilen addır. RFID, nesneye ait verileri içeren mikroişlemci ve bu mikroişlemciye entegre edilmiş anten ile donatılmış etiket taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı bilgiler ile hareketlerinin izlenebilmesine, analiz edilmesine ve yönetilmesine imkan veren; veri alış verişini radyo frekansları ile sağlayan otomatik nesne tanımlama ve takip teknolojisidir (Yüksel, M. E. ve Zaim A. H.). Basit bir RFID Sistemi için Şekil 1'e bakınız (Laudon K. ve Price J.).

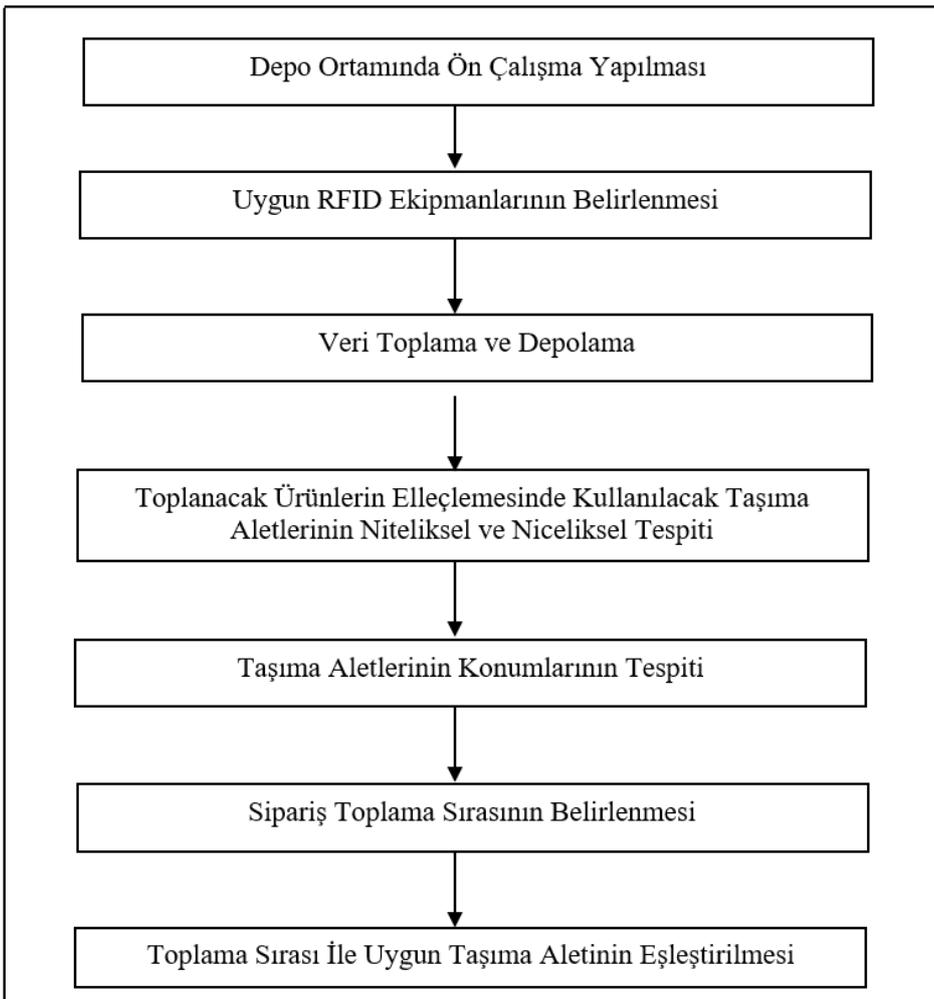


Şekil 1. RFID Sistemi Bileşenleri

RFID Teknolojisinin stok yönetiminde iyileştirmeler sağlaması, işçilik maliyetlerinin azalmasını sağlaması, çeşitli kayıpların nedenlerini daha iyi ortaya koyması ve depolama vs operasyon alanlarının daha verimli kullanılması gibi birçok olumlu gelişmeleri sağlaması bu teknolojinin gelecekte daha fazla tercih edileceğini göstermektedir (Bayrak Meydanoğlu, S. E.).

Depo Operasyonlarında RFID Teknolojisinin Kullanılması

Bar Kod Teknolojisi depo operasyonlarında daha çok son kullanma tarihi izlemede ve ürünlerin depo içindeki konumunu tespit etmede kullanılmaktadır. Böylece ürünün depo içinde aranacağı vakitten tasarruf edilmektedir. Ancak bu iyileştirme adımı, günümüzün artan müşteri istekleri karşısında artık yetersiz kalmaktadır. Depo operasyonlarını hızlandırmak için ürünlerin konumlarının belirlenmesinin yanı sıra, toplama işlemini gerçekleştirecek taşıma aletinin tespiti, siparişe yönlendirilmesi ve uygun toplama sırası ile ürünlerin toplanarak istenilen noktaya transferi RFID Teknolojisi ile mümkündür. Bu işlemler için Şekil 2'deki algoritma adımları önerilmiştir (Poon, T. C., Choy, K. L., Harry, Chow, K., H., Henry, Lau, C., W., Felix Chan, T. S. ve Ho, K. C.).



Şekil 2. Depo Operasyonlarında RFID Teknolojisi Kullanımı

Depo Ortamında Ön Çalışma Yapılması

Uygulama çalışması Türkiye’de faaliyet gösteren bir 3PL (Third Party Logistics Provider – Üçüncü Parti Lojistik Hizmet Sağlayıcı) firmasının İstanbul’daki deposunda gerçekleştirilmiştir. Söz konusu depo 3 katlı raflardan oluşmakta olup genel özellikleri aşağıdaki gibidir.

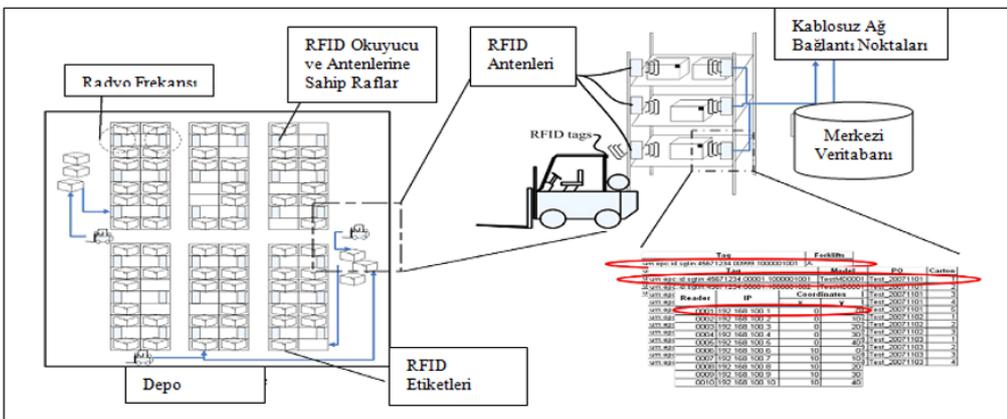
- Genel Raf Yüksekliği: 5,5 m
- Her Bir Rafın İçerdiği Kat Sayısı: 3
- Her Bir Katın Ortalama Yüksekliği: 1,4 m
- Koridor Genişliği: 3,2 m
- Her Bir Rafın Taşıma Kapasitesi: 2,5 Ton

Depo Ortamında Kullanılacak RFID Ekipmanlarını Belirleme

RFID etiketleri aktif ve pasif etiketler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aktif RFID etiketleri ürüne izleme kabiliyeti kazandırmasının yanı sıra ürünlerin kimyasal özelliklerine dair ayrıntılı bilgi verebilirken pasif etiketler, ürüne yalnızca izleme kabiliyeti kazandırmaktadır. Aktif etiket maliyeti etiket başına 20 – 30 \$ arasında değişebilirken aktif etiketleri algılayabilen okuyucu maliyeti ise okuyucu başına 2000 – 3000 \$ arasındadır. Pasif etiket maliyeti ise etiket başına 5 cent – 1 \$ arasındadır ve okuyucu maliyeti 1000 – 2500 \$ civarındadır. Depolaması yapılan ürünler arasında kimyasal ürün veya gıda ürünü bulunmadığı için ve ürünlerin yalnızca izlenmesi ve uygun taşıma aletine yönlendirilmesi hedeflendiğinden söz konusu maliyetler de göz önüne alınarak pasif etiketlerin kullanılmasına karar verilmiştir.

Veri Toplama ve Depolama

Bu adımda veri toplama işlemi RFID okuyucularının nesnelerin üzerindeki RFID etiketlerini algılaması suretiyle mümkün olmaktadır. Okuyucuların bu bilgileri merkezi veri tabanına aktarması ile verilerin depolaması gerçekleştirilmektedir. Bu veriler depo içindeki ürünler ile ilgili toplama sırasının belirlenmesi ve bu ürünleri elleçleyecek taşıma aletinin tayininde kullanılmaktadır. Depo içindeki veri toplama ve depolama süreci Şekil 3’teki gibi gerçekleşmektedir.



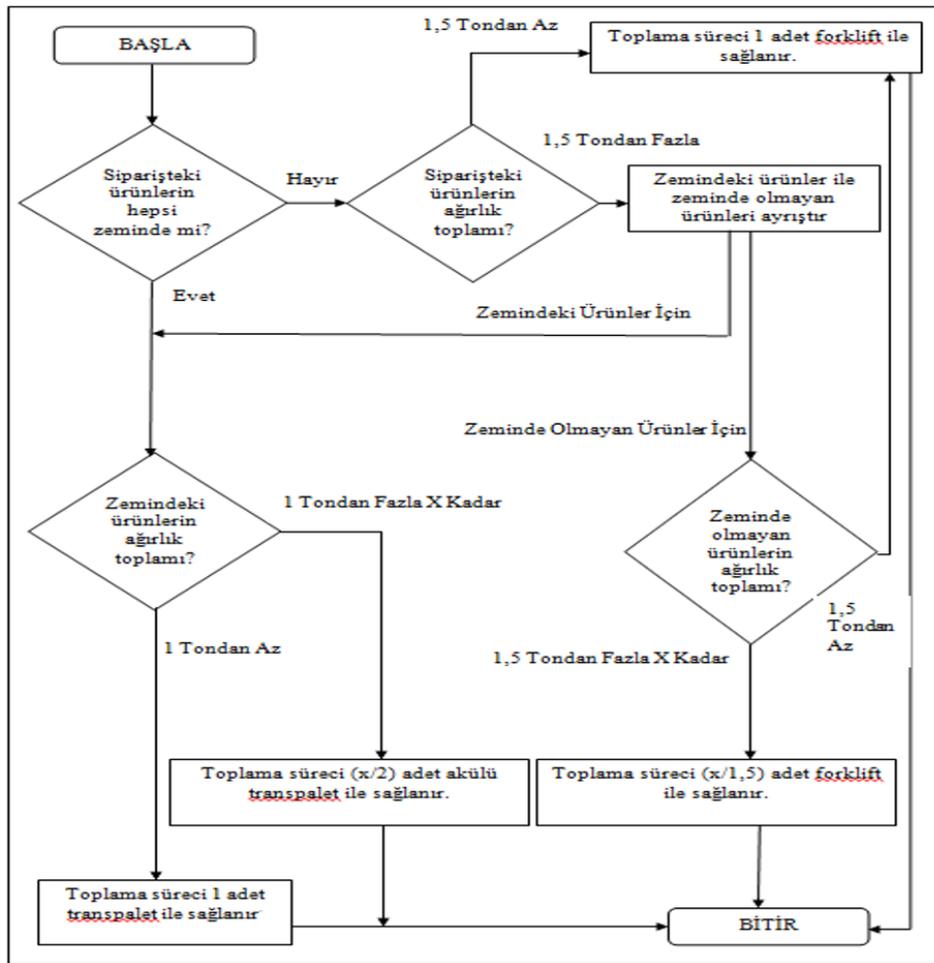
Şekil 4. Veri Toplama ve Depolama Adımı

Toplanacak Ürünlerin Elleçlemede Kullanılacak Taşıma Aletlerinin Niteliksel ve Niceliksel Tespiti

Toplanacak ürünlerin tespiti, Şekil 5 ve Tablo 2'deki bilgiler dikkate alınarak yapılır. Böylece her ürün için ürün özelliklerine (ağırlık, bulunduğu kat) göre farklı taşıma aletlerinin tayini mümkündür.

Tablo 2: Taşıma Aletlerinin Özellikleri

Taşıma Aleti	Kaldırabileceği En Yüksek Ağırlık	Gidebileceği En Yüksek Hız	Üst Katlardan Ürün Alma Özelliği	İşletme Mahiyeti
Transpalet	1 Ton	İnsan Hızı	Hayır	İnsan Gücü
Akülü Transpalet	2 Ton	5 km/sa	Hayır	Elektrik Gücü x kadar
Forklift	1,5 Ton	5 km/sa	Evet	Elektrik Gücü 5x kadar



Şekil 5. Taşıma Aletlerinin Niteliksel ve Niceliksel Tespiti

Taşıma Aletlerinin Depo İçi Konumlarının Tespiti

Bir önceki adımda toplama sürecini yürütecek taşıma aletlerinin sayısı ve türleri belirlendikten sonra bu adımda bu türe uygun taşıma aletlerinin depo içindeki

konumları belirlenir. Konum tespiti, her rafın başına ve sonuna yerleştirilmiş olan RFID okuyucularının kapsama alanı içerisindeki taşıma aletlerini algılaması ve okuyucuların taşıma aletlerine olan uzaklıklarının aşağıdaki formüle göre belirlenmesi ile başlar.

$$d_{0001,A} = \frac{f_x \cdot V_x \cdot P_x}{2 \cdot C_x} \quad (1)$$

f_x : 0001 Nolu Okuyucunun Frekansı

V_x : 0001 Nolu Okuyucunun Dalga Boyu

P_x : Okuyucunun A Toplama Aracını Algılama Süresi

C_x : 0001 Nolu Okuyucunun A Toplama Aracını Algıladığı Süre Boyunca Algıladığı Toplam RFID Etiket Sayısı

Aynı taşıma aletinin üç farklı okuyucu tarafından algılandığı düşünüldüğünde aşağıdaki formül uygulanarak taşıma aletinin y koordinatı tespit edilmiş olur.

$$y^2 A = \frac{2(A \cdot x_{0003} D + CD + A^2 y_{0003}) \cdot y_A}{A^2 + D^2} + \frac{C^2 + 2 \cdot A \cdot X_{0003} C - A^2 B}{A^2 + D^2} = 0$$

$$A = 2(X_{0001} - X_{0002}) \quad B = d^2_{0003,A} - y^2_{0003} - x^2_{0003}$$

$$C = (d^2_{0001,A} - d^2_{0002,A}) - (y^2_{0001} - y^2_{0002}) \quad D = (y_{0001} - y_{0002}) \quad (2)$$

Taşıma aletlerinin y koordinatı (2) nolu formül uygulanarak tespit edildiğinde x koordinatının tespit edilmesi için (3) nolu formül ile, ilgili taşıma aletinin kendini algılayan RFID Okuyucularından herhangi birine olan uzaklığının kullanılması gerekmektedir.

$$d_{0001,A} = \sqrt{(x_{0001} - x_A)^2 + (y_{0001} - y_A)^2} \quad (3)$$

Siparişteki Ürünlerin Toplama Sırasının Belirlenmesi

Bu adımda bir siparişte yer alan ve toplanması gereken ürünlerin hangi sıraya göre elleçleneceği yani toplanacağı belirlenir. Elleçleme işlemi, konumları belirli ve bu bilgi üzerindeki RFID etiketine kodlanmış olan ürünlerin konum bilgilerine göre hesaplama yapılarak ürünlerin toplanarak olması istenen yer (transfer noktası) de göz önüne alınarak toplamanın hangi ürün ile başlayacağı ve hangi ürün ile bitireceği kararlaştırılarak başlanır. Ardından toplama sürecinin hangi ürün ile başlayacağı ve biteceği kararlaştırıldıktan sonra aradaki ürünler için uygun bir sıra belirlenir. Sonuçta toplanacak ürünlerin sırası belirlenmiş olur. Elleçleme işlemi şu adımlardan oluşmaktadır:

- Toplanacak Ürünler: i, j, k, l, m
- Transfer Noktası: D

İlk işlem toplanacak ürünlerin her birinin ayrı ayrı transfer noktası olan D noktasına olan uzaklıklarının bulunmasıdır. Uzaklık hesabı aşağıdaki formüllere göre yapılır ve D

noktasına en uzak nokta toplama işlemine başlama noktası, en yakın nokta ise toplama işleminin bitiş noktası olarak belirlenir. Formüllerde görülecek olan X_i 'nin anlamı i noktasının yani i ürününün x koordinatı anlamına gelir. X_D 'nin anlamı ise transfer noktası olan D noktasının x koordinatı anlamındadır.

$$i \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_i - x_D)^2 + (y_i - y_D)^2}$$

$$j \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_j - x_D)^2 + (y_j - y_D)^2}$$

$$k \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_k - x_D)^2 + (y_k - y_D)^2}$$

$$l \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_l - x_D)^2 + (y_l - y_D)^2}$$

$$m \text{ noktasının } D \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_m - x_D)^2 + (y_m - y_D)^2} \quad (4)$$

Toplama işleminin başlayacağı ve bitirileceği noktalar belirlendikten sonra ikinci aşamada sipariş içerisindeki tüm ürünlerin birbirine olan uzaklıkları aşağıdaki formüllere göre hesaplanır. Daha sonra tüm sonuçlar Tablo 3'deki uzaklıklar matrisine işlenir. Tablo doldurulduktan sonra başlangıç noktasına en yakın nokta ikinci olarak belirlenir daha sonra üçüncü noktaya en yakın nokta dördüncü olarak belirlenir bu şekilde tüm ürünler için bir sıra belirlenir. Bu şekilde sezgisel öklidyen hesaplamalar tamamlanmış olur.

$$i \text{ noktasının } k \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}$$

$$i \text{ noktasının } j \text{ noktasına uzaklığı} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (5)$$

Tablo 3: Uzaklıklar Matrisi

	i	j	k	l	m
i	0				
j		0			
k			0		
l				0	
m					0

Başlangıç ve bitiş noktaları belirlendikten sonra arada kalan yüklerin de sıraları uzaklıklar matrisinden faydalanılarak belirlenir ve aşağıdaki örnekteki gibi bir sıra ortaya çıkar.

$$i \rightarrow k \rightarrow m \rightarrow l \rightarrow j$$

Toplama Sırası ile Uygun Taşıma Aletinin Eşleştirilmesi

Bu adımda toplamanın başlayacağı ilk ürün ile siparişteki ürünleri elleçlemeye uygun taşıma aletlerinden ürüne en yakın olanı eşleştirilerek toplama işlemine başlanır.

Toplama Sırası: $i \rightarrow m \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow j$

Siparişteki ürünleri elleçlemeye uygun olan taşıma aletlerinin konumları:

A (x_1, y_1) B (x_2, y_2) C (x_3, y_3)

En Yakın Taşıma Aletinin Belirlemesi:

$$A \text{ taşıma aletinin } i \text{ ürününe uzaklığı} = \sqrt{(X_i - X_1)^2 + (y_i - y_1)^2}$$

$$B \text{ taşıma aletinin } i \text{ ürününe uzaklığı} = \sqrt{(X_i - X_2)^2 + (y_i - y_2)^2}$$

$$C \text{ taşıma aletinin } i \text{ ürününe uzaklığı} = \sqrt{(X_i - X_3)^2 + (y_i - y_3)^2} \quad (6)$$

Siparişteki tüm ürünleri elleçlemeye uygun olan taşıma aletlerinden toplanacak ilk ürüne en yakın olanı (6) nolu formül uyarınca belirlenmiş olur.

Sonuç ve Öneriler

Stok ve depolama operasyonları, tedarik zincirinin her halkasında yer alması sebebiyle önemli bir yer teşkil etmektedir ve bu operasyonların yapısında yapılacak bir iyileştirme tedarik zincirinin genel performansını da olumlu yönde etkileyecektir. Günümüzde depolama operasyonlarının tamamına yakını Bar Kod Teknolojisi ile ve küçük bir kısmı ise Kare Kod Teknolojisi ile işletilmektedir. Bar Kod ve Kare Kod Teknolojileri operasyona her ne kadar bir izlenebilirlik ve doğruluk kazandırsa da etiketlerin okunması genel olarak manuel yapıldığından operasyonu yavaşlatmakta ve insan hatasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca bu teknolojilerin depo operasyonlarındaki kullanım alanları sadece sayım ve konum tespiti ile sınırlı kalmaktadır.

RFID Teknolojisinde etiketler RFID okuyucuları tarafından kapsama alanına girdiğinde otomatik okunmakta ve ürün hareket ettikçe konumu sürekli bir şekilde izlenebilmektedir. Ürünün kimyasal özelliklerine dair bilgilerin edinilmesi aktif etiketler ile mümkündür. Depo operasyonlarında siparişlerin toplanmasının daha otomatik hale gelmesi RFID Teknolojisi sayesinde imkân dâhilindedir.

Çalışmamızda bu durum somut bir şekilde ortaya konulmuştur. Siparişi olan ürünlerin depo içindeki konumları ürünlerdeki RFID etiketleri sayesinde tespit edilmekte, bu ürünleri elleçleyecek uygun nitelikteki taşıma aleti, geliştirilen algoritma ile belirlenmekte ve uygun nitelikteki taşıma aletinin depo içindeki konumu yine RFID etiketleri sayesinde belirlenmektedir. Ürünlerin olması istenen konum dikkate alınarak toplama sırası sezgisel öklidyen hesaplamalar ile belirlenmekte ve sipariş toplama işleminin daha hızlı olması mümkün olabilmektedir.

Şirketlerin öz mal depolarında ürün standartlarının daha belirli olması sebebiyle söz konusu depolarda otomasyona geçilmesi daha mümkün görünmektedir. Bu nedenle bu tip depolarda elleçleme işlemleri (mal kabul, raflar arası ürün transferleri ve sipariş toplama işlemleri) konveyörler ve otomatik yan forkliftler (reach truck olarak da bilinmektedir) yapılabildiğinden RFID Teknolojisine göre daha az maliyetli olan Bar Kod Teknolojisinin seçilmesi mantıklıdır.

Ancak farklı müşterilerden farklı standartlarda ürün kabul eden lojistik servis sağlayıcıların depolarında benzer bir otomasyonun hayata geçirilmesi çok zordur. Bu nedenle RFID Teknolojisi bu şekilde otomasyona geçilmesinin mümkün olmadığı lojistik servis sağlayıcılarının depolarında kullanılarak süreçlerin insan hatasından uzak bir şekilde hızlandırılması ve kısmen otomatize hale getirilmesi mümkündür.

Sezgisel öklidyen hesaplamalar ürünlerin veya taşıma aletlerinin depo içindeki konumları dikkate alınarak yapılmaktadır. Ancak bu hesaplamalarda iki nokta arasındaki mesafe, arada raf veya başka bir engelin olmadığı varsayılarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle ürünlerin birbirine olan uzaklıkları hesaplanırken raflar arasındaki dolaşma mesafelerinin de dikkate alınması daha sağlıklı olacaktır, bu sebeple uzaklıkların daha gerçekçi hesaplandığı başka tekniklerin uygulanması önerilmektedir.

Siparişlerin toplanması ile ilgili dikkate alınması gereken bir başka husus ise aynı taşıma aletinde ağır olan ürünlerin hafif olan ürünlerin altında olması gerektiğidir. Ağır olan ürünler hafif olan ürünlerin üstüne konulursa ürünün ambalajı veya doğrudan kendisi hasar görebilir. Bu nedenle siparişlerin toplanmasında ürün ağırlıklarının da göz önüne alarak bir toplama sırasının belirlenmesi gerekmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda toplama sırası belirlenirken bir kriter olarak ürün ağırlıklarının da dikkate alınması önerilmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazar finansal destek beyan etmemişlerdir.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

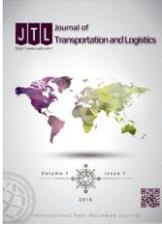
Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support.

Kaynakça

- Aydın, C., (2009). Tedarik Zincirinde Müşteri Hizmet Düzeyi – Stok Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BTSO, (2007). Tüccarın El Kitabı Serisi VIII – Stok Yönetimi, Yayın No:8, Bursa, 20 – 22.
- Erdal, M., (2009), Depo Yönetimi, <http://www.temesist.com/tr/depo-yonetimi.html>, 1 Kasım 2011.
- Ko, M., J., Kwak, C., Cho, Y. ve Kim, C. (2011), “Adaptive Product Tracking in RFID-Enabled Large-Scale Supply Chain” Expert System With Application” 38: 1583.
- Özdemir, A., (2004). “Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları” Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (23): 93.

- Yüksel, M. E. ve Zaim A. H. (2009) “Otomatik Nesne Tanımlama ve Takibinde, Veri Yönetimi ve Analiz Sistemlerinde RFID Üstünlükleri” 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13 – 15 Mayıs 2009.
- Laudon K. ve Price J., (1998) “Managing the Digital Firm” Information Technology: Concepts and Issues, 2: 297 – 302
- Bayrak Meydanoğlu, S. E., (2009) “Perakandeci Piyasalarında RFID Sistemleri” Ege Akademik Bakış Dergisi, 9: 141. [19] Saatçioğlu, Ö. Y., RFID Teknolojisi: Fırsatlar, Engeller ve Örnek Uygulamalar, www.deu.edu.tr, 2008.
- Poon, T. C., Choy, K. L., Harry, Chow, K., H., Henry, Lau, C., W., Felix Chan, T. S. ve Ho, K. C., (2009) “A RFID Case-Based Logistics Resource Management System for Managing Order-Picking Operations in Warehouses”, Expert Systems with Applications, 36: 8277.



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1096085

RESEARCH ARTICLE

A Sequential Workforce Scheduling and Routing Problem for the Retail Industry: A Case Study

Uğur Eliiyi¹ , Onur Uğurlu² , Sel Özcan Tatari³ 

ABSTRACT

This study investigated the operational workforce scheduling and routing problem of a leading international retail company. Currently, the company plans to launch a new product into the Turkish market, which will be used in all its retail stores across the country. For the best marketing outcome, branding of all retail stores needs to be renewed by an outsourced workforce with a minimum of cost and time. We framed this as a workforce scheduling and routing optimization problem. Therefore, a two-stage solution was proposed. The retail stores were partitioned into disjoint regions in the first stage, and the schedules were optimized in the second stage. We employed the k-means clustering algorithm for constructing these regions. Two different heuristic approaches were applied to solve regional scheduling in the second stage of the algorithm since the resulting scheduling problem is NP-hard. Finally, a computational analysis was performed with real data and the results are discussed.

Keywords: Workforce Scheduling and Routing, Integer Programming, Heuristics

Submitted: 30.03.2022 • Revision Requested: 04.07.2021 • Last Revision Received: 12.10.2022 • Accepted: 20.10.2022

¹ **Corresponding author:** Uğur Eliiyi (Asst. Prof. Dr.), Izmir Bakircay University, Department of Business, Izmir, Turkiye. E-mail: ugur.eliiyi@bakircay.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5584-891X

² Onur Uğurlu (Asst. Prof. Dr.), Izmir Bakircay University, Department of Fundamental Sciences, Izmir, Turkiye. E-mail: onur.ugurlu@bakircay.edu.tr
ORCID: 0000-0003-2743-5939

³ Sel Özcan Tatari (Asst. Prof. Dr.), Izmir Bakircay University, Department of Industrial Engineering, Izmir, Turkiye. E-mail: selozcan85@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4711-6663

Citation: Eliiyi, U., Ugurlu, O., & Ozcan Tatari, S. (2022). A Sequential workforce scheduling and routing problem for the retail industry: A case study. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 479-498. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1096085>



1. Introduction

The retail industry covers a broad spectrum of sectors. Supermarkets, food and grocery stores, the apparel industry, consumer electronics, and gas stations are the major players in the retail market. Retailers are operated in a fragmented need environment with hybrid consumption, changing channels, big data, and real-time decisions (Berkhout, 2015). Due to fierce competition in today's global retail industry, companies started to invest more in the branding of their products. Hence, what motivates the users to return and remain with a specific retailer is a constant challenge for retailers. Brand recognition, therefore, is crucial for luring new customers and retaining existing ones. A brand renewal or re-branding process can sometimes be necessary for increasing the response of the target audience or for promoting new products. However, this process can take considerable time especially if physical re-branding is involved. In such a case, one challenge may be to complete all brand renewal operations in a timely manner to avoid any confusion while keeping the brand message consistent. To overcome this challenge, a previously planned brand renewal schedule should be developed, which will render a smooth transition.

This study was motivated by one of the leading international retail companies, which is continuously expanding and currently has around 750 stores all over Türkiye. The company has introduced a new product into the Turkish market, and all its retail stores needed to update their branding to include it. The company uses subcontractors to manage this process. As the branding of any store requires changes, a multi-stage decision process is involved. In the first step, a discovery operation for the corresponding store is conducted. Afterwards, the production of the set of new branding banners is performed according to the store size and specifications. At the last stage, which is renewal, the old branding materials are rolled out and replaced with new ones, as desired by the company. This branding renewal process is repeated every time a new product is launched into the market or for other reasons. Therefore, obtaining fast and effective solutions is crucial for the company decision-makers.

In this context, we considered the operational workforce scheduling and routing problem for this international company. The joint problem of scheduling and routing is managed within a two-stage optimization framework. While the first problem is to balance the total operational workload among several teams, the second problem focuses on obtaining a permutation of the stores visited by each team. The objective of the second problem is to minimize the total distance traveled by each team. After the new store regions are created, the second problem is reduced to the well-known Traveling Salesman Problem (TSP), which is NP-hard. Note that the integrated problem mentioned above can also be defined as the Multi-Depot, Multiple Traveling Salesman Problem (mDmTSP). The mDmTSP involves the decision of the set of nodes visited by each salesperson in non-conflicting schedules, where each salesperson, i.e., team, is located at different depots. Here, non-conflicting means that no salesperson is allowed to re-visit a node.

The main contribution of this study lies in providing an efficient solution to an existing practical problem of a large company. The optimization problem encountered by the company is an important operational one and the solutions provided can result in

considerable savings in operational costs. Our second contribution is that the easy-to-use framework and efficient solutions provided to this important operational problem can be adapted and used for other similar applications by different companies or even in different sectors where worker groups are to be scheduled and routed separately. Although a two-stage framework can be regarded as one of the most common approaches in solving similar problems, our contribution lies in the employment of novel heuristics within this framework, which can be used by both researchers and practitioners for solving instances of the traveling salesman problem.

The rest of this paper is organized as follows: In Section 2, the operational workforce scheduling and routing problem on hand is introduced along with its problem-specific characteristics and related literature. The solution framework, including the clustering algorithm, the mathematical model and two heuristics for obtaining good-quality solutions for the problem are presented in Section 3. We report the results of our computational study in Section 4 along with managerial implications. Finally, Section 5 includes our conclusions and future work ideas.

2. Problem Context and Related Literature

This study is motivated by a real-life problem that is common in the retail industry. One of the leading international retail companies plans to introduce a new product into its domestic market in Türkiye. The company currently operates nearly 750 stores that are dispersed all over the country. The company plans to renew the branding of every one of these stores. Although the renewal process is outsourced to a third party, the whole rebranding is to be planned and coordinated by the retail company and completed as soon as possible; hence the time and cost efficiency of the branding operations are important.

The branding renewal includes a three-stage process; an assessment of the stores, store-specific production of the new branding, and a renewal of the old branding with the new one. The assessment is a discovery stage before the branding production, as it includes the evaluation and appraisal of each store that needs to be renewed. The company assigns a team to each store for the assessment process. The branding production requires a fixed time, independent of the store visited. This retail company can produce large amounts of new branding materials in a short time, so the operation times for manufacturing the new branding materials is of no importance. All three stages of the branding renewal operation are repeated every time a new product is launched, or when a brand “face lift” is required. The assessment stage must also be repeated, since the company is continuously expanding within the domestic market. New product launches can occur multiple times a year, so the frequency of rebranding is highly dependent on the market competition.

The renewal process includes rebranding materials, which is assumed to be readily available at the time of renewal. Note that both the assessment and renewal processes require on-site work, and there is a predetermined number of independent teams dedicated to these stages. Moreover, an additional problem constraint is that the decision-makers at the company require each team to visit at least three or more stores in one tour to justify

their travel in terms of effort and time. Therefore, no team is allowed to visit just one or two stores in their working period.

With such a restrictive environment, we focused on optimization of worker allocation and scheduling for the assessment and renewal processes for the retail company. The problem involved making operational decisions as to which stores should be renewed using which worker team, and in what order. To address this problem, a scheduling and routing plan must be developed for each team so that all duties are covered. These scheduling and routing coordination make them an exceedingly difficult optimization problem.

The Workforce Scheduling and Routing Problem (WSRP) is a combination of personnel scheduling and vehicle routing which are both NP-Hard (Algethami & Landa-Silva, 2015). The WSRP studies encountered in the literature have applications in both the service and manufacturing industries. The assignment and scheduling of a workforce that served a regional location such as home health care (Mankowska et al., 2014), cargo collection and distribution (Liu et al., 2019), scheduling of technicians (Kovacs et al., 2012), security personnel routing and rostering (Misir et al., 2011), aircraft ground service scheduling (Ip et al., 2013), ship routing and scheduling (Pratap et al., 2019) are some of the problems. The existing studies include a vast range of modeling and solution approaches that were tailored according to a variety of applications. Interested readers can refer to the comprehensive survey by Castillo-Salazar et al. (2016), which reviewed workforce scheduling and routing studies.

In literature, the major interest in workforce scheduling and routing problems was either solely on balancing of the workload among workers, or the scheduling of the workforce (Castillo-Salazar et al, 2016). The proposed solution approaches naturally satisfy the workload balance among teams, so the focus of our literature review was on the routing part of the problem. In general, the routing in WSRP can be modeled as a Vehicle Routing Problem (VRP). However, in this study the problem can be modeled as Multiple Traveling Salesman Problem since there was no constraint on the use of vehicles.

The Multiple Traveling Salesman Problem (mTSP), which is a straightforward extension of the TSP, requires more than one salesperson to be used to cover the whole set of customers or nodes to be visited. The problem is of high practical importance. Derived from the well-known TSP, mTSP is more difficult. This is because the problem additionally requires the determination of the optimal allocation of nodes to the subtours of salespeople, such that each node is visited only once by one salesperson, and the total travel distance is minimized. The mTSP gained less interest in the literature than the well-known TSP, although it is more suited for scheduling and routing problems encountered in real-life. An excellent review of these studies was performed by Bektas (2006). An interesting study including several integer programming formulations of the mTSPs was also proposed by Kara and Bektas (2006).

Most of the studies in the literature focused on solving the mTSP by reducing it to the ordinary TSP, as the original problem is exceedingly difficult to solve. Venkateswara Reddy et al. (2010) addressed a method for transforming mTSP to TSP using Balanced

centroids k -means clustering. Necula et al. (2018) proposed a min-max formulation for the mTSP with the objective of minimizing the maximum subtour of a salesperson. On the other hand, Chandran et al. (2006) studied the problem with the objective of balancing the workload among salespeople. They proposed a clustering approach for solving this problem.

As an example to non-linear formulations for the problem, Gilbert and Hofstra (1992) developed a non-linear model, as well as a heuristic approach to solve the multi-period mTSP with an application to a scheduling problem. Most researchers in the literature tackled the problem using problem-specific heuristics or metaheuristics, as it is well-known to be NP-hard. As a good example for these large number of studies, Masutti and De Castro (2008) presented an artificial neural network-based clustering approach for the mTSP. Bredström and Rönnqvist (2008) presented a mathematical programming model for the combined vehicle routing and scheduling problem with time windows and additional temporal constraints. In a later study, Allaoua et al. (2013) proposed a matheuristic algorithm for the problem in a home health care context. The authors also reduced the Multi-Depot Traveling Salesman Problem to regular TSP for constructing the routes. The most well-known tour construction heuristics in the literature are the nearest neighbor, intersection, and greedy algorithms (Johnson & McGeoch, 1997; Davendra, 2010).

For routing optimization problems, decomposition-based matheuristics such as relax-and-fix, fix-and-optimize, and relax-fix-optimize have been used in literature. These algorithms were shown to be effective and efficient for routing-type problems (Friske et al., 2022). The relax-and-fit idea is based on breaking a mixed-integer linear problem into smaller subproblems and solving them iteratively to construct an initial solution. An example study by Uggen et al. (2013) developed an extended relax-and-fit matheuristic for a rich liquefied natural gas inventory routing problem and obtained good results. They used a time-based decomposition for reducing the original mathematical model into smaller subproblems. Fix-and-optimize algorithms were employed for routing problems by Goel et al. (2012) and Song and Furman (2013), as well. The appeal of employing these types of matheuristics lies in their ease of adaptation as well as their good performance for routing and TSP problems.

In our study, we employed a two-stage solution framework for a real-life problem. In line with the most common approach in literature, we first reduced our mTSP problem into several independent TSP problems via clustering and then treated each TSP separately. Our study is similar to the study by Chandran et al. (2006) in this respect, however, the proposed solution procedure of Chandran et al. (2006) did not minimize the distance travelled since it was designed to balance only the workload. For clustering of the worker groups, we used the well-known and well-adapted k -means clustering algorithm due to its ease of use and high adaptability, as in Necula et al. (2018). We also developed and employed simple problem specific heuristics for solving the TSP component of our problem. The solution framework, along with its details is presented in the next section.

3. The Solution Framework

The aggregate workforce scheduling and routing problem defined in the previous sections can be treated as an mDmTSP. However, as even the mTSP problem is NP-complete, the optimal solution of the joint problem was considered highly impractical for the real-life problem in this study. Instead, we decomposed the problem into several TSPs using clustering and in turn worked on independent TSPs for each resulting cluster. The aim of clustering is to balance the operational workload of the teams assigned to different regions and minimize the distance traveled as much as possible for each cluster. Hence, the first phase of our solution framework includes a solution for the workforce scheduling problem. After clustering, the second phase of our solution framework tries to obtain team tours with minimum distances traveled within each region/cluster. Hence, the workforce routing problem was decomposed into subproblems, each involving a TSP. For each TSP, we provided the decision makers with two fast and effective heuristic approaches to obtain feasible tours. For a better understanding, we illustrate our proposed solution framework in Figure 1.

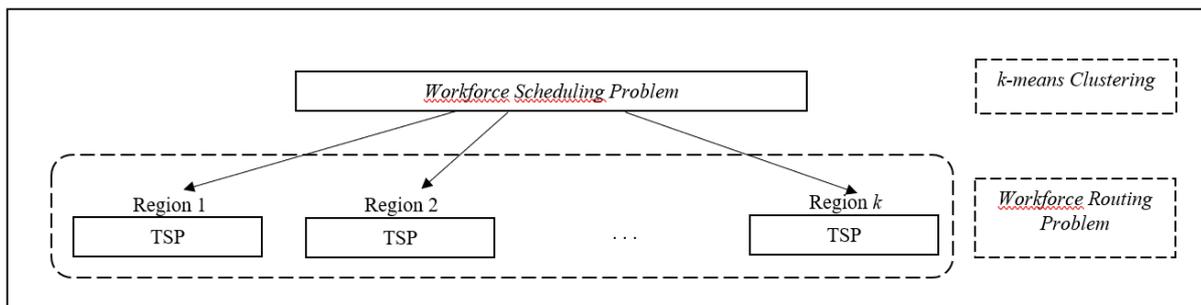


Figure 1. Proposed solution framework.

To decompose the main problem into several subproblems, we first partitioned the stores into a predetermined number of disjoint regions using the k -means clustering algorithm. This algorithm is one of the simplest and most efficient machine learning algorithms, developed by Lloyd (1982). This algorithm was employed in our solution framework for two reasons. First, the decision-makers in our study wanted the option to determine the number of resulting clusters and be able to try different scenarios easily to obtain different work plans. For this purpose, k -means algorithm provided a quick and flexible structure. The second reason was the ease of use, efficiency, and adaptability of this algorithm, which justifies its popularity among practitioners.

The algorithm aims to partition n points/nodes into k distinct clusters, in which each point belongs to the cluster with the nearest mean. The main steps of the k -means algorithm are as follows (MacKay, 2003):

1. Specify the number of clusters (k) and initialize k centroids randomly.
2. Assign each point to the closest centroid.
3. Update the cluster centroids as averages of the points contained within.
4. Repeat this procedure until there is no change to the centroids.

An example of stores grouped into clusters are visualized in Figure 2 on the country's map. As it can be seen in the figure, once the k -means clustering algorithm was applied to the mDmTSP, k independent TSPs were obtained. Five clusters were selected as an example in Figure 2.

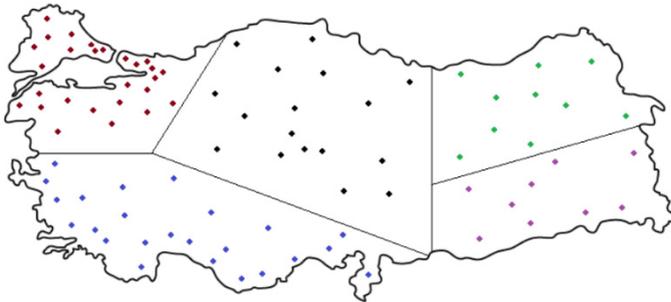


Figure 2. Example with five clusters ($k=5$) on Türkiye's map.

To solve the TSPs within each region after clustering, two different heuristic approaches are employed within the solution framework. The first heuristic includes a relax-fix-optimize (RFO) type matheuristic approach, which combines construction and improvement ideas to solve the resulting TSP. The general flow indicating the steps of the *RFO Matheuristic* is presented next.

3.1. The RFO Matheuristic

The proposed *RFO matheuristic* works in three stages:

- Relaxing the subtour elimination constraints,
- Enforcing a few subtours to be active,
- Elimination of the subtours.

The general flow diagram indicating the steps of the simple *RFO matheuristic* is provided in Figure 3. As illustrated in the figure, we first solved the TSP addressed by the mathematical model expressed by equations (1) through (5) for each region while excluding the subtour elimination constraints stated in (4).

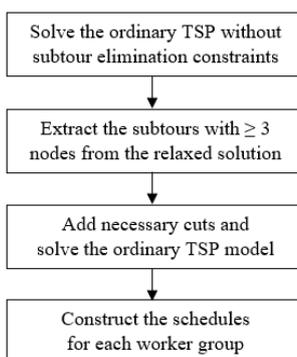


Figure 3. The relax-fix-optimize (RFO) matheuristic.

The definitions necessary for the formulated TSP and the mathematical model employed in the RFO matheuristic are as follows.

Sets, Indices, and Parameters of the TSP Model (RFO):

V : set of nodes (stores), $i, j=1, 2, \dots$

E : set of edges

c_{ij} : distance between nodes i and j

Decision Variables of the TSP Model (RFO):

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if edge } (i, j) \text{ is in the optimal solution} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (i, j) \in E$$

Model TSP(RFO):

$$\min \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

$$\text{s. t.} \\ \sum_{i \in V} X_{ij} = 1, \quad j \in V \quad (2)$$

$$\sum_{j \in V} X_{ij} = 1, \quad i \in V \quad (3)$$

$$\sum_{(i,j) \in E} X_{ij} \leq |S| - 1, \quad \text{for every proper subset } S \text{ of } V \quad (4)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\}, \quad (i, j) \in E \quad (5)$$

Once the constraint set (4) is excluded from the above formulation of TSP, the problem is reduced to the regular well-known *assignment problem*. The optimal solution of the assignment problem can be obtained in polynomial time; however, it may include several subtours consisting of two, three, or more stores in the resulting optimal solution.

Since the original problem required each salesperson to visit at least three or more stores in one tour, our heuristic only sought subtours with three or more nodes, i.e., independent subtours with more than two stores. Hence, once the optimal solution for the assignment problem was obtained, subtours containing 3 or more stores (if any) were recorded. Then, necessary cuts were generated as subtour preservation constraints pertaining to the identified subtours of desired length. In this manner, we ensured that these edges were preserved in the resulting TSP solution. After a set of such decision variables were fixed, the relaxed decision variables were optimized by solving the ordinary TSP(RFO) model once again. Note that, once subtours with more than or equal to three nodes were extracted from the resulting solution, a decision had to be made about omitting an edge for each subtour. For this purpose, the edge with the largest traveling distance was excluded by the heuristic for each subtour.

For a better understanding of the proposed *RFO heuristic*, we provided a simple narrative example. Assume that after clustering, cluster 1 includes 20 stores. For this cluster, we relax the subtour elimination constraints (by omitting constraint set (4)) in the TSP(RFO) model and solve the resulting assignment problem to optimality. Assume that the subtours in Figure 4 appear in the optimal solution of the assignment problem.



Figure 4. Two subtours, each with three nodes and three edges.

The subtours in Figure 4 are 1-3-5-1 and 2-4-6-2. Now, assume that edges 5→1 and 6→2 have the maximum distances in each subtour. Hence, these edges are to be broken to eliminate these two subtours, while preserving the rest of the permutations with desired length. Accordingly, the following cuts $x_{13}=1, x_{35}=1, x_{24}=1, x_{46}=1$ are added to the ordinary TSP formulation for preserving the partial triplets added through these cuts (Figure 5).



Figure 5. Partial triplets, each with three nodes and two edges.

Subsequently, the solution of the ordinary TSP provides a single tour that contains the preserved partial triplets in the single tour (see Figure 6).

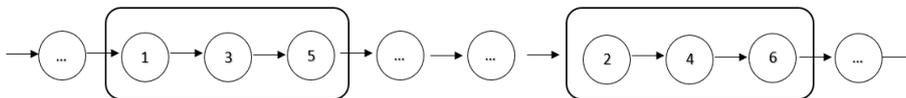


Figure 6. Feasible schedule after fixing partial triplets and optimizing the remaining TSP.

Our second heuristic, called the Two-Way Greedy (TWG) Heuristic, is a constructive effective heuristic that works fast for the TSP, and is presented in the next subsection.

3.2. The Two-Way Greedy (TWG) Heuristic

The proposed TWG heuristic is based on the greedy constructive approach for TSP, which starts with an empty solution and adds an edge to the solution according to some greedy criterion in an iterative manner. This process continues until a tour including all nodes is obtained. Unlike the ordinary greedy approach, our proposed heuristic has three stages: inclusion, removal, and merge. In the first stage, the algorithm starts with an empty solution and constructs an initial graph G^* from scratch by the greedy inclusion based on edge costs/lengths, starting with the shortest edge. In the second stage, the heuristic removes the redundant edges from G^* and creates disconnected paths. While doing so, the edges are sorted in descending order of their costs/lengths, hence the algorithm favors the removal of longer edges from the graph. Finally, a complete tour is constructed by

merging the disjoint paths with the minimum cost/length obtained in the second stage to obtain a complete TSP tour. The proposed algorithm was originally developed for the multiple traveling salesman problem and presented in Nuriyev et al. (2018). It was shown that the algorithm found better results than the existing tour construction algorithms (Uğurlu, 2018). The steps of the algorithm are provided below:

Two Way Greedy (TWG) Heuristic:

Begin

```

 $G^* \leftarrow 0$ , degree()  $\leftarrow 0$ 
Sort all edges in  $E$  in ascending order
for all  $e_{ij}$  in  $E$  do
    if (degree( $i$ ) < 2 or degree( $j$ ) < 2) then
        include  $e_{ij}$  in  $G^*$ 
        update degree( $i$ ) and degree( $j$ )
    end if
end for
Sort all edges in  $G^*$  in descending order
for all  $e_{ij}$  in  $G^*$  do
    if (degree( $i$ ) > 2 or degree( $j$ ) > 2) then
        remove  $e_{ij}$  from  $G^*$ 
        update degree( $i$ ) and degree( $j$ )
    end if
end for
Merge the paths/circles in  $G^*$  with minimum cost

```

End.

In the above pseudocode we can see the developed TWG algorithm has similar components with the traditional greedy algorithm for TSP. The traditional greedy algorithm gradually constructs a tour by repeatedly selecting the shortest edge and adding it to the tour if it does not increase the degree of any node by more than two (and thereby creating a subtour). However, in the inclusion stage of the TWG algorithm, an edge can be selected and added to the solution unless it increases the degree of both of its endpoints by more than two. Hence, TWG allows subtours in its inclusion stage. The difference of TWG can be better observed in the example provided in Figure 7.

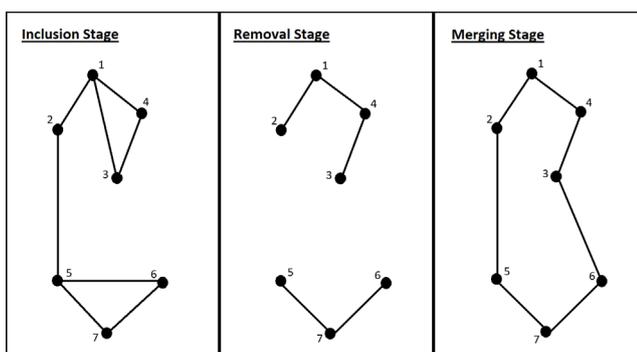


Figure 7. Main stages of the TWG algorithm.

Unlike a traditional greedy algorithm, the edges between nodes 1 and 3 and nodes 2 and 5, i.e., e_{13} and e_{25} can be added to the initial solution, thereby creating two subtours in Figure 7. This would not be possible through a traditional greedy heuristic, as it never allows subtours. After such an initial graph G^* is constructed in the inclusion stage, the TWG heuristic creates disconnected paths/tours by removing e_{13} , e_{25} and e_{56} , and obtains disconnected paths at the end of the removal stage. Finally, at the merging stage of the heuristic, a complete tour is obtained by merging disjoint paths by adding e_{25} and e_{36} to the final solution.

4. Computational Results and Discussion

The computational experiment in this study was conducted on an extensive set of real-life test problems. The optimal solutions for all mathematical models were obtained using the commercial optimization software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 12.9.0 on a computer with i5 processor, 8250 CPU and 8 GB RAM.

We first employed the k -means clustering algorithm for several k values to solve the workforce scheduling problem and balance the total number of stores over the k regions. The reason for obtaining clusters with different k values was one of the requirements of the decision-makers, as the number of worker groups was a determinant of operational cost. As a result, the number of distinct TSPs to be optimized increased. When considering that this problem must be solved every time there is a rebranding, the need for quick and effective solutions are better understood.

Euclidian distances are used to generate the clusters on a map of Türkiye. The real-life problem included 718 stores, dispersed around the country in a nonuniform fashion. Some store locations are remote, and the worker groups assigned to such locations needed to stay overnight to complete their operations. The branding renewal of all stores needed to be completed as early as possible. Moreover, as the company used subcontractors for this process; we assumed that the number of teams in the available workforce could vary within a predetermined range, each with identical capabilities. Due to the operational restrictions posed by the company regarding workforce efficiency and management, only six to ten clusters were included in the experimentation. Therefore, the k -means algorithm was run with parameter values of $k = 6, \dots, 10$, and the stores were partitioned into $k = 6, \dots, 10$ clusters as a result (see Table 1). Note that there was a trade-off between the total cost of the subcontracted teams and the time of completion of all operations. In other words, as the number of clusters, i.e., the number of teams increased, the total cost of the branding operation increased. However, the completion time of the branding operations decreased as a result.

The characteristics of the data set used for the workforce scheduling problem are reported in Table 1, where the second column indicates the total of Sums of Squared Errors (SSEs) within each cluster. The SSE is defined as the sum of the squared distances of each store to its closest centroid in k -means clustering. As seen on Table 1, the clustering effect in terms of reducing the within-cluster variance begins to appear after using $k=8$ partitions. As the number of clusters increases to 9 and 10, total SSE values decrease as clustering

alternatives appear for the case problem locations. We also reported the number of stores within each cluster in the third column. The last two columns respectively report the mean and the standard deviation of the corresponding distance matrices.

Table 1: Characteristics of the tested problem clusters.

Clusters partitioned with k	SSE	Cluster number	Number of Stores	Mean (km)	Standard deviation (km)
$k=6$	44166	Cluster 1	116	199	137.04
		Cluster 2	44	280	197.54
		Cluster 3	74	252	160.93
		Cluster 4	199	115	94
		Cluster 5	123	239	159
		Cluster 6	162	154	95
$k=7$	44835	Cluster 1	76	122	84.79
		Cluster 2	47	291	182.09
		Cluster 3	75	142	104.59
		Cluster 4	191	122	107.22
		Cluster 5	111	119	93.91
		Cluster 6	110	186	110.56
		Cluster 7	108	199	144.97
$k=8$	42948	Cluster 1	37	232	171.39
		Cluster 2	30	213	127.04
		Cluster 3	73	146	113.12
		Cluster 4	188	113	95.48
		Cluster 5	111	119	93.91
		Cluster 6	108	182	108.42
		Cluster 7	95	150	99.34
		Cluster 8	76	122	84.79
$k=9$	26481	Cluster 1	37	232	171.39
		Cluster 2	30	213	127.04
		Cluster 3	73	146	113.12
		Cluster 4	43	72	43.08
		Cluster 5	111	119	93.91
		Cluster 6	108	182	108.42
		Cluster 7	95	150	99.34
		Cluster 8	146	87	84.35
		Cluster 9	75	117.11	83.73
$k=10$	14062	Cluster 1	37	232	171.39
		Cluster 2	30	213	127.04
		Cluster 3	74	146	113.12
		Cluster 4	43	72	43.08
		Cluster 5	118	138	100.84
		Cluster 6	87	181	115.71
		Cluster 7	94	147	96.56
		Cluster 8	146	86.02	84.35
		Cluster 9	64	98	74.15
		Cluster 10	25	76	44.84

As stated earlier, balancing the total operational workload among several teams is of concern in the first phase of our solution framework. Based on this consideration, it is possible that the number of stores in the clusters formed at this phase could be close to one another. However, it can be seen in Table 1 that there is still a variability in cluster store numbers. This variability is because the stores are dispersed over the country in a nonuniform fashion. Some stores are remote and considerable distances need to be traveled to get to those locations. Once a worker team completes a shift on a remote location, the team has to stay overnight, as well. Therefore, the balancing of the workload is not about the total number of stores assigned to teams, but the total tour length (i.e., the objective function value of the TSP). This approach not only minimizes the total length of travel among teams, but also indirectly minimizes the makespan, i.e., the time needed to complete the last branding operation.

We tested the performance of two heuristics, RFO and TWG, and compared them with the CPLEX TSP solution with a 600 second time limit. As RFO is an integer programming-based matheuristic, we limited the computational run time of the algorithm with 600 seconds, as well. As stated earlier, the company management desired fast and effective solutions, which could be obtained repeatedly for different sized clusters. This requirement called for the need to obtain time-limited solutions. Initial pilot runs included a 120-second time limit as well, but as the results within this time limit were not satisfactory, they are not included. CPLEX could not produce feasible solutions for many of the problem instances within this period, and heuristic performance was inferior when compared with the 600-second results. A 3600-second time limit was also assessed in the pilot experimentation. However, CPLEX resulted in memory overruns for TSP instances having over 100 stores within this time limit, whereas there was little improvement over the 600-second results for smaller instances. As instances having over 100 stores occur in every cluster size in Table 1, complete solutions for the whole problem could not be obtained within this time limit.

Tables 2 and 3 summarize the optimality gap percentages and the total distances of the two approaches within the 600-second time limit, the TSP integer programming formulation and the RFO heuristic. The optimality gaps are computed for each algorithm independently. Namely, the optimality gap values under the TSP-600 column represent the percentage gaps between the best lower bound and best upper bound obtained by CPLEX within the time limit. On the other hand, the optimality gaps reported under the RFO-600 column are those obtained from the solutions of the TSP(RFO) model. Hence, the optimality gaps are not comparable among these two columns. As TWG performs superbly in terms of time and obtains solutions in less than one second for every instance, we reported the computation times and the tour lengths for each cluster for this heuristic.

In Tables 2 and 3, the first lines of the clusters represent the optimality gaps for the TSP and RFO, and the computational time for TWG in seconds. The second lines of the clusters represent the tour lengths (km) found by the TSP, RFO and TWG, respectively. The bold figures in the tables indicate the minimum objective function value for each cluster. Note that the objective function values, i.e., the tour lengths are directly comparable among all

three columns. In small instances, i.e., for cluster sizes with less than 80 nodes, a better performance by the TSP formulation was observed over the remaining approaches. In these instances, the optimality gaps for the time-limited CPLEX solutions are less than 10%.

Table 2: Computational Results for $k=6$ to 8.

Clusters partitioned with k	Cluster number	TSP-600	RFO-600	TWG
$k=6$	Cluster 1	48.89%	25.19%	(0.075)
		3373	2489	2332
	Cluster 2	0.57%	0.00%	(0.03)
		2122	2374	2166
	Cluster 3	14.92%	3.29%	(0.018)
		2567	2540	2602
	Cluster 4	72.15%	10.83%	(0.557)
		7033	2405	2220
	Cluster 5	40.56%	20.96%	(0.087)
		2980	2384	2091
	Cluster 6	33.17%	0.00%	(0.024)
		3367	8000	2641
$k=7$	Cluster 1	12.38%	0.00%	(0.016)
		1212	2853	1205
	Cluster 2	3.00%	0.64%	(0.004)
		2384	5257	2454
	Cluster 3	1.98%	1.94%	(0.017)
		1598	1615	1644
	Cluster 4	47.15%	33.33%	(0.476)
		3148	2721	1973
	Cluster 5	15.92%	9.70%	(0.063)
		1756	1762	1662
	Cluster 6	4.45%	2.97%	(0.056)
		2000	2103	1982
Cluster 7	30.21%	0.12%	(0.065)	
	2750	7954	2330	
$k=8$	Cluster 1	6.37%	4.91%	(0.001)
		1773	2116	1791
	Cluster 2	0.00%	0.00%	(0.001)
		1703	1796	1706
	Cluster 3	4.98%	2.61%	(0.016)
		1605	1619	1663
	Cluster 4	32.68%	19.65%	(0.439)
		2269	2078	1840
	Cluster 5	16.26%	8.00%	(0.062)
		1763	1730	1662
	Cluster 6	17.14%	2.77%	(0.055)
		2112	1998	1994
Cluster 7	16.97%	10.78%	(0.044)	
	1964	1911	1855	
Cluster 8	10.05%	5.10%	(0.016)	
	1179	1204	1205	

Although TSP-600 performs better for small-size clusters, in Tables 2 and 3 it shows that the TWG heuristic also performs very well for these instances, producing close results to those obtained by CPLEX. For example, for cluster 2 of $k=6$, TSP-600 obtained a tour length of 2122, which is approximately optimal. On the other hand, TWG obtained a tour length of 2166 in 0.03 seconds, which is just 2% longer. This comparison is discussed further through Table 4. In larger instances, i.e., clusters with more than 80 nodes, TWG clearly outperformed the remaining two solution approaches in terms of solution quality and computation time, as the underlying complexity of the problem prevails with larger node sizes.

One interesting result was that small optimality gaps could be observed for the RFO heuristic in many of the real-life instances, although the objective function values were inferior when compared with the other two methods. Although the optimality gap percentages for the RFO were lower than time limited CPLEX solutions in most instances, there were only two clusters where RFO yielded the best objective function value. An example can be observed in Table 2, for $k=6$, cluster 6. Although the optimality gap for RFO is zero for this instance, the objective function value of 8000 obtained with this heuristic is clearly dominated by the other two approaches. The best solution was obtained by TWG with an objective function value of 2641. The reason for this apparent conflict was that the added cuts by RFO resulted in the exclusion of the global optimal solution from the search space, and the algorithm was stuck at a local minimum for these problem instances. However, despite this critical observation, the overall performance of the algorithm was remarkable. The objective function values obtained with this heuristic were very close to those produced by TWG in most cases.

Table 3: Computational Results for $k=9$ and 10.

Clusters partitioned with k	Cluster number	TSP-600	RFO-600	TWG
$k=9$	Cluster 1	6.32%	4.98%	(0.001)
		1773	2116	1791
	Cluster 2	0.00%	0.00%	(0.001)
		1703	1796	1706
	Cluster 3	4.91%	2.62%	(0.016)
		1604	1619	1663
	Cluster 4	0.00%	0.00%	(0.002)
		753	801	792
	Cluster 5	19.77%	8.87%	(0.062)
		1840	1747	1662
	Cluster 6	16.41%	2.70%	(0.055)
		2094	1998	1994
	Cluster 7	20.30%	12.48%	(0.044)
		2046	1946	1855
	Cluster 8	47.27%	26.80%	(0.175)
		1735	1393	1135
	Cluster 9	11.03%	0.00%	(0.015)
		1165	8000	1169
$k=10$	Cluster 1	6.31%	5.06%	(0.001)
		1773	2116	1791
	Cluster 2	0.00%	0.00%	(0.001)
		1703	1796	1706
	Cluster 3	4.97%	2.61%	(0.016)
		1605	1619	1663
	Cluster 4	0.00%	0.00%	(0.002)
		753	801	792
	Cluster 5	31.21%	0.00%	(0.08)
		2004	1674	1594
	Cluster 6	9.20%	1.82%	(0.027)
		1678	1688	1695
	Cluster 7	32.39%	5.95%	(0.036)
		2198	1741	1844
	Cluster 8	46.42%	27.47%	(0.175)
		1710	1401	1135
	Cluster 9	8.82%	0.00%	(0.009)
		1013	1086	1015
	Cluster 10	0.00%	0.00%	(0.001)
		669	699	673

Table 4 summarizes the cluster-based improvement percentages of the TWG heuristic over the second-best approach, i.e., either the time-limited CPLEX or the RFO heuristic. The positive improvement percentages clearly indicate that TWG outperformed the remaining two approaches in obtaining good quality solutions for the problem. In 17 instances out of 40, TWG yielded the best performance, and remarkable improvements (more than 10%) could be recorded in almost 5 instances.

Table 4: Cluster-based improvement percentages of the TWG algorithm.

Clusters partitioned with k	$k=6$	$k=7$	$k=8$	$k=9$	$k=10$
Cluster 1	6.31%	0.58%	-1.02%	-1.02%	-1.02%
Cluster 2	-2.07%	-2.94%	-0.18%	-0.18%	-0.18%
Cluster 3	-2.44%	-2.88%	-3.61%	-3.68%	-3.61%
Cluster 4	7.69%	27.49%	11.45%	-5.18%	-5.18%
Cluster 5	12.29%	5.35%	3.93%	4.87%	4.78%
Cluster 6	21.56%	0.90%	0.20%	0.20%	-1.01%
Cluster 7	-	14.96%	2.93%	4.68%	-5.92%
Cluster 8	-	-	-2.21%	18.52%	18.99%
Cluster 9	-	-	-	-0.34%	-0.20%
Cluster 10	-	-	-	-	-0.60%
Average	7.22%	6.21%	1.44%	1.99%	0.61%
Total distance TSP-600 (km)	21,442	14,838	14,368	14,713	15,106
Total distance RFO-600 (km)	20,192	24,265	14,452	21,416	14,621
Total distance TWG (km)	14,052	13,250	13,716	13,767	13,908
Improvement in distance (%)	30.41%	10.70%	4.54%	6.43%	4.88%

When the average improvements of all clusters were examined for $k=6$ to 10, an important observation could be made. Although some of the improvements are negative throughout the table, meaning that TWG is outperformed for those individual cluster instances, it is never outperformed when averaged over all clusters. This means that the TWG algorithm produced close results to the best one when it performed worse, but it obtained remarkably better results for larger clusters, yielding an overall improvement in all cases. Hence, the TWG heuristic was clearly dominant over the other two approaches for practical use. While examining this table, it should be noted that the structure of the resulting clusters in different columns are different from one another, as reported in Table 1.

The improvement by TWG is better observed when the total distance obtained over all clusters by different algorithms are compared. In Table 4, the *Total distance* rows present the total tour lengths of all clusters for $k=6$ to 10 obtained by the three approaches, whereas the last row of the table presents the improvement percentage (in terms of total distance) of TWG over the second-best approach, i.e., either the time-limited CPLEX or the RFO heuristic. The total distances are obtained by adding all distances within each cluster, i.e., the sum of all tours. The *Improvement in distance (%)* obtained for $k=6$ is especially remarkable with a dramatic 30.41%. This means that the results obtained in extremely short computation times with TWG result in a much shorter total distance for the teams when compared to RFO, which is the second-best heuristic for $k=6$. Positive *Improvement in distance* values in all columns for TWG reveal the dominance of this heuristic when the whole problem is considered, both in solution quality and solution time.

Figure 8 also illustrates how the total distances traveled by all teams vary depending on the clusters generated. From the figure, a clear dominance of the TWG heuristic can be observed for every cluster. On the other hand, the RFO heuristic has large jumps, indicating that it is not robust enough for the real-life data set on hand. The large jumps are due to instances where the heuristic is stuck at local optima and result in huge objective function values for a cluster, thereby affecting the summation.

Note that the total distance traveled is minimized at 7 clusters for the best performing heuristic, i.e., TWG. This means that this specific case problem for retail stores in Türkiye should be managed in 7 different regions, which would yield the most efficient solution for the company. TWG obtained 10.70% improvement in total distance over the second-best result for this configuration of the problem, in just a fraction of a second. The decision makers were impressed by the result, both in terms of the total distance travelled and the smaller number of teams required as a result. This result optimized the trade-off that was mentioned at the start of this section to a certain extent. However, due to different management considerations, a greater or smaller number of clusters might be preferred.

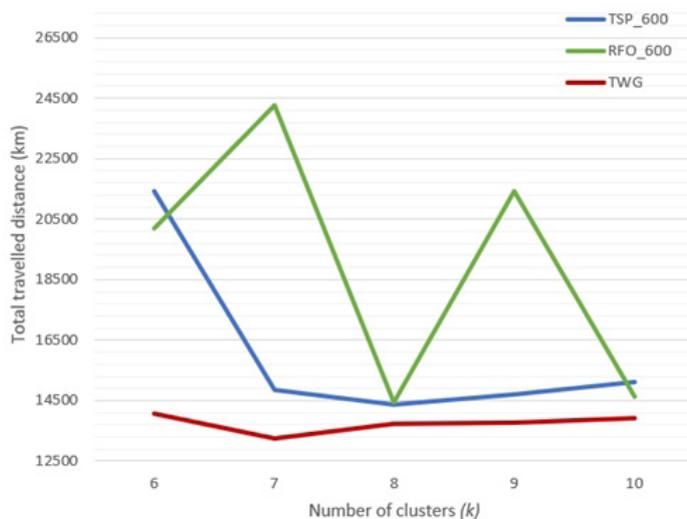


Figure 8. Performance of the solution approaches in terms of total distance traveled vs. the number of clusters.

5. Conclusion

In this study, we addressed an operational workforce scheduling and routing problem for an international retail company operating in Türkiye and provided a two-stage solution approach for this optimization problem. In the first stage, we balanced the operational workload among teams using the k -means clustering algorithm. Next, we focused on obtaining an efficient tour schedule for each team in the second stage, with an objective of minimizing the total travel distance. This was required for the goal of completing the whole branding in the fastest way possible. The aggregate problem is regarded as a multi-depot, multiple traveling salesman problem. Since even the multiple TSP is NP-complete, we employed simple and effective solution approaches to solve this practical real-life problem. We compared their performance with a regular TSP solution via a commercial solver within a practical time limit. We reported the percentage improvements on the solutions of the problems evaluated, as well as their optimality gaps.

The proposed solution framework achieved significant improvements in several instances, obtaining remarkable gains in the total distance traveled. The outcomes of computational experimentation showed remarkable gains to the managerial decision-makers. Our

solution approaches may provide flexibility to companies for evaluating various scenarios depending on various cluster configurations.

The sensitivity analysis on the number of clusters indicated that the minimum distance traveled is not directly proportional to the number of clusters. Therefore, it is advisable for company management to consider all feasible alternative scenarios. As a future study, we plan to enrich our solution approach by employing more sophisticated heuristic approaches for the specific problem at hand. Another interesting extension may include developing a mixed integer programming formulation for deciding the daily schedules of each team by considering the daily working time windows.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support

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

References

- Algethami, H., & Landa-Silva, D. (2015). A study of genetic operators for the workforce scheduling and routing problem. In *Proceedings of the 11th Metaheuristics International Conference (MIC 2015)*, pp. 1-11). Agadir; Morocco.
- Allaoua, H., Borne, S., Létocart, L., & Calvo, R. W. (2013). A matheuristic approach for solving a home health care problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 41, 471-478. <https://doi.org/10.1016/j.endm.2013.05.127>
- Bektas, T. (2006). The multiple traveling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures. *Omega*, 34(3), 209-219. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.10.004>
- Berkhout, C. (2015). *Retail marketing strategy: Delivering shopper delight*. Kogan Page Publishers, USA.
- Bredström, D., & Rönnqvist, M. (2008). Combined vehicle routing and scheduling with temporal precedence and synchronization constraints. *European Journal of Operational Research*, 191(1), 19-31. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.07.033>
- Castillo-Salazar, J. A., Landa-Silva, D., & Qu, R. (2016). Workforce scheduling and routing problems: literature survey and computational study. *Annals of Operations Research*, 239(1), 39-67. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1687-2>
- Chandran, N., Narendran, T. T., & Ganesh, K. (2006). A clustering approach to solve the multiple traveling salesmen problem. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 1(3), 372-387. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2006.009794>
- Davendra, D. (Ed.). (2010). *Traveling salesman problem: Theory and applications*. BoD—Books on Demand.
- Friske, M. W., Buriol, L. S., & Camponogara, E. (2022). A relax-and-fix and fix-and-optimize algorithm for a Maritime Inventory Routing Problem. *Computers & Operations Research*, 137, 105520. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2021.105520>
- Gilbert, K. C., & Hofstra, R. B. (1992). A new multiperiod multiple traveling salesman problem with heuristic and application to a scheduling problem. *Decision Sciences*, 23(1), 250-259. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1992.tb00387.x>
- Goel, V., Furman, K. C., Song, J. H., & El-Bakry, A. S. (2012). Large neighborhood search for LNG inventory routing. *Journal of Heuristics*, 18(6), 821-848. <https://doi.org/10.1007/s10732-012-9206-6>

- Ip, W. H., Wang, D., & Cho, V. (2012). Aircraft ground service scheduling problems and their genetic algorithm with hybrid assignment and sequence encoding scheme. *IEEE Systems Journal*, 7(4), 649-657. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2012.2196229>
- Johnson, D. S., & McGeoch, L. A. (2018). The traveling salesman problem: a case study. In E. Aarts & J. Lenstra (Ed.), *Local Search in Combinatorial Optimization* (pp. 215-310). Princeton: Princeton University Press, USA. <https://doi.org/10.1515/9780691187563-011>
- Kara, I., & Bektas, T. (2006). Integer linear programming formulations of multiple salesman problems and its variations. *European Journal of Operational Research*, 174(3), 1449-1458. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.03.008>
- Kovacs, A. A., Parragh, S. N., Doerner, K. F., & Hartl, R. F. (2012). Adaptive large neighborhood search for service technician routing and scheduling problems. *Journal of Scheduling*, 15(5), 579-600. <https://doi.org/10.1007/s10951-011-0246-9>
- Liu, X., Luo, M., & Zhao, Y. (2019). Integrating route optimisation with vehicle and unloading dock scheduling in LCL cargo collection. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 11(2-3), 262-280. <https://doi.org/10.1504/IJSTL.2019.099273>
- Lloyd, S. (1982). Least squares quantization in PCM. *IEEE Transactions on Information Theory*, 28(2), 129-137. <https://doi.org/10.1109/TIT.1982.1056489>
- MacKay, D. (2003). An example inference task: Clustering. *Information Theory, Inference and Learning Algorithms*, 20, 284-292.
- Mankowska, D. S., Meisel, F., & Bierwirth, C. (2014). The home health care routing and scheduling problem with interdependent services. *Health Care Management Science*, 17(1), 15-30. <https://doi.org/10.1007/s10729-013-9243-1>
- Masutti, T. A., & de Castro, L. N. (2008, July). A Clustering Approach Based on Artificial Neural Networks to Solve Routing Problems. In *2008 11th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering* (pp. 285-292). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSE.2008.58>
- Misir, M., Smet, P., Verbeeck, K., & Vanden Berghe, G. (2011). Security personnel routing and rostering: a hyper-heuristic approach. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Operational Research* (Vol. 3, pp. 193-205). Tadbir; Canada.
- Necula, R., Raschip, M., & Breaban, M. (2018). Balancing the subtours for multiple TSP approached with ACS: Clustering-based approaches vs. MinMax formulation. In *EVOLVE-A Bridge between Probability, Set Oriented Numerics, and Evolutionary Computation VI* (pp. 210-223). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69710-9_15
- Nuriyev, U., Ugurlu, O., & Nuriyeva, F. (2018). A Simple Algorithm for The Multi-Depot Multiple Traveling Salesman Problem. In *Proceedings of the 6th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications* (Vol. 2, pp. 235-237). Baku; Azerbaijan.
- Pratap, S., Zhang, M., Shen, C. L., & Huang, G. Q. (2019). A multi-objective approach to analyse the effect of fuel consumption on ship routing and scheduling problem. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 11(2-3), 161-175. <https://doi.org/10.1504/IJSTL.2019.099270>
- Song, J. H., & Furman, K. C. (2013). A maritime inventory routing problem: Practical approach. *Computers & Operations Research*, 40(3), 657-665. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2010.10.031>
- Uggen, K. T., Fodstad, M., & Nørstebø, V. S. (2013). Using and extending fix-and-relax to solve maritime inventory routing problems. *TOP*, 21(2), 355-377. <https://doi.org/10.1007/s11750-011-0174-z>
- Ugurlu, O. (2018). Rotalama problemleri için algoritmik yaklaşımlar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Venkateswara Reddy, P., Kumar, A. C. S., Bhat, M. S., Dhanalakshmi, R., & Parthiban, P. (2010). Balanced centroids (BC) k-means clustering algorithm to transform MTSP to TSP. *International Journal of Logistics Economics and Globalisation*, 2(3), 187-197. <https://doi.org/10.1504/IJLEG.2010.036299>



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics



DOI: 10.26650/JTL.2022.1088652

RESEARCH ARTICLE

Improving the Packaging Process of a Textile Company with Lean Production, Time Study and REBA Analysis

Dilara Muhacir¹ , Muhammed İdris Aktas² , Eren Özceylan³ 

ABSTRACT

Today, companies have to use their resources in the most effective and efficient way in order to effectively meet the increasing competition and changing demands of the customers. Among prominent methods, especially in production, are lean manufacturing techniques, time studies, and ergonomic assessments, alongside being frequently encountered methods. Within the scope of this study, value stream mapping (VSM), time study, and Rapid Entire Body Assessment (REBA) methods were used in order to reach the desired daily shipment amounts using the resources efficiently in the packaging area of the Boyar Kimya textile company, Gaziantep. Firstly, the standard time of the operations was determined by the time study method. The time study method was carried out with the ProTimeEstimation program. Afterwards, the most produced product was selected, the value-adding (VA) and non- value-adding (NVA) operations in the packaging department were determined in detail, and the future state map was created by finding methods to reduce or eliminate NVA operations. The ergonomic evaluation of the working performance of the operators in the packaging department was made with the REBA method. As a result of each method, it has been observed that with the proposed improvements the daily shipment increased dramatically, and the risk levels of the operators decreased.

Keywords: Packaging process, yarn bobbin, time study, value stream mapping, REBA

Submitted: 16.03.2022 • Revision Requested: 12.05.2022 • Last Revision Received: 07.07.2022 • Accepted: 07.07.2022

¹ Dilara Muhacir, Boyar Kimya San. ve Tic. A. Ş. Gaziantep, Türkiye. E-mail: dilara.muhacir@boyar.com.tr ORCID: 0000-0003-4923-4652

² Muhammed İdris Aktas, Boyar Kimya San. ve Tic. A. Ş. Gaziantep, Türkiye. E-mail: idris.aktas@boyar.com.tr ORCID: 0000-0002-7141-7984

³ **Corresponding author:** Eren Özceylan (Doç.Dr.), Gaziantep University, Industrial Engineering Department, Gaziantep, Türkiye. E-mail: erenozceylan@gmail.com ORCID: 0000-0002-5213-6335

Citation: Muhacir, D., Aktas, M.I., & Ozceylan, E.. (2022). Improving the packaging process of a textile company with lean production, time study and REBA analysis. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 499-521. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1088652>



1. Introduction

The textile industry is one of the sectors with the highest market share in the world and also in Turkey. The Turkish textile industry is a driving sector for the country in terms of providing added value, bringing foreign exchange to the country via textile exports, and creating a large labor-intensive workforce for the country (Gunduz et al. 2018). According to a 2018 survey provided by Istanbul Textile and Apparel Exporters Association, textile and related raw material exports represented 6.3% (10,509.682 USD) of total exports to Turkey. Due to its contribution to the national economy, Turkey must promote the textile industry in order to maintain high levels of production (Tokel et al. 2022).

As can be understood from the importance of textile industry, there is competition among textile companies. It is very important to use resources efficiently and in a planned way, especially in production areas, and to take steps to minimize costs. Today, companies realize the factors they want to achieve in order to ensure customer satisfaction and to prevail in the competition by using scientific materials and methods (Hodge et al. 2011). The main purpose of most applied scientific materials and methods is to increase the efficiency of resource use, to minimize waste, to increase efficiency and effectiveness, and to ensure customer satisfaction as the ultimate goal (Birgun et al. 2006). When the materials and methods used as solutions to the problems mentioned in the literature are investigated, it is understood that the most frequently used methods are lean production techniques. Lean production is a philosophy and way of thinking that aims to define and eliminate processes without added value and the kinds of activities that cause customer dissatisfaction and to minimize all kinds of wastes such as stock, excessive labor, error. Moreover, lean production requires being sensitive to customer needs and meeting the requirements at the right time by eliminating waste (Bhamu and Sangwan, 2014).

When considering lean manufacturing techniques, Value Stream Mapping is a technique commonly used to document, analyze and improve the flow of information or materials required to produce a product or service for a customer. The Value stream mapping process allows you to create a detailed visualization of all steps in your work process. It is a representation of the flow of goods from the supplier to the customer throughout your organization. A value stream map displays all the important steps of your work process necessary to deliver value from start to finish. It allows you to visualize every task that your team works on and provides single-glance status reports about each assignment's progress. The primary purpose of creating a value stream map is to show you where you can improve your process by visualizing both its value-adding and wasteful steps (Seth and Gupta, 2005).

Another method is the time study, which is very important for finding the standard time of the operations occurring in production and evaluating their performance. From the past to the present, standardization of the work done in any field and in the best way is a very important element in terms of efficiency. The main purpose of the work study is to measure the work done and, accordingly, to define the time required for the work to be done by evaluating the employee and the environment, the machine and many similar situations. Time study studies also require intensive use of techniques such as

performance evaluation in order to determine the working speed and establish a correlation between the working speed and the standard working tempo. In order to reach the standard performance levels, it is possible to reach the employees by using break periods at the appropriate working tempo. The standard time of the work to be done is the sum of the standard times required for all the components of the work to be performed after the additional break times are allowed, taking into account the repetition frequencies of the components. (Lukodono and Ulfa, 2017).

While companies aim to use their resources in the most effective way, they should pay attention to the use of labor, which is the most important resource. There are many studies such as Korkmaz et al. (2020) and Gajšek et al. (2021) in the literature that the operators performing the operations are affected by the physical weight of the work and that it affects productivity considerably. One of the risk assessment methods is The Rapid Entire Body Assessment (REBA). This method by Hignett and McAtemney analyzes peoples' postures while doing a job by giving numerical outputs. In the REBA method, a risk score is obtained by assigning numerical values for the risk, dynamic and fixed whole body movements caused by the work intensity that people are exposed to. This method provides a solution for musculoskeletal system disorders that occur in employees (Kee, 2021).

This study considers the Boyar Kimya Inc. textile company, which produces and dyes yarn in Gaziantep, because the company could not reach the daily shipment amount demanded in the packaging department. The main purpose is to determine the efficiency of the existing resources and carry out improvement activities.

Time study and VSM, which is a lean manufacturing technique, was used to evaluate the operations and resource use in the packaging area, taking into account the efficiency, effectiveness and productivity factors. Then, the Rapid Entire Body Assessment (REBA), which ergonomically considers the whole human body as one of the foundations of production resources, was applied. It is important in terms of the lack of studies in the field of packaging within the scope of the literature research and the comprehensive evaluation and presentation of the proposed improvements by using three different methods together. While the general content of the study consists of the mentioned scientific methods, the second part of the study consists of literature research.

The above tools have been enumerated in detail in the literature review in Section 2. The company and packaging process background are explained in Section 3 to understand the process clearly. The applications of VSM, time study and REBA and the findings are given in Section 4. The future scope of the study is also given as pointers for further research in Section 5.

2. Literature Review

In this section, a literature review on REBA, time study, and VSM methodologies is briefly given. Although these methodologies have a wide range of applications, mostly studies on logistics and packaging are reviewed in this section. Accordingly, some studies identified in the literature are given in Table 1 that focus on the applied methodologies and studied problems.

Table 1: Literature review on time study, VSM and REBA

Author(s)	Methodology	Key Words	Problem and Aim
Hignett and McAtamney (2000)	REBA	Postural analysis, manual handling, physical work load, hospital ergonomics.	This study includes ergonomic evaluations of nurses' working conditions. The aim of the study is to determine the risk status of the unpredictable working situation of the health workers.
Gören (2017)	VSM, simulation.	Value stream mapping, simulation, furniture industry, lean manufacturing.	An industrial application has been made in the furniture sector, where waste is high, by using value mapping and simulation techniques, which are lean manufacturing techniques.
Sevimli et al. (2018)	REBA, BAUA	Ergonomics, working conditions, ergonomic risk analysis, REBA, BAUA (Federal Institute for Occupational Safety and Health) .	The ergonomic risk assessment of the operators working in the packaging unit of a paddy factory is made with two different methods, REBA and BAUA, and evaluations are made according to the results obtained.
Tekin et al. (2018)	VSM	Value stream mapping, future state map, and product family.	The results obtained with the method aiming to prevent waste and reduce the amount of stock in a large enterprise with value stream mapping are evaluated in flour factory.
Emir et al. (2019)	REBA	Musculoskeletal System Disorder, Ergonomics, Simulation, NIOSH Lifting Equation AnyBody Modelling System	The ergonomic risk assessment is created by modeling the working environment in Solidworks. As a result of these analyses, considering that these working conditions harm employee posture and pose a risk of occupational diseases in the future, a robotic arm has been proposed to eliminate these difficulties.
Başak et al. (2019)	VSM	Lean manufacturing, kanban, VSM, Single minutes exchange of dies, Genchi gembutsu.	The study aims to design the kanban system, which is a lean tool used to achieve Just-in-Time production in order to identify the problems with the value stream mapping to be made in the company process and transportation and then to cope with the problems with the data obtained.
Gutiérrez et al. (2020)	REBA	Musculoskeletal disorders, safety and health, biomechanics, physical load.	Worldwide studies of REBA ergonomic risk assessment are analyzed statistically and the most used areas and the evaluation of REBA risk scores in these areas are made. In the studies conducted in the field of textiles, it has been observed that the REBA risk level is above 11 points.
Uslu Divanoğlu et al. (2021)	Time study, 5S, Kaizen	Waste, productivity, lean production, 5S	Within the scope of this study, 5s and Kazien, one of the lean manufacturing techniques, were applied in the assembly unit of an automotive company and the process was analyzed with a time study within the scope of the study.
Doğan and Kama (2021)	VSM	Value stream mapping, Supply chain management, Lean manufacturing	This study aimed to reduce the non-value-added activities of operations that occur in the supply chain process of an enterprise with VSM, one of the lean manufacturing techniques.

Table 1: Continue

Author(s)	Methodology	Key Words	Problem and Aim
Kong et al. (2022)	REBA, RULA, OWAS	musculoskeletal disorders; observational technique; OWAS (Ovako Working Posture Analysis System); RULA (Rapid Upper Limb Assessment); REBA	In this study, the ergonomic evaluation of employees was evaluated based on three ergonomic techniques. As a result of the comparison of the three techniques at the end of the study, it was seen that RULA was the most frequently used method. While preparing this study, the authors scanned nearly 190 articles and studies on REBA, OWAS, and RULA.
This paper	Time study, VSM and REBA	Packaging process, yarn bobbin, time study, value stream mapping, REBA.	The evaluation of resources in the packaging area of a yarn manufacturing factory, efficiency analyzes and improvements with the idea of lean production are made using a time study, VSM and REBA. It is observed that the daily shipment amount increased, and the ergonomic risk level decreased in the packaging unit with the observations and the data obtained.

Based on the literature given above, no study is observed in which all three methods namely VSM, time study and REBA are applied to the packaging problem in the textile sector.

3. Case Study

In this section, information is given about the factory and the problem that occurred in the packaging process. Subsequently, the time study, which is applied to find a solution to the problem in the packaging process, is explained together with VSM and REBA applications.

3.1. Description of the Company

This study was carried out in a textile company that has a production center in the second organized industrial zone of Gaziantep and a central office in Istanbul. The company is a well-established company with half a century of production experience and has a market share as a yarn producer in the textile sector. In addition to yarn production, it also colors the yarn with five different dyeing types. The company consists of three departments. One of the departments is dyeing. The second department is synthetic yarn production. These synthetic yarns are mostly acrylic based products. The last part of the company is the fancy department where different forms are given to the yarn. This textile company has different types of yarns. These qualities are mostly acrylic, polyamide, polyester, viscose, cotton, wool and a combined mixture of all of these yarns.

3.2. Description of the Problem

The products brought to the packaging department of the textile company, which are fed from three different departments, pass through two bagging machines in this unit, pass the processes given below, and are sent to the finished warehouse to be shipped, or direct loading takes place gradually without waiting. In Table 2 below, monthly production amounts are given if the machines of three different parts of the factory are working 100%.

The daily working capacity amounts of the shipping unit for these products are drawn over the ERP (Enterprise resource planning) and tabulated. Table 3 below shows the monthly shipment rates of the last year.

Table 2: Capacity information

Dyeing	Industrial Yarns	Fancy Yarn
450 tons/month	550 tons/month	60 tons/month

Table 3: Monthly shipment amounts (kg)

Shipment start date	Shipment end date	Gross amount	Amount	Packing quantity	Gross Weight of a Sack	Net Weight of a Sack	Number of Days Worked in a Month	Average Daily Net Shipment Amount
1.01.2021	30.01.2021	375,412.65	358,243.85	9,762	38.457	36.698	26	13,778.6
1.02.2021	28.02.2021	417,582.50	397,028.10	14,159	29,492	28.041	26	15,270.3
1.03.2021	30.03.2021	492,854.25	468,325.25	17,018	28,961	27.519	30	15,610.8
1.04.2021	30.04.2021	410,774.60	389,812.65	14,916	27,539	26.134	26	14,992.8
1.05.2021	31.05.2021	383,343.10	363,069.15	13,871	27,636	26.175	26	13,964.2
1.06.2021	30.06.2021	527,910.80	500,605.10	18,497	28,540	27.064	28	17,878.8
1.07.2021	31.07.2021	345,271.35	327,901.10	12,330	28,003	26.594	26	12,611.6
1.08.2021	30.08.2021	390,114.45	370,840.45	13,381	29,154	27.714	26	14,263.1
1.09.2021	30.09.2021	466,389.30	443,754.60	17,539	26,592	25.301	26	17,067.5
1.10.2021	31.10.2021	361,321.50	343,790.44	12,915	27,977	26.619	26	13,222.7
1.11.2021	30.11.2021	401,898.30	381,551.40	15,303	26,263	24.933	26	14,675.1
1.12.2021	5.10.2892	362,601.70	345,366.70	13,234	27,399	26.097	26	13,283.3
Total		411,289.54	390,857.40		28,834	27.407		14,718.2

Another problem is the number of operators working in the shipping department. This number is 17 people in total. The fact that the number is so high and the desired level of shipment or packaging cannot be reached in the packaging/shipping department is another important point that bothers the business managers. Related to this, another factor is the physical intensity that the operators working in the packaging/shipping department are exposed to depending on the way the work is done. In the following illustration (Figure 1), a sketch of the operators’ working areas and the packing/shipping department is given.

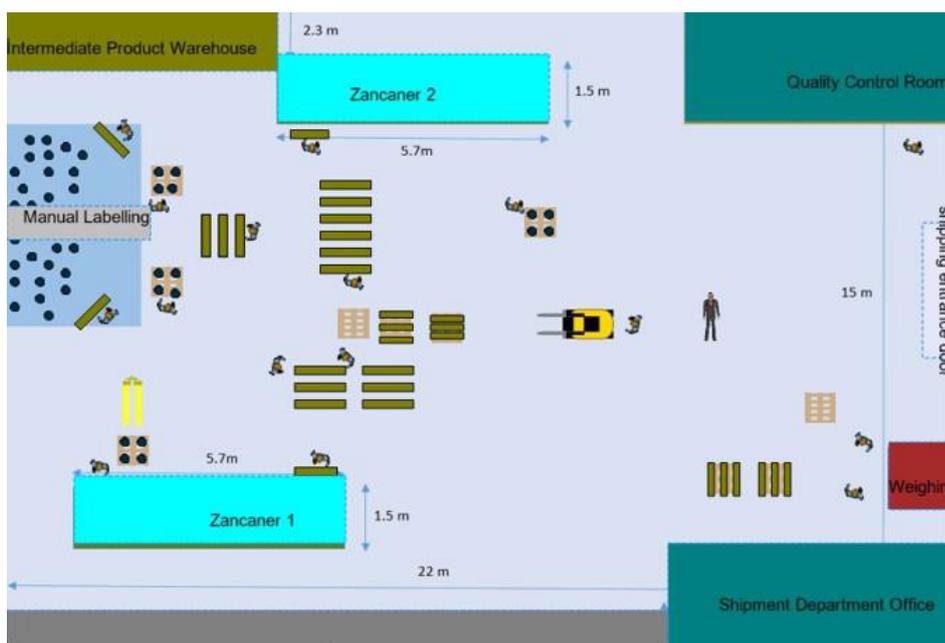


Figure 1. Packing/ shipping department layout

As can be understood from Figure 1, the shipping department cannot meet the incoming production amount at the desired level and creates a bottleneck. With the request of the company officials to improve the situation, first of all, the system was analyzed in detail, the inputs and outputs of the system were monitored in the process, a road map was created and improvement studies were carried out.

3.3. The Goal of the Study

In this study, the improvement of the packaging department in the production area of a textile company that sells yarn to the domestic and foreign markets was carried out. In this way, a series of studies were carried out that will cause the company to reach the requested amount of shipment. At the same time, one of the most important aims of this paper is to evaluate the work of the operators working in the packaging department within the framework of occupational health and safety, to minimize risky posture and to evaluate alternative results.

4. Application

In this section, the applications of the time study, VSM and REBA are provided, respectively.

4.1. Time Study

Firstly, the card containing the information of the product to be packed was sent to the packaging unit, then the labels that are required to be adhered to each coil were removed from the system at the request of the customer, and the operators brought the coils in pallets by the forklift to pack the product. Pallets with coils mostly consist of 240 coils. This situation differs according to the quality and rate ordered by the customer. While the forklift was bringing the product to the area, there was no problem due to delays, waiting or the narrow area. For this reason, the working area includes the process from the moment the difference lift leaves the product to the machine for processing until it is ready for shipment. In the flow diagrams given below, the processes that the product sees in the packaging area are given in order.

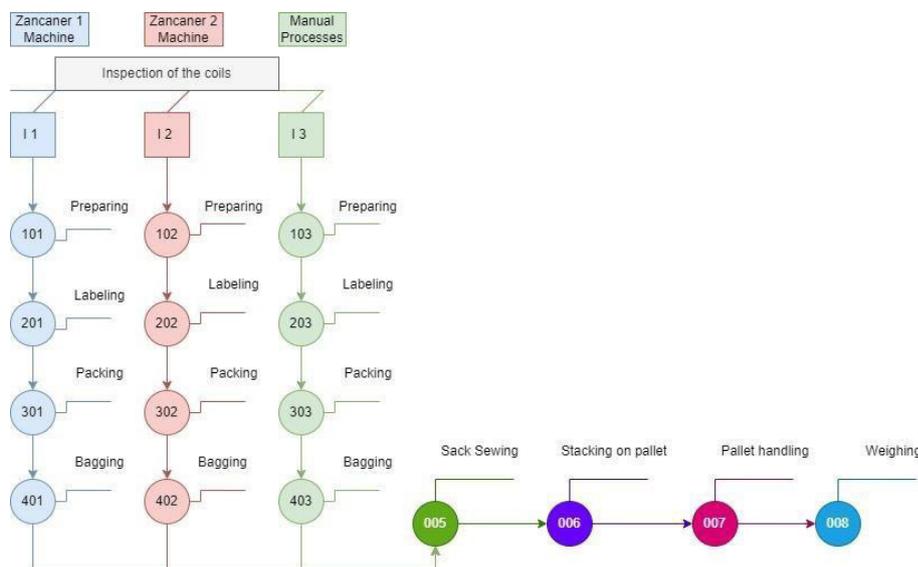


Figure 2. Operation flow chart of packaging/shipment department

As can be understood from the Figure 2, the incoming products were packed either on the machine or manually. The machines were manufactured by the Italian company Zancaner. The operations of the two are the same, but it has been understood as a result of the studies that they are different from each other, even if their speeds are on the basis of seconds. While doing the labeling process, the operator also makes inspections of the products. The reason for this is that if there is an unnoticed error in the yarn bobbin from the manufacturer, it is necessary to find these and inform the necessary units before the product is sent to the customer. What they are examining is further detailed by the color of the product. For example, the risk of volufil burn in the color we call white or optic is higher than other colors, and in this case, when the coil is labeled, it is rotated once and then the label is pasted and the next process is started. The features that operators look for during labeling are given in Table 4 below.

Table 4: Quality-control requirements

Quality-Control elements evaluated at the last stage	Reasons	What is the measurement with?
Moisture	Moisture content in cotton or mixed blend 60-70 Acrylic varieties 30-40-50	It is measured with a humidity device
Dirt-dust-stain etc elements	Flies, dust and dirt generated during the transport of the bobbins results in oil or dirt contamination of the machines.	By operator
Abrasion	It is known that the uneven distribution of the paint is basically caused by the technical and methodological problems that occur in the paint shop unit where the painting process was carried out.	By operators
Damaged status of volufil products	The heat value and the waiting time of the volufil machine according to the quality are not at the desired value and burning / yellowing / redness occurs in the coil.	By operator
Hard twists\ hard wraps	The tension or twist numbers of the products with volufil output are not at the desired level according to the quality or yarn count in the twisting machine.	By operator
Swelling states of volufil products	Inability to set the desired swelling level of the yarn in the volufil machine at the desired level while setting the machine.	By operators
Thinness-thickness	Occurrence of fineness-thickness errors due to weight or different errors in the processes to be processed after preparation, ring machine.	By operator

After labeling, packing and bagging processes are carried out by machine or manually, the products coming from these places are first planted, then stacked, transported to the weighing area and finally weighed and ready to be shipped. Apart from these processes, there are some jobs that the operators do from time to time, depending on the density. These transactions and their processing times are shown in Table 5 below.

Table 5: Other processes of packaging/shipment department

Other actions by operators	Observed Time
Curling the sack for filling	20 sn
Cutting sewing threads	300 sn
Transport of the finished pallet	7 sn

4.1.1. Time Study Tables of Each Process

Preparation Process: The first operation starts with the preparation process, which starts after 240 bobbins are brought by forklift. This process ends when the operator opens the gelatin on the coil. The time study table of the preparation process is presented in Table 6.

Table 6: Time study result of preparation process

Preparation (20 coils/sack)																
Kind of Value	Processes*	Observed Time (sn)			Tempo (Rate)			Normal Time (sn)			PFD Factor			Standart Time (sn)		
		Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M
SVA	P1	4.16	4.16	4.16	95	95	95	3.95	3.95	3.95	1	1	1	3.99	3.99	3.99

* P1: Picking up gelatin from the coils on the pallet; *SVA: Semi value added; *VA: Value added; *NVA: Non value added; *PFD Factor: Allowance for personal time, fatigue, delay)

Labelling Process: It is the process of attaching the label with the name of the company, which is affixed to the cone of each coil at the request of the operator and the customer. Time study table (Table 7) of labelling process below.

Table 7: Time study result of labelling process

Labelling (20 coils/sack)																
Kind of Value	Processes*	Observed Time (sn)			Tempo (Rate)			Normal Time (sn)			PFD Factor			Standart Time (sn)		
		Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M
VA	P1	47.25	47.25	53.25	100	100	100	47.25	47.25	53.25	10	10	10	53	53	59.17
NVA	P2	15.75	15.75	17.75	100	100	100	15.75	15.75	17.25	10	10	10	17.5	17.5	19.72

*P1: Picking up and labelling the coil, P2: Dropping the coil into the machine

Packing Process: Each coil is gelatinized in the process. The time study result of packing process is presented in Table 8.

Table 8: Time study result of packing process

Packing (20 coils/sack)																
Kind of Value	Processes	Observed Time (sn)			Tempo (Rate)			Normal Time (sn)			PFD Factor			Standart Time (sn)		
		Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M
VA	Packing	66	80	140	100	95	80	66	76	112	8	8	8	66	76	122.2

Bagging Process: It includes the process of placing and sorting each 20 gelatinized coils in a sack. Time study result of bagging process is presented in Table 9.

Table 9: Time study result of bagging process

Bagging (20 coils/sack)																
Kind of Value	Processes*	Observed Time (sn)			Tempo (Rate)			Normal Time (sn)			PFD Factor			Standart Time (sn)		
		Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M
NVA	P1	0.33	0.33	0.35	100	100	100	0.33	0.33	0.35	12	12	12	0.38	0.38	0.4
NVA	P2	0.82	0.82	0.85	100	100	100	0.82	0.82	0.85	12	12	12	0.93	0.93	0.97
NVA	P3	0.93	0.93	0.97	100	100	100	0.93	0.93	0.97	12	12	12	1.06	1.06	1.1
VA	P4	76.92	76.92	80.83	100	100	100	76.92	76.92	80.83	12	12	12	87.41	87.41	91.85

*P1: Walking, P2: Sorting the sack, P3: Preparing the sack, P4: Arranging the coils in the sack

Sack Sewing Process: It is the process of sewing each sack one by one. There are two operators in total that perform this operation. According to the observed data, the prepared time study result is presented in Table 10.

Table 10: Time study result of sack sewing process

Sack Sewing (20 coils/sack)																
Kind of Value	Processes	Observed Time (sn)			Tempo (Rate)			Normal Time (sn)			PFD Factor			Standart Time (sn)		
		Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M
SVA	Sack sewing	30	30	30	100	100	100	30	30	30	4	4	4	31.25	31.25	31.25

Stacking on Pallet Process: It is the process of placing each bag with its mouth sewn, 15 sacks on the pallet. This process' time study result in Table 11.

Table 11: Time study result of stacking on the pallet process

Stacking on Pallet (20 coils/sack)																
Kind of Value	Processes	Observed Time (sn)			Tempo (Rate)			Normal Time (sn)			PFD Factor			Standart Time (sn)		
		Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M
NVA	Stacking on pallet	14	14	14	95	95	95	13.3	13.3	13.3	10	10	10	15.18	15.18	15.18

Pallet Handling Process: It is the process of transporting the sacks on the stacked pallet to the weighing area. The below table (Table 12) gives the results of the pallet handling process.

Table 12: Time study result of the pallet handling process

Pallet Handling (20 coils/sack)																
Kind of Value	Processes	Observed Time (sn)			Tempo (Rate)			Normal Time (sn)			PFD Factor			Standart Time (sn)		
		Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M	Z1	Z2	M
NVA	Pallet handling	3.13	3.13	3.13	95	95	95	3	3	3	10	10	10	3.29	3.29	3.29

Weighing Process: It is the process of weighing the sacks on the pallet brought to the weighing area and attaching the label containing the weight information of the product. There are two fixed operators that do the work. The related table (Table 13) gives the time study result of the process.

Table 13: Time study result of the weighing process

Weighing (20 coils/sack)																
Kind of Value	Processes*	Observed Time (sn)			Tempo (Rate)			Normal Time (sn)			PFD Factor			Standart Time (sn)		
		Z1	Z2	MZ	Z1	Z2	MZ	Z1	Z2	MZ	Z1	Z2	MZ	Z1	Z2	MZ
NVA	P1	2.75	2.75	2.75	95	95	95	2.61	2.61	2.61	10	10	10	3.3	3.3	3.3
NVA	P2	2.75	2.75	2.75	95	95	95	2.61	2.61	2.61	10	10	10	3.3	3.3	3.3
VA	P3	6.32	6.32	6.32	95	95	95	6.00	6.00	6.00	10	10	10	7.07	7.07	7.07
VA	P4	1.65	1.65	1.65	95	95	95	1.57	1.57	1.57	10	10	10	2.14	2.14	2.14
NVA	P5	2.53	2.53	2.53	95	95	95	2.40	2.40	2.40	10	10	10	3.07	3.07	3.07

*P1: Putting up the sack from the pallet, P2: Putting the sack on the scale, P3: Printing and labeling, P4: Weighing the sack, P5: Placing the sack on the pallet

4.2. Value Stream Mapping (VSM)

Value stream mapping is a lean manufacturing or lean enterprise technique used to document, analyze and improve the flow of information or materials required to produce a product or service for a customer (Behnam et al. 2018). The value stream mapping process allows organizations to create a detailed visualization of all steps in work processes. It is a representation of the flow of goods from the supplier to the customer throughout the organization (Rohac and Januska, 2015). In the following sub-sections, the application process of VSM in the company is described.

4.2.1. Selection of the Product Family

In addition to acrylic yarn production in the factory, as mentioned before, blends are made with products in different yarn or fiber forms in the production system. According to the data obtained from ERP, one of the institutional resource planning programs used by the factory among the units, the product with the most sales, that is, the most sold product, is selected, and Value Stream Mapping of this product is made in the packaging department.

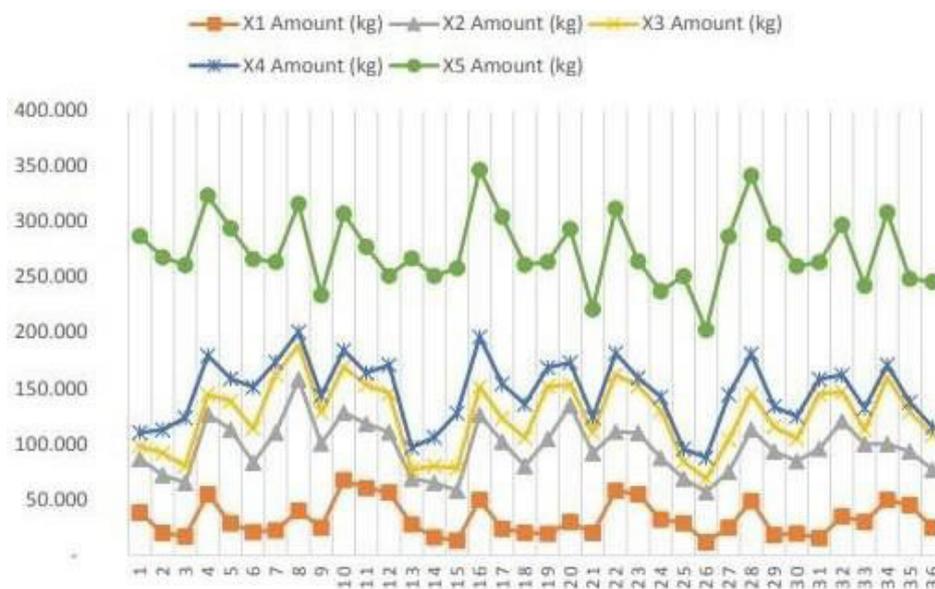


Figure 3. Top five products of the company

The graphic (Figure 3) above shows the top five different quality products that the factory sells. Value stream mapping will be done for product X1, which is in the first place. The processes that the X1 product sees in the factory before it arrives at the shipping department are as follows in Figure 4:

The flow chart (Figure 5) of the X1 product's textile production processes in the Boyar Kimya Factory.

The flow chart (Figure 6) given below briefly shows the route of the product in the factory.

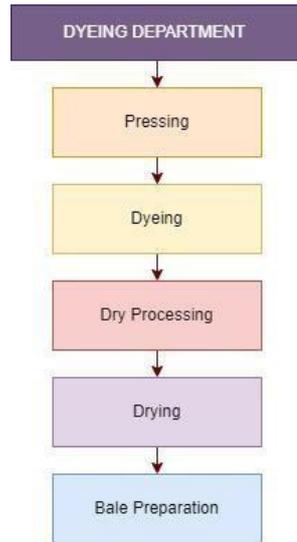


Figure 4. Processes of dyeing department

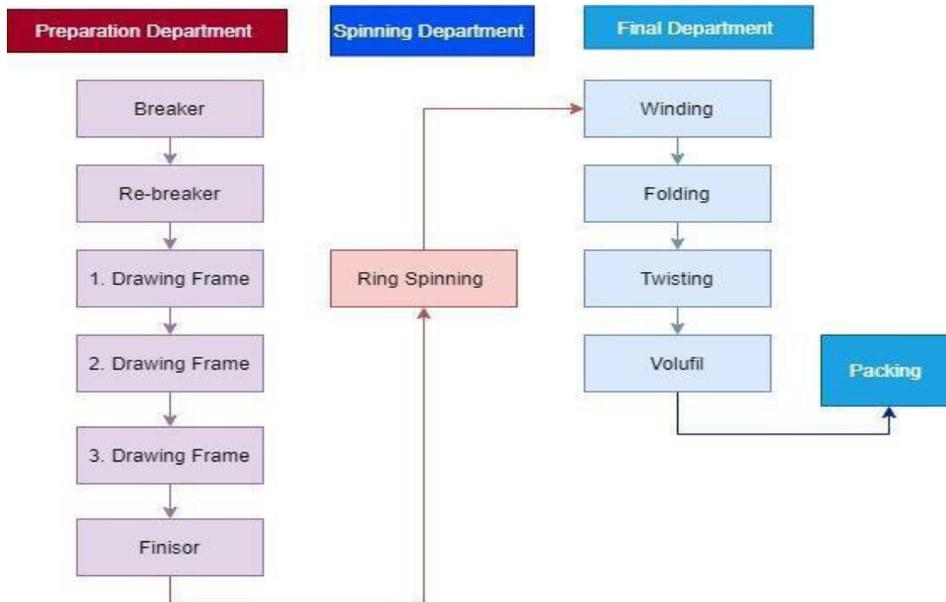


Figure 5. Production processes of the company

4.2.2. Current State

While creating the value stream mapping of the current situation, the cycle time values are determined by taking information from time study calculations. The values required for overall equipment efficiency (OEE) calculations are obtained as a result of multiple observations made in the field (Birgun et al. 2006). The next step is made with kaizens to eliminate waste, such as waiting and transportation, in the current state map. In the current situation map (Figure 7) given below, kaizen work has been applied in four places in total, and all these evaluations and the future situation map have been drawn in line with the proposed improvements.



Figure 6. Product flow chart of packaging/shipment department

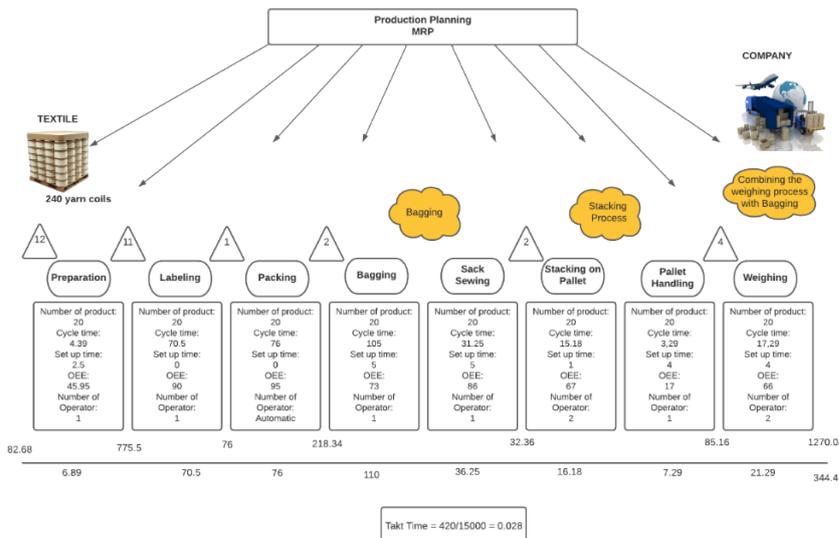


Figure 7. Value stream mapping of current state

4.2.3. Future State

Looking at the future state of VSM, some operations are eliminated while others are coming together. As a result of the evaluations made and the meetings held with the company managers, it was decided that the improvement activities would be evaluated by prioritizing their economy and applicability. The process that will occur with the purchase of the new packaging machine, which is one of the suggested improvements, has been schematized. With the newly purchased machine, weighing and bagging operations will be performed manually by the machine. At the same time, with the use of the conveyor system, which is another recommended improvement, the transportation operations will be carried out manually and there will be a decrease in both the number of operators and the total time.

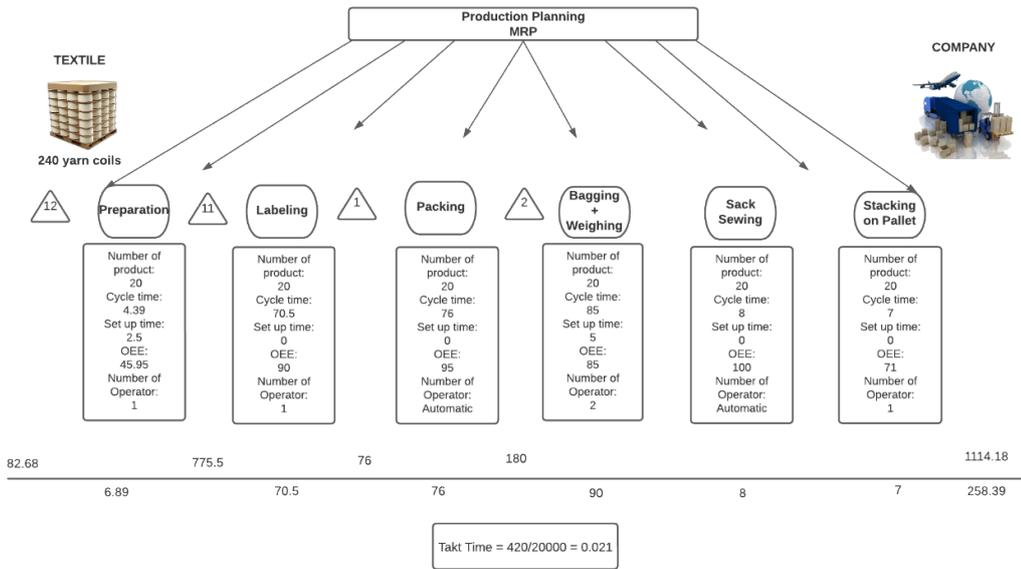


Figure 8. Value stream mapping of the future state

At the end of the VSM, there was a bottleneck in the bagging module. Also, in the weighing process, there were lots of unnecessary and NVA activities. By the VSM, two modules are coming together. With the value stream mapping technique, studies have been carried out to reduce or remove the bottleneck and non-value adding activities in the current situation. When the improvements made and their results are evaluated;

- The bagging process, which is defined as the bottleneck in the current situation map, is carried out in the same way as the weighing process and the module that can be integrated into the machine. In this way, the total cycle time has been reduced and the intermediate stock event has been eliminated.
- With the improvement proposed and implemented at the same stage, the pallet handling process between bagging and weighing has been eliminated. This resulted in a 7.29 second reduction in cycle time.
- With the new modules used, the automatic realization of the manual operations was ensured, and the number of operators was reduced to 5 with the improvements made in the operations in which 9 people worked in total.
- 20% reduction in cycle time and 25% reduction in Takt time was achieved with VSM.

4.3. REBA (Rapid Entire Body Assessment)

This method by Hignett and McAtamney (2000) analyzes the postures of people while doing a job by giving numerical outputs. In the REBA method, a risk score is obtained by assigning numerical values for the risk, dynamic and fixed whole body movements caused by the work intensity that people are exposed to. This method provides a solution for the musculoskeletal system disorders that occur in the employees (Esen and Fırlalı, 2013). First, limbs are separated as upper and lower parts in REBA, and then A & B tables are created (Hignett and McAtamney, 2000). The risk score of each limb is written as

determined. When the strain of the job on the implementer is evaluated angularly, if it is observed that there is compulsion, there are additional points accordingly. All determined score assignments are calculated based on body postures (Sevimli et al. 2018). In the study, the situations of operators working in five processes in total will be examined.

These processes are shown in Figure 9. Each process is also described in Figures 10 to 14, respectively.



Figure 9. REBA applied processes in the packaging department

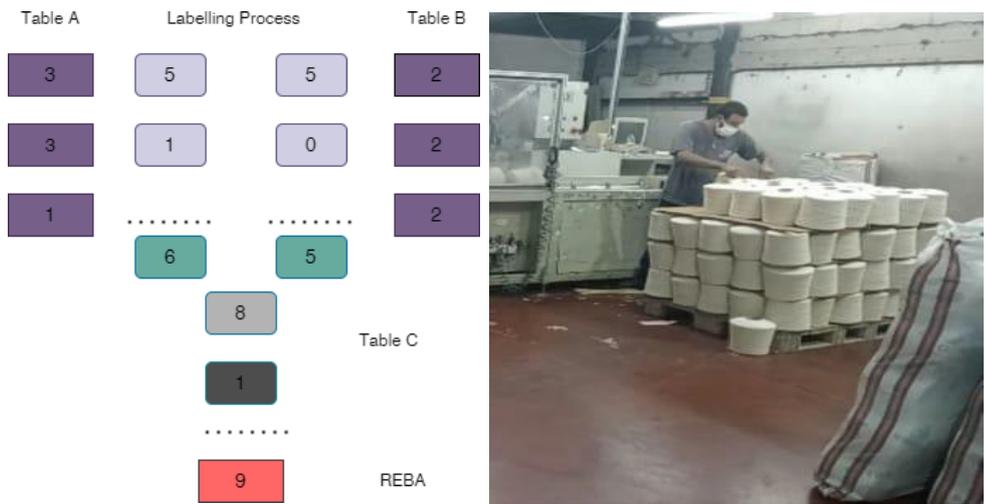


Figure 10. REBA result of labelling process

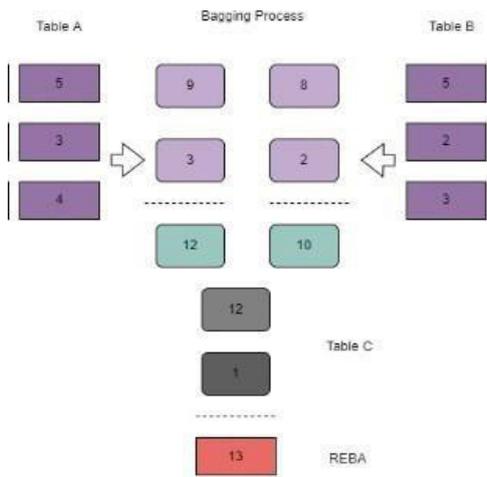


Figure 11. REBA result of bagging process

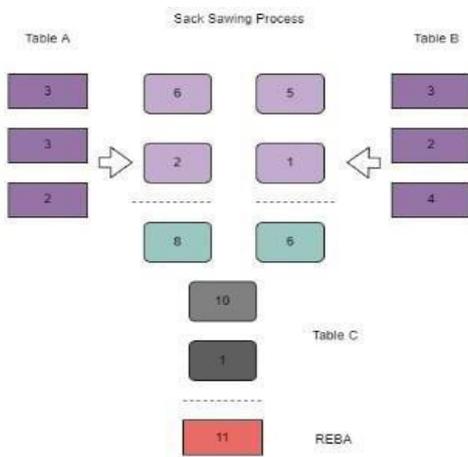


Figure 12. REBA result of sack sewing process

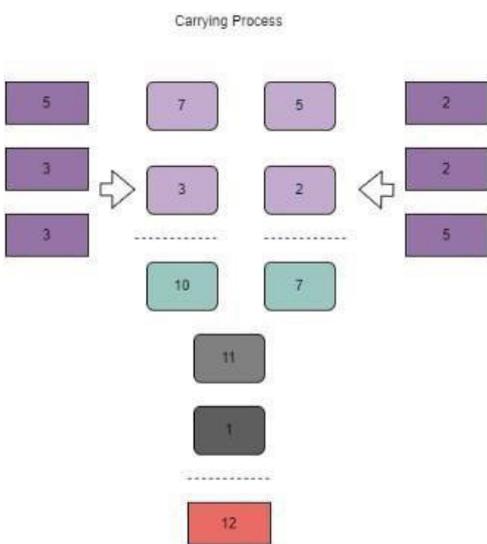


Figure 13. REBA result of carrying process

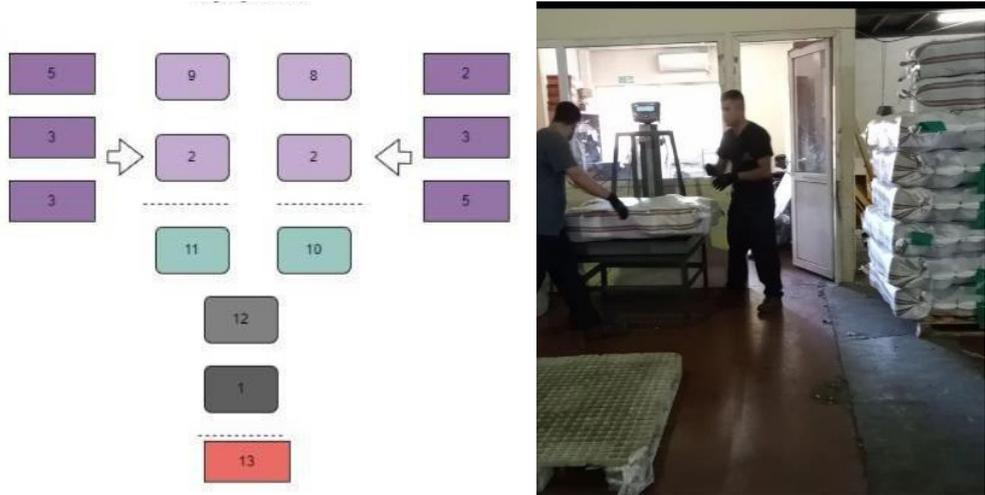


Figure 14. REBA result of weighing process

The scores obtained in Figures 10 to 14 above constitute the final stage of the REBA application. The ergonomic evaluation of the operator on the left of Figure 14 was made. The table in which the evaluation of the obtained scores will be made is as follows. Determining the degree of risk for the employees of the obtained scores is given as follows in Table 14:

Table 14: REBA action levels

REBA Levels	REBA Scores	Importance of REBA Result	Action Situation
0	1	Negligible	None necessary
1	2-3	Low	May be necessary
2	4-7	Medium	Necessary
3	8-10	High	Necessary soon
4	11-15	Very high	Necessary now

4.3.1. Results of REBA Application

As a result of this study, the risky process movements of the operators are determined and improved. Risky scores and actions levels of each process are determined in Table 15.

Table 15: REBA scores of all processes

Processes	REBA Score	REBA Action Levels
Labelling	11	Very high
Bagging	13	Very high
Sack Sawing	11	Very high
Carrying	12	Very high
Weighing	13	Very high

Considering other studies to eliminate postures or movements with high risks scores, one of the proposed improvements is the purchase of a machine with a bagging and weighing module. The REBA score evaluations before and after use of the new modules of the purchased machine made and the market evaluations of the machine in the improvement and optimization part of the paper are given in Figure 15.

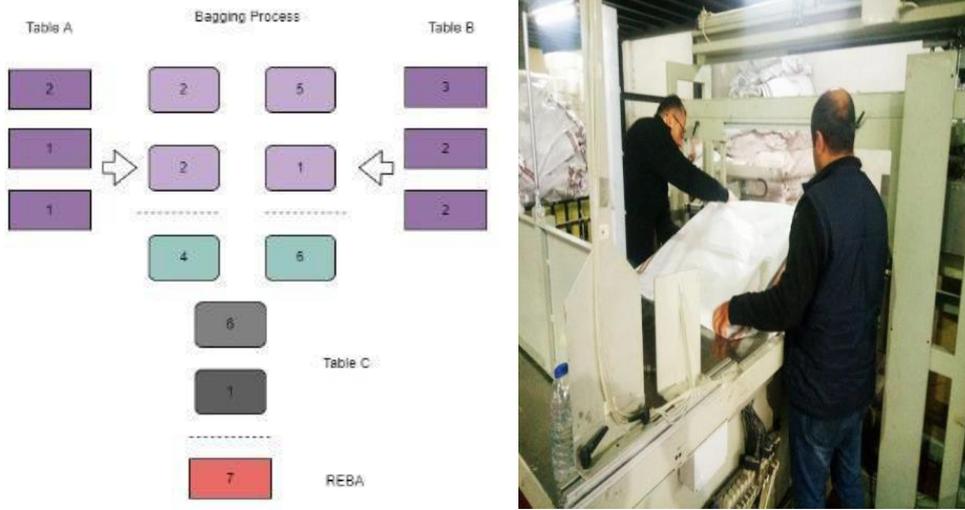


Figure 15. New REBA result of bagging process



Figure 16. New packaging machine in the bagging module

Table 16: Comparing result of REBA risk scores

Before using the bagging module	After using the bagging module
13 (Very High)	7 (Medium)

While Figure 16 represents the new process of the bagging module with the new purchased machine, a comparison of before and after the bagging process is given in Table 16.

As can be understood from the information given in Table 16 above, the REBA risk score obtained as a result of improvement is considerably less than the REBA risk sport obtained without improvement, which can be considered quite reasonable.

5. Results and Recommendations

As a result of the time study, each process time and the standard time of the work was determined. As a result of these determinations, it has been understood that some of the processes carried out are wasteful. It is suggested that instead of making unit-based improvements, the best recommendation to reduce the number of operators and to allow the operator to work in a semi-automated way without high risk as a result of the REBA score, is to purchase machines that are used in many factories.

At the beginning of the situations that make it necessary to buy a new machine, the operator must first feed for the labeling process. In the possible machines that can be examined, it is possible for the operator, who places the bobbins to the input chamber of the machine, to assign different tasks during the labeling and bagging processes that are carried out automatically by the machine. In this way, it has been understood that the number of two operators who only carry out the labeling and bagging operation and who are exposed to intense physical impact while doing this, can remain constant in only one operator, since they do jobs with less risk points.

Table 17: Comparing of two packaging machines

Metinoks Machine Parts	Unit Price (€)	Zancaner Machine Parts	Unit Price (€)	Differences of Price (€)
Jetstore	17,000.00	Rocstore	26,000.00	9,000.00
Packing	35,000.00	Rocpack	43,000.00	8,000.00
Labelling	5,500.00	Etkono	18,000.00	12,500.00
Jetbag	22,500.00	Rocbag/T	39,000.00	16,500.00
Sack Weighing Module	4,000.00	Automated weighing and labelling system for sacks	19,000.00	14,000.00
Sack Labelling	1,000.00			
Total	€85,000.00		€126,000.00	€60,000.00

The price offers received from two popular companies and the unit prices and price differences of parts that can be assembled on a unit basis are given in Table 17.

Another suggestion is to have a unit-based integrated system for the two existing machines. Additionally, the use of a conveyor system where the flow will be provided for the transport operations, considering that the operator is physically exposed to heavy loads, can be an option. The operating speeds of the two machines in the current situation determined during the time study and the bottleneck parts are given in Table 18.

Considering Table 18, the speeds of the machines are not the same. The operators working on the two machines are also in a mixed working system and therefore should increase the speed of the Zancaner 2 reels bagging machine.

The high REBA scores indicate that the high bending ratio of the operators performing the bagging operation caused musculoskeletal disorders. The overview of the previous machine layout is illustrated in Figure 17. In order to minimize the risk, the height of the area where the packaged bobbins fall into the hopper for bagging should be raised to a level that does not prevent the serial flow of the bobbins and does not require any

Table 18: Speed of packing machine module

Machine Name	Time of Packing Process (sn)	Time of Bagging Process (sn)
Zancaner 1	66	79
Zancaner 2	80	79

extra energy. For manually ongoing labeling, pallets that go up as the weight decreases can be used.

As a result of the evaluations and market research, the Zancaner branded machine, which was within the structure of a closed factory, was purchased.

Suggestions were made to improve the operations in the packaging unit of a textile factory engaged in yarn production and dyeing. With these improvements, the shipment rates of the factory in the first five months of the year were examined, and the percentage of benefits are given in Table 19.

5. Conclusion

Within the scope of this study, the process in the packaging department of a textile company, which is a yarn manufacturer, was analyzed in detail. Lean production techniques were applied and improvements were made. The study was necessary because the resources used in the packaging department do not meet the desired packaging/shipping amount and the labor force is excessive and harmful to operators. A time study was the first method used to analyze the process in detail. The processes that took place first with the time study were determined respectively, and the standard time was determined for each process. This study was carried out with video recording with the ProTimeEstimation program. After determining the standard time of the processes, the cycle time and OEE calculations in the packaging department of a quality with the highest production were made with the Value stream mapping method, and the factors that did not add value were determined. Future state mapping, which is the last step of the value stream mapping method, was created to eliminate activities that did not add value. With the last method, REBA, the body postures of 17 operators working in the packaging department while creating certain processes were evaluated ergonomically and a risk score was created.

Alternatives and improvements were proposed to the determined processes, thanks to the data obtained from the three methods used. First, all processes were determined by the time study method, and each process was evaluated in terms of standard time and value, and it was used as a source for determining cycle times in value stream mapping. In both of these methods, it is suggested to use the conveyor system between the units as a solution to minimize the transportation process with the analysis of the process. With the use of the conveyor system, the operators who perform that operation will be able to perform operations that add other value, and the transportation time will be reduced, leaving its place to an autonomous process. Another suggestion is that the speeds of the two machines in the packaging unit can be adjusted according to the higher one, so that the bottleneck will be eliminated. The REBA risk score of the bagging process was 13, which is very risky. This problem is to raise the bagging module chamber to a level that minimizes the bending of the

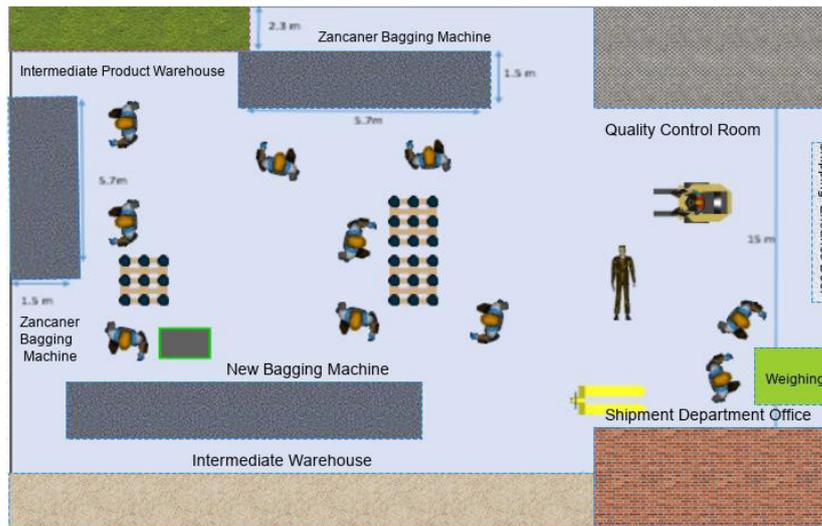


Figure 17. Overview of the old machine layout

Table 19: Comparing of shipment amounts between 2021 and 2022 years.

Shipment Amounts Of 2021			Amount	Shipment start date	Shipment Amounts Of 2022		Amount	Rate of Improvement (%)
Shipment start date	Shipment end date	Gross amount			Shipment end date	Gross amount		
1.01.2021	30.01.2021	375.412,65	358.243,85	1.01.2022	31.01.2022	450.774,60	425.812,65	18
1.02.2021	28.02.2021	417.582,50	397.028,10	1.02.2022	28.02.2022	583.102,00	490.069,15	23
1.03.2021	30.03.2021	492.854,25	468.325,25	1.03.2022	31.03.2022	590.895,70	567.605,10	21
1.04.2021	30.04.2021	410.774,60	389.812,65	1.04.2022	30.04.2022	545.271,35	451.901,10	15
1.05.2021	31.05.2021	383.343,10	363.069,15	1.05.2022	24.05.2022	490.114,45	478.840,45	31
Average Amounts			415.993,42	395.295,80	Average Amounts	532.031,62	463.445,69	17

operator. Another suggestion is that a pallet that goes up as the weight decreases can be used for the labeling process that continues manually. As a last suggestion, a machine with labeling, bagging, weighing modules and automation should be bought. In order to obtain this, price researches were made in the market and a new machine was purchased as a result of price-performance evaluations.

A new packaging machine, which can be described as the most impressive of the improvements proposed in this study, was purchased used with the assembly of its modules. The existing layout was redesigned with the purchase of the new machine, considering the efficient use of the area and the ease of movement of transport vehicles such as forklifts and pallet trucks. The implementation of other proposed improvements can be implemented in the future by continuous analysis of the current situation and the evaluation of changing conditions.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support

Author Contributions: Conception/Design of Study- E.Ö., D.M.; Data Acquisition- D.M., M.İ.A.; Data Analysis/ Interpretation- M.İ.A., D.M.; Drafting Manuscript- D.M., E.Ö.; Critical Revision of Manuscript- E.Ö., D.M., M.İ.A.; Final Approval and Accountability- E.Ö., D.M., M.İ.A.

References

- Başak, E.E., Yılmaz, I.S., Deniz, N. (2019). A lean manufacturing implementation in an industrial product manufacturer. *Journal of Industrial Engineering*, 30 (3), 157–172.
- Behnam, D., Ayough, A., Mirghaderi, S.H. (2018). Value stream mapping approach and analytical network process to identify and prioritize production system's Mudasa (case study: natural fibre clothing manufacturing company). *Journal of the Textile Institute*, 109 (1), 64–72.
- Bhamu, J., Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34, 876–940.
- Birgün, S., Gülen, K.G., Özkan, K. (2006). Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: imalat sektöründe bir uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (9), 47–59.
- Dogan, N.O., Kama, A. (2021). Eliminating non-value-added activities in supply chain: A value stream mapping case study in the manufacturing sector. *Niğde Ömer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences*, 10 (1): 91–99.
- Emir, S., Akyıldız, M., Eker, C., Tufekci, S., Derici, M., Ocaktan, D. (2019). Ergonomic risk analysis of employees working in the packaging department. *Ergonomics*, 2 (2), 126–130.
- Esen, H., Fırlı, N. (2013). Çalışma duruşu analiz yöntemleri ve çalışma duruşunun kas- iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17 (1), 41–51.
- Gajšek, B., Šinko, S., Kramberger, T., Butlewski, M., Özceylan, E., Đukić, G. (2021). Towards productive and ergonomic order picking: a multi-objective modeling approach. *Applied Sciences*, 11, 4179.
- Goren, H.G. (2017). Value stream mapping and simulation for lean manufacturing: A case study in furniture industry. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23 (4), 462–469.
- Gunduz, F.F., Gunduz, S., Dolekoglu, C.O. (2018). Cluster analysis of the EU countries in which Turkey has textile trade. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 8 (5), 332–341.
- Hita-Gutiérrez, M., Galain, M., Perez, M., Ferre A. (2020). An overview of REBA method applications in the World. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (8), 2635.
- Hignett, S., McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31 (2), 201–205.
- Hodge, G.L., Ross, K.G., Joines, J.A., Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22 (3), 237–247.
- Kee, D. (2022). Systematic comparison of OWAS, RULA, and REBA based on a literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 595.
- Korkmaz, İ.H., Alsu, E., Özceylan, E., Weber, G.W. (2020). Job analysis and time study in logistic activities: A case study in packing and loading processes. *Central European Journal of Operations Research*, 28, 733–760.
- Lukodono, R.P., Ulfa, S.K. (2017). Determination of standard time in packaging processing using stopwatch time study to find output standard. *Journal of Engineering and Management Industrial System*, 5 (2), 87–94.
- Rohac, T., Januska, M. (2015). Value stream mapping demonstration on a real case study. *Procedia Engineering*, 100, 520–529.
- Sevimli, M., Atıcı Ulusu H., Gündüz T. (2018). Pirinç paketleme işinde çalışanların çalışma koşullarının ergonomik risk analizleri ile geliştirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20 (1), 38–54.
- Tekin, M., Arslandere, M., Etlioglu, M., Koyuncuoglu, O., Tekin, E. (2018). Application of value flow mapping to a big scale business. *Engineering and Technology Management Summit*, 300–311.
- Tokel, D., Dogan, İ., Hocaoglu-Ozyigit, A., Ozyigit, I.I. (2022). Cotton agriculture in Turkey and worldwide economic impacts of Turkish cotton. *Journal of Natural Fibers*, doi: 10.1080/15440478.2021.2002759.

- Uslu Divanoğlu S., Taş Ü., Pak E. (2021). Application of methodology of kaizen in assembly line in a production facility in the automotive sector. *Journal of Polytechnic*, 24 (4), 1533– 1541.
- Kee D., (2021). Comparison of OWAS, RULA and REBA for assessing potential work- related musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 83, 103140.
- Seth, D., Gupta, V., (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. *Production Planning & Control*, Vol. 16, No. 1, 44– 59.



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1039792

RESEARCH ARTICLE

Assessment of the municipal bus fleet electrification in Istanbul

Elena Erođlu¹ 

ABSTRACT

The purpose of the study is to provide a holistic view of possible bus fleet replacement with an electrical one for the biggest city in Turkey - Istanbul. More specifically, the research looks at the compatibility of bus charging vs. schedule, and power requirements assess the impact of different battery capacity and provides financial analysis and estimation of the CO₂ impact.

The research focuses on the municipal bus fleet and takes as a base Kadıköy district of Istanbul. The data then is extrapolated proportionally to have an estimation for Istanbul.

The result shows that available technology can be compatible with the busy schedule of the bus fleet. To reduce requirements for day charging batteries with different capacities ha been evaluated.

From a financial perspective, analysis shows that while the electric bus fleet requires a high initial investment, the return on investment is between 6-8 years. The research also shows that while short-distance and not frequent trips should have an easier implementation from the technological perspective, it is the routes with a high daily distance that have the most financial potential.

CO₂ impact is taken from a tank-to-wheel perspective. It shows that even with today's Turkey energy mix bus electrification would have a positive effect on CO₂ reduction thus supporting Net Zero targets.

Keywords: Decarbonization, Clean energy vehicles, Life-cycle cost

Submitted: 22.12.2021 • Revision Requested: 02.05.2022 • Last Revision Received: 05.08.2022 • Accepted: 08.08.2022

¹ **Corresponding author:** Elena Eroğlu, Energy Technologies and management master alumni Sabanci University, Faculty of Natural Science, Istanbul, Turkey. E-mail: elenaeroglu1@gmail.com ORCID: 0000-0002-8758-4410

Citation: Eroğlu, E. (2022). Assessment of the municipal bus fleets electrification in Istanbul. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 523-539. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1039792>



1. Introduction

Based on the International Energy Agency, Transportation is responsible for 25% of global carbon dioxide emissions, three-quarters of which are coming from road transport. With global targets to become carbon neutral, countries are introducing various initiatives to support transport decarbonization. To name a few, Innovation initiatives, government incentives, and targets for the sales of electric vehicles are expected to make difference. Emerging countries such as Turkey have a double challenge as they are still focusing on fast growth while having to cope with their main partners' carbon reduction policies and, of course, their own.

Within the frames of the Green Deal, European Union (EU) is putting a target of 90% reduction of carbon emissions from transportation. Having the EU as the main trade partner, Turkey will be affected by the decisions and two major investments have been done to support this transition. Back in 2018, Turkey's Automobile Joint Venture Group (TOGG) was founded, and the first vehicle is expected to leave the factory in 2022 (Turkey makes strides in producing electric automobiles, 2021). An investment of another 2 billion EUR was announced in March 2021 by the Ford Otosan group. New investment is expected to expand battery production capacity and boost the production of electric vehicles.

Growing local productions of Battery Electric Vehicles (BEV) and Net Zero targets should support the transition on the roads.

Today, Istanbul is the most populated city in Turkey and Europe, counting more than 16 million habitants. Transportation plays a vital role in the city's life and development. At the same time, high pollution levels as well as ambitious Net Zero targets motivate big cities to electrify transportation as soon as possible. The private sector can be stimulated by tax refund schemes and subsidies; however, the transition will depend on the choice and financial ability of final users. Public transport, owned by the municipality, can, potentially, have a faster transition and thus serve as an example to the private sector. Various cities across the globe started the transition of their bus fleets from Conventional Vehicles (CV) to BEV fleets showing that not only it is beneficial to CO₂ emissions, but it is also cost-effective due to lower cost of maintenance and decreasing battery prices.

Two of the most interesting implementations are project ZeEUS, Zero Emission Urban Bus System, in the EU and Shenzhen in China. Project ZeEUS took place between 2013 and 2017 in the EU and follows the small-scale implementation of BEV in various cities in the EU (ZeEUS eBus Report #2. European Commission). The city of Shenzhen in China is a pioneer of bus fleet electrification – so far it is the first and the only city worldwide that succeeded in the entire bus fleet electrification. Today Shenzhen is accounting for 16,000 electrical buses. The change to the electrical buses has proven to be successful and it has moved to the next stage of transport electrification – taxis. Planning of the following steps that would include other modes of transportation (cargo, tractors, etc.) is ongoing (Shenzhen's silent revolution: world's first fully electric bus fleet quiets Chinese megacity, December 2018. The Guardian).

In Turkey, Izmir is the first city that started the introduction of an electrical bus fleet and the usage of Photovoltaic rooftops to meet part of the electricity demand (ESHOT project).

This study aims to find a potential solution for sustainable carbon reduction in a major Turkish city via the exploration of the possibility of municipal bus fleet electrification. Such a development would serve both countries' objectives as well as big cities' ambitions for pollution reduction.

The subject of bus fleet electrification is not new and has been explored by different projects and research. Results and discussions of available literature supported to shape this project.

The study "Electric bus fleet size and mix problem with optimization of charging infrastructure" (Rogge M. et al., 2018) highlights that one of the main challenges of the transition to the BEV bus fleet is the adaptation of the schedule to include charging and impact on the fleet size.

Another example of addressing the battery charging is the study "An Electric Bus with a Battery Exchange System" (Kim J., Inho S. & Woongchul C., 2015) conducted in 2015 in Korea. For this study, the bus has been modified to allow battery pack exchange through the roof by a specially designed robot. The battery exchange operation was completed by the fully automated robot within 60 seconds. Apart from addressing the long recharging time, this approach provides some other benefits such as the possibility to charge batteries outside the pick hours and instead, potentially, provide energy to the grid when needed.

In 2020 a Polish company, Autosan together with National Centre for Research and Development and Łukasiewicz-PIMOT announced an investment of over 1 million EUR to the development of a bus with a removable battery (Autosan aims to build an electric bus with removable battery to cut stopover time, 2020). This investment is partially covered by European Union, which is targeting to become carbon neutral by 2030.

Apart from research back in 2015 and the announcement by Autosan, there is little news about the actual implementation and the technical and commercial impact are difficult to assess. Therefore, this option has not been considered in this project.

The study "Total Cost of Ownership Based Economic Analysis of Diesel, CNG and Electric Bus Concepts for the Public Transport in Istanbul City" (Topal, O. & Nakir, İ., 2018) is particularly interesting for this project as it is focusing on the same geographic area. The study is exploring three different technologies to be used in Istanbul: diesel, Compressed natural gas (GHG), and electric buses. Within the scope of the project, field performance tests have been conducted confirming that electric buses can be operated under the traffic conditions in Istanbul. The conducted financial study confirms that despite the high initial cost of electrical buses operational cost is lower and the total cost of ownership is more beneficial over time. The current project is also looking at the cost of ownership over time (lifetime cost) of CV and BEV buses, however, taking a different perspective – of different bus routes and time of charging. Overall, the conclusions from this project are aligned with the study "Total Cost of Ownership Based Economic

Analysis of Diesel, CNG and Electric Bus Concepts for the Public Transport in Istanbul City” (Topal, O. & Nakir, İ., 2018) on the cost of ownership benefits of the electrical buses vs. diesel ones.

The study “Accelerating Bus Electrification: A Mixed Methods Analysis of Barriers and Drivers to Scaling Transit Fleet Electrification” (Blynn, K. & Attanucci, J., 2019) provides a comprehensive and detailed financial analysis of the buses. It highlights the importance of such parameters as annual distance, fuel, and electricity costs. Differences between CV and BEV technologies result in different requirements of maintenance that also have an impact on cost. The study is also providing results of qualitative research on factors that impact a decision to the switch to BEV bus fleet. The high initial cost of the bus as well as investment in the infrastructure were highlighted as the main barriers of the ‘go’ decision, stressing the importance of the proper financial analysis that is also looking forward.

The project aims to provide a holistic view of the BEV bus fleet implementation, from technology, financial, and CO₂ emissions perspectives. The project provides insights into the correlation between daily distance, charging requirements, and financial impact.

2. Methodology and Results

The main goal of the project is to assess the feasibility of the replacement of the conventional vehicle bus (CV) with a battery-cell electric vehicle bus (BEV). The project is intended to cover an assessment of the municipality bus fleet electrification from various perspectives:

- Schedule compatibility
- Charging requirements
- Financial assessment
- Impact on the CO₂ emissions

The constraint of the project is to keep the bus fleet size constant, i.e., managing the schedule requirements with additional charges or batteries with higher capacity rather than enlarging the bus fleet.

The scope of the project is described in the table 1.

Table 1: Scope of the project

In scope	Out of scope
Municipality bus fleet, İETT	Private mini-bus, metro-bus, employee shuttle bus
Approach of replacing CV bus fleet with BEV bus fleet	Hydrogen, Hybrid
Full replacement of the current CV bus fleet with BEV bus fleet	Stages of the EV bus fleet implementation
Current technologies for BEV and charging	New development technologies
One type of bus (12m, 3 doors)	Various bus configurations
Technological assessment	Impact on human resources
	Assessment of the distribution infrastructure
	Impact on the grid
	Impact of traffic conditions

The project is divided into five main steps shown in figure 1. The first step has been realized based on the analysis of the Kadıköy district in Istanbul. Assuming that Kadıköy's bus routes schedule can be applied to the whole city, the initial learnings are used to make a further assessment for Istanbul.

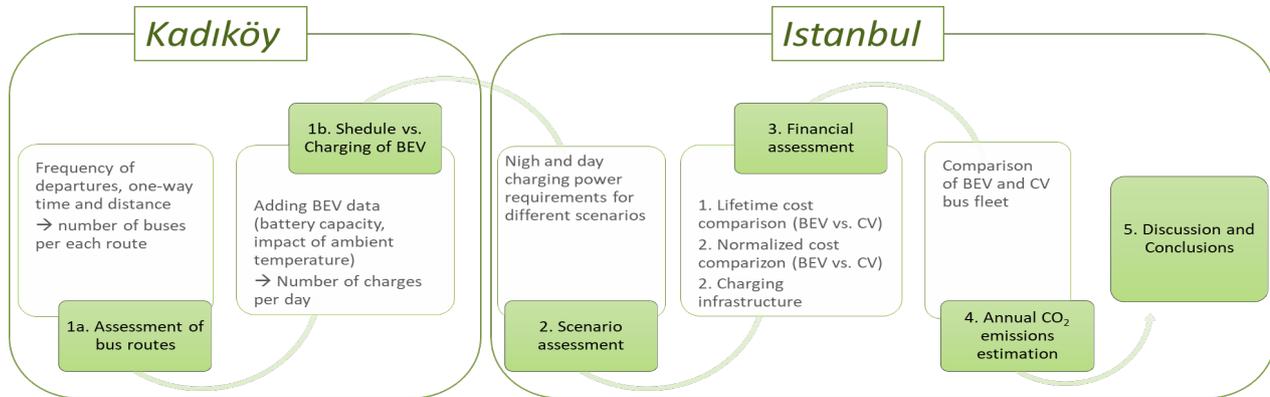


Figure 1. Steps of the project

2.1. Kadıköy: assessment of bus routes

The initial analysis is based on the İETT routes assessment for the Kadıköy district of Istanbul (İETT – Timetable). All routes that indicated Kadıköy as one of the stations were considered (80 in total). Out of 80 routes, the majority (67 routes) connect Kadıköy to other Istanbul districts on the Anatolian side.

As the İETT website did not contain sufficient information on route length, distances were estimated based on route duration and Google maps. Potential deviation based on this method is expected to be negligible.

Characteristics of routes vary significantly, as shown in Table 2. At the same time, all routes have at least four hours between the last and first departures thus allowing the night charging.

Table 2: Characteristics of bus routes in Kadıköy district

Characteristic	min	max
One-way time, min	11,5	102
One-way distance, km	4,3	41
Frequency of departures, week-day, counts	1	207
Stops count	7	79

The following data is used to estimate the number of buses required for each route for one day: time of first and last departures, frequency of departures, and one-way time. This method is estimating the number of buses that are assumed equal for both technologies (CV and BEV) along the analysis. The calculation is done as follows:

$$t_{opsn} = t_{firstn} - t_{lastn}$$

$$t_{in} = \frac{t_{opsn}}{f_n}$$

$$N_n = 2 * \frac{t_n}{t_{in}}$$

- t_{opsn} – operating time of the route n
 t_{firstrsn} – time of first departure of the route n
 t_{lastn} – time of last departure of the route n
 f_n – frequency of departures
 t_{in} – average interval between departures per route n
 N_n – number of buses per route n
 t_n – one-way time per route n

Based on the above calculation, approximately 400 buses are required to complete the daily schedule in the Kadıköy district. As a next step, Kadıköy results were extrapolated to the whole city of Istanbul considering Istanbul's total number of bus routes (819 bus routes). Around 13% of buses are serving the Kadıköy district exclusively while 86% are serving two and more districts. Therefore, for extrapolation, a reduction of 30% for routes connecting to other districts was introduced to avoid double counts. The result, 3'087 buses is close to the total data of İETT (3'060), therefore it has been considered as a correct approach.

2.2. Kadıköy: schedule vs. charging of BEV

To make a further analysis of the number of charges needed to complete the daily schedule, it is important to consider the impact of climate conditions. Based on the study "Effects of ambient temperature on the route planning of electric freight vehicles" (Rastani S., Yüksel T. & Çatay B., 2019), the optimal operating temperature for the BEV is between 10°C and 25°C: when neither air conditioning (AC) nor heating is used. Contrary to CVs that partially use heating from the engine to heat the vehicle, BEVs use battery energy thus increasing total energy use per kilometer. In the case of AC use, BEVs use energy from the battery, and CVs have a higher consumption of fuel. Depending on the temperature difference that needs to be achieved by heating or cooling, the energy requirement will differ. To simplify the analysis, the following assumptions were applied to calculate the required number of chargers per each route:

1. Battery capacity 230KWh (ESHOT project):
 - AC Off, max distance 348 km
 - AC On, max distance 210 km – during calculation, this range was applied for cases when AC or heating is on
2. Based on the Istanbul climate, the worst case scenario is being applied – 8 months per year either heating or AC is accounted to be switched on. This climate assumption is an extreme case and is expected to be more favorable. However, as today electricity cannot be stored, the objective is to analyze the power requirements in extreme case.

The number of charges per each bus to complete daily schedule is calculated as follows:

$$D_n = 2 * d_n * f_n$$

$$D_{bn} = \frac{D_n}{N_n}$$

$$Q_n = \frac{D_{bn}}{D_{max}}$$

D_n – total distance

d_n – one-way distance

f_n – frequency of departures

D_{bn} – one bus distance per day

N_n – number of buses per route n

Q_n - Number of chargers per day

D_{max} – maximum distance as per assumptions

The results of the calculations are presented in Figure 2. When using a battery 240kWh we can conclude that routes can be divided into 3 groups:

- Feasible with one charge with AC On
- Feasibility of 1 charge is changing with season
- Not feasible with one charge with AC Off

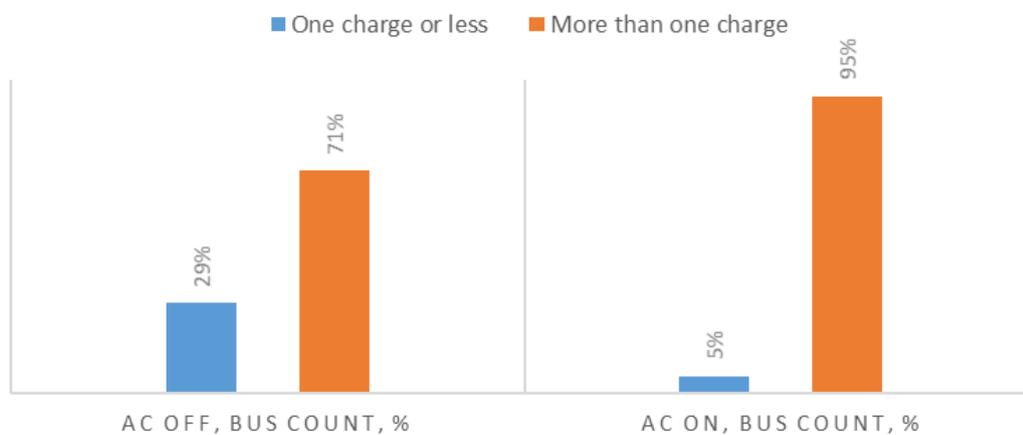


Figure 2. Bus groups in Kadıköy district based on charging requirements (battery capacity 230KWh)

Overall, it can be concluded that the driver behind the charge requirement is the daily distance of one bus which is the result of a combination between the route length and frequency of departures as summarized in table 3.

Table 3: Bus groups characteristics

Group	Routes count	Share of total buses	Frequency of departures (average)	Route length (average)	One bus distance per day (average)
1	20	5%	8	12 km	126 km
2	30	24%	20	21 km	293 km
3	30	71%	91	23 km	394 km

2.3. Istanbul: scenario assessment

While looking at the number of buses, it shows that when AC is on, in case of usage of the 230KWh battery, most buses require additional charge during the day. That might prove to be a challenge due to several factors:

- Possible conflict with bus schedule
- Additional load on the grid during high demand hours
- Difference of electricity prices

To address this situation, three scenarios were analyzed using different battery capacities: 230KWh, 280KWh, and 350KWh. The following assumptions have been applied to the analysis:

- The number of buses and, therefore, power demand is estimated for the complete İETT bus fleet
- In case the bus is completing the daily schedule using less than 50% of the charge, it is assumed that charging for this bus is done every second night. This approach is decreasing the number of buses to be charged during the night and thus decreases the demand for chargers. However, based on the data, the impact is insignificant
- Night charging (23:00 – 06:00) – standard charging for 4 hours. Two options were assessed: 50% and 75% of buses to be charged simultaneously. Quantity of buses to be charged simultaneously depends on the planning that is driven by the daily schedule of each route.
- Day charging (10:00 – 22:00) – fast charging, 2 hours for a full battery. Only the demand to complete the schedule is considered. To assess power demand, it is assumed 50% of buses to be charged simultaneously

Results of different scenario assessment are presented in the table 4.

Table 4: Power demand per each scenario

Power demand depending on the Charging time of the day	Scenario 1: 230KWh		Scenario 2: 280KWh		Scenario 3: 350KWh	
	AC Off	AC ON	AC Off	AC ON	AC Off	AC ON
Night charging (75%), MW	130	132	158	160	194	199
Night charging (50%), MW	87	88	105	107	129	133
Day charging, MW	17	107	2	79	0	41

In cases when AC or heating is off, power demand during the day is insignificant and does not vary much between scenarios. In case when AC or heating is on, the day charging demand grows significantly, which is challenging during July and August when electricity demand is the highest during the year.

Based on the result, it can be concluded that higher battery capacity is allowing a shift in power demand from day to night charging. The best result is achieved with a battery capacity of 350KWh.

Additional advantages of the battery with higher capacity can be reduced battery degradation and reduced number of additional charging stations along the routes.

2.4. Financial assessment

2.4.1. Bus lifetime cost

The lifetime cost assessment is based on the 3 bus groups identified in the previous section:

Group 1: Feasible to complete the daily schedule with one charge with AC On

Group 2: The feasibility to complete the daily schedule with one charge is changing with the season

Group 3: Additional day charging is required to complete the daily schedule with AC Off

The assessment was done over the period of fifteen years using four main criteria:

a. Capital investment

Based on the Otokar price list, buses with a similar configuration (CV – Kent LF and BEV – Kent Electra, 12 meters, 3-doors), the price of the BEV bus is almost 2-times higher. The main drivers behind this could be the battery cost which usually composes 50% of the total cost of the BEV and low production volumes. Capital investment is a one-time cost that occurs during the first year and is therefore reflected in the first year for each bus.

b. Maintenance cost

Based on the study “Accelerating Bus Electrification: A Mixed Methods Analysis of Barriers and Drivers to Scaling Transit Fleet Electrification” (Blynn, K. & Attanucci, J., 2019), due to fewer rotating parts, regenerative brake system, and less complex drive train, the maintenance cost of BEV bus is around 40% less versus CV bus. The assumption is taken for calculation that maintenance cost occurs after one year of exploitation.

c. Fuel/electricity cost

Fuel (diesel) price is taken as the yearly average. Diesel consumption (AC off) is taken as an average of 40L/100km as per the study “Real-world fuel consumption and CO₂ emissions of urban public buses in Beijing” (Zhang S. et al., 2014). Consumption from June-September, based on the US department of energy is accounted for a 25% increase due to the use of AC.

Electricity price for calculations is taken from EPIAŞ as an average by the charging time. Thus, 1KWh of day charging would lead to higher costs versus night charging. Climate impact (use of AC or heating) is considered by a difference in the percentage of buses that require additional day charging. The cost is calculated based on the outcome from the previous section (2.3 Istanbul: scenario assessment) to account for the difference between night and day charging.

d. *Midlife cost*: battery exchange for BEV and engine maintenance for CV

- The battery price is still a barrier that drives significant differences in the initial purchase cost. Looking at the EV prices, news announced that in 2020 the price reached 137 \$/KWh and expectations are that it will reach 101 \$/KWh in 2023 (Battery Pack Prices Cited Below \$100/kWh for the First Time in 2020, 2010). However, the study “Learning only buys you so much: Practical limits on battery price reduction” (Hsieh I-Y. L. et al., 2019) is not so optimistic highlighting that there is a limit to the price reduction due to material cost. Depending on the material price development, the EV battery pricing might have different predictions as well. The EV bus battery is also following the trend and based on Bloomberg New Energy Finance predictions, the price per 250KWh battery in 2030 can reach \$38 thousand (Electric buses and Tco, a matter of (short) time, 2018). The learning curve, the economy of scale, and process automatization would be the main drivers for the price reduction. Generally, a battery of the BEV represents around half of the total BEV cost. Following this logic, looking at the Otokar price for KENT Electra, the price of the 210KWh battery is around \$250 thousand, leading to a cost per 1KWh of 1'200 \$/KWh. This number is almost ten times higher than the world average, of 137 \$/KWh (Electric buses and Tco, a matter of (short) time, 2018). The reasons behind this might be the low production volumes and the import of the components. With the growing trend of transport decarbonization, it is safe to assume that production volumes will increase thus bringing the battery price closer to the world average. There are also some discussions ongoing that recent developments in the battery sector would ensure the battery lifecycle and probably would lead to the avoidance of the battery exchange. Those discussions, however, have not yet been confirmed in practice. Should that be the case, the lifetime cost of the BEV buses would decrease further leading to a higher gap with CV buses. For the calculations, the expected market average cost for the battery replacement was used.

Lifetime cost is then calculated as an accumulation over the years of the sum of the above-listed criteria. The result of the calculations is presented in Figure 3.

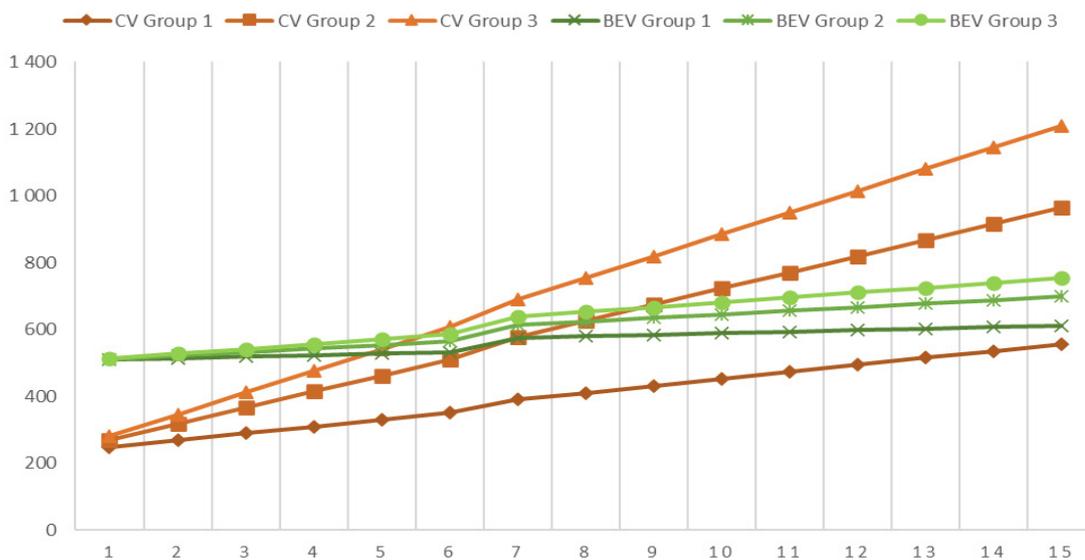


Figure 3. CV and BEV lifetime cost comparison, Scenario 1, thousand dollars

Based on the results, it is safe to conclude that, despite the high initial capital investment, in case of frequent use (high distance during the day) BEV buses are more cost-effective compared to CV buses. This difference is mainly driven by lower cost of fuel and maintenance costs.

The Pay-back period for Group 3 (i.e., 70% of buses) is estimated in 5-6 years. Payback for 95% of buses would come in 8 years (Group 2 and 3). Group 1 of BEV buses has a higher lifetime cost versus Group 1 of CV buses, however, representing 5% of the total number of buses their contribution to the total lifetime cost of the bus fleet is insignificant.

Overall, potential cost savings over the course of 15 years in case of a switch from CV to BEV bus fleet can be expected around \$1,5 billion.

2.4.2. Normalized cost per one kilometer

The normalized cost was calculated using the data from the previous section (2.4.1 Bus lifetime cost) divided by the number of years and total distance per year. The normalized cost is calculated for each group of buses and all scenarios (Table 5).

Table 5: Normalized cost per one kilometer

Normalized cost, \$/km	BEV Scenario 1	BEV Scenario 2	BEV Scenario 3	CV	Average daily distance of 1 bus
Group 1	0,96	0,87	1,00	0,87	126 km
Group 2	0,47	0,44	0,50	0,65	293 km
Group 3	0,38	0,36	0,34	0,61	394 km

Looking at the normalized cost per kilometer confirms the previous conclusion that in case of frequent use BEV buses are more cost-effective compared to CV buses. In addition, there is no significant difference between scenarios 1 and 3. Given the fact that from the time of the charging scenario 3 is providing the least power demand during the day, it is recommended to opt for the higher capacity battery.

2.4.3. Charging infrastructure

Charging infrastructure is an important aspect of the success of transport electrification. Well-planned and distributed chargers are the guarantee for the seamless completion of the route schedule as well as optimal use of electricity. And while savings are expected from the lifetime of the bus, additional investment for the charging infrastructure is inevitable. Battery capacity as well as daily planning of charging would be essential elements driving the requirements of the charging infrastructure.

Assuming that night charging would take place at bus depots, two capacity options were assessed: 50% and 75% of total busses to be charged simultaneously. The final capacity requirement depends on the daily planning of charging. Based on the charging industry standards, investment for two options would be:

- 50%: \$30 – \$40 million
- 75%: \$50 – \$60 million

Some options of chargers on the market today allow to choose between standard and fast charging. In this case, a portion of the chargers installed for the night charging at depo might also be used for fast charging during the day. If day charging is done only in case of schedule requirement (to complete schedule, i.e., groups 2 and 3), chargers at depo would cover 40-50% of the requirement for the daytime fast charging. Additional chargers would need to be installed along the bus routes. For better utilization of chargers along the bus routes, a strategic alliance might be a more cost-effective option.

Regardless of the options chosen for the charging infrastructure, the required investment would not offset the potential cost saving. Therefore overall, switching to BEV buses might prove to be an economically viable option in the long term.

2.5. Annual CO₂ emission estimation

The BEV buses are claimed to be zero emission. While there is no emission from the operation itself, compare to the emissions due to the burning of fuel in the CV engine, there are lifetime emissions and emissions from electricity generation (tank-to-wheel). In this study, the focus is on the comparison of tank-to-wheel emissions between CV and BEV buses.

According to the data by Carbon Independent (Emissions from bus travel, n.d.), on average diesel bus emits 1.3 kilograms of CO₂ per 1 kilometer. Considering the average (per bus fleet) distance per year, one CV bus emits around 127 tons of CO₂, while the total CV bus fleet emits 391 kilotons of CO₂ per year.

The BEV tank-to-wheel emissions depend on the type of the country's energy mix for electricity generation. For the calculation, the assumption was taken that additional electricity requirements for charging will be met using today's Turkey energy mix. The data for the calculation of emissions from electricity generation is based on the US Energy Information Administration (How much carbon dioxide is produced when different fuels are burned, 2021) and presented in table 6.

Table 6: Electricity generation type per time of charging and emissions

Share of power generation, %	Natural Gas %	Dammed Hydro %	Lignite %	River %	Import Coal %	Wind %	Solar %	Fuel Oil %	Geothermal %	Asphaltite Coal %	Black Coal %	Biomass %	CO ₂ Emissions, tonnes/Mbtu
8months*, NIGHT charging	33,0	10,0	13,0	3,0	25,0	9,0	0,0	0,0	3,0	1,0	2,0	1,0	0,057
4months**, NIGHT charging	31,0	10,0	16,0	6,5	20,0	9,0	0,0	0,0	3,5	1,0	1,5	1,5	0,049
8months*, DAY charging	29,0	23,0	11,0	3,0	21,0	8,0	0,0	0,0	2,0	1,0	1,0	1,0	0,043
4months**, DAY charging	29,0	18,5	14,0	6,5	17,0	8,0	1,0	0,0	2,5	1,0	1,0	1,5	0,042

* AC or heating on: January, February, March, June, July, August, September, December
 ** AC or heating off: April, May, October, November

Calculated emissions for CV are comparable to emissions documented in the study "Total Cost of Ownership Based Economic Analysis of Diesel, CNG and Electric Bus Concepts for the Public Transport in Istanbul City" (Topal, O. & Nakir, İ., 2018).

As a result, comparing annual CV and BV bus fleet CO₂ emissions, switching to the BEV bus fleet would decrease annual emissions six times which is in line with the global decarbonization objective (figure 4). In addition, in the event of the carbon tax introduction, such change would also bring financial benefits. Some adjustments may be needed to show the real value of the tank-to-wheel emissions from Turkish power plants, however, the fact of the significant difference between CV and BEV emissions remains.

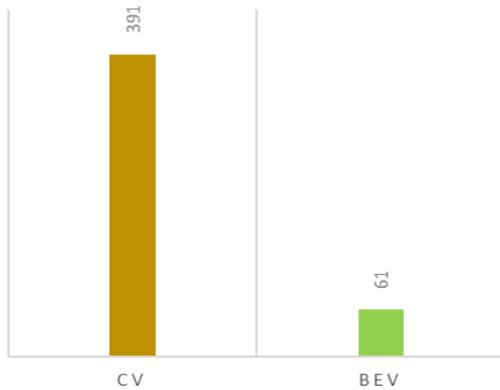


Figure 4. Annual tank-to-wheel CO₂ emissions, KT

4. Discussion and Conclusion

The results are expected to provide value for the mobility state agencies to facilitate discussions on public transport electrifications. It can also serve as a reference for private transportation companies to give a further detailed assessment to their needs.

Based on the conducted analysis, it is possible to conclude that IETT bus fleet electrification in Istanbul, even with today's energy mix for electricity generation in Turkey, would lead to significant CO₂ reduction. Therefore, the switch to the BEV bus fleet goes in line with the global decarbonization objective.

Switching from CV to BEV bus fleet is a change management process that requires careful research and planning: bus fleet requirement, planning of charging, location of charging station, etc.

Bus routes with less daily distance (a combination of bus route length and frequency of departures) might be easier to implement from the planning perspective assuming only night charging. However, as I have shown in the analysis, from financial perspective routes with higher daily distance are more cost-effective and would have 5-6 years of return on investments. At the same time, as most of the bus routes in Istanbul have high daily distances, the right combination of technology (battery type, charger type) and planning (charging schedule and distribution of chargers) must be accounted for at the very beginning of the project.

Planning is also essential for managing the additional electricity load to avoid charging during pick hours and to ensure rational electricity prices. One of the examples is batteries with higher capacity would allow shifting part of the day charging demand to the nighttime. The higher initial cost can be compensated by the difference in electricity

prices. In addition, lower wearing-out of battery might be more cost-effective on the long run.

From the operational perspective, a detailed analysis of bus routes is required to build a charging plan in synchronization with the daily schedule. The creation of charging infrastructure, on the other hand, is a paramount milestone in BEV bus fleet implementation. It would require additional investment, however, lifetime cost savings from the BEV bus fleet operation would offset them during the operation. Even with a limited BEV fleet, infrastructure should be sufficient to ensure that operation is not disturbed by a lack of charging points. This would mean that investment in the infrastructure should come first.

While night charging, most probably, would be done at depo, at least part of day charging would be done along the routes. Careful planning of the positioning of charging stations is required to ensure an acceptable balance between the number of chargers and their utilization to reach the seamless operation of the bus fleet. Potentially, strategic alliances might be an interesting option: while outsourcing this part of charging, a higher number of chargers might be installed thus increasing flexibility. The downside of such operations might be the increased complexity of the charging schedule planning as it would need to incorporate charging for other customers as well.

The project was completed by using one bus model, reality would require different options following the required passenger capacity and bus route characteristics. Today the range of the BEV buses is limited compared to the CV propositions, however, based on the current fleet composition, the existing models from local producers are in line with most used buses.

Other options such as the battery exchange systems or the hybrid buses might be considered to manage the bus routes with a tight schedule. A rational balance between different technologies might prove to be the best option.

Storage options and solar PV should be considered when planning such projects. Turkey has significant potential for solar energy. Meeting part of the energy demand by solar PV installed at the charging stations/ depo would not only manage the requirement for additional electricity production but will also help to manage the impact on the distribution systems. Similarly, to the investment in the BEV, storage and solar PV investments would pay off over time from the financial perspective and provide flexibility and, at least partially, independence.

Considering that Istanbul's electricity consumption is 16,5% of total Turkey's electricity consumption (Electricity market 2020 sector report, 2021), additional load from the fully electric IETT bus fleet would represent 2-5% of the consumption in Istanbul. While this number might not be significant, distribution capacity should be created by accounting for light-duty vehicles electrification as well as other commercial transportation.

Looking at the example of Shenzhen in China, electric buses can be a starting point for mobility decarbonization. The acquired experience can afterward be used for the electrification of other modes of transportation. Considering that a large portion of the

transportation in Istanbul is privatized, awareness and government support would play a crucial role in driving decarbonization.

Government subsidies have not been discussed in this project. However, they have proven to be an effective booster for transport decarbonization. Indeed, the electrification of the bus fleet in Shenzhen has been supported by subsidies.

Impact on human resources is one of the most sensitive topics when coming to the change management process. Many studies highlight that training would be required to ensure correct operation and adherence to the charging schedule. A simplified maintenance process should be expected to drive a reduction in the maintenance personnel, at the same time additional workplaces might be created to support the operation. Again, Shenzhen's example need to be studied to bring in the best practices.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support.

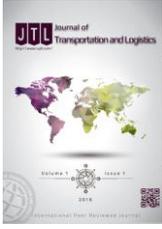
Acknowledgement: This research was performed in 2021 within the ETM (Energy Technologies and management) master program at Sabanci University under the guidance of Dr. Tuğçe Yüksel. In addition, I would like to acknowledge contribution of Dr. Murat Kaya, PhD Candidate Burak Yitgin, Timothy Kiessling and Ayça İlkuçan

References

- Autosan aims to build an electric bus with removable battery to cut stopover time (April 2020). *Sustainable Bus*. Retrieved from: <https://www.sustainable-bus.com/news/autosan-aims-to-build-an-electric-bus-with-removable-battery/>
- Battery Pack Prices Cited Below \$100/kWh for the First Time in 2020, While Market Average Sits at \$137/kWh. (December 2020) *BloombergNEF*. Available from: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/> (last accessed August 15, 2021)
- Blynn, K. & Attanucci, J. (2019). 'Accelerating Bus Electrification: A Mixed Methods Analysis of Barriers and Drivers to Scaling Transit Fleet Electrification'. *Transportation Research Record*, 2673(8), pp. 577–587. doi: 10.1177/0361198119842117.
- Cai H. et al. (2014). Siting public electric vehicle charging stations in Beijing using big-data informed travel patterns of the taxi fleet. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 33, Pages 39-46, ISSN 1361-9209
- Choi, S.B. (2018). Load variation analysis by bus of distribution systems based on PEVs charging modeling. *Electrical Engineering*, 100, 687–694. <https://doi.org/10.1007/s00202-017-0593-4>
- Electric buses and Tco, a matter of (short) time. Bnef report, 2nd part (2018). *Sustainable Bus*. Retrieved from: <https://www.sustainable-bus.com/news/electric-buses-and-tco-a-matter-of-not-much-time-bnef-report-2nd-part/>
- Electric buses: where are we? (March 4th, 2021). Retrieved from: <https://www.ies-synergy.com/en/electric-buses-where-are-we/>
- ELECTRICITY MARKET 2020 SECTOR REPORT, EPDK (Republic of Turkey, Energy Market Regulatory Authority), 2021. Retrieved from: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/1-1271/electricityreports>
- Electricity prices, EPIAŞ. Retrieved from: <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/piyasalar/gop/ptf.xhtml>
- Emissions from bus travel. *Carbon independent.org*. Retrieved from: Emissions from bus travel (carbonindependent.org)

- ESHOT project. Retrieved from: <https://www.eshot.gov.tr/tr/CevreselSonuslar>
- EV battery lifetime expectancy. Retrieved from: Electric Car Battery Life: Everything You Need to Know (caranddriver.com)
- Fuel Economy in Hot Weather. US Department of Energy. Retrieved from: <https://www.fueleconomy.gov/feg/hotweather.shtml>
- Funke S. Á. & Burgert T. (June 2020). "Can Charging Infrastructure Used Only by Electric Taxis Be Profitable? A Case Study From Karlsruhe, Germany". *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 69, no. 6, pp. 5933-5944, doi: 10.1109/TVT.2020.2973597.
- How much carbon dioxide is produced when different fuels are burned? (June 2021). *US Energy Information Administration*. Retrieved from: Frequently Asked Questions (FAQs) - U.S. Energy Information Administration (EIA)
- Hsieh I-Y. L. et al. (2019). Learning only buys you so much: Practical limits on battery price reduction. *Applied Energy*, Volume 239, 2019, Pages 218-224, ISSN 0306-2619
- Hu L. et al. (2018). Analyzing battery electric vehicle feasibility from taxi travel patterns: The case study of New York City, USA. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 87, Pages 91-104, ISSN 0968-090X
- IEA (2020), Global EV Outlook 2020, *IEA*, Paris. Retrieved from: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- IEA (2021), Global EV Outlook 2021, *IEA*, Paris. Retrieved from: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>
- İETT – Timetable. Retrieved from: <https://www.iett.istanbul/en/main/hatlar>
- Johnson C. et al. (2020). Financial Analysis of Battery Electric Transit Buses. *Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory*. NREL/TP-5400-74832
- Khan T. & Frey H.C. (2019). Effect of Air-Conditioning on Light Duty Gasoline Vehicles Fuel Economy. *Transportation Research Record*, 2673(5):131-141. doi:10.1177/0361198119838507
- Kim J., Inho S. & Woongchul C. (2015). "An Electric Bus with a Battery Exchange System". *Energies* 8, no. 7: 6806-6819. <https://doi.org/10.3390/en8076806>.
- Li C. et al. (2021). Variability in real-world emissions and fuel consumption by diesel construction vehicles and policy implications, *Science of The Total Environment*, Volume 786, 2021, 147256, ISSN 0048-9697
- Nimalsiri N. I., et al. (2021). "Coordinated Charge and Discharge Scheduling of Electric Vehicles for Load Curve Shaping". *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, doi: 10.1109/TITS.2021.3071686.
- Pelletier S. et al. (2019). The electric bus fleet transition problem. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 109, Pages 174-193, ISSN 0968-090X
- Pelletier S., Jabali O. & Laporte G. (2018). Charge scheduling for electric freight vehicles. *Transportation Research Part B: Methodological*, Volume 115, Pages 246-269, ISSN 0191-2615
- Public Transportation in Istanbul. Retrieved from: <https://www.iett.istanbul/en/main/pages/public-transportation-in-istanbul/316>
- Rastani S., Yüksel T. & Çatay B. (2019). Effects of ambient temperature on the route planning of electric freight vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and environment*, Volume 74, Pages 124-141, ISSN 1361-9209,
- Rogge M., et al. (2018). Electric bus fleet size and mix problem with optimization of charging infrastructure. *Applied Energy*, Volume 211, Pages 282-295, ISSN 0306-2619
- Roso V. & Martins M. (2016). "Simulation of Fuel Consumption and Emissions for Passenger Cars and Urban Buses in Real-World Driving Cycles," *SAE Technical Paper 2016-36-0443*, <https://doi.org/10.4271/2016-36-0443>.

- Shenzhen's silent revolution: world's first fully electric bus fleet quietens Chinese megacity (December 2018). *The Guardian*. Retrieved from: Shenzhen's silent revolution: world's first fully electric bus fleet quietens Chinese megacity | Cities | The Guardian
- This Chinese City Has 16,000 Electric Buses And 22,000 Electric Taxis (February 2021). *Forbes*. Retrieved from: This Chinese City Has 16,000 Electric Buses And 22,000 Electric Taxis (forbes.com)
- Timperley J. (March 18th, 2020). How our daily travel harms the planet. *BBC*. Retrieved from: <https://www.bbc.com/future/article/20200317-climate-change-cut-carbon-emissions-from-your-commute>
- Topal, O. & Nakir, İ. (2018). Total Cost of Ownership Based Economic Analysis of Diesel, CNG and Electric Bus Concepts for the Public Transport in Istanbul City. *Energies* (19961073), 11(9), p. 2369. doi: 10.3390/en11092369.
- Turkey makes strides in producing electric automobiles (April 2021). *TRT World*. Retrieved from: <https://www.trtworld.com/magazine/turkey-makes-strides-in-producing-electric-automobiles-45724> (last accessed September 10, 2021)
- Turkey to become top electric vehicle producer: Erdogan (March 2021). *Anadolu Agency*. Retrieved from: <https://www.aa.com.tr/en/economy/turkey-to-become-top-electric-vehicle-producer-erdogan/2177914>
- World Greenhouse Gas Emissions in 2016 (Sector | End Use | Gas). Retrieved from: <https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2016>
- ZeEUS eBus Report #2. *European Commission*. Retrieved from: <https://www.sustainable-bus.com/wp-content/uploads/2018/06/zeus-ebus-report-2.pdf>
- Zhang S. et al. (2014). Real-world fuel consumption and CO₂ emissions of urban public buses in Beijing, *Applied Energy*, Volume 113, Pages 1645-1655, ISSN 0306-2619



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.953913

RESEARCH ARTICLE

Predicting the Time of Bus Arrival for Public Transportation by Time Series Models

Süleyman Mete¹ , Erkan Çelik² , Muhammet Gül³ 

ABSTRACT

Bus arrival time prediction is a key factor in passenger satisfaction and bus usage. Bus arrival time information reduces both passenger anxiety and their waiting time at the bus stop. Therefore, giving passengers accurate bus arrival time information is very important in public transportation. Various time series prediction methods are used for bus arrival time in this paper. Moreover, five different performance measurements are considered to assess the accuracy of the prediction models. A case study is presented using real data from Istanbul, Turkey for the proposed models. The models predict bus arrival time on a route for its different segments. The results of the proposed models are compared according to performance measures. The model with the best accuracy result among the eight prediction models can support service operators and the authorities in obtaining better passenger satisfaction.

Keywords: Bus Arrival Time, Prediction, Public Transportation, Time Series Models, Istanbul

Submitted: 17.06.2021 • Revision Requested: 13.08.2021 • Last Revision Received: 27.10.2022 • Accepted: 28.10.2022

1 Süleyman Mete (Doç. Dr.), Gaziantep University, Department of Industrial Engineering, Gaziantep, Türkiye. E-mail: smete@gantep.edu.tr
ORCID: 0000-0001-7631-5584

2 **Corresponding author:** Erkan Çelik (Doç. Dr.), Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Istanbul, Türkiye.
E-mail: erkancelik@istanbul.edu.tr ORCID: 0000-0003-4465-0913

3 Muhammet Gül (Doç. Dr.), Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Istanbul, Türkiye. E-mail: muhammetgul@istanbul.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5319-4289

Citation: Mete, S., Ç.E., & G.M. (2022). Predicting the time of bus arrival for public transportation by time series models. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 541-555. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.953913>



Introduction

Transportation is a significant issue for city planners. Transportation also has a direct impact on all aspects of the community, including education, economy, health, and entertainment activities, and these cannot be maintained without an effective city transportation infrastructure. Therefore, with the growing population, the significance of public transportation is increasing day by day. Most people prefer to utilize public transportation instead of private cars due to air and noise pollution, excessive and unreliable travel times, stress, traffic problems, etc. (Celik et al. 2013; Serin and Mete. 2019). Public transportation is a common passenger transportation service that people can use. It includes different transportation modes, such as buses, trams, train, metro, trolleybuses, etc. (Serin et al. 2021).

Public transportation service quality should be developed in order to persuade more people to switch from private vehicles to public transportation (Aydin et al. 2015). Moreover, while more and more apps are used for bus schedules thanks to the development of smart phones, the information provided on these apps is always limited and not up to date. Long waits at bus stops can discourage passengers from using public transportation. Therefore, vehicle arrival time prediction is very important for the development of the public transportation system. From the passengers' point of view, timely bus arrival time information not only reduces waiting times, but also enables them to organize their travel plans reasonably and choose the most suitable route for travel. In public transportation management, bus arrival time information will greatly enrich the service, help make bus departure interval and operating time more timely, especially in emergency situations, establish more efficient operations, and increase the attractiveness of public transportation (M. Yang et al., 2016). All this reveals the importance of providing passengers with accurate information about the arrival time of the vehicles.

The aim of this paper is to apply effective and dynamic time series models based on the simple average, Holt's linear trend and Holt-Winters, autoregressive integrated moving average (ARIMA), simple exponential smoothing, moving average, SARIMAX, and naive approach methods to predict accurate bus arrival times for the public transportation system. Moreover, this paper examines the improved methodology for real application utilization. This paper intends to make a contribution to stakeholders by considering the provision of eight different time prediction methods in order to improve upon the provision of bus arrival time predictions from only one source (current and historical automatic vehicle location (AVL) data of Istanbul). The contribution of this paper can be summarized as follows: (i) the ARIMA method has been applied for the first time to predict bus arrival time; (ii) the time series methods have been examined on AVL data of Istanbul; (iii) five performance measures have been used to evaluate the time series models (these are the mean squared error (MSE), the mean absolute percentage error (MAPE), the residual sum of squares (RSS), the mean absolute error (MAE), and the root mean square error (RMSE)); (iv) the prediction methods used in the study can be applied to any public transportation mode; and (v) these predictions can be shared with passengers using smart bus stops or mobile applications.

The rest of the paper structured as follows. Related studies are analyzed in the next section. Materials and method for predicting bus arrival time are shown in section 3. An example case (Istanbul) is examined in section 4, and the results are discussed in section 5. A brief conclusion is provided in the last section.

Related studies

Related studies are reviewed in two groups in this section. First, papers on bus travel time prediction models are reviewed. Then, literature-related applications of time series-based techniques are analyzed. Many researchers and practitioners have started to become interested in bus arrival time prediction. There are various methods developed in the literature for the prediction of bus arrival times, including artificial neural networks (ANN), Kalman filters, non-parametric regression (NPR) models, and support vector machines (SVM) (Yu et al. 2011).

ANN models are mostly used as an approach to arrival time prediction in the literature (Xu and Ying 2017). Chien et al. (2002) proposed two ANNs for link- and stop-based data dynamic bus arrival time prediction, and proposed ANNs are combined with an adaptive algorithm. A dynamic algorithm which integrated the Kalman filter-based algorithm and an ANN was developed by Chen et al. to predict bus arrival times (2004). The dynamic algorithm that was developed is more effective compared with ANN-based models for prediction of bus arrival times, according to test results. Bayesian inference theory with neural networks was proposed by van Hinsbergen et al. (2009) to predict travel times. The results of the proposed approach showed that it had much higher accuracy. Yap et al. (2018) proposed a three-step search procedure for the prediction of public transportation ridership.

The Kalman filter technique, which is a model-based estimation technology, is implemented for bus arrival time prediction in the literature. Chien and Kuchipudi (2003) used the Kalman filter algorithm in modelling real-time and historic data for bus travel time prediction. The Kalman filter based model was applied to dynamic bus arrival/departure time prediction by Shalaby and Farhan (2004).

NPR models are also used for bus arrival time prediction. Park et al. (2007) developed and evaluated an NPR model to apply a time prediction model using real data. Chang et al. (2010) proposed a model based on nearest neighbor NPR for prediction of travel times among origin and destination bus stops. Their results demonstrated that the developed model is an efficient method for predicting bus travel time with respect to computing time and prediction accuracy. A Long Short-Term Memory (LSTM) model was used to predict accurate bus arrival time for public transportation system by Serin, et al. (2020).

SVM models, a special learning algorithm developed based on learning theory, have been implemented for the prediction of bus travel time. Yang et al. (2016) proposed SVM with a genetic algorithm to forecast bus arrival time. Bin et al. (2006) researched the feasibility and applicability of SVM for the prediction of bus travel time. Experimental results demonstrated that the proposed SVM integrated with a genetic algorithm approach is better than traditional ANN and SVM models due to its higher accuracy and the

model’s feasibility for estimation of bus arrival time. A combined model of Support Vector Regression and Kalman filter (K-SVR) for bus arrival time prediction was proposed by Zhang, et al. (2021).

Unlike ANN, SVM, and Kalman filter-based models, times series-based models are available in the literature that are well-fitted to this research topic according to their prediction of bus arrival time. Time series forecasting models can be categorized as univariate or multivariate. Various time series models have been used for forecasting. The ARIMA model is the most widely applied time series method, and is applied to various areas such as the furniture industry by Yucesan et al. (2018), healthcare by Kadri et al. (2014), Wei et al. (2016) and Xu et al. (2016), finance by Zhang et al. (2016), energy by Yuan et al. (2016) and Cadenas et al. (2016), and the food industry by Tripathi et al. (2014). There are three parameters in ARIMA models: (p, d, q). While AR terms are denoted with p, the number of non-seasonal differences needed for stationarity is denoted with d and the number of lagged forecast errors in the prediction equation is denoted with q (Xu et al. 2016). Various ARIMA models, such as multivariate vector-ARIMA (Mai et al. 2015), Box-Jenkins ARIMA (Zibners et al. 2006; Champion et al. 2007), ARMA (Aboagye-Sarfo et al. 2015), SARIMA (Butler et al. 2016; Rosychuk et al. 2016), and MSARIMA (Aroua and Abdul-Nour, 2015), have been used by researchers. A simple exponential smoothing method is based on the weighted moving average formula (Champion et al. 2007). This method was successfully applied to many areas, such as in studies by Tratar et al. (2016), Yang et al. (2015), and Tripathi et al. (2014). In addition, the naive approach, simple average, moving average, Holt’s linear trend, and Holt’s winter trend method are also time series models for forecasting.

The literature is rich enough in terms of time series methods for applying different application areas. However, the current study is differentiated from application areas in that it predicts the time of bus arrival for public transportation. In this paper, time series models based on moving average, naive approach, simple exponential smoothing, simple average, ARIMA, Holt-Winters method, Holt’s linear trend, and SARIMAX are applied for bus arrival time prediction of the 500T bus route in Istanbul.

Material and Method

3.1 The prediction framework

The basic components of public transportation are routes, bus stops, and vehicles. These components are represented in Figure 1. Routes are denoted as R_n where n describes the unique number of the route. Vehicles are denoted as $V_{r,n}$ where r refers to route number and n refers to the number of vehicles on the route r . Stations are denoted as S_n where n is the order number of the station from start station to end station of the route.

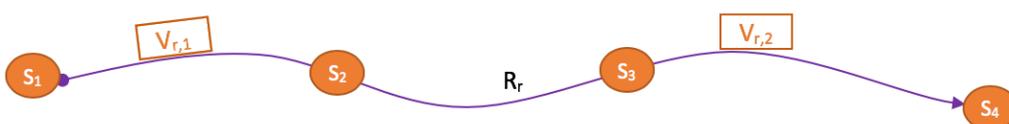


Figure 1. The representation of the basic public transportation components (routes, stations, and vehicles)

The line between two sequential stations is defined as a segment. For example, the line from S_1 to S_2 in Figure 1 is a segment. One or more routes can pass through a segment, and one or more vehicles can travel on a route. This situation is depicted in Figure 2 where S_d is the start (departure) station of the segment and S_a is the end (arrival) station of the segment. The routes that pass through the segment are R_1 , R_2 , and R_3 . The vehicles $V_{1,1}$ and $V_{1,2}$ work on route R_1 ; $V_{2,1}$, $V_{2,2}$, and $V_{2,3}$ work on route R_2 ; $V_{3,1}$ and $V_{3,2}$ work on route R_3 .

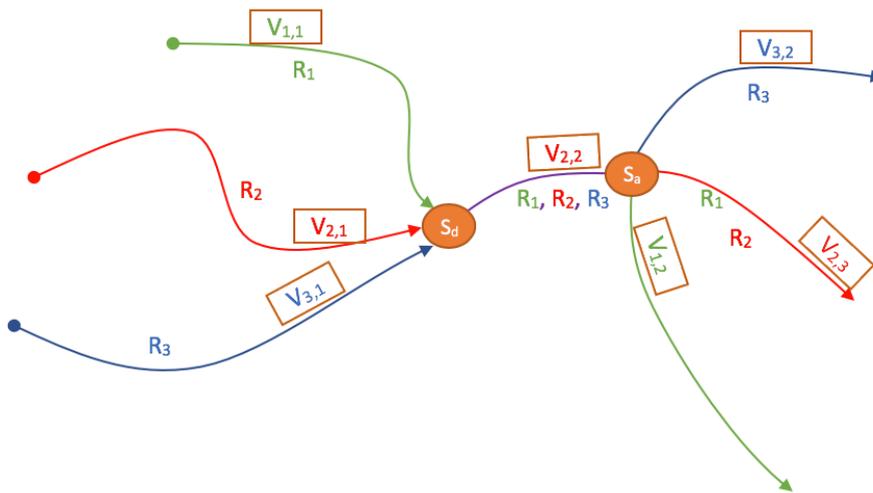


Figure 2. Representative snapshot of part of the public transportation system

Each vehicle sends a signal when arriving at a station. The actual travel time on the segment from S_d to S_a is computed by subtracting the signal time at S_a from the signal times at S_d . This generates sequential time intervals (Δt). These time intervals constructed the travel time between two sequential stations is forecasted using these signals as time series.

3.2 Naive Approach

This approach considers the **estimated** data point to be equal to the last observed data point (Alaoui et al. 2017). The formulation of the approach is given in Eq. (1)

$$\hat{y}_{t+1} = y_t \tag{1}$$

3.3 Simple Average

A simple average is the simplest forecasting technique. This technique estimates the estimated value equal to the average of all previously observed values. Hence, the formulation is given in Eq. (2)

$$\hat{y}_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t y_i \tag{2}$$

3.4 Moving Average

The use of value(s) for the first period will greatly affect estimates for the next period. Hence, only the values of the last few rounds are regarded as a development over the

simple average. The moving average technique uses a time period window to calculate the average. The predicted value(s) in a time series is forecasted based on the average of the previous values by a fixed end number “p” in a simple moving average model. Thus, the moving average is calculated using Eq. (3) as follows (Shumway and Stoffer, 2000):

$$\hat{y}_{t+1} = \frac{1}{p} \sum_{i=t-p}^t y_i \quad \text{for all } i > p \tag{3}$$

On the other hand, the weighted moving average method is a progression of moving average method. This method is a moving average with a different weight. The values of a weighted moving average technique take different weights in past observations. The formulation of this technique is given in Eq. (4), as follows:

$$\hat{y}_{t+1} = \frac{1}{p} \sum_{i=t-p}^t w_i * y_i \tag{4}$$

3.5 Simple Exponential Smoothing

This method is a suitable forecasting technique with no trend or seasonal pattern data (Gass and Harris, 2000; Cadenas et al. 2010).

Assuming that f_t is the forecasted data and y_t is the actual data, the errors are obtained as follows:

$$e_t = y_t - f_t \tag{5}$$

The method considers the forecasted value for the previous period and regulates it using the forecasted error. Therefore, the forecasted value for the following period is:

$$f_{t+1} = f_t + a(y_t - f_t) \tag{6}$$

where a is a constant between 0 and 1.

3.6 Holt’s Linear Trend

This technique allows forecasting of data with a trend. This method involves both trend and the average value in the series. Three equations are used to determine Holt’s Linear Trend (Chatfield and Yar, 1988). Eq. (7) is given for the combination of two smoothing equations (Eq. (8) for level and Eq. (9) for the trend) to obtain the expected forecast \hat{y} .

$$\hat{y}_{t+h} = \ell_t + hb_t \tag{7}$$

$$\ell_t = y_t + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1}) \tag{8}$$

$$b_t = \beta(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \tag{9}$$

3.7 Holt-Winters Method

The Holt-Winters method considers both trend and seasonality to forecast future values. It implements exponential smoothing of the seasonal parts with level and trend. Due to the seasonality factor, this method is the best option within the rest of the models (Chatfield and Yar, 1988). This method includes the forecast Eq. (10), level Eq. (11), trend Eq. (12) and seasonal component Eq. (13) with three smoothing parameters α , β , and γ .

$$\hat{y}_{t+h} = \ell_t + hb_t + b_{t+h-s} \tag{10}$$

$$\ell_t = \alpha(y_t - b_{t-s}) + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1}) \tag{11}$$

$$b_t = \beta(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \tag{12}$$

$$S_t = \gamma(y_t - \ell_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \tag{13}$$

where s denotes the length of the seasonal cycle, for $0 \leq \alpha \leq 1$, $0 \leq \beta \leq 1$, and $0 \leq \gamma \leq 1$.

Eq.11 demonstrates a weighted average among the non-seasonal forecast for time t and the seasonally adjusted observation. Holt’s linear method and trend equation are identical. A weighted average among the current seasonal index and the same season’s previous year seasonal index is indicated by the seasonal equation.

3.8. ARIMA

The AR(p) and MA(q) models applied to forecasting are represented as in Eqs (14)-(15), respectively (Kadri et al. 2014)

$$Y_t = \sum_{i=1}^p a_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \tag{14}$$

$$Y_t = \varepsilon_t + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j} \tag{15}$$

where a_i are non-seasonal AR parameters, ε_t is zero mean Gaussian noise and b_j are non-seasonal MA parameters.

The ARMA (p, q) model consists of p and q as autoregressive terms and moving average terms, respectively. It is written as in Eq. (16):

$$Y_t = c + a_1 Y_{t-1} + \dots + a_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + b_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + b_q \varepsilon_{t-q} \tag{16}$$

In case of non-stationarity of the data, a differencing notation is required for reducing the non-stationarity, as the ARIMA model (Yuan et al. 2016).

3.9. SARIMAX

Based on ARIMA, SARIMA includes seasonality notations. SARIMAX is formed by adding an external input to a SARIMA model. It uses an exogenous variable in the time series modeling process (Papaioannou et al. 2016; Chen and Tjandra, 2014).

Case study

In this part, the time series models have been evaluated for bus arrival time prediction at bus stops using real data from Istanbul, Turkey. Istanbul is a crowded city with a population of more than 15 million, and the majority of Istanbul residents travel by road transportation (Yanik et al. 2017). Additionally, more than 1/4 of Istanbul residents use bus, metrobus, or private buses. Approximately 13 million people per day use public transportation in Istanbul (IETT, 2018). Istanbul’s advanced public transportation system consists of real time location tracking, transit vehicle tracking, informing passengers at bus stops about vehicle location, and fare collection through an electronic system. Since the electronic panels show the bus timelines at the stations, tracking the expected arrival

time of buses to the stop is possible. Passengers utilize this information to plan their route. Istanbul has developed, and has a complicated network with more than 1,000 bus routes. As a case study, one of the most crowded and longest lines (500T: Tuzla Şifa Mah.-Cevizlibağ) was selected to evaluate the prediction models (Figure 3). The selected line crosses the bridge connecting Europe and Asia every day and has many bus routes and stops that are in high demand (Figure 4). Its length is approximately 73.6 km. The real time details of the L. Kirdar Has. Acil bus stop, which has 20 different lines, are presented in Table 1 as an example.

Table 1. Real time bus stop details

Line Details	Predicted waiting time (min.)	Line Details	Predicted waiting time (min.)	Line Details	Predicted waiting time (min.)	Line Details	Predicted waiting time (min.)
251	1	KM23	10	KM25	20	500L	34
500L	1	17K	11	500T	21	KM11	34
130Ş	2	16KH	14	KM11	22	251	37
E-10	2	130A	14	500L	24	500T	38
500T	4	KM21	15	130Ş	25	130A	39
500L	5	KM12	15	E-10	25	130Ş	40
16S	7	21K	15	KM29	30	KM23	40
130Ş	8	251	16	130Ş	30	16Z	41
134YK	9	17S	16	134YK	32	16KH	41
KM11	10	134YK	16	500T	32	E-10	42
21U	10	500T	17	16S	33	500T	42

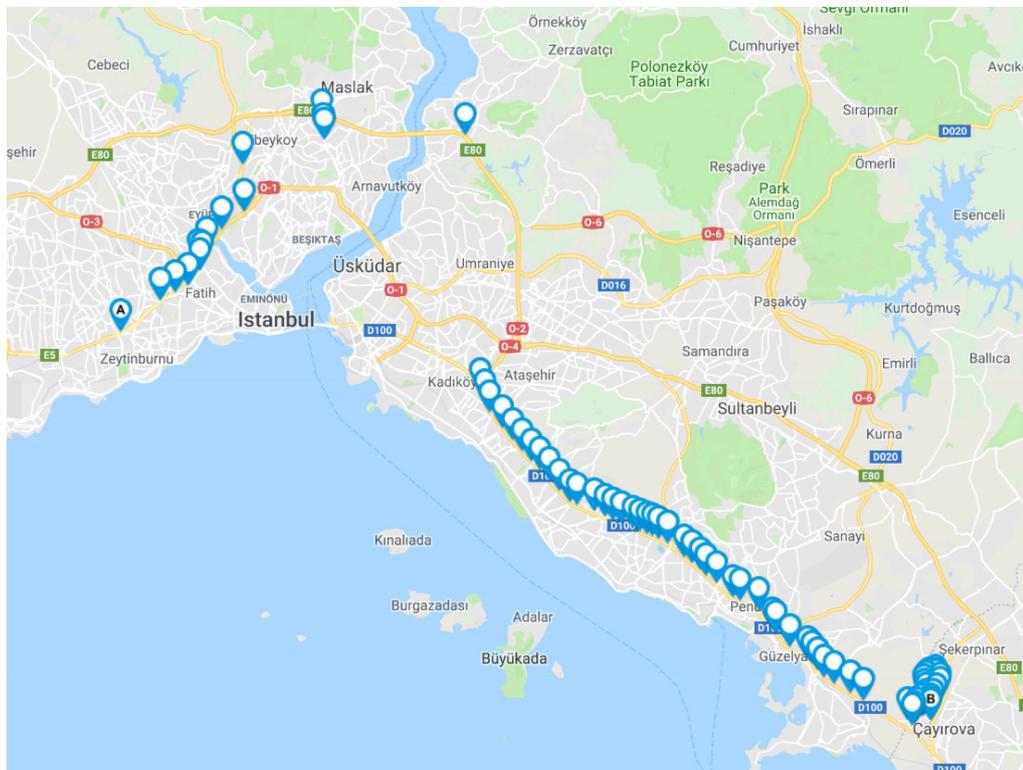


Figure 3: Zeytinburnu Çirpici-Şifa Route

4.1. Performance Measures

MAE, MAPE, MSE, RMSE, and RSS are considered to evaluate the prediction results of the methods.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \tag{17}$$

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \right) * 100 \tag{18}$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \tag{19}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \tag{20}$$

$$RSS = \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|^2 \tag{21}$$

Discussions and Results

The proposed framework is solved under eight different time series methods for predicting bus arrival time on a route in the city of Istanbul. In Istanbul, the predicting arrival time information is provided by an electronic bus stop board system. To improve upon the provision of bus arrival time predictions from one source, this study aims to contribute to stakeholders by considering eight different time predictions. The output data of the study includes the following information: (1) route id, (2) segment number, (3) departure station id, (4) arrival station id, (5) sample size (cleared signal size), (6) signal size, (7) method used, and (8) performance measures (MSE, RMSE, MAE, MAPE, RSS, elapsed time).

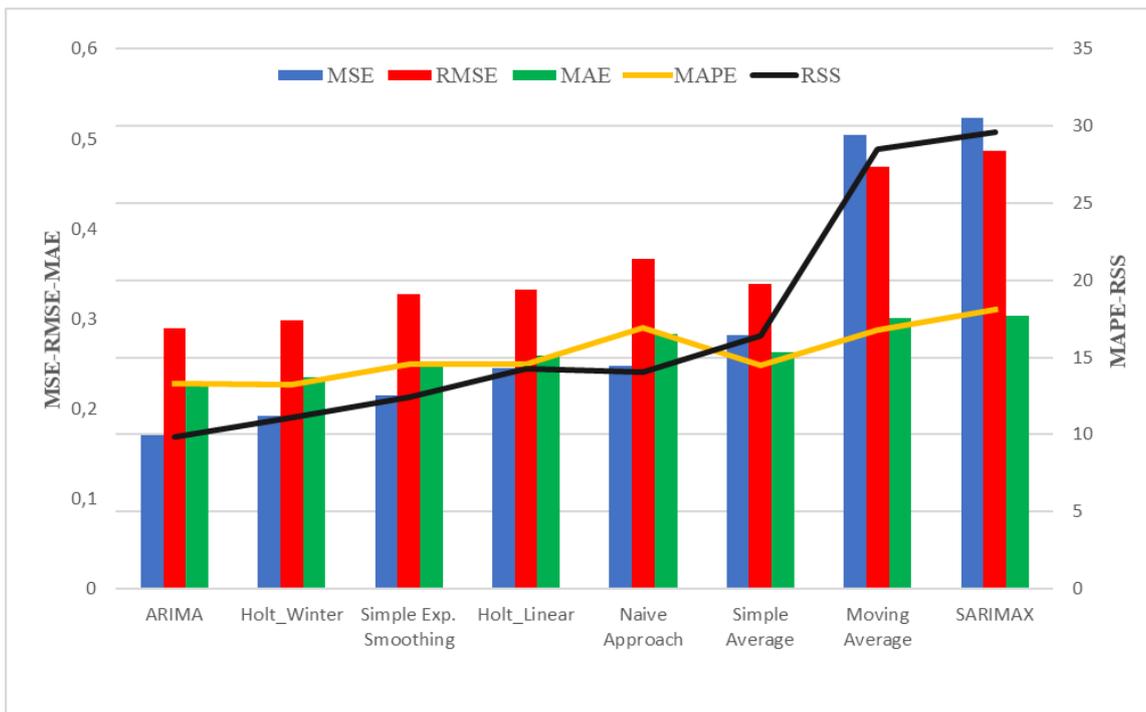


Figure 4. The comparison of the performance of eight time series models

We chose 1 route that includes 76 bus stations, as shown in Figure 3. Eight different time series methods were used to estimate arrival time. The average values of the MSE, RMSE, MAE, MAPE, and RSS of each segment of the observed route are summarized in Table 2. It can be easily seen that ARIMA (2,0,1) exhibits some advantages over others in most of the performance measures. MSE, RMSE, MAE, and RSS values in the ARIMA (2,0,1) model are the lowest of all models (0.171, 0.289, 0.230 and 9.864). The Holt-Winters model has the highest prediction accuracy according to the MAPE, with a value of 13.229. When the elapsed time is considered, it seems that the Holt-Winters model has provided the solution in the longest time (778.192 seconds).

The average value of the MAE, MAPE, MSE, RMSE, and RSS with all segments for the 500T bus route are illustrated in Figure 4. In Figure 4, the eight time series models are presented on a horizontal axis. It is observed that the ARIMA (2,0,1) model has the best prediction performance with respect to MSE, RMSE, and RSS. The MAPE value is between 13.285% and 18.111% for all models. Although the performance of the ARIMA (2,0,1) model is better than the others, if the elapsed time is considered, simple exponential smoothing can be used as another option for the prediction of bus arrival time because of the fast solution time (see Table 2).

Moreover, we demonstrated the results of each segment according to the ARIMA (2,0,1) model and SARIMAX model, which are the best and worst performance, respectively. Figure 5 shows the results of five performance measures of the ARIMA (2,0,1) model for the observed route.

Table 2. Average values of performance measures with respect to eight time series methods in bus arrival time prediction for the observed route

Methods	Performance measures					
	MSE	RMSE	MAE	MAPE	RSS	Elapsed Time (in second)
ARIMA (2,0,1)	0.171	0.289	0.230	13.285	9.864	122.747
Holt-Winters	0.192	0.298	0.235	13.229	11.112	778.192
Simple Exponential Smoothing	0.215	0.327	0.249	14.555	12.427	0.306
Holt's Linear Trend	0.245	0.333	0.259	14.571	14.242	4.526
naïve approach	0.248	0.366	0.283	16.892	14.037	0.014
Simple average	0.282	0.339	0.263	14.48	16.393	0.053
Moving average	0.504	0.469	0.301	16.769	28.495	0.395
SARIMAX (1,0,1)(1, 0, 1, 5)	0.523	0.487	0.303	18.111	29.61	170.236

Figures 6 and 7 demonstrate prediction of bus arrival times using the ARIMA model against the observed values with respect to the segment fitted best and worst in terms of MAPE values.

According to results of the ARIMA model in Figure 6, the results are very close to the observed data. This means that the accuracy of the models is sufficient. Therefore, using this method provides better and more accurate information to the passenger.

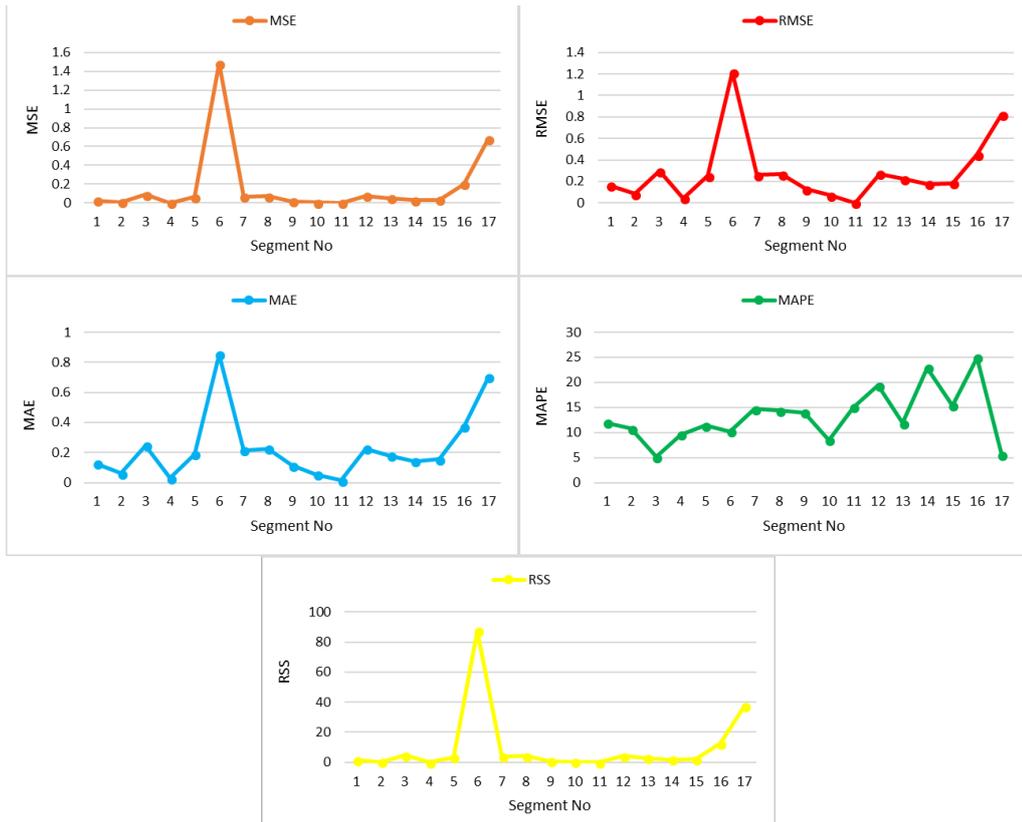


Figure 5. MSE, RMSE, MAE, MAPE, and RSS of bus arrival times predicted from each segment (ARIMA model)

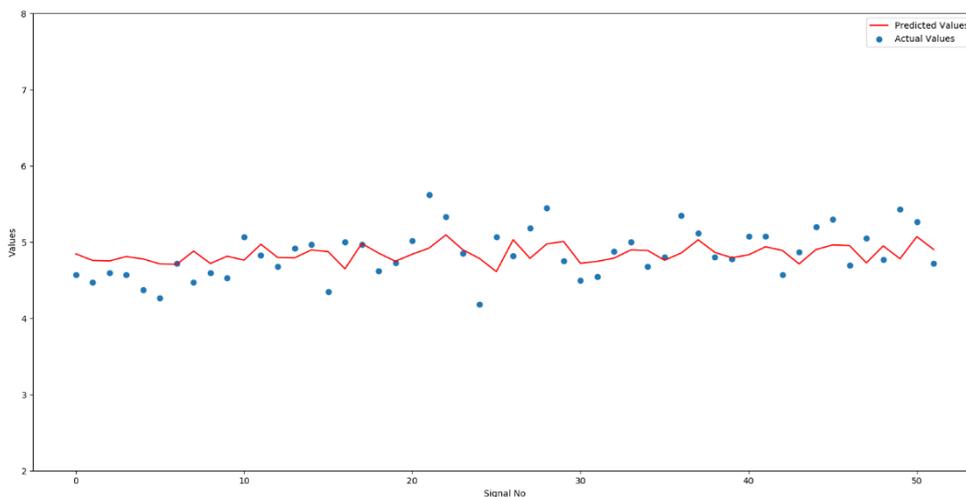


Figure 6. Predictability of the ARIMA model (with best MAPE value)

Figure 8 demonstrates the results of the SARIMAX(1,0,1)(1, 0, 1, 5) model for the observed route with different segment. According to average results of the five-performance measures, the SARIMAX model is the worst method compared to the other time series models.

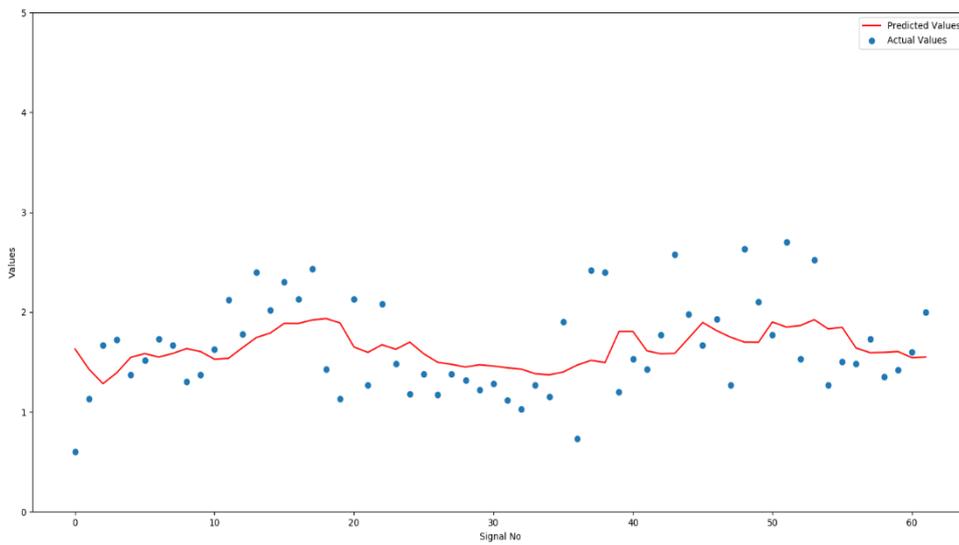


Figure 7. Predictability of the ARIMA model (with worst MAPE value)

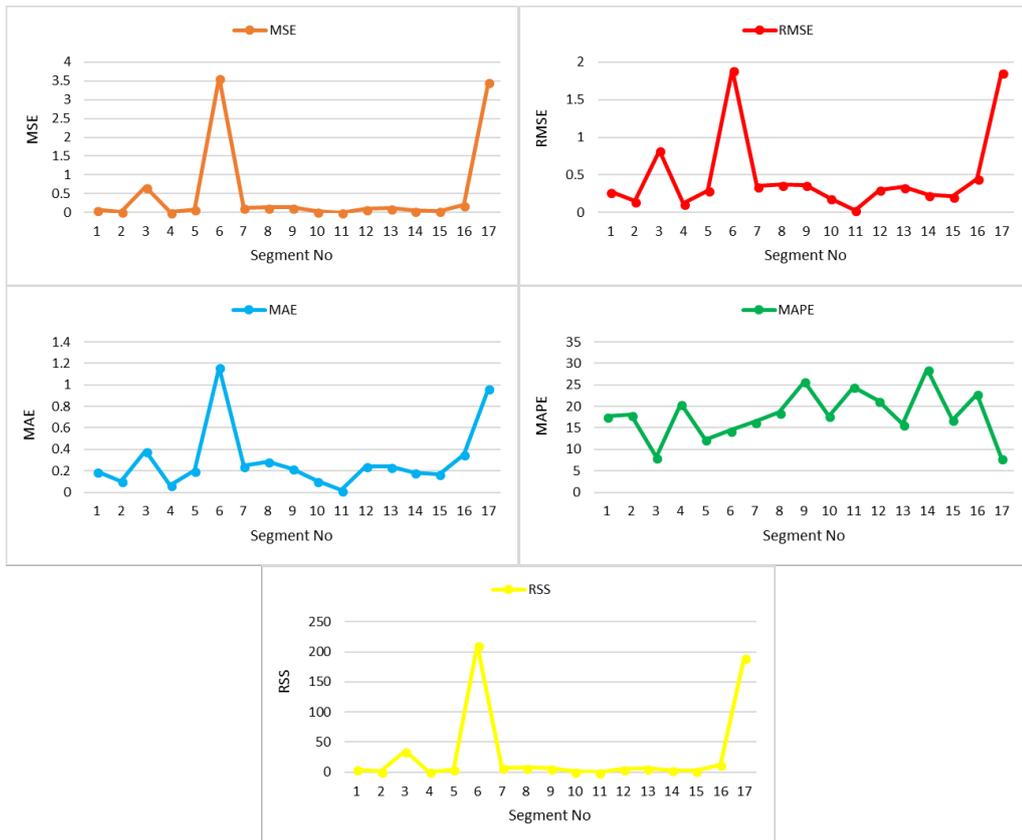


Figure 8. MSE, RMSE, MAE, MAPE, and RSS of bus arrival times predicted from each segment (SARIMAX model)

Conclusion

Giving accurate bus arrival time information to passengers is vital in reducing waiting times and passenger anxiety at the bus stop. This paper examines the success of different time series models under five performance measures for the prediction of bus arrival time

at a bus stop on the 500T route in Istanbul. Different time series models from the literature were applied for predicting bus arrival time. These models are naïve approach, moving average, simple average, ARIMA, Holt’s linear trend, simple exponential smoothing, Holt-Winters method, and SARIMAX. The MSE, MAPE, RMSE, MAE, and RSS are used to evaluate the performance of the prediction methods. According to the obtained results, ARIMA (2,0,1) shows some advantages over the others in most of the performance measures. In addition, the Holt-Winters model has the highest prediction accuracy with respect to MAPE. On the other hand, if the elapsed time is considered, the Holt-Winters model gives a solution in the longest time. Hence, decision makers can select the best method according to their preferences. The prediction methods used in the study can be applied to any public transportation, but we have evaluated the results using Istanbul public transportation data available on the IETT web site. These predictions are shared with passengers using smart bus stops or a mobile application.

In this paper, eight time series models were applied to only one bus route, which is a limitation of the study. For further study, the applied models could be used for different and multiple public transportation routes. In future studies, a machine learning-based solution approach could be applied to estimate bus arrival time.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support.

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

References

- Aboagye-Sarfo, P., Mai, Q., Sanfilippo, F. M., Preen, D. B., Stewart, L. M., & Fatovich, D. M. (2015). A comparison of multivariate and univariate time series approaches to modelling and forecasting emergency department demand in Western Australia. *Journal of Biomedical Informatics*, 57, 62-73.
- Alaoui, S. S., Farhaoui, Y., & Aksasse, B. (2017, April). A comparative study of the four well-known classification algorithms in data mining. In *International Conference on Advanced Information Technology, Services and Systems* (pp. 362-373). Springer, Cham.
- Aroua, A., & Abdul-Nour, G. (2015). Forecast emergency room visits—a major diagnostic categories-based approach. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 6(2), 204.
- Aydin, N., Celik, E., & Gumus, A. T. (2015). A hierarchical customer satisfaction framework for evaluating rail transit systems of Istanbul. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 61-81.
- Bin, Y., Zhongzhen, Y., & Baozhen, Y. (2006). Bus arrival time prediction using support vector machines. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 10(4), 151-158.
- Butler, M. B., Gu, H., Kenney, T., & Campbell, S. G. (2016). P017: Does a busy day predict another busy day? A time-series analysis of multi-centre emergency department volumes. *CJEM*, 18(S1), S83-S84.
- Cadenas, E., Jaramillo, O. A., & Rivera, W. (2010). Analysis and forecasting of wind velocity in chetumal, quintana roo, using the single exponential smoothing method. *Renewable Energy*, 35(5), 925-930.
- Cadenas, E., Rivera, W., Campos-Amezcuca, R., & Heard, C. (2016). Wind speed prediction using a univariate ARIMA model and a multivariate NARX model. *Energies*, 9(2), 109.

- Celik, E., Bilisik, O. N., Erdogan, M., Gumus, A. T., & Baracli, H. (2013). An integrated novel interval type-2 fuzzy MCDM method to improve customer satisfaction in public transportation for Istanbul. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 58, 28-51.
- Champion, R., Kinsman, L. D., Lee, G. A., Masman, K. A., May, E. A., Mills, T. M., & Williams, R. J. (2007). Forecasting emergency department presentations. *Australian Health Review*, 31(1), 83-90.
- Chang, H., Park, D., Lee, S., Lee, H., & Baek, S. (2010). Dynamic multi-interval bus travel time prediction using bus transit data. *Transportmetrica A*, 6(1), 19-38.
- Chatfield, C., & Yar, M. (1988). Holt-Winters forecasting: some practical issues. *The Statistician*, 129-140.
- Chen, Y., & Tjandra, S. (2014). Daily collision prediction with SARIMAX and generalized linear models on the basis of temporal and weather variables. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2432), 26-36.
- Chen, M., Liu, X., Xia, J., & Chien, S. I. (2004). A dynamic bus-arrival time prediction model based on APC data. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 19(5), 364-376.
- Chien, S. I. J., & Kuchipudi, C. M. (2003). Dynamic travel time prediction with real-time and historic data. *Journal of Transportation Engineering*, 129(6), 608-616.
- Chien, S. I. J., Ding, Y., & Wei, C. (2002). Dynamic bus arrival time prediction with artificial neural networks. *Journal of Transportation Engineering*, 128(5), 429-438.
- Kadri, F., Harrou, F., Chaabane, S., & Tahon, C. (2014). Time series modelling and forecasting of emergency department overcrowding. *Journal of Medical Systems*, 38(9), 107-127.
- Mai, Q., Aboagye-Sarfo, P., Sanfilippo, F. M., Preen, D. B., & Fatovich, D. M. (2015). Predicting the number of emergency department presentations in Western Australia: A population-based time series analysis. *Emergency Medicine Australasia*, 27(1), 16-21.
- Papaioannou, G. P., Dikaiakos, C., Dramountanis, A., & Papaioannou, P. G. (2016). Analysis and modeling for short-to medium-term load forecasting using a hybrid manifold learning principal component model and comparison with classical statistical models (SARIMAX, Exponential Smoothing) and artificial intelligence models (ANN, SVM): The case of Greek electricity market. *Energies*, 9(8), 635.
- Park, S. H., Jeong, Y. J., & Kim, T. J. (2007). Transit travel time forecasts for location-based queries. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 7, 1859-1869.
- Rosychuk, R. J., Youngson, E., & Rowe, B. H. (2016). Presentations to emergency departments for COPD: A time series analysis. *Canadian Respiratory Journal*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1382434>
- S.I. Gass, C.M. Harris (Eds.), *Encyclopedia of operations research and management science* (Centennial edition), Kluwer, Dordrecht, The Netherlands (2000).
- Serin, F., & Süleyman, M., (2019). Public transportation graph: A graph theoretical model of public transportation network for efficient trip planning. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 468-472.
- Serin, F., Mete, S., Gul, M., & Celik, E. (2020). Deep Learning for Prediction of Bus Arrival Time in Public Transportation. In *Logistics 4.0* (pp. 126-135). CRC Press.
- Serin, F., Mete, S., & Özceylan, E. (2021). Graph Traversal-based Solutions for Trip Planning in Public Transportation Graph. In *2021 International Conference on Information Technology (ICIT)* (pp. 190-194). IEEE.
- Shalaby, A., & Farhan, A. (2004). Prediction model of bus arrival and departure times using AVL and APC data. *Journal of Public Transportation*, 7(1), 41-61.
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2000). Time series analysis and its applications. *Studies In Informatics And Control*, 9(4), 75-163.
- Tratar, L. F., Mojšker, B., & Toman, A. (2016). Demand forecasting with four-parameter exponential smoothing. *International Journal of Production Economics*, 181, 162-173.
- Tripathi, R., Nayak, A. K., Raja, R., Shahid, M., Kumar, A., Mohanty, S., ... & Gautam, P. (2014). Forecasting rice productivity and production of Odisha, India, using autoregressive integrated moving average models. *Advances in Agriculture*, 2014.

- Van Hinsbergen, C. I., Van Lint, J. W. C., & Van Zuylen, H. J. (2009). Bayesian committee of neural networks to predict travel times with confidence intervals. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(5), 498-509.
- Wei, W., Jiang, J., Liang, H., Gao, L., Liang, B., Huang, J., ... & Qin, F. (2016). Application of a combined model with autoregressive integrated moving average (ARIMA) and generalized regression neural network (GRNN) in forecasting hepatitis incidence in Heng county, China. *PLoS one*, 11(6), e0156768.
- Xu, H., & Ying, J. (2017). Bus arrival time prediction with real-time and historic data. *Cluster Computing*, 20(4), 3099-3106.
- Xu, Q., Tsui, K. L., Jiang, W., & Guo, H. (2016). A hybrid approach for forecasting patient visits in emergency department. *Quality and Reliability Engineering International*, 32(8), 2751-2759.
- Yang, D., Sharma, V., Ye, Z., Lim, L. I., Zhao, L., & Aryaputera, A. W. (2015). Forecasting of global horizontal irradiance by exponential smoothing, using decompositions. *Energy*, 81, 111-119.
- Yang, M., Chen, C., Wang, L., Yan, X., & Zhou, L. (2016). Bus arrival time prediction using support vector machine with genetic algorithm. *Neural Network World*, 26(3), 205-217.
- Yanik, S., Aktas, E., & Topcu, Y. I. (2017). Traveler satisfaction in rapid rail systems: The case of Istanbul metro. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(9), 642-658.
- Yap, M. D., Nijënstein, S., & van Oort, N. (2018). Improving predictions of public transport usage during disturbances based on smart card data. *Transport Policy*, 61, 84-95.
- Yu, B., Lam, W. H., & Tam, M. L. (2011). Bus arrival time prediction at bus stop with multiple routes. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(6), 1157-1170.
- Yuan, C., Liu, S., & Fang, Z. (2016). Comparison of China's primary energy consumption forecasting by using ARIMA (the autoregressive integrated moving average) model and GM (1, 1) model. *Energy*, 100, 384-390.
- Yucesan, M., Gul, M., & Celik, E. (2018). Performance comparison between ARIMAX, ANN and ARIMAX-ANN hybridization in sales forecasting for furniture industry. *Drvena industrija: Znanstveni časopis za pitanja drvne tehnologije*, 69(4), 357-370.
- Zhang, G., Zhang, X., & Feng, H. (2016). Forecasting financial time series using a methodology based on autoregressive integrated moving average and Taylor expansion. *Expert Systems*, 33(5), 501-516.
- Zhang, X., Yan, M., Xie, B., Yang, H., & Ma, H. (2021). An automatic real-time bus schedule redesign method based on bus arrival time prediction. *Advanced Engineering Informatics*, 48, 101295.
- Zibners, L. M., Bonsu, B. K., Hayes, J. R., & Cohen, D. M. (2006). Local weather effects on emergency department visits: a time series and regression analysis. *Pediatric Emergency Care*, 22(2), 104-106.



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1047478

RESEARCH ARTICLE

The Effect of Logistics Innovativeness on the Relationship Between Logistics Capabilities and Logistics Performance: An Empirical Analysis of 3PL Firms

Karahan Kara¹ , Emre İpekçi² 

ABSTRACT

Logistics services within the supply chain are carried out by Third-Party Logistics (3PL) companies. Logistics capabilities constitute the basic capabilities of 3PL companies. Logistics performance levels depend on logistics capabilities and logistics innovativeness levels. This study has two main aims. The first aim is to determine whether there is a significant relationship between the logistics capabilities of 3PL companies and their logistics performance. The second aim of the study is to determine whether there is an intermediary effect of logistics innovativeness. Two research models and two hypotheses were formed in the study. The sample area of the research consists of 3PL companies operating in Artvin. Scales with proven reliability and validity were used to create the research data set. 224 data of the research were collected between May 2021 and December 2021. Covariance-based structural equation modeling (CB-SEM) was applied in the research. As a result of the research, it has been determined that logistics capabilities have a significant effect on logistics performance and logistics innovativeness has a full mediating effect in this relationship. As a result of the research, suggestions were presented to 3PL companies and managers. In addition, the limitations of the study are explained in the last section.

Keywords: Logistics Capabilities, Logistics Innovativeness, Logistics Performance, 3PL Firms, Structural Equation Modeling

Submitted: 26.12.2021 • Revision Requested: 08.03.2022 • Last Revision Received: 12.05.2022 • Accepted: 13.06.2022

¹ **Corresponding author:** Karahan Kara (Ass.Prof.), Artvin Coruh University, Hopa Vocational School, Logistics Program, Artvin, Türkiye.
E-mail: karahan.kara@artvin.edu.tr ORCID: 0000-0002-1359-0244

² Emre İpekçi (Lecturer), Artvin Coruh University, Hopa Vocational School, Logistics Program, Artvin, Türkiye. E-mail: emre.ipekci@artvin.edu.tr
ORCID: 0000-0002-0389-2089

Citation: Kara, K., & İpekçi, E. (2022). The effect of logistics innovativeness on the relationship between logistics capabilities and logistics performance: An empirical analysis of 3PL firms. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 557-577. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1047478>



1. Introduction

Resource-based theory points out that firms should focus on their core competencies to improve their competitiveness and gain competitive advantage over rival firms (Grant, 1991). At this point, companies operating in different industrial fields are making efforts to develop their basic skills. Logistics capabilities, which are beyond the basic capability of many, have started to be carried out by Third-Party Logistics (3PL) companies over time. 3PL companies act as the “orchestrator” that ensures harmony between activities within the supply chain (Zacharia et al., 2011). To acquire sustainable competitive advantage, the effective use of logistics capabilities, which are included in dynamic capabilities, is required (Sandberg and Abrahamsson, 2011). Huang and Huang (2012) considered logistics capabilities to be the ability of logistics service providers and explained them as defining, utilizing, and assimilating all existing internal and external resources to increase customer service quality.

With the revelation of the strategic importance of logistics activities, the necessity of evaluating the performance of logistics activities has emerged (Stank et al., 2005; Fugate et al., 2010). Logistics performance measurement is basically explained as determining the efficiency and productivity levels in logistics activities (Mentzer and Konrad, 1991). It is also stated that logistics performance measurement is among the components that make up organizational and firm performance (Chow et al., 1994). In the literature, logistics capabilities are handled with different approaches and their effects on logistics performance are examined (Lynch et al., 2000; Shang and Marlow, 2005; Ralston et al., 2013; Karagöz and Akgün, 2015; Kirono et al., 2019). In addition, there are studies that deal with logistics performance measurement with different measurement approaches (Korpela and Tuominen, 1996; Qureshi et al., 2009; Liu and Lyons, 2011). The logistics performance measurement method based on the evaluation of the logistics performance of the employees and managers of their companies is known as the logistics performance measurement based on scales. In this context, scales have been developed in the literature to determine the logistics performance of companies (Wang et al., 2018; Zhang et al., 2019).

Innovative steps to develop logistics capabilities have revealed the concept of logistics innovativeness (Flint et al., 2005). Logistics innovativeness benefits companies in improving their logistics capabilities (Kara and İpekçi, 2021). At the same time, it is a driving force in increasing logistics performance. Considering these benefits of logistics innovativeness, it can have an active role in the relationship between logistics capabilities and logistics performance. Based on this evaluation, the aim of this research is to explain the relationship between the logistics capabilities of 3PL companies and their logistics performance, and to determine whether logistics innovativeness has a mediating effect. For this purpose, two research questions were formed within the scope of the research. The research questions are:

- *Research question 1:* Do logistics capabilities have a significant positive effect on logistics performance?

- *Research question 2:* Does logistics innovativeness have a mediating role in the relation of logistics capabilities and logistics performance?

To answer the research questions, an empirical study of 3PL companies operating in the province of Artvin was conducted. The variables discussed within the scope of the research are explained conceptually and theoretically in the second part of the paper. In the third part of the paper, the literature review of the relations between the variables, the framework of the research and the hypotheses of the research are presented. The research methodology, the scales and the sample area are presented in the fourth part. In the fifth part, the findings of the research are given. The results of the research are presented in the sixth part. In the seventh part, the limits of the research and the conclusions obtained as a result of the research are presented.

2. Theoretical background and conceptual framework

2.1. Logistics Capabilities

Logistics activities are cost elements that have a direct impact on the product sales price (Goor et al., 2008). This situation requires businesses to attach more importance to logistics processes to manage price-oriented competition. Logistics is also of great importance in the supply chain management planning process with the information obtained, as well as dealing with the product movement (Heizer et al., 2019). Businesses' logistics capabilities are also critical in planning supply chains and cost management.

Logistics capabilities cover all the elements that enable the resources of the enterprises to perform well (Christopher, 2016). Logistics capabilities also focus on raising the level of customer services (Fernandes et al., 2018). Businesses consider many different performance criteria during the evaluation of logistics capabilities. Various performance criteria such as on-time delivery, vehicle occupancy rates, loss and damage rates are used in logistics performance measurement and monitoring. Logistics capabilities should also be addressed according to the field in which the business operates. For this reason, logistics capabilities should be evaluated in terms of businesses that produce logistics services and need logistics services through outsourcing. In the literature, it is mentioned that logistics capabilities are handled differently in production enterprises and 3PL companies (Yorulmaz and Birgün, 2016).

The main function of logistics is to carry out the movement of products, and when it is evaluated in terms of production companies, logistics becomes a whole with storage, stock management, order management and other value-added services. At this point, the logistics capabilities of 3PL companies involved in the execution of logistics services are also important. Huang and Huang (2012) describe the logistics capabilities of 3PL firms as service, innovation and flexibility. Mentzer et al. (2004) also classified logistics capabilities into four main groups: "demand management capability, supply management capability, information management capability and coordination capability." Although logistics capabilities are handled with different classifications in the literature, the main feature that should be in logistics capabilities is to keep up with changing environmental conditions and to create an advantage over competitors. In addition, logistics capabilities

are expected to have the characteristics of using the resources of the enterprises correctly and benefiting from organizational capabilities (Gligor and Holcomb, 2012). The aim of this study is to explain the relationship between these capabilities and performance by accepting logistics capabilities as the basic capabilities of 3PL companies.

2.2. Logistics innovativeness

The concept of innovation first comes to mind as introducing new products in terms of technology. But innovation is conceptualized beyond the boundaries of “technological innovation.” Rogers (1995) suggests that the concept of innovation can take place in three forms. These are *idea*, *practice* and *purpose*. It is also suggested that these forms of innovation can occur at all levels, from the individual to the unit stage. But the indispensable feature of innovation is that it is “new.” When the theoretical foundations of the innovation concept are examined, it is seen that more than one theoretical approach explains the innovation concept (Grawe, 2009). “The knowledge-based view” explains that firms need information to gain competitive advantage (Turner & Makhija, 2006). With the “idea” form of innovation, companies can gain competitive advantage by generating knowledge. “The dynamic capabilities framework” suggests that companies create value with their dynamic capabilities (Teece et al., 1997). With the “practice” form of innovation, companies gain competitive advantage by producing new technologies. “The Schumpeterian innovation framework” argues that large firms are more powerful in creating innovation and can use this as a competitive advantage (Schumpeter, 1942). With the “purpose” form of innovation, companies can become a pioneer in the market by making innovation a goal.

“The resource-advantage theory” argues that innovation practices take place to gain competitive advantage (Grawe, 2009). In order for companies to take advantage of the resources they have, they need to transform their resources into a more powerful and competitive form. Renewing logistics resources and capabilities with innovation practices provides companies with logistics advantages. At this point, the concept of logistics innovativeness emerges. In the literature, the concept of logistics innovativeness is discussed with two different approaches. These are logistics innovativeness obtained with cognitive applications and logistics innovativeness obtained with non-cognitive applications (Cui et al., 2012). Flint et al. (2005) argue that logistics innovativeness takes place in line with a specific purpose and within a specific program. Wagner and Franklin (2008) explain that logistics innovativeness takes place to find solutions to the difficulties encountered as a result of changes in customer demands and needs, and that this process does not have a cognitive infrastructure.

Cui et al., (2012) point out that there are many factors that affect logistics innovativeness. These factors are categorized as antecedents, successors, and barriers. Antecedents affecting logistics innovativeness are “knowledge, networking, technology (Chapman et al., 2003), financial reasons (Soosay and Hyland, 2004), customer orientation, supply chain management and innovation management (Flint et al., 2008), customer and competitor orientation (Grawe et al., 2009).” The successors of logistics innovativeness are competitive advantage (Persson, 1991), differentiation advantage (Twede, 1992),

operational service quality (Richey et al., 2005), effective logistics service provision (Panayides and So, 2005) and customer loyalty (Wallenburg, 2009). The barriers affecting logistics innovativeness are the lack of innovation of supply chain members (Gellman, 1986), irregular cooperation, closure and lack of diversity.

In this study, the innovation approaches of logistics service providers in logistics services are discussed within the concept of logistics innovativeness. At this point, the concept of logistics innovativeness has been accepted as innovative ideas, practices and purposes in logistics activities. At the same time, logistics capabilities constitute the basic capabilities of 3PL companies. The “Resource-Based View” argues that companies should focus on their basic resources and capabilities to gain competitive advantage (Barney, 1991). Thus, it is necessary to consider logistics capabilities as a precursor to logistics innovativeness. Logistics performance of 3PL companies are accepted as outputs of both logistics capabilities and logistics innovativeness. In addition, the concept of logistics innovativeness is considered a mediating variable in the theoretical and conceptual framework of this study.

2.3. Logistics Performance

Many businesses in different sectors look for ways to strengthen their position in the market by carrying out long and short-term performance measurements. Although performance measurement started as the analysis of production systems, it is possible to measure performance in different units thanks to many different methods developed today. Businesses can measure performance on different criteria such as cost, profitability, efficiency, quality and customer service level (Işığışok, 2005). Businesses also determine their logistics performance with financial and non-financial performance measurement methods. While financial performance measurements take place in areas such as budgeting, cost estimation methods and task cost, non-financial performance measurements occur in areas such as delivery times, quality, customer service and inventory turnover (Andersson et al., 1989). Performance measurements are carried out based on the criteria determined by the enterprises. The fact that businesses serve in different sectors and have different goals prevents the performance criteria from being generalizable (Chow et al., 1994). However, there are criteria commonly used in performance measurement in the literature. Hotrawaisaya et al (2014) show cost, time and reliability criteria among these criteria. In addition to these general performance measurement criteria, there are also basic criteria used in logistics performance measurements. Bakan and Şekkelı (2015) (2015) explain these criteria as order cycle times, compliance with delivery dates, service with optimum stock level, transportation tariffs, minimum damage and high coordination.

Today, businesses focus on their core competencies and carry out their logistics services through 3PL companies. At this point, the logistics performance levels of 3PL companies directly affect the general performance of the enterprises. Considering the role of 3PL companies in the supply chain, even if the basic capabilities of the enterprises are successful, the supply chain performance level cannot be successful if the logistics performance level of the 3PL companies is not at the desired level. Performance criteria expected from 3PL companies are timely, complete and error-free deliveries, frequent

deliveries, the lowest level of damaged orders and high vehicle occupancy rates (Slack, 1994).

With increasing competition conditions, businesses and 3PL companies are triggering efforts to determine the current logistics performance situations. This situation has led to the emergence of companies that measure logistics performance. There are also differences in logistics performance measurement criteria and the methods of companies that carry out logistics performance measurement. The company Datapine explains its logistics performance measurement indicators as follows: “Shipping time, order accuracy, picking accuracy, delivery time, pick and pack cycle time, equipment utilization rate, transportation costs, warehousing costs, pick and pack costs, use of packing material, number of shipments, inventory accuracy, inventory turnover, inventory to sales ratio” (Datapine, 2021). Opsdog, on the other hand, explains the 5 simplest logistics performance measurement indicators as follows: “Customer Backorder Rate, Inventory Accuracy, Inventory Turnover, Transportation Cost per Mile, Perfect Customer Order Rate” (Opsdog, 2021). This situation shows that there are differences in logistics performance measurement methods in the literature and in practice. However, in this study, the Survey-base technique was used to determine the logistics performance of 3PL companies. For this reason, the study aimed to determine the logistics performance success status of 3PL companies according to the perceptions of employees with the help of a questionnaire.

3. Literature review and hypotheses development

Logistics capabilities unify and integrate the company’s other capabilities. They play an important role in improving the logistics performance of companies (Gunasekaran and Ngai, 2003; Hua et al., 2016). Karagöz and Akgün (2015) examined the effect of logistics capabilities of international logistics companies operating in Turkey on their logistics performance. It was concluded that logistics capabilities have a significant effect on logistics performance. Chu et al (2018) stated that the various logistics capabilities of logistics companies operating in China are insufficient and therefore their logistics performance is not at the desired level. Lyu et al. (2019) considered the “Logistics infrastructure,” “Logistics location,” “Logistics knowledge” and “Logistics information” capabilities of companies as logistics resources and examined the impact on the operational performance of companies. As a result of this research, they concluded that “Logistics infrastructure,” “Logistics location” and “Logistics information” resources have a significant effect on operational performance. Bin Mohamad Makmor et al. (2019) explained the variables that affect the logistics performance of 3PL companies operating in Malaysia as “Management Commitment,” “Skills and Knowledge” and “Financial competency.” At the same time, they explained that these factors should be considered in the evaluation of the logistics performance of 3PL companies. Yudistira et al. (2019) concluded that the collaboration variable has a positive and significant effect on the logistics performance variable in freight forwarding companies. At the same time, it was concluded that logistics capabilities have a partial mediation effect in this relationship. Hua et al. (2016) found that logistics service ability has an intermediary effect on the effect of logistics capabilities on logistics performance in the sample area of logistics companies

operating in China. Wang (2020) interpreted logistics capabilities as “*operation flexibility - focused capability, innovation - focused capability and process optimization - focused capability*” in their study on the logistics capabilities of courier companies operating in Australia. In a study conducted on a sample from the Hopa Sarp customs gate, Tuygun Toklu (2021) concluded that the “tangibles” variable of customs significantly affects the total service quality of customs, the “Overall Service Quality” variable significantly affects the logistics efficiency of customs, but the “Logistics Efficiency” variable does not significantly affect logistics performance. In a study conducted with a sample from IKEA, Hellström and Nilsson (2011) explained that creating innovation in packaging, which is among the logistics activities, plays an active role in increasing the success of logistics and supply chain activities. Using a sample of 123 3PL firms, Karia and Wong (2012) found that logistics capabilities have a significant effect on firms’ innovation performance. Mohd et al. (2017) stated that the logistics capabilities, information technology applications and innovation capabilities of logistics service providers operating in Malaysia have a positive and significant effect on the performance of logistics companies.

Studies dealing with the effect of logistics capabilities on logistics performance in the literature mostly explain that logistics capabilities have a significant effect on logistics performance. In relatively few studies is it seen that logistics capabilities do not have a significant effect on logistics performance. In addition, in the literature, there are studies that deal with the relationship between logistics capabilities, logistics performance and innovation of companies in the sample areas of 3PL firms. However, no research has been found that deals with the logistics of innovation and aims to explain the mediating role of innovation in the relationship between logistics capabilities and logistics performance. Therefore, this study aims to fill this gap in the literature by determining the effect of logistics capabilities on logistics performance and the mediating role of logistics innovativeness in this relationship. In this context, our research models are presented in Figure 1 and our hypotheses are as follows:

H1: Logistics capabilities have a significant effect on logistics performance.

H2: Logistics innovativeness has a mediating effect in the relationship between logistics capabilities and logistics performance.

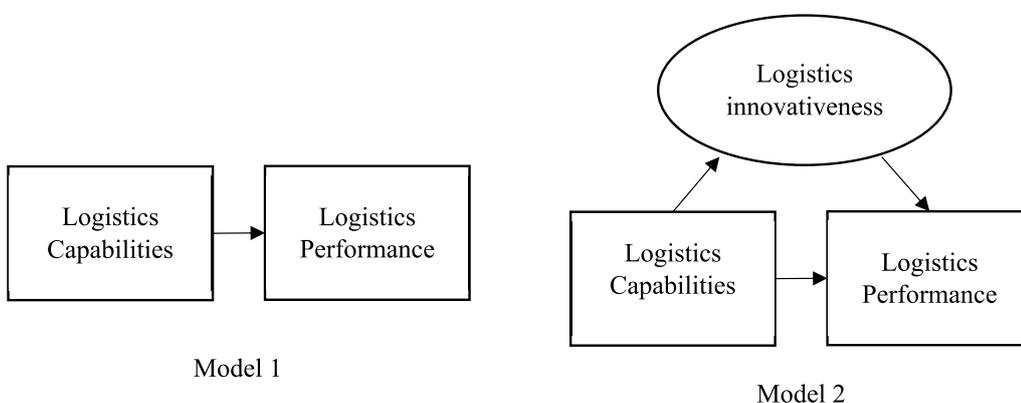


Figure 1. Research models.

4. Methodology

4.1. Questionnaire design

To explain the relationship between logistics capabilities and logistics performance and to reveal the mediating role of logistics innovativeness in this relationship, scales with proven validity and reliability in the literature were used. Wang et al.'s (2018) logistics capabilities scale was developed. The logistics capabilities scale was applied in a study conducted with a sample from Australian logistics courier companies. It consists of one dimension and a total of 8 items. The reliability and validity values of the scale are at acceptable levels (Cronbach alpha=0.89, CR=0.91, AVE=0.62). In addition, all the factor loads of the items are greater than 0.70.

The logistics innovativeness scale was developed by Anderson and West (1998). The logistics innovativeness scale was adapted by Ralston (2013) and applied to logistics and supply chain managers. It scale consists of one dimension and a total of 5 items. The reliability and validity values of the scale are at acceptable levels (Cronbach alpha=0.96, AVE=0.82). In addition, all the factor loads of the items are greater than 0.70.

The logistics performance scale was developed by Wang et al (2018). The logistics performance scale was implemented in Australian logistics courier companies. It consists of one dimension and a total of 9 items. The reliability and validity values of the scale are at acceptable levels (Cronbach alpha=0.94, CR=0.95, AVE=0.66). In addition, all the factor loads of the items are greater than 0.70.

In the research, demographic questions (Gender, Marital Status, Age, Education Status, Tenure, Logistics Sector) were asked of 3PL employees. Afterwards, the scales were arranged in the 5-point Likert Scale format and a questionnaire was administered ("1" =Strongly disagree to "5" =Strongly agree).

This research was conducted in accordance with the "Ethics Committee Decision" of Artvin Coruh University, dated 06.04.2021 and numbered 8616.

4.2. Sampling

Artvin is a city located in the northeastern region of Turkey. In terms of logistics, Artvin province has various advantages. HopaPort harbor is in the Hopa district of Artvin province. Artvin is also home to Sarp customs, which is the gate on the land border with Georgia. Artvin, which is on the transit route of highways from Turkey to Georgia, Russia, Armenia and Central Asian countries, is also in an active position in road transport. On the other hand, there is no rail transport in the area. The fact that Artvin is in a valuable location in terms of logistics causes an increase in the number of internationally operating 3PL companies in this region. In this study, logistics capabilities, logistics performance and logistics innovativeness levels of 3PL companies operating in Artvin province are discussed. There are 62 transport companies registered with the Hopa Chamber of Commerce and Industry (Hopa, 2021). In addition, HopaPort provides "bulk solid cargo, general cargo, project cargo, container, tank terminal, grain terminal and cement terminal

services (HopaPort, 2021)". Customs services are also carried out at the Sarp customs gate. The aim of this research was to determine the logistics capabilities, logistics performance and logistics innovativeness status based on the attitudes of logistics company employees. Surveys were prepared and sent to 3PL companies operating in the province of Artvin. The data set was collected between May 2021 and December 2021. The frequency status of the data set obtained from successfully completed questionnaires is shown in Table 1. When Table 1 is examined, 27% of the respondents are female and 73% are male. About 40% of the employees are single. Approximately 65% of the total participants are in the 30-50 age group. It has been observed that there is a low education level. Looking at the sectoral distribution, it is seen that approximately 60% of participants work in companies that provide road transport services.

Table 1: Frequency of the sample

Gender	No	%	Marital Status	No	%
Woman	66	27	Married	149	61
Man	178	73	Single	95	39
Total	244	100	Total	244	100
Age	No	%	Education Status	No	%
18-30	46	18.8	Pre-high school and high school	132	54
31-40	89	36.5	Associate degree	61	25
41-50	72	29.5	Undergraduate	39	16
50 +	37	15.2	Postgraduate	12	5
Total	244	100	Total	244	100
Tenure	No	%	Logistics Sector	No	%
0-5	98	40.1	Transportation	143	58.6
5-10	78	31.9	Warehousing and Packing	33	13.5
10-20	46	18.8	Customs	47	19.2
20 +	22	9.2	Others	21	8.7
Total	244	100	Total	244	100

5. Findings

5.1 Reliability and validity of the scales

To determine the logistics capabilities, logistics innovativeness and logistics performance of 3PL companies operating in Artvin, scales with proven validity and reliability in the literature were used. In order to carry out the reliability, validity and relational analyses of these scales, first of all, the normal distribution of the collected data set should be revealed. The Kolmogorov and Smirnov normality test results of the data set collected within the scope of our research and the skewness and kurtosis values of the data are shown in Table 2. When the skewness and kurtosis values of the scales are examined, it is observed that the values are between -1.5 and +1.5. This explains that the data set used in the research is normally distributed (Tabachnick et al., 2007). The findings of the multivariate normality test are shown in Appendix-1. When the "Multivariate c.r." is examined, it is seen that there is no normal distribution. Therefore, generalized least squares are applied instead of maximum likelihood in the measurement model.

Table 2: Kolmogorov-Smirnov normality test, Skewness and Kurtosis Values

Scales	N	Mean	SD	Kolmogorov-Smirnov Z	Asymp. Sig.	Skewness	Kurtosis
Logistics Capabilities	224	4.27	0.56	1.918	0.001	- 0.419	- 0.538
Logistics innovativeness	224	3.88	0.63	2.174	0.000	- 0.670	0.700
Logistics Performance	224	3.68	0.76	2.099	0.000	- 0.666	0.258

Kaiser Meyer Olkin (KMO) and Bartlett's Test of Sphericity tests were conducted with the help of the SPSS package program to test the validity of the scales based on the data set we obtained from our research sample area. According to the test results, Bartlett's Test of Sphericity values of all scales is below 1% significance level. At the same time, according to the KMO test results, the values of all scales are above 80%. These obtained values are shown in Table 3. Tabachnick et al. (2007) explains that Bartlett's Test of Sphericity values below 1% and KMO test values above 60% are sufficient for the scales to be valid. At this point, it is understood that the scales of logistics capabilities, logistics innovativeness and logistics performance are at an acceptable level of validity.

Table 3: KMO and Bartlett Tests

		Logistics Capabilities	Logistics Innovativeness	Logistics Performance
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.914	0.848	0.937
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1114.214	372.299	1273.585
	df	28	10	36
	Sig.	0.000	0.000	0.000

Since the items of the scales are in English, they were translated into Turkish before they were applied to the sample area. Turkish items were checked by the translators. Subsequently, the survey administration was carried out in Turkish. For this reason, it was necessary to perform exploratory factor analysis (EFA) of the scales. EFA analysis findings of logistics capabilities, logistics innovativeness and logistics performance scales are shown in Table 4. It was understood that all the factor loads of the expressions belonging to the scales were greater than 0.60 and each scale consisted of one dimension. It is known that factor loads greater than 0.32 are sufficient in social science research (Büyüköztürk et al., 2017). At this point, it can be stated that the internal consistency levels of the scales are acceptable and reliable.

In addition to EFA, Confirmatory factor analysis (CFA) results were obtained with the help of the AMOS package program. Table 5 shows the estimates values, standard error values and model fit values of logistics capabilities, logistics innovativeness and logistics performance scales. When all estimates' values were examined, it was understood that all of them were above 60%. At this point, it is understood that the internal consistency is at an acceptable level (Tabachnick et al., 2007). It is also seen that all the Structural equation model (SEM) fit values are within the acceptable level. The reliability levels of the scales, namely Cronbach's alpha values, were determined with the help of SPSS and are presented in Table 5. Cronbach's alpha values for logistics capabilities, logistics innovativeness and logistics performance are 0.914, 0.828 and 0.926, respectively. For

Table 4: Exploratory factor analysis results of LC, LI and LP scales

Items	Factor Loads	Eigenvalues / Total Variance Percentage	AVE / CR
LC5- "My firm is capable of maintaining consistent on-time delivery for all customers."	0.881	5.107 / % 63.84	0.638 / 0.933
LC4- "My firm is capable of maintaining a low freight damage / loss rate."	0.841		
LC6- "My firm is capable of handling problems and complaints."	0.828		
LC3- "My firm applies protection for freight safety and risk."	0.816		
LC1- "My firm applies simplification of operations."	0.794		
LC2- "My firm is capable of maintaining consistent on-time delivery for all customers."	0.758		
LC8- "My firm is capable of offering routine services."	0.748		
LC7- "My firm has skilled and qualified personnel."	0.713	2.989 / % 59.77	0.597 / 0.881
LI4- "My company uses materials that consume less energy and fewer resources."	0.783		
LI2- "Our logistics employees take the time needed to develop new ideas."	0.781		
LI1- "Our logistics employees are open and responsive to change."	0.779		
LI3- "Our logistics employees cooperate in order to help develop and apply new ideas."	0.769		
LI5- "Our logistics employees provide practical support for ideas and their application."	0.753	5.699 / % 63.32	0.633 / 0.939
LP6- "My firm has high customer satisfaction."	0.866		
LP4- "My firm has a low rate of customer complaints."	0.828		
LP3- "My firm has less damaged / lost freight."	0.827		
LP2- "My firm has a low frequency of disruptions / delays."	0.826		
LP9- "My firm maintains accurate billing / transit/ delivery information."	0.799		
LP1- "My firm maintains low operating costs."	0.786		
LP7- "My firm has a short customer response time."	0.781		
LP5- "My firm has on-time and accurate delivery."	0.763		
LP8- "My firm has a reputation in the industry."	0.670		

discriminant validity, the square root of AVE values should be higher than the correlation between variables (Henseler et al., 2015). AVE square root and correlation values are presented in Table 6. Accordingly, discriminant validity is appropriate.

5.2. Test of the research hypothesis

To answer our research questions based on the relationships between logistics capabilities, logistics innovativeness and logistics performance of 3PL companies operating in the Artvin region, it would be appropriate to determine the correlation relationships between the variables. Here, the correlation relationship between the variables included in the research is presented in Table 6. It is clearly seen that the highest correlation relationship is between logistics innovativeness and logistics performance ($r(244)=0.619$, $p<0.01$). It was understood that the relationships between logistics capabilities and logistics performance ($r(244)=0.214$, $p<0.01$) and between logistics capabilities and logistics innovativeness ($r(244)=0.235$, $p<0.01$) were low.

Table 5: Confirmatory factor analysis and Cronbach’s alpha results of LC, LI and LP scales

Parameter Estimates	Estimate	S.E.	Fit Values	AVE / CR	Cronbach’s Alpha(α)
Measuring Model					
LC1 <--- LC	0.743*	0.124	“ χ^2 [35.5, N=224] = 16, CMIN/df (2.216)**, CFI (0.982)***, RFI (0.945)***, IFI (0.983)***, TLI (0.969) NFI (0.969)***, RMSA (0.074)*****”	0.583 / 0.917	0.914
LC2 <--- LC	0.712*	0.105			
LC3 <--- LC	0.790*	0.098			
LC4 <--- LC	0.830*	0.115			
LC5 <--- LC	0.879*	0.107			
LC6 <--- LC	0.778*	0.111			
LC7 <--- LC	0.664*	0.142			
LC8 <--- LC	0.689*				
LI1 <--- L1	0.715*		“ χ^2 [1.1, N=224] = 1, CMIN/df (1.337)**, CFI (0.995)***, RFI (0.965)***, IFI (0.995)***, TLI (0.991) NFI (0.982)***, RMSA (0.039)*****”	0.502 / 0.834	0.828
LI2 <--- L1	0.714*	0.117			
LI3 <--- L1	0.710*	0.098			
LI4 <--- L1	0.720*	0.086			
LI5 <--- L1	0.686*	0.100			
LP1 <--- LP	0.756*		“ χ^2 [50.1, N=224] = 26, CMIN/df (1.928)**, CFI (0.981)***, RFI (0.946)***, IFI (0.981)***, TLI (0.973) NFI (0.961)***, RMSA (0.065)*****”	0.585 / 0.926	0.926
LP2 <--- LP	0.812*	0.102			
LP3 <--- LP	0.814*	0.077			
LP4 <--- LP	0.808*	0.079			
LP5 <--- LP	0.733*	0.071			
LP6 <--- LP	0.833*	0.082			
LP7 <--- LP	0.723*	0.083			
LP8 <--- LP	0.614*	0.076			
LP9 <--- LP	0.768*	0.087			

Notes: ** p<0.01, ** CMIN/df < 3 (Good fit), *** CFI, NFI, RFI, IFI, TLI > 0.90 (Good fit), **** 0.05 <RMSA< 0.08 (Acceptable fit), ***** RMSA< 0.05 (good fit)”

Our first research question is whether there is a relationship between logistics capabilities and logistics performance. Therefore, our first hypothesis was created to test whether logistics capabilities have a significant effect on logistics performance. To test our first hypothesis, an SEM path analysis model covering two variables was established. The result of the path analysis is shown in Figure 2. When Figure 2 is examined, it is seen that logistics capabilities have a significant positive effect on logistics performance ($\beta = 0.46$, $p < 0.01$). In addition, as presented in Table 7, all fit values of the path analysis model are at an acceptable level. At this point, the first hypothesis of our research was supported.

The mediating variable basically creates a change in the effect of the independent variable on the dependent variable. In this relationship, the mediator variable is expected to render the effect of the independent variable on the dependent variable meaningless. In addition,

Table 6: Correlation relations of variables

Variables	Mean	S.D.	LC	LI	LP
LC	4.27	0.56	0.763**		
LI	3.88	0.63	0.235*	0.708**	
LP	3.68	0.76	0.214*	0.619*	0.764**

Notes: * p < 0.01, ** Sqrt AVE

it is accepted that the effect of the independent variable on the dependent variable is reduced. Baron & Kenny (1986) emphasize that 4 basic conditions must be met to talk about the effect of the mediating variable in model studies with mediating variables. The first condition is that the independent variable has a significant effect on the dependent variable. The first model and research question of our research was carried out to prove the first condition. As a result of the first model analysis, it was found that logistics capabilities have a positive and significant effect on logistics performance.

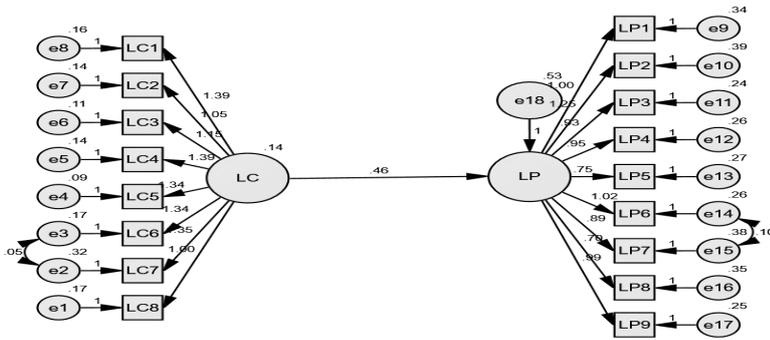


Figure 2. Path analysis model of LC and LP (with generalized least squares).

The second condition is that “the independent variable must have a significant effect on the mediating variable.” The third condition is that “the mediator variable has a significant effect on the dependent variable.” The fourth condition is that “the independent variable loses its significant effect on the dependent variable after the mediator variable is included in the model.” SEM was created within the scope of the second model of our research. The relationships of the path analysis model are shown in Figure 3. As seen in Figure 3, logistics capabilities have a significant effect on logistics innovativeness ($\beta = 0.35, p < 0.01$). This proves that the second condition is fulfilled. The effect of logistics innovativeness on logistics performance is also significant ($\beta = 0.89, p < 0.01$). This proves that the third condition is fulfilled. After the mediating variable, logistics innovativeness, was included in the model, the effect of logistics capabilities on logistics performance lost its significance level ($\beta = -0.20, p = 0.176 > 0.01$). This proves that the fourth condition is fulfilled. In addition, it is shown in Table 8 that all the fit values of our second research model are at an acceptable level. Thus, it is seen that the significant effect of the independent variable (LC) on the dependent variable (LP) in our first research model

Table 7: LC and LP path analysis model

Parameter Estimates	Estimate (β)	S.E.
Structural Model		
LP <--- LC	0.46*	0.161
Fit Values		
“ $\chi^2 [183.5, N=224] = 116, CMIN/df (1.582)**$, GFI (0.903)***, RMSA (0.051)*****”		
Notes: ** $p < 0.01$, * $3 < CMIN/df < 5$ (Acceptable fit), *** GFI > 0.90 (Acceptable fit), **** $0.05 < RMSA < 0.08$ (Acceptable fit)”		

disappeared in the second research model. In this case, it is understood that the mediating variable, logistics innovativeness, has a “full mediating effect” on the relationship between logistics capabilities and logistics performance. Thus, our second hypothesis, which we created within the scope of the research, was supported. Sobel test analysis findings are presented in Appendix-2. Considering the Sobel test values ($p < 0.05$), the findings obtained by CB-SEM analysis are supported.

6. Conclusion and discussion

The main purpose of this study, which was carried out on logistics service providers, is to deal with the relationship between logistics capabilities, which constitute the basic capabilities of logistics companies, and logistics performance, from the perspective of Resource-view Theory. At the same time, determining whether innovative activities in the field of logistics, which affect the development of logistics capabilities, have a significant effect on logistics performance is another aim of the research. As a result of the research, two main conclusions were reached. The first result is that the logistics capabilities of 3PL companies have a significant effect on logistics performance. The second result is that the logistics innovativeness levels of 3PL companies have a full mediation effect on the relationship between logistics capabilities and logistics performance.

Table 8: LC, LI and LP path analysis model

Parameter Estimates	Estimate (β)	S.E.
Structural Model		
LI <--- LC	1.07*	0.148
LI <--- LP	0.49*	0.138
LC <--- LP	-0.20**	0.144
Fit Values		
“ $\chi^2 [315.3, N=224] = 206$, CMIN/df (1.531)***, GFI (0.871)****, RMSA (0.050)*****”		
Notes: “* $p < 0.01$, ** $p = 0.176 > 0.01$, *** $3 < \text{CMIN/df} < 5$ (Acceptable fit), **** GFI > 0.85 (Acceptable fit), ***** $0.05 < \text{RMSA} < 0.08$ (Acceptable fit)”		

In the literature, it is emphasized that logistics capabilities have an increasing effect on logistics performance (Morash and Lynch, 2002). The fact that the logistics capabilities obtained as a result of this research have a significant effect on logistics performance is in parallel with the results obtained in the literature (Karagöz and Akgün, 2015; Chu et al., 2018). Logistics capabilities are considered among the dynamic capabilities of logistics service providers. The fact that the relationship between the dynamic capabilities of 3PL companies and their performance is significant in the literature (Arun and Özmutlu, 2021) also supports the research result. Based on increasing logistics service performance, 3PL companies should strengthen their cooperation with other companies that demand logistics services (Yudistira et al., 2019). At this point, it can be mentioned that logistics capabilities play an active role in increasing collaborative logistics performance.

Innovative activities that increase the quality and efficiency of logistics services provide added value to companies. 3PL companies need to be more innovative to increase customer expectations and gain competitive advantage against competitors (Chu et al., 2018).

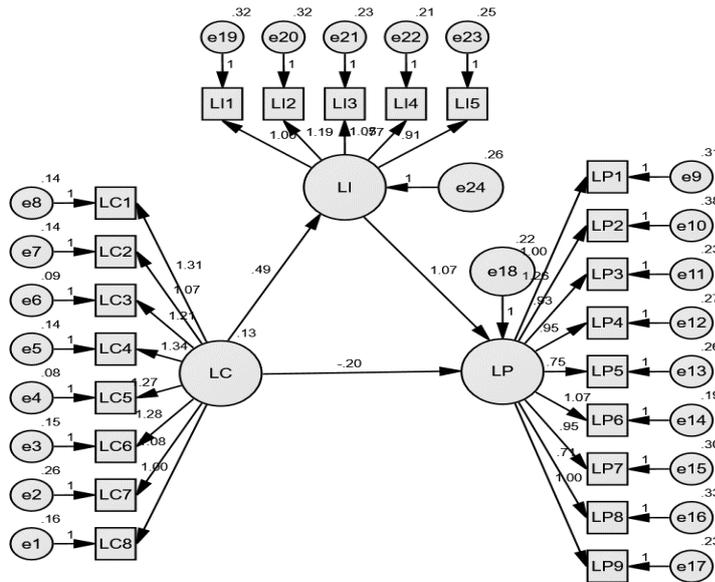


Figure 3. Path analysis model of LC, LI and LP (with generalized least squares)

Logistics innovativeness approaches contribute to the innovation of 3PL companies. These contributions play an active role in improving logistics performance by supporting the development of logistics capabilities. At the same time, 3PL companies need to carry out innovative activities in a systematic structure and keep up with environmental changes to survive (Shen et al., 2009). The finding of the intermediary effect of logistics innovativeness obtained as a result of the research reveals the importance of 3PL companies having logistics capabilities developed with innovative approaches in order to improve their logistics performance. In addition, this study contributes to the literature by examining the relationship between logistics-based talent, innovation and performance.

7. Implication and limitation

Logistics service providers, whose importance is increasing day by day, play an active role in the realization of logistics activities within the supply chain. Logistics companies, which have a complementary role in strong supply chain structures, are expected to improve their capabilities to be effective and efficient and to increase their service quality with more innovative approaches. The findings and conclusions based on the results obtained from this research are discussed at the manager and firm level. 3PL companies should make efforts to improve their logistics capabilities to establish a competitive advantage over their competitors. At the same time, it should carry out innovation activities that accelerate logistics activities and bring them to a more reliable level. Considering the lack of in-organizational R&D units at logistics companies, it is recommended that they cooperate with innovation-oriented companies that consider the development of logistics activities. With this study, it is recommended that managers working in 3PL companies make decisions that aim to develop logistics capabilities with strategically innovative product and process approaches. The existence of logistics innovativeness is necessary in the process of determining the vision and mission of 3PL companies. At the tactical and operative level, it is necessary to establish the necessary administrative structure to

identify deficiencies in meeting customer needs while performing logistics activities and to develop innovation ideas that complement these deficiencies.

There are 3 different limitations of the research. The first of these is the sample area of the research. The sample area of the study consists of 3PL companies in Artvin. When generalizing about the research, the sample should be considered. The second is the period in which the research was conducted. The research was carried out in 2021, when pandemic conditions continued. Re-evaluating the research after pandemic conditions are over and comparing the results will contribute to the literature. The last limitation of the study is the methodological approach of the research. The research was carried out based on the attitudes of the personnel working in 3PL companies. There are different approaches to logistics performance determination in the literature. Reconsidering the research question with these approaches and comparing the results obtained will contribute to the expansion of the literature.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support

Author Contributions: Conception/Design of Study- K.K., E.İ.; Data Acquisition- K.K., E.İ.; Data Analysis/Interpretation- K.K.; Drafting Manuscript- K.K.; Critical Revision of Manuscript- K.K., E.İ.; Final Approval and Accountability- K.K., E.İ.

References

- Andersson, P., Aronsson, H., & Storhagen, N. G. (1989). Measuring logistics performance. *Engineering Costs and Production Economics*, 17(1-4), 253-262. [https://doi.org/10.1016/0167-188X\(89\)90074-8](https://doi.org/10.1016/0167-188X(89)90074-8)
- Anderson, N. R., & West, M. A. (1998). Measuring climate for work group innovation: development and validation of the team climate inventory. *Journal of Organizational Behavior: The International Journal of Industrial, Occupational and Organizational Psychology and Behavior*, 19(3), 235-258. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1379\(199805\)19:3<235::AID-JOB837>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1379(199805)19:3<235::AID-JOB837>3.0.CO;2-C)
- Arun, K., & Ozmutlu, S. Y. (2021). Narratives of environmental munificence of 3PL firms on the relationship between dynamic capabilities, strategic management and organizational performance. *Journal of Strategy and Management*, 15(1), 96-118. <https://doi.org/10.1108/JSMA-01-2021-0019>
- Bakan, İ., & Şekkelı, Z. (2016). Lojistik koordinasyon yeteneği, lojistik inovasyon yeteneği ve müşteri ilişkileri (miy) yeteneği ile rekabet avantajı ve lojistik performans arasındaki ilişki: bir alan araştırması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 39-68.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management*, 17(1), 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of personality and social psychology*, 51(6), 1173.
- Bin Mohamad Makmor, M. F., bin Saludin, M. N., & binti Saad, M. (2019). Best Practices Among 3rd Party Logistics (3PL) Firms in Malaysia towards Logistics Performance. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(5), 394-405. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v9-i5/5879>
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2017). *Bilimsel araştırma yöntemleri*, Pegem Atıf İndeksi, 1-360.

- Chapman, R. L., Soosay, C., & Kandampully, J. (2002). Innovation in logistic services and the new business model: a conceptual framework. *Managing service quality*, 12(6), 358-371. <https://doi.org/10.1108/09604520210451849>
- Chow, G., Heaver, T. D., & Henriksson, L. E. (1994). Logistics Performance: Definition and Measurement. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24(1), 17-28. <https://doi.org/10.1108/09600039410055981>
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson UK.
- Chu, Z., Feng, B., & Lai, F. (2018). Logistics service innovation by third party logistics providers in China: Aligning guanxi and organizational structure. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 118, 291-307. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.08.007>
- Cui, L., Su, S. I. I., & Hertz, S. (2012). Logistics innovation in China. *Transportation Journal*, 51(1), 98-117. <https://doi.org/10.5325/transportationj.51.1.0098>
- Datapine, (2021, December 23). *Logistics key performance indicators and metrics*. Retrieved from: <https://www.datapine.com/kpi-examples-and-templates/logistics>.
- Fernandes, D.W., Moori, R.G. and Filho, V.A.V. (2018), Logistic service quality as a mediator between logistics capabilities and customer satisfaction, *Revista de Gestão*, 25(4), 358-372. <https://doi.org/10.1108/REGE-01-2018-0015>
- Flint, D. J., Larsson, E., Gammelgaard, B., & Mentzer, J. T. (2005). Logistics innovation: a customer value-oriented social process, *Journal of business logistics*, 26(1), 113-147. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2005.tb00196.x>
- Flint, D. J., Larsson, E., & Gammelgaard, B. (2008). Exploring processes for customer value insights, supply chain learning and innovation: an international study. *Journal of Business Logistics*, 29(1), 257-281. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2008.tb00078.x>
- Fugate, B. S., Mentzer, J. T., & Stank, T. P. (2010). Logistics performance: efficiency, effectiveness, and differentiation. *Journal of business logistics*, 31(1), 43-62. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00127.x>
- Gellman, A. J. (1986). Barriers to innovation in the railroad industry. *Transportation Journal*, 25(4) 4-11. <https://www.jstor.org/stable/20712871>
- Gligor, D. M., & Holcomb, M. C. (2012). Understanding the role of logistics capabilities in achieving supply chain agility: a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(4), 438-453. <https://doi.org/10.1108/13598541211246594>
- Goor, A. v., Amstel, M. P., & Amstel, W. P. (2008). *European distribution and supply chain logistics*. London: Routledge.
- Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation. *California management review*, 33(3), 114-135. <https://doi.org/10.2307/41166664>
- Grawe, S. J. (2009). Logistics innovation: a literature-based conceptual framework. *The International Journal of Logistics Management*, 20(3), 360-377. <https://doi.org/10.1108/09574090911002823>
- Gunasekaran, A., & Ngai, W. T. (2003). The successful management of a small logistics company. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 33(9), 825-842. <https://doi.org/10.1108/09600030310503352>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2019). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson.
- Hellström, D., & Nilsson, F. (2011). Logistics-driven packaging innovation: a case study at IKEA. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 39(9), 638-657. <https://doi.org/10.1108/09590551111159323>
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the academy of marketing science*, 43(1), 115-135. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>

- Hopa, (2021, December 11). Hopa Chamber of Commerce and Industry. Retrieved from: <http://www.hopatso.org.tr/B%C4%B0LG%C4%B0BANKASI/Listeler/NakliyeFirmalar%C4%B1m%C4%B1z/tabid/13474/Default.aspx>.
- HopaPort, (2021, December 11). HopaPort Activities. Retrieved from: <http://www.hopaport.com.tr/wp-content/uploads/2016/05/hopaport-katalog.pdf>.
- Hotrawaisaya, C., Chandraprakaikul, W., & Suthikarnarunai, N. (2014). Performance improvement by logistics collaboration management model for orchid flower industry in Thailand. *Engineering Management Research*, 3(2), 52. <https://doi.org/10.5539/emr.v3n2p52>
- Hua, L., Isa, F. M., & Jie, L. (2016). The Effect of Logistics Capabilities, Inter-Firm Relationships, and Intra-Firm Resources on Logistics Performance: An Empirical Study of Chinese Logistics. *Taylor's Business Review*, 9(1), 59-80.
- Huang, C. J., & Huang, K. P. (2012). The logistics capabilities scale for logistics service providers. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 33(1), 135-148. <https://doi.org/10.1080/02522667.2012.10700139>
- Işığışok, E. (2008). Performans ölçümü, yönetimi ve istatistiksel analizi. *Istanbul University Econometrics and Statistics e-Journal*, (7), 1-23.
- Kara, K., & İpekçi, E. (2021). The relationship between logistics innovativeness and logistics capabilities: Artvin 3PL Service Providers. *European Journal of Managerial Research (EUJMR)*, 5(9), 271-290.
- Karagöz, I. B., & Akgün, A. E. (2015). The roles of it capability and organizational culture on logistics capability and firm performance. *Journal of Business Studies Quarterly*, 7(2), 23.
- Karia, N., Wong, C. Y., & Asaari, M. H. A. H. (2012). Typology of resources and capabilities for firms' performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 65, 711-716. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.188>
- Kirono, I., & Hadiwidjojo, D. (2019). Logistics performance collaboration strategy and information sharing with logistics capability as mediator variable (study in Gafeksi East Java Indonesia). *International Journal of Quality & Reliability Management*, 36(8), 1301-1317. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2017-0246>
- Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (3. Ed.). New York, NY: Guilford.
- Korpela, J., & Tuominen, M. (1996). Benchmarking logistics performance with an application of the analytic hierarchy process. *IEEE Transactions on Engineering management*, 43(3), 323-333. <https://doi.org/10.1109/17.511842>
- Liu, C. L., & Lyons, A. C. (2011). An analysis of third-party logistics performance and service provision. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(4), 547-570. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2010.11.012>
- Lynch, D. F., Keller, S. B., & Ozment, J. (2000). The effects of logistics capabilities and strategy on firm performance. *Journal of business logistics*, 21(2), 47.
- Lyu, G., Chen, L., & Huo, B. (2019). The impact of logistics platforms and location on logistics resource integration and operational performance. *The International Journal of Logistics Management*, 30(2), 549-568. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2018-0048>
- Mentzer, J. T., & Konrad, B. P. (1991). An efficiency/effectiveness approach to logistics performance analysis. *Journal of business logistics*, 12(1), 33.
- Mentzer, J.T., Min, S. and Michelle Bobbitt, L. (2004), Toward a unified theory of logistics, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(8), 606-627. <https://doi.org/10.1108/09600030410557758>
- Miller, T., & Liberatore, M. J. (2020). *Logistics Management An Analytics-Based Approach*. Business Expert Press.
- Mohd, N. F. B., Wahab, S. A., Al Mamun, A., Ahmad, G. B., & Fazal, S. A. (2017). Logistics Capability, Information Technology, and Innovation Capability of Logistics Service Providers: Empirical Evidence from East Coast Malaysia. *International Review of Management and Marketing*, 7(1), 326-336.

- Morash, E. A., & Lynch, D. F. (2002). Public policy and global supply chain capabilities and performance: a resource-based view. *Journal of International Marketing*, 10(1), 25-51. <https://doi.org/10.1509/jimk.10.1.25.19529>
- Opsdog, (2021, December 2021). *Logistics KPIs, Metrics & Benchmarks*. Retrieved from: <https://opsdog.com/categories/kpis-and-metrics/logistics>.
- Panayides, P. M., & So, M. (2005). Logistics service provider–client relationships. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41(3), 179-200. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2004.05.001>
- Persson, G. (1991). Achieving competitiveness through logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 2(1), 1-11. <https://doi.org/10.1108/09574099110804625>
- Qureshi, M. N., Kumar, P., & Kumar, D. (2009). Framework for benchmarking logistics performance using fuzzy AHP. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, 1(1), 82-98.
- Ralston, P. M., Grawe, S. J., & Daugherty, P. J. (2013). Logistics salience impact on logistics capabilities and performance. *International Journal of Logistics Management*, 24(2), 136. <https://doi.org/10.1108/IJLM-10-2012-0113>
- Richey, R. G., Genchev, S. E., & Daugherty, P. J. (2005). The role of resource commitment and innovation in reverse logistics performance. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(4), 233-257. <https://doi.org/10.1108/09600030510599913>
- Rogers EM. (1995). *Diffusion of Innovations (4th edn)*. Free Press: New York.
- Sandberg, E., & Abrahamsson, M. (2011). Logistics capabilities for sustainable competitive advantage. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 14(1), 61-75. <https://doi.org/10.1080/13675567.2010.551110>
- Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*. New York.
- Shang, K. C., & Marlow, P. B. (2005). Logistics capability and performance in Taiwan's major manufacturing firms. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41(3), 217-234. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2004.03.002>
- Shen, H., Wang, L., Xu, Q., Li, Y., & Liu, X. (2009). Toward a framework of innovation management in logistics firms: a systems perspective. *Systems Research and Behavioral Science: The Official Journal of the International Federation for Systems Research*, 26(2), 297-309. <https://doi.org/10.1002/sres.963>
- Slack, N. (1994). The Importance-Performance Matrix as a Determinant of Improvement Priority. *International Journal of Operations & Production Management*, 14(5), 59-75. <https://doi.org/10.1108/01443579410056803>
- Soosay, C. A., & Hyland, P. W. (2004). Driving innovation in logistics: case studies in distribution centres. *Creativity and Innovation Management*, 13(1), 41-51. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2004.00292.x>
- Stank, T. P., Davis, B. R., & Fugate, B. S. (2005). A strategic framework for supply chain-oriented logistics. *Journal of Business Logistics*, 26(2), 27-46. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2005.tb00204.x>
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., & Ullman, J. B. (2007). *Using multivariate statistics*, Boston, MA: Pearson.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic management journal*, 18(7), 509-533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)
- Toygun Toklu, A. (2021). The impact of the customs on logistics performance: A research on the Sarp border gate. In *Reflections of Economic Development (Ed. Aliye Akın)*, 25-51.
- Turner, K. L., & Makhija, M. V. (2006). The role of organizational controls in managing knowledge. *Academy of management review*, 31(1), 197-217. <https://doi.org/10.5465/amr.2006.19379631>
- Twede, D. (1992). The process of logistical packaging innovation. *Journal of business logistics*, 13(1), 69.
- Wagner, S. M., & Franklin, R. J. (2008). Why LSPs don't leverage innovations. *CSCMP's supply chain quarterly*, 2(4), 66-71.

- Wallenburg, C. M. (2009). Innovation in logistics outsourcing relationships: proactive improvement by logistics service providers as a driver of customer loyalty. *Journal of supply chain management*, 45(2), 75-93. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2009.03164.x>
- Wang, M. (2020). Assessing logistics capability for the Australian courier firms. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 37(4), 576-589.
- Wang, M., Jie, F., & Abareshi, A. (2017). Logistics Capability, Supply Chain Uncertainty and Risk, and Logistics Performance: An Empirical Analysis of Australian Courier Industry, Operations and Supply Chain Management: *An International Journal*, 11(1), 45-54.
- Yudistira, C. G. P., Wirga, I. W., Pasek, I. K., Yasa, I. K., Gede, I. G. K., & Arsawan, I. W. E. (2018). The Effect of Collaboration Strategy on Logistics Performance: Mediating Role of Logistics Capability. *In International Conference of Ethics on Business, Economics, and Social Science (ICEBESS 2018)*, 111-120.
- Yorulmaz, M., & Birgün, S. (2016). Lojistik yetenekler üzerine literatür araştırması ve deniz ulaştırma lojistiği hizmet yeteneklerinin belirlenmesi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(25), 313-331.
- Zacharia, Z. G., Sanders, N. R., & Nix, N. W. (2011). The emerging role of the third-party logistics provider (3PL) as an orchestrator. *Journal of business logistics*, 32(1), 40-54. <https://doi.org/10.1111/j.2158-1592.2011.01004.x>
- Zhang, M., Xia, Y., Li, S., Wu, W., & Wang, S. (2019). Crowd logistics platform's informative support to logistics performance: Scale development and empirical examination. *Sustainability*, 11(2), 451. <https://doi.org/10.3390/su11020451>

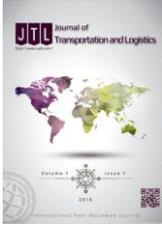
Appendices

Appendix 1: Multivariate normality test findings

Variable	skew	c.r.	kurtosis	c.r.
LI5	-.718	-4.387	.316	.965
LI4	-.839	-5.127	1.439	4.398
LI3	-1.214	-7.416	2.101	6.420
LI2	-.687	-4.197	-.028	-.085
LI1	-1.043	-6.374	1.113	3.401
LP9	-.895	-5.468	.483	1.476
LP8	-.848	-5.181	.904	2.761
LP7	-.749	-4.575	.054	.164
LP6	-.789	-4.822	.090	.274
LP5	-.842	-5.144	.494	1.509
LP4	-.770	-4.707	.207	.631
LP3	-.876	-5.353	.651	1.990
LP2	-.633	-3.866	-.542	-1.657
LP1	-.773	-4.723	.227	.694
LC1	-.929	-5.677	1.297	3.963
LC2	-1.174	-7.176	2.956	9.030
LC3	-.620	-3.790	.115	.352
LC4	-.736	-4.494	.452	1.380
LC5	-.489	-2.988	-.690	-2.108
LC6	-.760	-4.644	.542	1.656
LC7	-.699	-4.273	.091	.278
LC8	-.930	-5.685	.661	2.021
Multivariate			176.211	40.578

Appendix 2: Sobel test findings

	Test statistic	Std. Error	p-value
Sobel test	3.12786464	0.09958871	0.00176081
Aroian test	3.10564571	0.1003012	0.00189864
Goodman test	3.15056737	0.09887108	0.00162954



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1192128

RESEARCH ARTICLE

A Method for Public Transit OD Estimation Using Transit Smart Card Data

Akif Fıdanoglu¹ , Ilgin Göktaşar² 

ABSTRACT

With the utilization of Intelligent Transportation Systems (ITS) in public transportation (PT), trip data of passengers are recorded continuously by transit agencies. Researchers developed various algorithms to infer the origin and destination (OD) points of the PT users by using their transit smart card data. The origin and destination matrix is a very vital metric that can help the authorities to analyze public transportation. This study suggests a comprehensive method for OD inference of trips taken on public transportation. The OD pairs of the trips that cannot be inferred using chaining trips are found using the trip histories of the passengers. For the trips that have no further information, we used the overall OD distribution of the studied route.

Keywords: DC Systems, Intelligent Transportation Systems, Origin and Destination Matrix, Public Transit OD Estimation

Submitted: 20.10.2022 • Accepted: 03.01.2023

¹ **Corresponding author:** Akif Fıdanoglu (Dr.), Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Istanbul, Türkiye. E-mail: akif.fidanoglu@istanbul.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1227-4984

² Ilgin Göktaşar (Assoc. Prof.), Boğaziçi University, Department of Civil Engineering, Istanbul, Türkiye. E-mail: ilgin.gokasar@boun.edu.tr ORCID: 0000-0001-9896-9220
Citation: Fıdanoglu, A., & Gokasar, I. (2022). A method for public transit OD estimation using transit smart card data. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 579-588. <https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1192128>



1. Introduction

PT ridership has been traditionally measured by regularly counting the number of boarding and alighting passengers at each stop. Transit agencies periodically carry out surveys to validate and supplement these measurements (Gordon, Koutsopoulos, and Wilson, 2018). Transit agencies have accumulated a variety of transportation data that can be used for a variety of applications thanks to the growing use of Automated Data Collection (ADC) Systems. ADC systems have been shown to provide sufficient data for origin and destination (OD) inference. With the utilization of these technologies, the disadvantages of conventional data collection methods like small sample size, high cost, biased samples, etc., were eliminated.

The origin and destination matrix of public transportation users can be utilized in various ways. OD matrices can provide insight into the performance of the bus routes. The inferred OD matrices can be used to determine the number of passengers, maximum loads for the route, interchange locations, average interchange duration, and several other pieces of information. These metrics guide the transit agencies in service design, bus scheduling, route optimization, etc. Therefore, OD matrices provide valuable information for transit agencies to improve the service quality of public transportation systems.

To infer the origins of passengers, Automated Fare Collection (AFC) data and the Automated Vehicle Location (AVL) were used. The AFC and AVL data were matched by the time stamp to detect the boarding location of the passengers (Trépanier, Tranchant, and Chapleau, 2007; Cui, 2006). By defining several guidelines and recognizing the trips that adhered to these predefined rules, many researchers sought to deduce the destinations of the passengers in their studies. Barry et al. (2002) assumed that a rail trip ends at the stop that is closest to the boarding of the first trip of the day and that a trip's destination is the station that is closest to the start of the subsequent trip. Zhao et al. (2007) and Wang et al. (2011) used similar assumptions to infer the rail destinations and bus destinations, respectively. Munizaga and Palma (2012) utilized a generalized cost function that uses the disutility of time and distance to infer bus destinations. Sánchez-Martínez (2017) extends the generalized-cost approach to rail networks and uses dynamic programming to infer transfers on multileg journeys. Jung and Sohn (2017) used a supervised machine-learning model to infer the origins and destinations of bus passengers based on land-use characteristics and smartcard data.

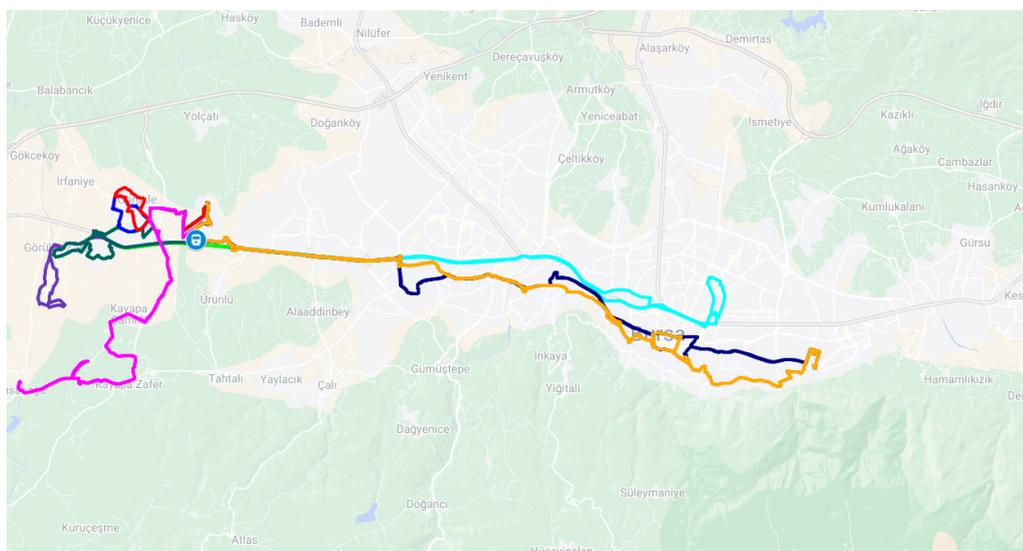
In this study, we proposed a multistep process for OD pairs of public transportation trips. The studied routes are bus routes but trip data of the users acquired from other public transportation modes (metro, tram, etc.) are also used to infer the destination points. To improve the OD inference rate of the suggested algorithm, this study aims to make the most of the recorded trip data.

2. Case Study

The studied bus routes are operating near the university region. 8 different bus routes shown in Table 1 were analyzed. Routes of the studied bus routes are shown in Figure 1.

Table 1. The number of trips and GPS data of the studied bus routes.

Bus Route ID	Total Trips	Total GPS Data
4/G	447,571	648,561
35/G	424,058	658,869
1/T	285,155	580,732
3/G	239,009	670,962
E/12	156,194	570,695
E/13	132,307	574,391
B/33-K	98,673	343,780
43/D	78,824	419,730
Total	1,861,791	4,532,927

**Figure 1.** Routes of the studied bus routes.

Although the number of studied bus routes is low compared to the total number of bus routes operating in the city, searching for certain information like the trips made before and after the studied trips, was necessary. Therefore, over 180 million GPS data and 60 million trip data were analyzed. After making the required analysis of big data, trips made on the bus routes operating around the university area were obtained. 1.86 million trips were counted in total. Over 4.5 million GPS data were gathered from the AVL data of the buses that were utilized on the relevant bus routes.

2.1. Boarding Data

Boarding data analyzed in the study contains the three months of PT trips. These data were collected via Automated Fare Collection (AFC) Systems when the passengers use the smartcard while boarding the bus. The boarding data has the following information:

- Time and date of the trip
- The ID of the bus route
- Card ID of the passenger
- Vehicle ID

- Bus route ID of the previous trip
- Vehicle ID of the previous trip

2.2. GPS Data

The AVL system tracks the vehicles in the fleet dynamically. The locations of the vehicles are detected and recorded at a high frequency. Because of the need for precision in vehicle location data, the size of the GPS data reaches high numbers when the studied time becomes too long. Hence computational efforts for the operations made on GPS data might be considerably high when dealing with long periods. In our GPS data following information was available:

- Date and time of the data
- The ID of the bus route
- Vehicle ID
- Position of the vehicle by latitude and longitude

3. Methodology

In this section methods proposed in previous studies for origin and destination inference of bus passengers will be discussed. Additional assumptions that we utilized in this study for further OD inference are also shown.

3.1. Origin inference

In most of the studies, AFC data contains information on the boarding location of the passenger. This information can be achieved by matching the boarding data with the GPS data of the bus. The bus's GPS data is used to locate and search for the timestamp in the boarding data. The GPS data's nearest timestamp is chosen, and the position data for that timestamp is obtained.

However, in our study, origin inference required further analyses because of the data structure. The data acquired from the GPS data of the buses are the latitude and longitude of the buses. These GPS data needed to be converted to bus stops along the related bus route. To achieve this, the positions of the bus stops should be known. Then, the car was assigned its nearest bus stop based on its newly acquired position. This operation could be performed either for the entire vehicle's GPS data or just the timestamps in the boarding data. In our study, GPS data don't contain the direction of the buses. To infer the correct boarding stop of the passenger, it is necessary to know the direction of the bus. To detect the directions of the buses, all the GPS data of the buses were analyzed in our study.

It is not possible to determine the direction of the vehicle by a single location data. The previous and the following locations of the bus are also needed to infer the direction of the bus. From the sequence of the locations vehicle's movement can be detected. Due to this, GPS data was analyzed throughout the day of the study. The closest bus stops in both directions were identified for each GPS data. Then, the direction which gives

an increasing order was selected as the actual direction of the vehicle. This process was carried out for every vehicle that operated in the studied bus routes on the studied dates.

The boarding locations and the inferred destination locations are all based on the positions that were acquired from the GPS data. Therefore, even a small error in GPS data may result in an incorrect inference of the OD pairs. In our study, we have experienced various types of errors resulting from GPS data. Several methods were introduced to eliminate these errors. For simplicity, only one of them will be stated in this thesis.

The GPS data used in our study sometimes failed to give accurate locations of the vehicle. In some cases, the location data taken from the GPS data was wrong but considered close to the vehicle's actual location. This error can be detected after further analysis of these data points. The data points that were considered to be wrong were compared to the previous and next GPS data of the vehicle. The GPS data positions allow for easy assessment of the vehicle's movement. However, the increasing order and the progress of the vehicle are disrupted by these inaccurate data. If the algorithm doesn't have a way to fix these mistakes, it constructs a different route from the locations where the incorrect data refers. To tackle this problem, instead of getting the nearest bus stops to the GPS data, all bus stops within a certain radius were determined. This process produces not an exact bus stop but possible bus stops that can be assigned to the studied GPS data. A bus stop in the possible stops that does not break the vehicle's movement is selected and assigned to the related GPS data as the boarding stop.

3.2. Destination inference

To infer the OD pairs of transit users, the location information of the vehicles must be known. For this reason, transit agencies all around the world equipped their vehicles with Global Positioning Systems. The location data of the vehicles and the boarding time of the users are matched. Hence the origin locations of the passengers can be inferred. However, most cities don't have transportation systems that record the alighting stops of the users (Jung and Sohn, 2017). In most PT systems, passengers only use their smart cards when boarding. Therefore, there is a need for further inference study to get the alighting locations of the users.

Previous studies made assumptions to infer the destinations of the passengers (Zhao, Rahbee, and Wilson, 2007; Cui, 2006; Trépanier, Tranchant, and Chapleau, 2007; Barry et al., 2002; Wang, Attanucci, and Wilson, 2011). These assumptions are similar to each other and can be summarized as follows:

- No other transportation mode is used between the recorded PT trips.
- Passengers do not walk between the PT routes above a predefined distance.
- The boarding location of the first trip of the day is assumed to be the destination of the last trip of the day if it doesn't exceed walking distance limitations.

Fidanoglu (2015) further proposed the assumption that if there is a missing leg in the chained trips of the passenger that can be easily determined, the destination inference

should be made from the missing trip. This assumption is valid for some instances where the passenger cannot physically make the recorded trips without introducing the missing leg. To detect this the missing leg of the trips should be obvious. However, in our study, we did not assume any missing trips besides the recorded trip.

To determine the destination of a trip, all relevant trip data of the same passenger should be determined. In this study, the following trips of the passengers were also studied:

- Previous trip of the passenger
- Next trip of the passenger
- First trip of the passenger on the day of the studied trip
- Last trip of the passenger on the day of the studied trip.

All of the above trips serve for further inferences of destination. For some studied trips, the above trips cannot be obtained due to the lack of information. It is also possible to acquire such trips that are irrelevant to studied trips. For example, a subsequent trip made after five days of the studied trip doesn't give any direct information about the trip's destination.

The destination inferences based on the next trips are the most reliable method if the next trip is made within a short time. Therefore, at the first stage of the destination inferences, the trips made within 2 hours after the studied trip were analyzed. If the boarding location of the next trip is close enough to any bus stop on the route of the studied bus route, the nearest stop is taken as the destination of the trip. The maximum distance was limited to approximately 500 meters for this method.

Next, inferences from the first trip of the day were studied. If the trip is the last trip of the day, it is checked whether the passenger has a different trip that is the first trip of the passenger on that day. If the first trip is different from the last trip passenger, meaning that the passenger made at least two trips on the studied day, the boarding location of the first trip is determined. Then, the distance between the boarding location and the closest bus stop of the studied bus route is calculated. The nearest bus stop is assumed to be the final stop of the day if the distance satisfies the requirements. About 300 meters was chosen as the method's maximum range. The main logic behind these inferences was that at the end of the day, passengers return to the locations where they started their trips on that day. Therefore, the maximum distance was lower compared to the distance used in the previous destination inference method.

If the inferences from the interchange within 2 hours or the first trip of the day could not be achieved, the next trips made within 24 hours after the studied trip are determined. The same procedure used in the first destination inference method is followed for these trips also.

Next, the proposed algorithm aims to infer destinations for the first trips of the day from the last trips of the day. If the boarding of the last trip is within a distance of 300 meters of

any stop in the studied route, the closest stop to the boarding of the last trip is assigned as the destination of the first trip. In fact, the previous method includes destination inference from the last trip of the day if the next trip after the first trip of the day is the last trip of the day. However, in some cases, there are some other trips between the first and the last trips of the day. For some of those cases, destination inference cannot be achieved from the interchanges. Therefore, this step is included in the proposed method.

For all of the destination inference methods, a stop correction method was introduced. This method aims to correct the inferred destination stop if a direction error occurs. For the bus routes that follow a circular route, some stops are very close to each other. When the closest stop to a certain location is determined for destination inference, it is highly possible to select the wrong stop. In this case, a direction error will rise. To eliminate this problem, the introduced method searches the stops nearby and assigns the other bus stop if it resolves the direction problem.

In some of the proposed inference methods, the time between the studied trip and the trips that the destination inference was made from can be considered too long. However, for PT users, this kind of trip pattern is not something unexpected. In addition, even if the time difference between the trips is too long, estimating the destination of the trip using other methods would require further assumptions. Therefore, it is assumed that if the passenger can be tracked within the routes of his trips, the destination inference is valid.

All of the above-mentioned methods that were used for the destination inference of the trips check the direction error. If the inferred boarding stop is behind the boarding stop of the studied trip in the direction of the bus, it is concluded that there is a direction error. In these cases, inferred destinations were not accepted.

3.3. Derived and Assigned Destinations

At the end of destination inferences, some of the trips were still missing destinations. To infer destinations for these trips, inferred OD pairs were used. The OD matrix contains the ID for each cardholder. Therefore, it is possible to obtain the inferred OD pairs for each passenger. A data frame including the following information was generated:

- The ID of the bus route
- Card ID
- The direction of the bus route
- Inferred boarding stop
- Inferred alighting stop
- Number of trips

For every origin point, the probabilities of destination points were determined by the number of trips. For a trip missing a destination, the passenger Card ID is determined, and the above data frame is constructed. If the data frame contains the direction and the

boarding stop of the studied trip, meaning that the passenger made a trip similar to the studied trip, the alighting stop is probabilistically inferred.

If the inference was not achieved from other trips of the cardholder, the overall distribution of OD pairs was used for destination inference. To achieve this, inferred OD pairs for the studied bus route were clustered into three groups of time zones. Time intervals of the categories were 06:00-10:59, 11:00-15:59, and 16:00-23:59. This categorization was done because the patterns of the trips during the morning and evening hours were different.

Next, the time of the studied trip and the boarding stop was determined. From the inferred OD pairs, trips sharing the same time zone, direction, and boarding stop with the studied trip were extracted. A destination point from these pairs was probabilistically selected and assigned to the studied trip.

Previous studies evaluate the performance of the proposed algorithm by the inference rate. However, in our research, if the algorithm fails to infer a destination for a passenger from his or her trips, it searches for similar trips through the inferred OD pairs and assigns a destination to the trip. Therefore, at the end of the destination inference process, all trips have inferred destinations.

4. Results

Inference algorithms are coded in Python 3.9. The inference method used in this study has certain differences from the trip-chaining methods used in the previous studies. The inference method in this study gives very successful results. The proposed methods failed to infer OD pairs for very few trips.

Table 2. Inferences of bus routes

Bus Route ID	Inferred	Derived	Assigned	No results	Total
4/G	311.554	83.493	52.450	74	447.571
35/G	303.250	75.478	45.226	104	424.058
1/T	215.009	45.718	24.320	108	285.155
3/G	170.896	34.538	33.551	24	239.009
E/12	114.092	14.580	27.471	51	156.194
E/13	95.208	13.502	23.516	81	132.307
B/33-K	72758	13640	12160	115	8.673
43/D	54.440	11.124	13.178	82	8.824

As seen in Figure 2 inference rate of the proposed algorithm is around 70%. These OD pairs are inferred by using chaining trips of the passengers. The most reliable source for inference is the interchanges made within a short period. Moreover, the first and the last trips of the passenger on the studied trip are also used for further inference. All these inferences are plotted in Figure 2 as “Inferred”.

For additional inference, we used the trip history of the passenger on that specific route. If there are inferred OD pairs of the studied passenger in the studied route algorithm search for a similar pattern in those OD pairs. Then a destination point is assigned to the studied trip probabilistically. This means that if the passenger has a different OD pattern

in his or her trip history it is possible to have a different inferred destination in this stage of the algorithm. This step of the algorithm is plotted in Figure 2 as “Derived” since the destination is derived from the trip history. As seen in Figure 2 an average of 15% additional inference is achieved by using this method.

Lastly, the overall OD distribution acquired from the earlier steps of the proposed algorithm is used for the destination assignment process. This is shown in Figure 2 as “Assigned”. OD distribution of the studied route is grouped into different time zones of the day. Then the trips that the previous step of the algorithm couldn’t achieve to assign destination points are analyzed. Destination points are assigned to those trips by using the time zone of the trips and the OD distributions. This stage is also carried out probabilistically. Around 15% extra OD inference is achieved by the utilization of this step.

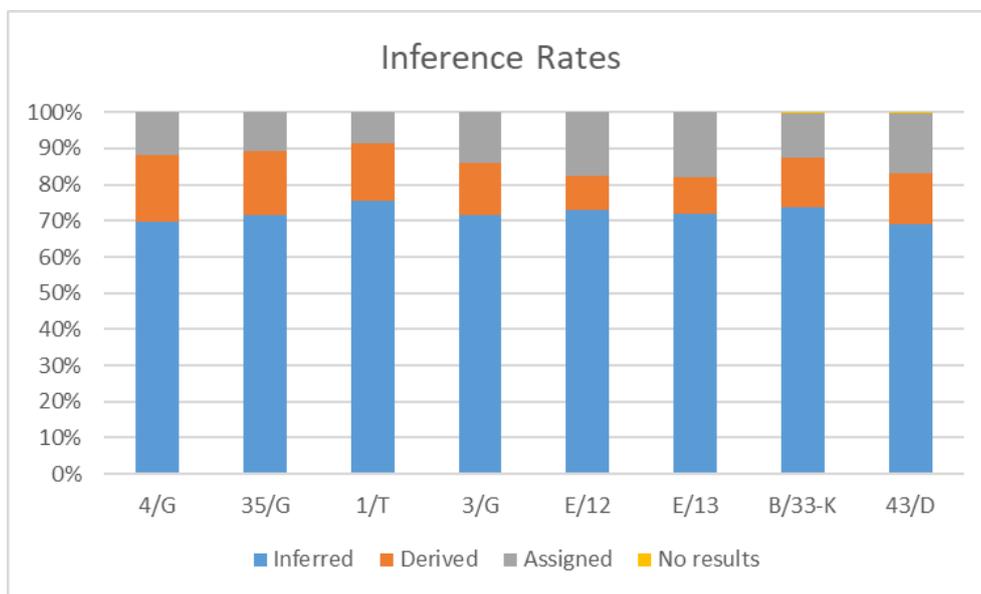


Figure 2. Inference rates bus routes.

5. Conclusion

ADC systems offer a rich database to the transit agencies which can be utilized for public transportation planning. Data acquired from smart card transactions yield valuable information on trip demands and trends. This data can also be used for the inference of OD pairs in public transportation. The estimation of OD pairs is highly critical for public transportation planning and management. This study proposes a multistep framework for inference of OD pairs of public transportation trips. The proposed model used passengers’ trip chains by several assumptions.

The results show that for over 70% of the trips OD pairs can be inferred by the information from chained trips of the passenger. This study further analyzed the trip data and aimed to increase the inference rate by using the passengers’ other trips and inferred OD pairs. This results in approximately 15% further OD inference. Other portions of the trip data that have no inference from the previous methods are also analyzed. Overall, the OD distribution of the studied route is used to assign destination

points to those trips. To achieve that trips are categorized based on their time zone for more precise estimation.

The proposed method for OD inference shows its capabilities in the estimation of OD pairs of public transportation trips. The real-world data taken from the transit agency was analyzed and applied the proposed method to that data. In this sense, all the difficulties and problems related to real-world applications needed to be solved for this study.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Author declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Author declared no financial support

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

Acknowledgement: This work was made possible through the support of BURULAŞ, the public transit agency of the city of Bursa, Turkey

References

- Barry, J.J., R. Newhouser, A. Rahbee, and S. Sayeda, 2002, "Origin and Destination Estimation in New York City with Automated Fare System Data." *Transportation Research Record* 1817 (1): 183–87.
- Cui, A., 2006, *Bus Passenger Origin-Destination Matrix Estimation Using Automated Data Collection Systems*. M.Sc. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- Fidanoglu, A., 2015, *Origin and Destination Inference of Bus Passengers: Istanbul Case Study*. M.Sc. Thesis, Boğaziçi University.
- Gordon, J.B., H.N. Koutsopoulos, and N.H.M. Wilson, 2018, "Estimation of Population Origin–Interchange–Destination Flows on Multimodal Transit Networks." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 90 (May): 350–65.
- Jung, J., and K. Sohn, 2017, "Deep-learning Architecture to Forecast Destinations of Bus Passengers from Entry-only Smart-card Data." *IET Intelligent Transport Systems* 11 (6): 334–39.
- Munizaga, M.A., and C. Palma, 2012, "Estimation of a Disaggregate Multimodal Public Transport Origin–Destination Matrix from Passive Smartcard Data from Santiago, Chile." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 24 (October): 9–18.
- Sánchez-Martínez, G.E., 2017, "Inference of Public Transportation Trip Destinations by Using Fare Transaction and Vehicle Location Data: Dynamic Programming Approach." *Transportation Research Record* 2652 (January): 1–7.
- Trépanier, M., N. Tranchant, and R. Chapleau, 2007, "Individual Trip Destination Estimation in a Transit Smart Card Automated Fare Collection System." *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations* 11 (1): 1–14.
- Wang, W., J.P. Attanucci, and N.H.M. Wilson, 2011, "Bus Passenger Origin-Destination Estimation and Related Analyses Bus Passenger Origin-Destination Estimation and Related Analyses Using Automated Data Collection Systems Background and Purpose." *Journal of Public Transportation* 14 (4).
- Zhao, J., A. Rahbee, and N.H.M. Wilson, 2007, "Estimating a Rail Passenger Trip Origin-Destination Matrix Using Automatic Data Collection Systems." *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 22 (5): 376–87.



Available online at www.iujtl.com

JTL

Journal of Transportation and Logistics
7 (2) 2022



DOI: 10.26650/JTL.2022.1192498

RESEARCH ARTICLE

Post-Earthquake Casualty Transport Optimization

Salih Özçelik¹ , Halim Kazan² 

ABSTRACT

Disasters are one of the deadliest problems faced by humans in their struggle to survive in nature throughout history. This study was carried out for the optimization of the casualty transport process after the earthquake, which is one of the most powerful disaster types today. This study, in which what needs to be done in the post-earthquake response phase is planned, it is aimed to design a logistics network that will ensure that the patients who survive the earthquake with severe injuries are treated as soon as possible. For the problem's resolution in this way, a two-stage solution model is recommended. The proposed mathematical model is first solved using a mixed integer programming approach. The outputs of the mathematical model were simulated using the new patient selection procedure in the second stage.

Thanks to the proposed model, it has been determined which ambulances to transport the patients to which hospital and preferences that will minimize the total time have been formed. Finally, the developed new mathematical model and patient selection method were tested with earthquake forecast data for the Tuzla District of Istanbul Province. After conducting a baseline study, the model's sensitivity to changes in parameters and constraints under various scenarios was assessed (scenario 2, scenario 3). Sensitivity analysis results showed improvements in total transport times with additional hospital setup and ambulance allocation.

Keywords: Casualty Transport, Disaster Logistics, Disaster Management, Earthquake Response, Logistics Network Design, Network Optimization, Mixed Integer Programming

Submitted: 21.10.2022 • Accepted: 03.01.2023

1 **Corresponding author:** Salih Özçelik (Dr.), Istanbul University, Faculty of Transportation and Logistics, Istanbul, Türkiye. E-mail: salih.ozcelik@istanbul.edu.tr
ORCID: 0000-0001-6383-9215

2 Halim Kazan (Prof. Dr.), Istanbul University, Faculty of Economics, Department of Business Administration, Istanbul, Türkiye. E-mail: halim.kazan@istanbul.edu.tr
ORCID: 0000-0002-9234-6214

Citation: Ozcelik, S., Kazan, H. (2022). Post-earthquake casualty transport optimization. *Journal of Transportation and Logistics*, 7(2), 589-607.
<https://doi.org/10.26650/JTL.2022.1192498>



1. Introduction

Disasters are sudden, catastrophic events that exceed a region's ability to cope with based on its means, cause large-scale economic, social, and environmental losses, and disrupt the daily functioning of society. Although it is generally caused by nature, man-made disasters can also occur (IFRC, 2020).

Disaster and emergency logistics are systems that effectively deliver humanitarian aid, materials, food, medicine, and health services together with information and human resources, which disaster survivors need (Kadioğlu, 2011).

Logistics activities are one of the most important factors in the implementation of humanitarian aid operations in disasters and emergencies.

An effective, dynamic, adaptive, and locally dependent network should be developed because the post-disaster reaction phase of disaster logistics is more time-critical than pre-disaster preparations (Altay, 2008). After major disasters such as earthquakes and floods, activities such as the evacuation of victims, transportation of casualties, and delivery of humanitarian aid require significant logistics distribution network design (Berkoune et al., 2012).

Natural/human-induced disasters that harm the social and economic order and hinder the progress of societies should be handled with all their dimensions. The causes of damage to society and the environment should be examined as a whole and solutions should be produced to reduce their effects (Sarp, 1999). In addition, it can be said that the need for operations research in the field of disaster logistics management has increased (Altay & Green, 2006).

One of the most important activities carried out during the response to natural disasters such as earthquakes is the logistics of transporting the injured after the disaster, which is included in the category of "medical first aid, treatment, and transport to hospital" (Deniz, 2012). Saving large numbers of human lives and meeting the basic humanitarian needs of disaster casualty is possible with good transportation planning.

The type of logistics activity discussed in this study is a network design for the logistics of injured people after the earthquake. It's crucial that logistics activities can proceed without incident in unpredictable circumstances like natural disasters, where uncertainty and unpredictability are widespread. Numerous metrics are abnormal both during and after a natural disaster, such as an earthquake, where many factors outside human control are at work. This study aims to design a logistics network that will ensure that the patients who survive the earthquake with severe injuries are treated as soon as possible. In this direction, a mathematical model for the solution was developed and a new patient selection strategy was proposed. This new model's study of the current situation (scenario 1) has been put to the test, and sensitivity analyses for scenarios 2 and 3 have been performed with the addition of new field hospitals and ambulances to the system. For this purpose, with mixed integer programming, it was determined which ambulances should transport the injured to which hospital, and the preferences that would minimize the total time were created.

In the event of an earthquake, ensuring that information such as requests for assistance, machinery and equipment inventory, capacity, and competence is transmitted accurately can save many lives. In a situation where the location, triage, and number information of the injured are determined correctly, maximum benefit can be obtained in directing the medical teams. In studies on post-earthquake interventions, it is of great importance to establish a model based on the realistic estimates of the relevant parameters and to simulate the model in terms of summarizing the picture that will be encountered after the disaster (Adrang et al., 2020).

The aim of this study is to design a network for transporting people who are rescued with serious injuries every hour to hospitals by ambulances in a way that minimizes the total time during the post-earthquake response phase. In each period, the number of service requests for the seriously injured varies, and hospital capacities are gradually decreasing. A two-stage solution model is proposed for this problem. The mathematical model proposed in the first stage is the mixed integer programming model. The second stage is the stage in which the outputs of the mathematical model are simulated on a period-by-period basis.

For the test of the proposed model, Tuzla District, which is in the 1st Group among the riskiest districts according to the risk map of Istanbul (Kaya, 2000), was selected. In the model, the estimation data of Tuzla District in the earthquake projections made for Istanbul Province and the hospital, ambulance, and location information of the district were used.

The first 72-hour period from the moment of the earthquake is critical to saving the lives of the injured (Öner, 2010; Tanrıöven, 2010). As the hours' progress, the probability of people surviving decreases. For these reasons, it was assumed in the study that people were rescued without injury during the 72 hours.

In the first of three different scenarios created, the model was run according to the existing hospital and ambulance capacity of the district. In the second and third scenarios, according to the K-means cluster analysis, the sensitivity of the model was tested according to the increased capacity of the field hospitals established in dense areas and the allocation of additional ambulances.

This research aims to optimize the post-disaster humanitarian aid work, which is the most critical stage of transporting the injured to health institutions. The mathematical model's information flow, the suggested patient selection procedure, the data gathered from the field, and this direction have all worked together just to build an integrated framework with the transportation network. The framework optimizes the logistics network by treating the data arriving from the field as demand and the opportunities and capacities that are now available as supply.

2. Literature Review

Activities related to disaster logistics are among the elements of disaster management. According to the generally accepted international definition, disaster management is a general concept that requires the optimum use and management of all opportunities and

resources of the society in order to prevent disasters, reduce their damages, provide rapid delivery of search and rescue, first aid and humanitarian aid in the event of a disaster, and then to heal the wounds and return to normal (Ergünay, 2005).

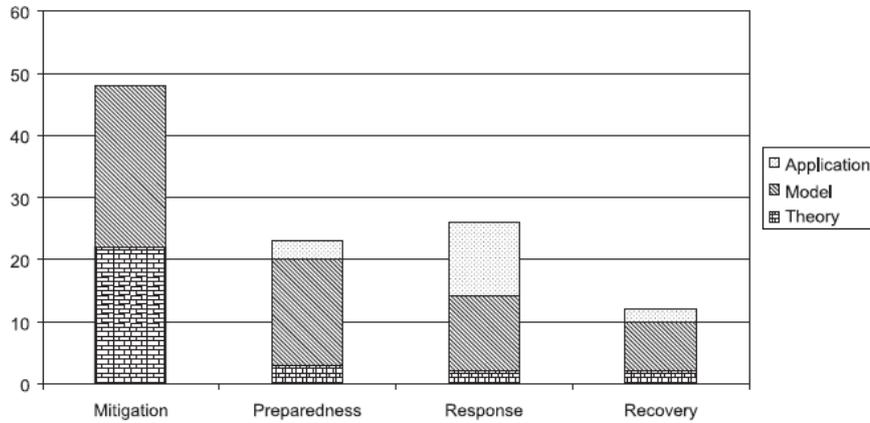


Chart 1: Distribution of Studies by Disaster Management Stages (Altay ve Green, 2006)

There are different types of classifications of disaster management systems in the literature. While Gümüşbuğa (2012) defined the works covering pre-disaster preparedness processes under the risk management activities category, he defined the activities to be carried out during and after the disaster as the crisis management class (Gümüşbuğa, 2012).

Table 1: Disaster Logistics Literature Review Summary

Research Problem	Location, Transportation,	Network Design	Literature Review
Humanitarian Relief Distribution	Knott R. (1987)		
	Haghani and Oh (1996)		
	Barbarosoğlu and Arda (2004)		
	Özdamar et al.(2004)		
	Sheu (2007a)		
	Sheu (2010)	Barbarosoğlu et al. (2002)	
	Tzeng et al. (2007)	Yi and Özdamar (2004)	
	Balcik et al. (2008a)	Yi and Kumar (2007)	
	Wang, S. Ma, Z. And Li, Z. (2008)	Yi, W. and L. Ozdamar (2007)	Altay, N. And Green (2006)
	Vitoriano et al. (2009)	Balcik et al. (2008)	Caunhye et al. (2012)
	Chern vd. (2010)	Özdamar (2011)	Safeer et al. (2014)
	Adivar and Mert (2010)	Sarma et al. (2018)	Arenas et al. (2014)
	Gu (2011)	Konstantinidiou et al. (2019)	
	Hu (2011)	Adrang et al. (2020)	
Vitoriano et al. (2011)			
Casualty Transport	Yi. W. and Ozdamar, L. (2007)		
	Jotshi et al. (2009)		
	Safeer et al. (2018)		
	Zhu et al. (2019)		

Altay and Green (2006) classified disaster management into four basic stages Mitigation, Preparedness, Response, and Recovery (Altay & Green, 2006).

The classification of operations research in the literature according to disaster management stages is shown in Chart 1. Studies on the intervention phase have been the second most studied area, and it is clear that most of the studies on this area are practice-oriented.

When considering the study subject from the perspective of the disaster logistics literature, it is reasonable to divide the studies into two categories: the distribution of humanitarian aid and the transportation of casualties. In addition to the research examining the two topics concurrently, literature reviews were also noted to exist.

Within the scope of disaster logistics, Knott (1987) made the first study in the field of humanitarian aid logistics (Knott, 1987). Before 2002, when Barbarosoğlu et al. (2002) first looked at the issue of transporting the injured, disaster logistics studies primarily focused on the logistics of humanitarian aid (Adıvar & Mert, 2010; Balcik et al., 2008; Barbarosoğlu & Arda, 2004; Chern et al., 2010; Gu, 2011; Haghani & Oh, 1996; Hu, 2011; Huang et al., 2009; Knott, 1987; Özdamar et al., 2004; Sheu, 2007, 2010; Tzeng et al., 2007; B. Vitoriano et al., 2009; Begoña Vitoriano et al., 2011; Wang, S. Ma, Z. and Li, 2008; Zuo et al., 2014).

The study of Barbarosoğlu et al. (2002) has an important place in the literature as it is the first research that develops a mathematical solution proposal to the problem of transporting injured people (Barbarosolu et al., 2002). In the future, it is observed that there is an increase in the number of studies conducted to solve the transportation logistics problem of injured people (Jotshi et al., 2009; Safeer et al., 2014; Yi & Özdamar, 2007; Zhu et al., 2019).

With the increasing interest in disaster logistics, there are also studies in the literature that deal with both the transportation of humanitarian aid materials and the transportation of the injured at the same time (Adrang et al., 2020; Balcik et al., 2008; Barbarosolu et al., 2002; Konstantinidou et al., 2019; Ozdamar, 2011; Sarma et al., 2018; Yi & Kumar, 2007; Yi & Özdamar, 2004, 2007). There are also literature studies examining disaster logistics problems from different perspectives (Altay & Green, 2006; Anaya-Arenas et al., 2014; Caunhye et al., 2012; Safeer et al., 2014).

In this study, the post-earthquake injured transport problem which is one of the most difficult and critical stages of the disaster management process is discussed. The problem of transporting injured people has been approached from the perspective of logistics network design optimization. This research will hopefully contribute to the field of injured transport, where there is less work compared to humanitarian logistics.

3. Problem Description and Methodology

3.1. Objectives of the study

In a country like Turkey, which has experienced many devastating earthquakes in the past, a large number of injured people will need emergency medical assistance after a

potentially severe earthquake. The healthcare system will have a challenging procedure to manage given the urgency of the situation and the scale of the demand for medical support. The aim of this research is to minimize the time between the transportation of seriously injured people to the hospital by ambulances after the earthquake. In line with this goal, a mathematical model was developed, and a new patient selection strategy was proposed.

The proposed mathematical solution model is aimed to optimize the transportation times of the seriously injured from earthquake zones to the hospitals, minimize the waiting times of the patients with the prioritized patient selection strategy and coordinate the transportation process.

It is possible to list the features of the study which differ from the studies in the literature as follows:

- It is a study in which the proposed optimization model and the new patient selection method are integrated. As such, it is one of the few studies in the literature.
- The optimization model has a dynamic structure in which the inputs and constraints change in each period.
- In the literature, there are studies in which the injured were collected and transported at certain points. In this study, transportation was provided to as many different points as the number of injured.
- Ambulance movements are not restricted to a single time in a period as in many studies.
- The model proposed in this study has been tested using real location data.

3.2. Problem Definition

One of the most difficult problems encountered after the earthquake is the problem of transporting many injured people to hospitals. Multidimensional solutions should be developed because there are numerous factors affecting this problem. Within the scope of the proposed solution in this study, an optimization model has been established to minimize the total transportation time by considering parameters such as the capacities of hospitals, their locations, the number of ambulances, and the number of injured.

The research questions are as follows:

- In a region where many people were injured after the earthquake, can the process of transporting the injured to health institutions be improved?
- Can the transportation time of the injured be reduced?
- Can the total migration time be optimized?

Within the scope of the problem, the injured positions were randomly determined in the Tuzla District of Istanbul Province. In the process of transporting injured people to health

institutions located within the boundaries of the district, a solution has been developed for the problem of which hospital the patients should be transported to.

3.3. Methodology

A two-stage solution model is proposed to solve this dynamic problem. The mathematical model proposed in the first stage is the mixed integer programming model. The simulation of the mathematical model's outputs using the patient selection method takes place in the second stage. The following are the methods, techniques, and analyses employed throughout the study: K-means clustering analysis was used to show the distribution of the casualties across the county.

- Dijkstra's Shortest Path Algorithm determined the shortest distances between hospitals and the injured.
- Mixed Integer Linear Programming was used to solve the problem of assigning ambulances to patients.
- Branch and Cut Algorithm - CBC was used to solve the Mixed Integer Linear Programming model.
- The patient selection method was used to determine which patients would be visited first.
- With the simulation, "Transferred" and "Remaining" patients were determined at the end of the period.

3.3.1. Problem Assumptions

- Istanbul Province, Tuzla District was chosen as the application area.
- Locations of the injured were randomly selected within the boundaries of Tuzla District.
- Tuzla District of Istanbul Province was evaluated as independent, and patients, ambulances, and hospitals in other neighboring districts were not taken into account.
- The location of the ambulances is the initial station.
- In Istanbul, the total number of ambulances operated by private hospitals is listed, and a hospital-based distribution is made according to bed capacity.
- The 72 hours after the earthquake, which is of critical importance (in which people are most likely to survive with injuries) is defined as 72 periods.
- It is assumed that the total number of seriously injured comes to the system in a different number every hour with an exponential distribution.
- The injured survivors of the earthquake are generally considered to be divided into three classes, which are Lightly Injured, Moderately Injured, and Severely Injured.
- In this study, it was assumed that only seriously injured patients were transported.

- There was no restriction on the number of ambulances during the period.
- The occupancy rates of the hospitals, which vary according to the periods, were taken into account in the referral of the injured to the hospitals.
- Hospitals with full bed capacity are considered to be outpatients.
- Ambulances used the shortest routes during the transportation process.
- The ambulance-hospital pairing was made, and the ambulance which could not bring the patient to the hospital to which it was assigned due to capacity problems were diverted to other hospitals in the other period.
- In Scenario 2 and Scenario 3, it is assumed that patients in hospitals in Tuzla District are evacuated to surrounding provinces.
- In Scenario 2 and Scenario 3, it is anticipated that one field hospital and two field hospitals, respectively, are created in regions with a high patient density.
- Two ambulances are probably allocated to field hospitals.

3.3.2. Mathematical Model

A Mixed Integer Linear Programming model is proposed for the solution of the injured transport problem, and Branch and Cut Algorithm - CBC is used to solve the model. The Sets and Parameters needed to solve the post-disaster casualty logistics problems are as follows:

Sets and Parameters:

- H : Set of hospitals $h=1,2,\dots,H$
- $Hloc$: Locations of hospitals $Hloc \in H$
- $Hcap$: Capacities of hospitals $Hcap \in H$
- P : Set of seriously injured patients $p=1,2,\dots,P$
- $Ploc$: Locations of patients $Ploc \in P$
- A : Set of ambulances $a=1,2,\dots,A$
- a : Location of ambulances $a \in H$
- t : Time, period $t=1,2,\dots,T$
- ct : Cost of waiting $ct=1,2,\dots,C$

Decision Variable:

- M : The status of the ambulance being assigned to the relevant patient

Objective Function:

$$\text{Min. } z = \sum_{t=1}^T \sum_{a \in H} \sum_{p \in H} \sum_{h \in H} c_t (T_{a2p} + T_{a2h}) \cdot M$$

State Variables and Constraints:

$$\sum_{h=1}^H M = A_{nnp} \quad \forall A \in P \text{ için}$$

$$M \in \{0,1\}$$

$$M \in \{0,1\}$$

$$M \geq 0 \quad \text{Patient assignment status}$$

- $Acap = 1$: Carrying capacities of ambulances= 1
- $Anum \geq 1$: In t period, number of ambulances transporting ≥ 1
- $Annp \geq 0$: Number of patients that ambulances have to carry per period ≥ 0
- $Anap$: Number of patients assigned to ambulances to transport in the period
- $Ansp \geq 0$: Number of patients carried by ambulances per period ≥ 0
- $Annp \geq Ansp$: Number of patients have to be transported \geq Number of patients transported
- $Antp \geq 0$: Total number of patients carried by each ambulance ≥ 0
- $Hcap$: Empty capacities of hospitals at the beginning of period t
- $Htcap$: Total vacant capacity of hospitals at the beginning of period t
- $Hnsp \geq 0$: Number of inpatients treated by each hospital ≥ 0
- $Hnst \geq 0$: Number of outpatients per hospital ≥ 0
- $Ptn \geq 0$: Number of new patients arriving at the start of the t period ≥ 0
- $Pus \geq 0$: In the t-1 period, number of patients who could not be reached ≥ 0
- $Ptt \geq 0$: At the beginning of period t, the total number of patients waiting for an ambulance ≥ 0
- $Ptns \geq 0$: At the end of period t, number of casualties taken to service ≥ 0
- $Ptnu$: Number of casualties who could not be serviced at the end of period t
- $T_{a2p} > 0$: Ambulance time to reach patient > 0
- $T_{a2h} > 0$: Ambulance return time to hospital > 0
- $t \geq 1$: The number of periods ≥ 1
- $c_t \geq 1$: Cost of waiting for ≥ 1

3.3.3. Patient Selection Method

A separate process is required to determine which of the patients assigned to an ambulance can go first with the solution of the optimization problem. For this purpose, using the penalty coefficient added to the optimization model and determining the patient selection method, the priority of the patients who were assigned an ambulance was determined.

According to the selection procedure to be used, patients who have been assigned should be transported starting with the patient who has the least ambulance coefficient and the shortest journey time. After this selection is made, ambulances will start to transport the patients in the first row and will continue to transport them throughout the period.

A method that prioritizes the periods of stay of the patients and eliminates the long waiting times has been chosen, instead of directing ambulances directly to the shortest appointments. At the end of the simulation, “Transferred” and “Remaining” patients were obtained as output. The remaining patients were included in the optimization problem again in the next period.

3.3.4. Pseudo Code

1. Defining Variables

At the start of the period, the total number of patients waiting for an ambulance = was 0

At the beginning of period t , new patients formed

Patients who could not be reached at time $t-1$ and remained in the relevant period = 0

2. for (period=1; period <= 72 hours; period ++)

Create a New Incoming Patients list

3. Receive calls

4. Classification of the calls // (Seriously Injured, Moderately Injured, Minor Injured)

5. If seriously injured, start processing

Add the seriously injured to the New Arrivals list

Increase the number of new patients formed at the start of the t period

6. Defining Variables

Total number of patients waiting for an ambulance at the start of period t = new patients formed at the beginning of the t period + Patients who could not be reached in time $(t-1)$ and remained in the relevant period

7. Run the optimization solution

Ambulance – Create a patient assignment table

Create patient transport times table

8. Call the simulation algorithm

End for

Begin the Simulation Algorithm

9. Defining Variables

A Total Transport Times of Ambulances = 0

Increase Total Transport Times for each Ambulance by Ambulance transport time

Number of patients transported for a period = 0

```

    Increase the period transported number by the number of ambulances transporting
    patients
    Number of patients remaining period = 0
    Increase the number of the period remaining by the number of patients remaining
    in the ambulance
10. Sort the list in ascending order by migration time
11. Sort the list ascending by penalty coefficient (period coefficient)
12. for (ambulance=1; ambulance<= 15; ambulance++)
    Create a new Ambulance transporter list
    Create a new Ambulance remaining list
    Number of ambulances transported = 0
    Number of ambulances left = 0
    Ambulance transport time = 0
    for (patient=1; patient<= number of patients assigned to ambulances; patient++)
        if Ambulance transport time <=((period*60)+patient transport time)
            Add ambulance transported list (Patient(index))
            Increase the number of ambulances transported
            Increase the ambulance transport time by the patient transport time
        Else
            Add Ambulance Remaining list (Patient(index))
            Increase the number of Ambulance Remaining
        End if
    End for patient
End for ambulance

```

4. Results

4.1. Data

In the study, the reports published by institutions such as the Ministry of Health, Istanbul Provincial Health Directorate, TurkStat (Turkish Statistical Institute), AFAD (Disaster and Emergency Management Presidency), and data obtained from public databases were used. Many detailed data such as hospitals, ambulances, doctors, and health workers within the borders of the province were obtained from the Provincial Health Directorate.

For the application of the proposed mathematical model and patient selection model, Istanbul Province, where a severe earthquake is expected shortly, and Tuzla District, which is one of the riskiest regions, were selected. According to the earthquake forecast results, in the event of an earthquake with a magnitude of 7.4 in Istanbul, 51108 seriously injured are expected. According to these estimates, it is predicted that 1394 people were rescued with serious injuries during the 72-hour rescue operations in Tuzla.

In addition to these, the OSMnx library in Python was used to determine the locations of possible seriously injured in the Tuzla District and create distance matrices (Boeing, 2017).

Information about the hospitals and ambulances to be used within the scope of Scenario 1, Scenario 2, and Scenario 3 is as in Table 2:

- H, Private Tuzla, Okan University, Tuzla State, Gisbir, Aydınlı Field, Şifa Field
- P, p= 1,2,3.....,1394
- A, a= A1, A2A18, A19
- Hcap = 909
- P_total = 1394
- A_total = 19

Table 2: Distribution of Ambulances by Hospitals in Tuzla District, 1,2, 3

Scenarios			Hospital	Osm_Id	Latitude	Longitude	Numb. Amb.
Scenario 3 Scenario 2 Scenario 1			Tuzla State Hospital	2230026598	40.845280	29.302440	6
			Okan University Hospital	6767716363	40.849384	29.301822	6
			Gisbir Hospital	2365236395	40.847839	29.294578	2
			Private Tuzla Hospital	1974824938	40.826042	29.310320	1
			Aydınlı Field Hospital	2265386405	40.877597	29.337894	2
			Şifa Field Hospital	6131299430	40.835566	29.365106	2
			Total:				19

The estimated casualty estimates after the earthquake are exponentially distributed over the 72-hour period when the probability of recovery is highest. The frequency of rescue of the patients shows an exponential distribution. A significant intensity was present during the early hours, but as the hours went on, decreasing numbers of individuals were being rescued, and in some instances, nobody was being saved at all.

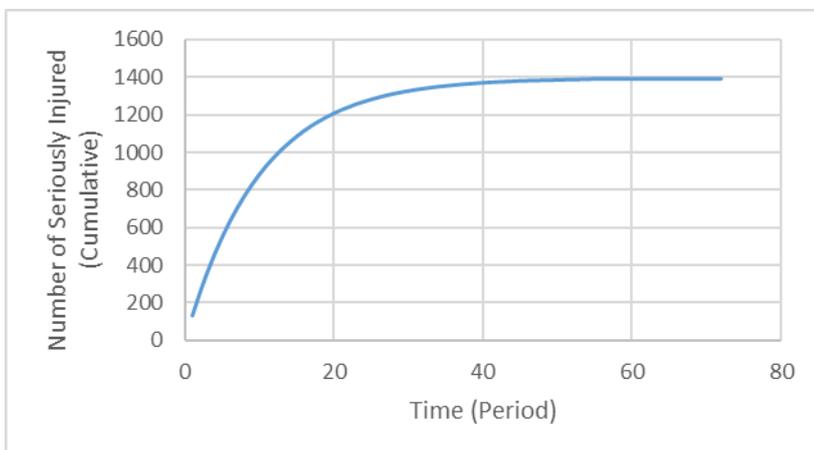


Chart 2: Number of Seriously Injured by Periods

Chart 2 shows the cumulative distribution of patients rescued by period. It is clear in the graph that the distribution of the recovery times of the patients and the arrival of the information to the system is in accordance with the exponential distribution.

4.2. Data Analysis and Results

There are 5475 Nodes and 14527 Edges registered for the Tuzla district in the Osmnx library. The expected serious injured were determined completely randomly among the nodes within the district. According to the results of the K-means clustering analysis, the locations of 1394 seriously injured randomly selected throughout the district are shown in Chart 3.

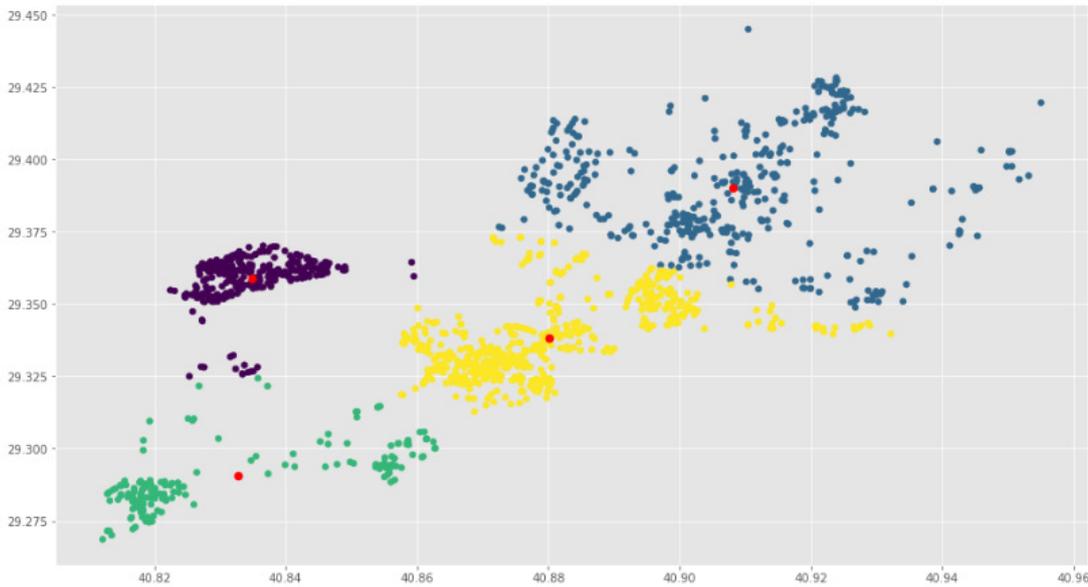


Chart 3: Geographical Distributions and Clusters of Seriously Injured People

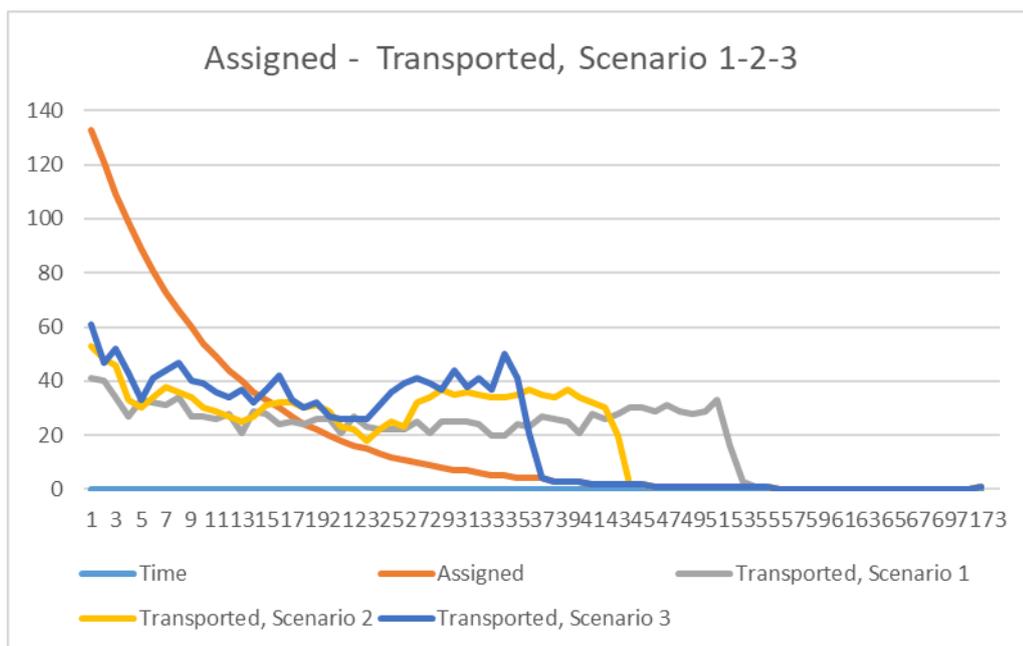


Chart 4: Number of Newly Assigned and Transported Patients, Scenario 1-2-3

How the proposed mathematical model works in the current order and capacity has been tested with scenario 1, and it has been determined that the ambulances and hospital capacities are insufficient. As can be seen in Chart 4, only the process of transporting the seriously injured takes more than two days and 52 hours. The prolongation of the transportation process will result in more fatalities. With 401 beds available, the current (Scenario 1) situation can fully accommodate just a very small portion of the badly injured's treatment requirements. The majority of injured people are handled in temporary treatment centers or outpatient treatment centers, it has been observed.

It is inevitable to take additional measures to increase the capacity of the treatment services supplied to the injured, and thus shorten the service period. For these reasons, cost-effective, realistic, applicable, and sustainable solutions are needed. In this context, Sensitivity Analysis was performed to determine the effects of additional measures on the proposed mathematical model.

With the sensitivity analysis whose results are shared in Table 3, the significant decrease in the objective function is important in terms of showing the effectiveness of the additional capacities produced. It is noteworthy as it reflects the sensitivity of the mathematical model.

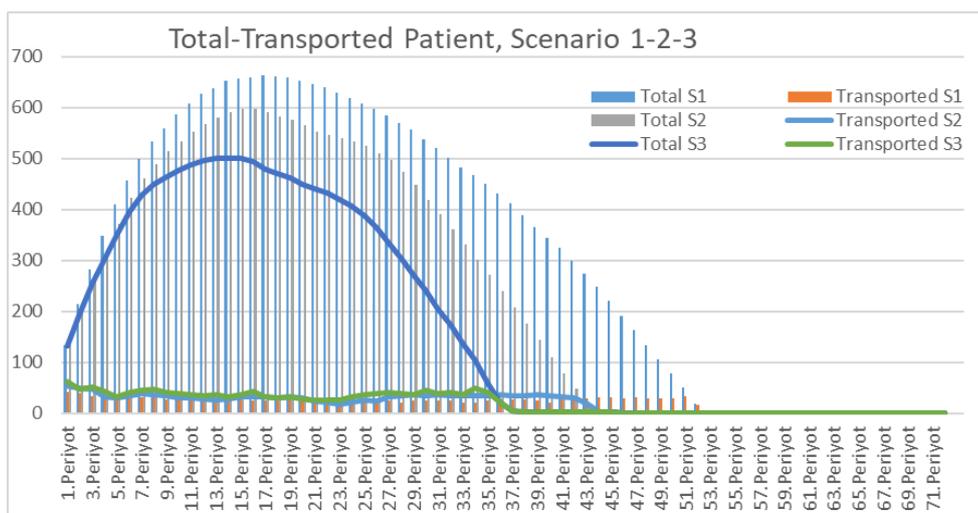


Chart 5: Total Number of Patients and Transported Patients, Scenario 1-2-3

In Scenario 2, it is possible to see the effect of the 2 ambulances allocated together on the waiting times and crowding of the patients with the establishment of Şifa field hospital in Chart 5. Although the capacity increase in Scenario 2 was partially effective, they were not at a level that could eliminate the waiting when the system was busy. The improvements made have resulted in improvements in the system, from a 52-hour transit time to a 43-hour transit time. The 9 hours of healing obtained is not enough time due to the serious condition of the injured.

When a field hospital was established in the Aydın region, where the patient density is high and there is no hospital, it was observed that the system accelerated, and accumulations disappeared earlier. With the implementation of scenario 3, the patients waiting at the

end of the 36th period were reset, and the system was able to transport the incoming patient. There has been an improvement of 16 hours in the current situation (scenario 1) and an improvement of 7 hours in scenario 2. Therefore, even though Scenario 3 may be

Table 3: Sensitivity Analysis Results

Scenario 1					
Number of patients=	1394	Number of hospitals=	4	Number of Ambulance=	15
				Objective Function=	462.585,49
Hospitals	Bed Capacities	Number of Patients Assigned	Inpatient	Outpatient	Total Transported Patients
Tuzla State Hospital	185	535	185	340	525
Okan University Hospital	137	415	137	405	542
Gisbir Hospital	51	284	51	160	211
Private Tuzla Hospital	28	160	28	88	116
Total =	401	1394	401	993	1394
Scenario 2					
Number of patients =	1394	Number of hospitals =	5	Number of Ambulance=	17
				Objective Function=	405.426,42
Hospitals	Bed Capacities	Number of Patients Assigned	Inpatient	Outpatient	Total Transported Patients
Tuzla State Hospital	355	612	355	174	529
Okan University Hospital	244	420	244	185	429
Gisbir Hospital	81	140	81	48	129
Private Tuzla Hospital	29	50	29	38	67
Şifa Field Hospital	100	172	100	140	240
Total =	809	1394	809	585	1394
Scenario 3					
Number of patients =	1394	Number of hospitals =	6	Number of Ambulance=	19
				Objective Function=	382.382,37
Hospitals	Bed Capacities	Number of Patients Assigned	Inpatient	Outpatient	Total Transported Patients
Tuzla State Hospital	355	545	355	136	491
Okan University Hospital	244	374	244	122	366
Gisbir Hospital	81	124	81	37	118
Private Tuzla Hospital	29	45	29	26	55
Aydınlı Field Hospital	100	153	100	60	160
Şifa Field Hospital	100	153	100	104	204
Total =	909	1394	909	485	1394

considered good in light of the current circumstances, it is obvious that more is needed for seriously injured patients.

4.3. Sensitivity Analysis

In this study, the sensitivity of the model was tested on two main constraints of the model, namely the number of hospitals and the number of ambulances. In two different scenarios alternative to the current situation, new field hospitals and new ambulances have been integrated into the system. As a result of the sensitivity analysis, it is seen in Table 3 how the location of the hospitals to be established for the improvement of the system and the increase in the number of ambulances changed the objective function.

While the changes in the constraints affected the objective function, they also affected the waiting times of the patients and facilitated to end of the congestion in the system earlier. In addition, the effects of the transported wounded on the type of service they receive from the hospitals were observed. Thanks to the increased bed capacity, the number of inpatients has increased, and the number of outpatient/temporary treatment patients has decreased.

When comparing Scenario 2 to the current situation with the increased bed capacity as a result of evacuating the inpatients in the hospitals after the disaster, as well as the establishment of 1 field hospital and the distribution of 2 ambulances, the results of the sensitivity analysis in Table 3 show that objective function has decreased by roughly 12.36 percent from “462585.49” to “405426.42.” With the implementation of scenario 3, the objective function decreased by approximately 17.34% to the level of “382382.37”.

The results show how sensitive the proposed mathematical model is to the changing constraints in Scenario 2 and Scenario 3. It can be said that the changes in the objective function are at significant levels as a percentage.

5. Discussion

5.1. Conclusions

The delivery of necessities to a disaster victim as well as the evacuation of persons affected by the disaster to safe locations is both included in the logistics of post-disaster humanitarian relief. The issue of conveying the badly injured to healthcare facilities during the post-earthquake response period was investigated in this study. The problem has been solved with the proposed mixed integer programming model and patient selection method in order to minimize the time elapsed until the patients who survived the earthquake with severe injuries are transported to health institutions.

According to the results of the clustering analysis, the establishment of field hospitals in the regions where the patients are dense but there is no hospital-enabled distribution of the load accumulated in the system. On the one hand, field hospitals offered additional bed capacity; on the other hand, they reduced the distance that ambulances had to travel. The improvements observed in Scenario 2 and Scenario 3 are very important in terms of showing the sensitivity of the model.

5.2. Limitations and Future Research

The system created to address the issue is only comprised of land ambulances, but it can be improved by integrating air and sea vehicles. The application of the study was carried out in the Tuzla district in scope. In a system that will include neighboring provinces and districts, the objective function can be made more optimal thanks to resource sharing.

In a study to be carried out with the integration of Istanbul and neighboring provinces, it may be possible to optimize the treatment processes of more injured people by preventing idle capacity. In future studies, solutions obtained from different numerical techniques such as heuristic and metaheuristic techniques will contribute to the development of the decision mechanism.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support.

Author Contributions: Conception/Design of Study- S.Ö., H.K.; Data Acquisition- S.Ö.; Data Analysis/Interpretation- S.Ö.; Drafting Manuscript- S.Ö., H.K.; Critical Revision of Manuscript- S.Ö., H.K.; Final Approval and Accountability- S.Ö., H.K.

References

- Adıvar, B., & Mert, A. (2010). International disaster relief planning with fuzzy credibility. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 9(4), 413–433. <https://doi.org/10.1007/s10700-010-9088-8>
- Adrang, H., Amiri, A. B., Damghani, K. K., & Moghaddam, R. T. (2020). Planning for Medical Emergency Transportation Vehicles during Natural Disasters. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 0(2), 185–197. <https://doi.org/10.22094/joie.2020.688.1455>
- AFAD. (2020). *Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü*. <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozluğu>
- Altay, N. (2008). Issues in disaster relief logistics. *Large-Scale Disasters: Prediction, Control, and Mitigation*, 9780521872, 120–146. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535963.007>
- Altay, N., & Green, W. G. (2006). OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 175(1), 475–493. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.05.016>
- Anaya-Arenas, A. M., Renaud, J., & Ruiz, A. (2014). Relief distribution networks: a systematic review. *Annals of Operations Research* 2014 223:1, 223(1), 53–79. <https://doi.org/10.1007/S10479-014-1581-Y>
- Balcik, B., Beamon, B. M., & Smilowitz, K. (2008). Last mile distribution in humanitarian relief. *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*, 12(2), 51–63. <https://doi.org/10.1080/15472450802023329>
- Barbarosoğlu, G., & Arda, Y. (2004). A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response. *Journal of the Operational Research Society*. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601652>
- Barbarosolu, G., Özdamar, L., & Çevik, A. (2002). An interactive approach for hierarchical analysis of helicopter logistics in disaster relief operations. *European Journal of Operational Research*, 140(1), 118–133. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00222-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00222-3)
- Berkoune, D., Renaud, J., Rekik, M., & Ruiz, A. (2012). Transportation in disaster response operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.05.002>
- Boeing, G. (2017). OSMnx: New methods for acquiring, constructing, analyzing, and visualizing complex street networks. *Computers, Environment and Urban Systems*, 65, 126–139. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.05.004>

- Caunhye, A. M., Nie, X., & Pokharel, S. (2012). Optimization models in emergency logistics: A literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 4–13. <https://doi.org/10.1016/J.SEPS.2011.04.004>
- Chern, C. C., Chen, Y. L., & Kung, L. C. (2010). A heuristic relief transportation planning algorithm for emergency supply chain management. *International Journal of Computer Mathematics*, 87(7), 1638–1664. <https://doi.org/10.1080/00207160802441256>
- Deniz, E. Ş. (2012). *Antalya İli Afet Riskleri Ve Afet Yönetimi Konusu Üzerine Bir Araştırma*. Akdeniz Üniversitesi.
- Ergünay, O. (2005). Afet Yönetiminde İşbirliği ve Koordinasyonun Önemi. *TC İçişleri Bakanlığı-JICA*, 9–18.
- Gu, Y. (2011). Research On Optimization Of Relief Supplies Distribution Aimed To Minimize Disaster Losses. *Journal of Computers*, 6(3), 603–609. <https://doi.org/10.4304/JCP.6.3.603-609>
- Gümüşbuğa, F. (2012). *Afet Yönetimi Kapsamında Hata Ağacı Analizi İle Risk Tabanlı Tesis Yer Seçimi*. Kara Harp Okulu.
- Haghani, A., & Oh, S. C. (1996). Formulation and solution of a multi-commodity, multi-modal network flow model for disaster relief operations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 30(3), 231–250. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(95\)00020-8](https://doi.org/10.1016/0965-8564(95)00020-8)
- Hu, Z. H. (2011). A container multimodal transportation scheduling approach based on immune affinity model for emergency relief. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2632–2639. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2010.08.053>
- Huang, H., Li, Y., Huang, B., Pi, X., Xiangru, M., Wei, S., Nickel, S., Saldanha-Da-Gama, F., Kim, J. S., Lee, D.-H. D. H. D. H., Ge, X. Q., Tian, Z. Y., Zhang, J., Thanh, P. N., Bostel, N., Péton, O., Alshamsi, A., Diabat, A., Jeet, V., Chen, S. S. (2009). Network design based on closed-loop reverse logistics recycling. *International Journal of Production Research*, 50(1), 533–536. <https://doi.org/10.1109/CASE.2009.11>
- IFRC. (2020). *What is a disaster?* <https://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/what-is-a-disaster/>
- Jotshi, A., Gong, Q., & Batta, R. (2009). Dispatching and routing of emergency vehicles in disaster mitigation using data fusion. *Socio-Economic Planning Sciences*, 43(1), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2008.02.005>
- Kadioğlu, M. (2011). Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek. *T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını*, 40–43.
- Kaya, Y. (2000). *17 Ağustos'un Ardından Deprem, Devlet ve Toplum*. Otopsi Yayınevi Yayınları.
- Knott, R. (1987). The logistics of bulk relief supplies. *Disasters*, 11(2), 113–115. <https://doi.org/10.1111/J.1467-7717.1987.TB00624.X>
- Konstantinidou, M. A., Kepaptsoglou, K. L., & Stathopoulos, A. (2019). A multi-objective network design model for post-disaster transportation network management. *Promet - Traffic - Traffico*, 31(1), 11–23. <https://doi.org/10.7307/ptt.v31i1.2743>
- Öner, Z. S. (2010). *Türkiye'de Afet Yönetimi ve Niğde Örneği*. Niğde Üniversitesi.
- Ozdamar, L. (2011). Planning helicopter logistics in disaster relief. *OR Spectrum* 2011 33:3, 33(3), 655–672. <https://doi.org/10.1007/S00291-011-0259-Y>
- Özdamar, L., Ekinci, E., & Küçükyazıcı, B. (2004). Emergency logistics planning in natural disasters. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1023/B:ANOR.0000030690.27939.39>
- Safeer, M., Anbuudayasankar, S. P., Balkumar, K., & Ganesh, K. (2014). Analyzing transportation and distribution in emergency humanitarian logistics. *Procedia Engineering*, 97, 2248–2258. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.469>
- Sarma, D., Singh, A., Das, A., & Bera, U. K. (2018). A Post-Disaster Humanitarian Relief Logistic Model: Evacuation and Transportation. *2018 3rd International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2018*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/I2CT.2018.8529786>
- Sarp, N. (1999). *Disaster Management in Healthcare*.

- Sheu, J. B. (2007). An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 687–709. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.04.004>
- Sheu, J. B. (2010). Dynamic relief-demand management for emergency logistics operations under large-scale disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2009.07.005>
- Tannöven, E. A. (2010). *A Study of Ambulance Dispatching Policies To Improve Disaster Relief Operations : A Case Study on Istanbul*. Koç University.
- Tzeng, G. H., Cheng, H. J., & Huang, T. D. (2007). Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.10.012>
- Vitoriano, B., Ortuño, T., & Tirado, G. (2009). HADS, a goal programming-based humanitarian aid distribution system. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 16(1–2), 55–64. <https://doi.org/10.1002/mcda.439>
- Vitoriano, Begoña, Ortuño, M. T., Tirado, G., & Montero, J. (2011). A multi-criteria optimization model for humanitarian aid distribution. *Journal of Global Optimization*, 51(2), 189–208. <https://doi.org/10.1007/s10898-010-9603-z>
- Wang, S. Ma, Z. and Li, Z. (2008). *A Dynamic Programming Model for Optimal Transportation of Emergency Relief Commodities in Natural Disasters*. 0, 1452–1457.
- Yi, W., & Kumar, A. (2007). Ant colony optimization for disaster relief operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 660–672. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.05.004>
- Yi, W., & Özdamar, L. (2004). *Fuzzy Modeling for Coordinating Logistics in Emergencies*.
- Yi, W., & Özdamar, L. (2007). A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. *European Journal of Operational Research*, 179(3), 1177–1193. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.03.077>
- Zhu, L., Gong, Y., Xu, Y., & Gu, J. (2019). Emergency relief routing models for injured victims considering equity and priority. *Annals of Operations Research*, 283(1–2), 1573–1606. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-3089-3>
- Zuo, X. D., Qing, Y. H., & Li, J. P. (2014). Research on Design of Region Postal Logistic Distribution Network with Time Windows. *Strategy in Emerging Markets: Management, Finance and Sustainable Development*, 205–211.

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, yazıya 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 değerlendirilmediği halde 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, Ciambriune 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
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 6th 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* (8th 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* (6th ed.). Washington, DC: Author.

Article

a) Turkish Article

Mutlu, B., & Savaşer, S. (2007). Çocuğu ameliyat sonrası yoğun bakımda olan ebeveynlerde stres nedenleri ve azaltma girişimleri [Source and intervention reduction of stress for parents whose children are in intensive care unit after surgery]. *Istanbul University Florence Nightingale Journal of Nursing*, 15(60), 179–182.

b) English Article

de Cillia, R., Reisigl, M., & Wodak, R. (1999). The discursive construction of national identity. *Discourse and Society*, 10(2), 149–173. <http://dx.doi.org/10.1177/0957926599010002002>

c) Journal Article with DOI and More Than Seven Authors

Lal, H., Cunningham, A. L., Godeaux, O., Chlibek, R., Diez-Domingo, J., Hwang, S.-J. ... Heineman, T. C. (2015). Efficacy of an adjuvanted herpes zoster subunit vaccine in older adults. *New England Journal of Medicine*, 372, 2087–2096. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1501184>

d) Journal Article from Web, without DOI

Sidani, S. (2003). Enhancing the evaluation of nursing care effectiveness. *Canadian Journal of Nursing Research*, 35(3), 26–38. Retrieved from <http://cjr.mcgill.ca>

e) Journal Article with DOI

Turner, S. J. (2010). Website statistics 2.0: Using Google Analytics to measure library website effectiveness. *Technical Services Quarterly*, 27, 261–278. <http://dx.doi.org/10.1080/07317131003765910>

f) Advance Online Publication

Smith, J. A. (2010). Citing advance online publication: A review. *Journal of Psychology*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.1037/a45d7867>

g) Article in a Magazine

Henry, W. A., III. (1990, April 9). Making the grade in today's schools. *Time*, 135, 28–31.

Doctoral Dissertation, Master's Thesis, Presentation, Proceeding

a) Dissertation/Thesis from a Commercial Database

Van Brunt, D. (1997). *Networked consumer health information systems* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 9943436)

b) Dissertation/Thesis from an Institutional Database

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

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* (2nd 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 6th.
- 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: 3-5 in English
 - ✓ Body text sections
 - ✓ References
 - ✓ All tables, illustrations (figures) (including title, explanation, captions)