

ISSN : 1305-7820  
E-ISSN : 2587-165X

# FEN BİLİMLERİ DERGİSİ



İSTANBUL TİCARET  
ÜNİVERSİTESİ

**Yıl:19**  
Year:19

**Sayı:38**  
Vol:38

**2020-Güz**  
2020-Fall

Istanbul Commerce University  
Journal of Science

**ISSN : 1305-7820**  
**E-ISSN: 2587-165X**



**İSTANBUL TİCARET**  
**ÜNİVERSİTESİ**

# **FEN BİLİMLERİ**

## **DERGİSİ**

**Yıl: 19**

**Sayı: 38**

**Güz 2020**

Year: 19

Volume: 38

Fall 2020

Istanbul Commerce University  
Journal of Science









# İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

*İstanbul Commerce University Journal of Science*

<http://dergipark.gov.tr/ticaretfdb>



<b>İstanbul Ticaret Üniversitesi Adına Sahibi</b> <i>Owner on behalf of İstanbul Commerce University</i>	Prof. Dr. Yücel OĞURLU <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi Rektörü</i>
<b>Yayın Kurulu</b> <i>Editorial Board</i>	Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i> Prof. Dr. Abdül Halim ZAIM <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i> Prof. Dr. Muammer KALYON <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i> Prof. Dr. Mustafa KÖKSAL <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i> Dr. Öğr. Üyesi Muhammet CEYLAN <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i>
<b>Editör</b> <i>Editor</i>	Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i>
<b>Yardımcı Editör</b> <i>Assistant Editor</i>	Arş. Gör. Kader ŞİMŞİR ACAR <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i>
<b>Fen Bilimleri Alan Editörü</b> <i>Associate (Science) Editor</i>	Doç. Dr. Murat KİRİŞÇİ <i>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa</i>
<b>Mühendislik Alan Editörü</b> <i>Associate (Engineering) Editor</i>	Dr. Öğr. Üyesi Muhammet CEYLAN <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i>
<b>Dil Editörü</b> <i>Language Editor</i>	Arş. Gör. Elif NURAY YILDIRIM <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i>
<b>Sorumlu Yazı İşleri Müdürü</b> <i>Publishing Manager</i>	Yasin DEMİRBAŞ <i>İstanbul Ticaret Üniversitesi</i>
<b>Yönetim Yeri</b> <i>Head Office</i>	İstanbul Ticaret Üniversitesi
<b>Yazışma Adresi</b> <i>Corresponding Address</i>	İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Küçükyalı E-5 Kavşağı İnönü Cad. No: 4 Küçükyalı 34840 İstanbul-TURKEY Tel: 0 216 444 0 413 (3141) e-posta: <a href="mailto:fendergi@ticaret.edu.tr">fendergi@ticaret.edu.tr</a>
<b>İnternet Adresi</b> <i>Web Address</i>	<a href="http://dergipark.gov.tr/ticaretfdb">http://dergipark.gov.tr/ticaretfdb</a> <a href="https://ticaret.edu.tr/tr/Sayfa/Akademik/itud/itufbd2">https://ticaret.edu.tr/tr/Sayfa/Akademik/itud/itufbd2</a>
<b>Yayın Türü</b> <i>Publication Type</i>	Yerel Süreli / <i>Periodical</i> Yılda iki sayı yayımlanır: Bahar(Haziran) ve Güz(Aralık) <i>Published two issues per year: Spring(June) and Fall(December)</i>
<b>Yayın Dili</b> <i>Publication Language</i>	Türkçe ve İngilizce <i>Turkish and English</i>
<b>Online Yayınlanmaktadır</b> <i>Published Online</i>	ISSN : 1305-7820 E-ISSN : 2587-165X
<b>Derginin Tarandığı Kaynaklar</b>	     

<b>Danışma Kurulu</b> <i>Advisory Board</i>	Prof. Dr. Abdül Halim ZAIM	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Adnan ÇALIK	Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye
	Prof. Dr. Ahmet Şükrü ÖZDEMİR	Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Ali FARAJZADEH	Razi Üniversitesi, Kermanshah, İran
	Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Aslan GÜLCÜ	Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
	Prof. Dr. A. Göksel AĞARGÜN	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. A. Işık AYDEMİR	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Bayram Ali ERSOY	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Bilal BİLALOV	Azerbaycan Milli İlimler Akademisi, Bakü, Azerbaycan
	Prof. Dr. Betül SAF	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Doğan KAYA	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Emrah Evren KARA	Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye
	Prof. Dr. Fahreddin ABDULLAYEV	Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye
	Prof. Dr. Farman MAMEDOV	Azerbaycan Milli İlimler Akademisi, Bakü, Azerbaycan
	Prof. Dr. Fatih NURAY	Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye
	Prof. Dr. Habip DAYIOĞLU	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Harun POLAT	Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, Türkiye
	Prof. Dr. Hasan GENÇ	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
	Prof. Dr. Heybetkulu S. MUSTAFAYEV	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
	Prof. Dr. İbrahim BAZ	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. İdris KABALCI	Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye
	Prof. Dr. İdris OĞURLU	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. İsmail DEMİR	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. İsmail KÜÇÜK	İstanbul Zaim Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. İsmail KÖMBE	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Kemal VAROL	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Mehmet AKBABA	Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye
	Prof. Dr. Metin BAŞARIR	Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye
	Prof. Dr. Metin GÜMÜŞ	Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Mikail ET	Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye
	Prof. Dr. Mohammad MURSALEEN	Aligarh Muslim University, Aligarh, India
	Prof. Dr. Muammer KALYON	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Murat KOCA	Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye
	Prof. Dr. Murat SARI	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Mustafa ILICALI	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Mustafa KÖKSAL	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Mustafa KURT	Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. Münevver TURANLI	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Prof. Dr. M. Emin ÖZDEMİR	Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye
	Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
Prof. Dr. Nigar MERDAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Oğuz BORAT	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Orhan İÇELLİ	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Osman YAZICIOĞLU	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Özlem DENİZ BAŞAR	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Sıbkat KAÇTIOĞLU	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Rifat YAZICI	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Seyit TEMİR	Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye	
Prof. Dr. S. Ahmet OYMAK	Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Temel KOTİL	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Ünal Halit ÖZDEN	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Vagif GULİYEV	Bakü Devlet Üniversitesi, Bakü, Azerbaycan	
Prof. Dr. Vatan KARAKAYA	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye	
Prof. Dr. Yasin ÜST	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Prof. Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Doç. Dr. Ali Osman KUŞAKÇI	İbn Haldun Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Doç. Dr. Asif YOKUŞ	Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye	
Doç. Dr. Berk AYVAZ	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	

<b>Danışma Kurulu</b> <i>Advisory Board</i>	Doç. Dr. Faik GÜRSOY	Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye
	Doç. Dr. Fuat USTA	Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye
	Doç. Dr. Halit ÖZEN	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Doç. Dr. İbrahim DEMİR	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Doç. Dr. Kadri DOĞAN	Artvin Çoruh Üniversitesi
	Doç. Dr. Merve İLKHAN	Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye
	Doç. Dr. Murat KİRİŞÇİ	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye
	Doç. Dr. Müzeyyen ERTÜRK	Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye
	Doç. Dr. Özgür YILDIRIM	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Doç. Dr. Seda BAĞDATLI KALKAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Doç. Dr. Serhan YARKAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Doç. Dr. Yunus ATALAN	Aksaray Üniversitesi, Aksaray, Türkiye
	Doç. Dr. Yusuf ZEREN	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Abdullah DEMİR	Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Abdullah YENER	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Ali BOYACI	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Amer ALSHAHA	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Arzu KAKIŞIM	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Burhan SATICI	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Çınar NARTER	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Emel Ş. K.ÇİFTBUDAK	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi E. Başar BAYLAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZTÜRK	İstanbul Medeniyet Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Fatma Serab ONURSAL	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Fernaz ÖNCEL	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Feyza M.HAFIZOĞLU	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Fuat Ali PAKER	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Irmak BAYBURTLU	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Leyla SURİ	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Metin TURAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi Muhammet CEYLAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
	Dr. Öğr. Üyesi M. Cem KASAPBAŞI	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi M. Alper ÖZPINAR	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Dr. Öğr. Üyesi Nour El H.BOUZARA	Uni. Sci. Tec. Houari Boumediene, Algiers, Algeria	
Dr. Öğr. Üyesi Özdemir SÖNMEZ	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Dr. Öğr. Üyesi Pınar Ö. DEMİRTAŞ	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Dr. Öğr. Üyesi Vedat TAVAS	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	
Dr. Öğr. Üyesi Yalçın EYİGÜN	İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye	

**38. Sayı HAKEM LİSTESİ / REVIEWER LIST**

Prof. Dr. Ata MUĞAN	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Doğan KAYA	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim BAZ	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa ILICALI	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Doç. Dr. Ali Osman KUŞAKCI	İbn Haldun Üniversitesi
Doç. Dr. Asif YOKUŞ	Fırat Üniversitesi
Doç. Dr. Berk AYVAZ	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Doç. Dr. Seda BAĞDATLI KALKAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Doç. Dr. Serpil KILIÇ DEPREN	Yıldız Teknik Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZTÜRK	İstanbul Medeniyet Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Cem KASAPBAŞI	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Özgür Can TURNA	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

## EDİTÖRDEN

Değerli İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Okurları,

Dergimizin 19. yılında 38 sayımız olan Güz 2020 baskısını siz değerli okurlarımızla paylaşmaktan onur duymaktayız.

Dergimizin bu sayısında Endüstri Mühendisliği, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, Bilgisayar Mühendisliği, İstatistik ve Matematik alanlarından sekiz makaleyi siz okurlarımızın istifadesine sunmaktan mutluyuz.

Dergimizin bu sayısında, üniversitemiz içinden ve dışından çalışmalarını bizim aracılığımızla okuyucularıyla paylaşan yazarlarımıza, makalelerin hakemlik süreçlerine itinalı çalışmaları ile katkıda bulunan değerli akademisyenlere ve derginin hazırlanmasında emeği geçen çalışma arkadaşlarımıza teşekkürlerimizi sunarız.

Dergimizin bu sayısının fen bilimleri alanında değindiği konulara farklı ve güncel bakış açıları kazandırmasını temenni eder, bir sonraki sayımızda okuyucularımızla buluşmayı dileriz.

Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK  
Fen Bilimleri Dergisi Editörü

## EDITORIAL POST

Dear Readers, İstanbul Commerce University Journal of Science,

In the 19th year of our journal, we are honored to share with you our esteemed readers the 38th issue of the Fall 2020 edition.

In this issue of our journal, we are pleased to present eight articles from the fields of Industrial Engineering, Urban Systems and Transport Management, Computer Engineering, Statistics and Mathematics to the readers.

In this issue of our journal, we present our thanks to our writers who share their work with our readers through our university and our colleagues who have contributed to the preparation of the magazine and the valuable academicians who contributed to their studies.

We hope that this number of our journal will give you different and up-to-date insights into the subjects of science, and we would like to meet with our readers in the next issue.

Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK  
Editor



## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### *Araştırma Makaleleri / Research Articles*

#### Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering

- ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE LOJİSTİK PERFORMANSIN DEĞERLENDİRİLMESİ** 117  
*EVALUATION OF LOGISTIC PERFORMANCE WITH MULTI CRITERIA DECISION MAKING TECHNIQUES*  
Büşra YALÇIN, Berk AYVAZ

- İŞLETMELERDE VERİ ANALİZİYLE İSTİSNALARIN SAPTANMASI** 139  
*DETERMINATION OF EXCEPTIONS WITH DATA ANALYSIS IN BUSINESSES*  
Ezgi ÇİFÇİ, Oğuz BORAT

- OTOMOTİV YAN SANAYİ SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE AHP, BULANIK AHP VE BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI** 152  
*AHP, FUZZY AHP AND FUZZY TOPSIS APPROACH IN SUPPLIER SELECTION IN AUTOMOTIVE SUB-INDUSTRY SECTOR*  
Meryem ÖZEN, Oğuz BORAT

#### Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi / Urban Systems and Transport Management

- METRO ARACI GÖVDE SON MONTAJ TESİSİNİN KURULUMU VE YATIRIMIN FİNANSAL DEĞERLENDİRİLMESİ** 172  
*ROLLING STOCK FINAL ASSEMBLY FACILITY INSTALLATION AND FINANCIAL EVALUATION OF THE INVESTMENT*  
Hüsnü Levent PANDÜL, Tuncer TOPRAK

- RAYLI SİSTEM ARAÇLARINDA RAMS VERİLERİNİ VE TEKNİKLERİNİ KULLANARAK, ARAÇ PERFORMANSINI, BAKIM VE ARIZA GİDERLERİNİ İYİLEŞTİRMEK** 190  
*IMPROVING ROLLING STOCK MAINTENANCE PERFORMANCE BY USING RAMS DATA AND TECHNICS*  
Turgay KADIOĞLU, Tuncer TOPRAK

#### Bilgisayar Mühendisliği / Computer Engineering

- KVKK VE GDPR KAPSAMINDA FİRMALARIN MEVCUT DURUM ANALİZİ ÜZERİNE BİR İNCELEME** 208  
*RESEARCH ON FIRMS' CURRENT SITUATION ANALYSIS WITHIN THE SCOPE OF THE KVKK AND GDPR*  
Reyhan Nur SAVAŞ, Abdül Halim ZAİM, Muhammed Ali AYDIN



İstatistik / Statistics

**İŞLETMELERİN İFLAS TAHMİNİNDE K- EN YAKIN KOMŞU  
ALGORİTMASI ÜZERİNDEN UZAKLIK ÖLÇÜTLERİNİN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

224

*COMPARISON STUDY OF DISTANCE MEASURES USING K- NEAREST  
NEIGHBOR ALGORITHM ON BANKRUPTCY PREDICTION*

Gizem DİLKİ, Özlem DENİZ BAŞAR

Mathematics / Matematik

**NEW REPRODUCING KERNELS AND HOMOGENIZING TRANSFORMS  
FOR SOME BOUNDARY VALUE PROBLEMS**

234

*BAZI SINIR DEĞER PROBLEMLERİ İÇİN YENİ ÜRETİCİ ÇEKİRDEKLER  
VE HOMOJENLEŞTİRME DÖNÜŞÜMLERİ*

Elif NURAY YILDIRIM



## ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE LOJİSTİK PERFORMANSIN DEĞERLENDİRİLMESİ\*

### EVALUATION OF LOGISTIC PERFORMANCE WITH MULTI CRITERIA DECISION MAKING TECHNIQUES

Büşra YALÇIN<sup>1</sup>

Berk AYVAZ<sup>2</sup>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author  
byalcin.9534@gmail.com

Geliş Tarihi / Received  
07.04.2020

Kabul Tarihi / Accepted  
22.05.2020

#### Öz

Günümüz dünyasında giderek artan rekabet ortamında ülkeler, daha az maliyet ile daha verimli ve getirisi yüksek işler yapabilmek için, maliyet kalemleri içerisinde önemli bir yeri olan lojistik sektörüne odaklanmışlardır. Başarılı olmak ve ekonomik kazanç sağlamak amacıyla; lojistik maliyetlerini azaltacak ve bu alanda etkin rol oynamalarını sağlayacak çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Lojistik sektörüne verilen önemin bu denli artması ile birlikte; ülkelerin bu alandaki performans seviyelerinin net bir biçimde görülebilmesi ihtiyacı doğmuştur ve lojistik performans ölçümü gerekli hale gelmiştir. Bu kapsamda birçok indeks geliştirilerek ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerden bir tanesi Dünya Bankası'nın yapmış olduğu Lojistik Performans İndeksi (LPI)'dir. Yapılan bu makale çalışmasında lojistik performans konusuna odaklanılmıştır. Lojistik performans ölçümü için çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) kullanılmıştır. Bu problem için bulanık yöntemlerin bütünlük olarak kullanılması tercih edilmiştir. "Bulanık AHP" (BAHP) ve "Bulanık TOPSIS" yöntemleri bütünlük şekilde kullanılarak, belirlenen ülkeler lojistik performanslarına göre sıralanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık AHP yöntemi, bulanık TOPSIS yöntemi, çok kriterli karar verme yöntemleri, lojistik performans indeksi.

#### Abstract

In today's increasingly competitive environment, countries have focused on the logistics sector, which has an important place in cost items, in order to be able to do more efficient and high-return jobs with less cost. In order to be successful and gain economic profit; they started to work on reducing logistics costs and enabling them to play an active role in this field. As the importance attached to the logistics sector increases; countries' need to see their performances clearly in this area has emerged. For this reason, logistic performance measurement has become necessary. In this context, many indices were developed and measurements were made. One of these measurements is the Logistics Performance Index (LPI) made by the World Bank. This article focuses on logistics performance and Multi-criteria decision making methods (MCDM) were used for logistics performance measurement. In this problem, it is preferred to use fuzzy methods in an integrated way. The "Fuzzy AHP" (FAHP) and "Fuzzy TOPSIS" methods are used in an integrated way and the determined countries are ranked according to their logistics performance.

**Keywords:** Fuzzy AHP method, fuzzy TOPSIS method, logistics performance index, multi criteria decision making method.

\*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "LOJİSTİK PERFORMANS İNDEKSİNİN BELİRLENMESİNDE YENİ BİR MODEL ÖNERİSİ" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye.  
byalcin.9534@gmail.com, Orcid.org/0000-0001-8588-2556.

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye.  
bayvaz@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-8098-3611.

## 1. GİRİŞ

Giderek gelişen dünyada ticaretin uluslararası seviyeye ulaşması ile birlikte lojistik, ülkeler için önemli bir konuma gelmiştir. Artan bu önemi ile birlikte, lojistik birçok alanda karşımıza çıkmaya başlamıştır. Birçok sektör ile bağlantılı hale gelen lojistiğe günümüzde bir bilim dalı olarak bakılmaktadır. Lojistik, ülkelerin ekonomik gelişme düzeylerinin belirlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu kapsamda lojistik maliyetler ile ekonomik büyüme arasında doğru bir orantı olduğu söylenebilir. Lojistiğin sektörel olarak gelişmesi ve maliyetlerinin azalması ekonomiyi daha canlı bir hale getirirken, maliyetlerin artması ise ekonomik gelişmeleri zora sokacaktır.

Globalleşmenin artması ile birlikte ülkelerin bu durumdan etkilendiği görülmektedir. Fakat bu kavram, her ülke için aynı etkiyi oluşturmamaktadır. Ülkelerin sürekli değişen ve gelişen dünyada lojistik anlamında, durumlarını ortaya çıkaran çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi Dünya Bankası'nın lojistik hizmet sağlayıcılar ve akademisyenler ile birlikte yürüttüğü LPI çalışmasıdır. Yapılan LPI çalışmasının sonuçları, her 2 yılda bir düzenli olarak Dünya Bankası tarafından yayınlanmaktadır. LPI çalışmasında ülkeleri değerlendirmek amacı ile belirlenen 6 adet kriter bulunmaktadır. Bu kriterler; Gümrük Yönetimi, Altyapı, Uluslararası Taşımacılık, Lojistik Hizmet Kalitesi ve Yeterliliği, İzleme & Takip ve Zamanında Teslimat 'tır.

Bu çalışmada, günümüz dünyasında önemli bir kavram haline gelen "Lojistik Performans" kavramına odaklanılmıştır. Türkiye'nin ve komşu ülkelerin lojistik alanında birbirlerine oranla hangi düzeyde olduğunu kavrayabilmek amaçlanmıştır. Bu kapsamda; Türkiye'nin komşusu olarak seçilen ülkelerin, öncelikle 2018 LPI raporunda sıralamaya dâhil edilmiş olan ülkeler olmasına dikkat edilmiştir. Bu şartı sağlayan komşu ülkeler için, bugüne kadar yayınlanmış tüm LPI raporlarındaki (2007-2018) sıralamalarının aritmetik ortalamaları alınmıştır. Bulunan aritmetik ortalama değerlerine göre küçükten büyüğe sıralama yapılmış ve ilk 4 ülke seçilmiştir. Bu kapsamda toplam 5 ülkenin Dünya Bankası'nın belirlediği 6 kritere göre lojistik performanslarının hesaplanması hedeflenmiştir. Yöntem olarak ise, son zamanlarda performans ölçümlerinde sıklıkla kullanılan ÇKKV tekniklerinden olan ve uzman görüşlerinin daha net ifade edilmesine olanak sağlayan dilsel ifadeleri içeren, BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri tercih edilmiştir. Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması amacıyla literatürde daha çok tercih edilen BAHP yöntemi, bu çalışmada da benzer amaçla kullanılmış olup; ağırlıkları belirlenen kriterlere göre, alternatiflerin sıralanması için ise genellikle sıralama yapmak amacı ile kullanılan, Bulanık TOPSIS yöntemi tercih edilmiştir.

Yapılan bu çalışma ile birlikte; kullanılan yöntemler, çalışmada ele alınan ülkeler ve lojistik performansın değerlendirilmesi açısından literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir. Geçerliliği bilimsel olarak kabul edilmiş olan BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin, çalışmada birlikte analiz edilmesi ve bu yöntemlerin lojistik performans alanında kullanılması ile literatüre katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Bu çalışma ile söz konusu yöntemlerin uygulama sonucu görülmüş olup; lojistik performansı temel alacak bundan sonraki çalışmalara, kullanılan yöntemler bakımından ışık tutabileceği düşünülmektedir.

Giriş bölümünü takiben, ikinci bölümde lojistik performans indeksi ve lojistik performans ölçümü ile ilgili literatür gözden geçirilmiştir. Üçüncü bölümde BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinden bahsedilmiştir ve dördüncü bölümde problemin çözüm aşamaları ele alınmıştır. Sonuç bölümünde ise uygulama sonucunda elde edilen çalışmanın sonuçları değerlendirilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Uluslararası seviyede lojistik performans; bir ülkenin lojistik faaliyetlerinin gelişmişlik düzeyi olarak tanımlanabilir. Buna bağlı olarak uluslararası lojistik performansın ülkenin ekonomik gelişmişliğinin bir göstergesi olduğu söylenebilir (Rençber, 2018).

Bu bölümde lojistik performans indeksi ve lojistik performans ölçümü üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalarda uygulanan çözüm yöntemleri analiz edilmiştir. Dünya Bankası'nın öncülük ettiği LPI çalışması, literatürde önemli bir yere sahip olduğundan ayrı bir başlık altında incelenmiştir.

### 2.1.Dünya Bankası LPI Çalışması

Lojistik performans ölçümü ile ilgili yapılan en kapsamlı çalışma LPI çalışmasıdır. Bu çalışma ile birlikte; ülkelerin lojistik performanslarını ölçmek ve birbirleri ile kıyaslanmasını sağlamak amacıyla, ilki 2007 yılında yapılan bir çalışma başlatılmıştır. 2007 yılında yapılan ilk çalışma 150 ülke üzerinde yapılmış olup; 2010 ve 2012 yıllarında 155 ülke çalışmaya dâhil edilmiştir (Bayat ve Özdemir, 2016). Çalışmaya 2016 ve 2018 yıllarında ise 160 ülke dâhil edilmiştir.

Çalışma lojistik sektöründe uzman olan kişilerin görüşlerini dikkate almaktadır. Yapılan çalışma iki başlık altında toplanmaktadır. Bir tanesi uluslararası alanda ülkelerin, belirlenen 6 kriter ile lojistik performanslarını ölçmeyi temel almaktadır. Diğer çalışma ise ulusal alanda ülkelerin yerel performanslarını, belirlenen 4 faktöre göre ölçmeyi temel almaktadır (Bayat ve Özdemir, 2016).

Dünya Bankası LPI çalışmasının ilk aşamasında, verilerin elde edilmesi için anket yönteminin kullanılmakta olduğu görülmüştür. Anketin diğer aşamasında ise ülkelerin kendi lojistik sektörlerine dair sayısal bilgiler istenmektedir. Elde edilen anket verileri sonucuna göre Temel Bileşenler Analizi yapılmaktadır. Sonrasında belirlenen 6 kriter için ortalamalar alınarak ülkelerin LPI değerleri bulunmaktadır (Rençber, 2018).

Arvis vd. (2007) Dünya Bankası işbirliği ile LPI raporunu hazırlamışlardır. Yaptıkları çalışma, özellikle gelişmekte olan ülkeler için küresel ticaretin ve küreselleşmenin fırsatlarını ortaya çıkarma konusunda kritik öneme sahiptir (Arvis vd., 2007).

Arvis vd., (2010) hazırladıkları LPI raporunda, 2007 yılında olduğu gibi, reforma ve gelişmeye önem veren, yüksek gelirli ülkelerin lojistik performanslarının üst sıralarda yer aldığını göstermişlerdir (Arvis vd, 2010).

Arvis vd. (2018) 160 ülke ile hazırladıkları LPI raporunda, yüksek gelirli ülkelerin lojistik performansa göre ilk 10 sıra içerisinde yer aldığını, son 10 sıradaki ülkelerin ise düşük ve orta gelirli ülkeler olduğunu göstermiştir (Arvis vd., 2018).

### 2.2.Literatürdeki Diğer Lojistik Performans Temelli Çalışmalar

Green vd. (2008) ulusal 142 fabrikanın işletme yöneticilerinden elde edilen verilerle, Yapısal Eşitlik Modelleme yöntemini kullanarak tedarik zinciri yönetimi stratejisini temel alan, lojistik performans modelini teorik olarak değerlendirmişlerdir (Green vd., 2008).

Felipe ve Kumar (2010) çalışmalarında çift yönlü ticaret akışı ve ticaretin kolaylaştırılması arasındaki ilişkiyi incelemek için Yer Çekimi Model'ini kullanmışlardır. Orta Asya ülkeleri için

Dünya Bankası'nın LPI çalışması ve ticaretin kolaylaştırılması ile ortaya çıkan iyileşmelerden kaynaklanan ticari kazanımları da tahminlemiştir (Felipe ve Kumar, 2010).

Lau (2011) endüstriler ve ülkeler arasındaki performansın daha iyi karşılaştırılması için Yeşil Performans İndeksinin (GLPI) geliştirilmesini ve kullanılmasını tartışmıştır. İndeks gelişim sürecini göstermek ve önerilen indeksi kullanarak iki ülke arasındaki Yeşil Lojistik (GL) uygulamalarının performanslarını karşılaştırmak için Çin ve Japonya'daki ev elektronik cihaz endüstrisinden toplanan anket verilerini kullanmıştır. Anket verilerinin analizi için "İki Örneklem t- Testi" ve "Tek Yönlü Varyans Analizi" (ANOVA) yöntemini, GLPI anket verilerinin ağırlıklarının belirlenmesi için ise "Temel Bileşen Analizi" yöntemini kullanmıştır (Lau, 2011).

Güner ve Coşkun (2012) ekonomik ve sosyal faktörlerin ülkelerin lojistik performanslarına olan etkisini değerlendirmek için 26 OECD ülkesi için ekonomik ve sosyal göstergeler arasındaki bağlantıyı incelemek adına Korelasyon Analizi yapmışlardır (Güner ve Coşkun, 2012).

Bayraktutan vd. (2012) çalışmalarında Türkiye'deki illerin lojistik performanslarını ölçmek üzere bir indeks oluşturmuştur. Çalışma sonucunda, öncelikli olarak ele alınan Kocaeli ili yüksek indeks değeri ile öne çıkmıştır. Çalışmalarında ilk olarak lojistik sektörünün bölgedeki etkisini ölçmek amacı ile Yığınlaşma Katsayısı belirlemiş ve sonrasında illere göre ölçüm yapabilmek için bir indeks geliştirmişlerdir (Bayraktutan vd., 2012).

Perçin ve Çakır (2013) ÇKKV teknikleri ile "Fortune Türkiye Dergisi"nin açıkladığı ilk 500 firma listesinde yer alan 10 lojistik firmasının performans ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. Lojistik performans ölçümü için belirlenen kriterlerin ağırlıklarını, CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) yöntemi ile hesaplayıp sonraki aşamada SAW (Simple Additive Weighting), TOPSIS ve VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemleri ile firmalar için performans sıralaması yapmışlardır. Tüm bu aşamalardan sonra veri birleştirme tekniklerinden Borda Sayım (Borda Count) yöntemi ile bütünlük tek bir sıralama elde etmişlerdir (Perçin ve Çakır, 2013).

Jhavar vd. (2014) kalifiye iş gücünün geliştirilmesinin lojistik performans indeksi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bir Hint lojistik hizmet sağlayıcısı üzerinde vaka çalışması yapmışlardır. Sistem dinamiği modelleme prensiplerine göre, nedensel bir döngü diyagramı ve stok akış diyagramı geliştirmişlerdir. Simülasyon sonucu lojistik performans indeksinde önemli bir iyileşme görülmüştür (Jhavar vd., 2014).

Somogyi ve Bokor (2014) 29 Avrupa ülkesinin lojistik verimliliğini yeni bir DEA- PC (Data Envelopment Analysis - Pairwise Comparison) ile test etmişlerdir. Bu test sonucunda ortaya çıkan sonuçları orijinal DEA yöntemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Sonuçları ayrıca ülkelerin lojistik yeterliliklerine ilişkin önemli bir uluslararası çalışma olan LPI'nin lojistik kalitesi ve yeterlilik indeksi ışığında da değerlendirmişlerdir (Somogyi ve Bokor, 2014).

Baki ve Gergin (2015) Türkiye'deki bölgeleri lojistik performanslarına göre değerlendirmişlerdir. Bu amaçla seçilen kriterlerin ağırlıklandırılması için AHP yöntemini ve sonrasında bölgelerin lojistik performanslarına göre sıralaması için ise TOPSIS yöntemini kullanmışlardır (Baki ve Gergin, 2015).

Yu ve Hsiao (2015) ülkelerin LPI etkinliğini değerlendirmek için alternatif bir yaklaşım sunmuşlardır. Ülkeleri LPI değerlerine göre sıralamak için DEA- AR (Data Envelopment Analysis- Assurance Region) modelini önermişlerdir. Regresyon modelini kullanarak performans indekslerinin ağırlıklarına alt ve üst sınırlar koyarak, önerilen LPI hesaplama

modelinin sıralaması ile Dünya Bankası'nın LPI sıralamasını karşılaştırmayı amaçlamışlardır (Yui ve Hsiao, 2015).

Özceylan vd. (2016) çalışmalarında Türkiye'deki illerin lojistik performanslarını ölçümlemişlerdir. Bu performans ölçümü için üç aşamalı bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çalışmaları için 16 coğrafik ve ekonomik bölgeyi belirlemişlerdir. Çalışmalarının ilk aşamasında lojistik performans değerlendirme kriterlerini bir grup lojistik uzmanı ve akademisyen ile belirlemişlerdir. İkinci adımda illere lojistik puanların verilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemi'ni (GIS) kullanmışlardır. Sonraki adımda ise belirlenen performans kriterlerini ÇKKV teknikleri ile ağırlıklandırarak çözümlenmişlerdir. Değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması için AHP ve ANP yöntemlerini, sıralama yapmak için ise TOPSIS yöntemini kullanmışlardır (Özceylan vd., 2016).

Çakır (2016) Lojistik performans ölçümü için bir metodoloji önermiştir. Önerilen hibrit metodoloji CRITIC, SAW ve Peter's Fuzzy Regression metodlarının bir kombinasyonunu içermektedir. Çalışmasında 2014 yılı Dünya Bankası LPI verilerini kullanarak OECD ülkelerinin lojistik performansını ölçmüştür (Çakır, 2016).

Bayır ve Yılmaz (2017) ise Dünya Bankası'nın yayınladığı 2016 LPI verileri kapsamında 20 Avrupa ülkesinin lojistik performanslarını ölçmek için ÇKKV tekniklerinden AHP ve VIKOR yöntemlerini birlikte kullanarak, iki yılda bir yayınlanan Dünya Bankası LPI sıralamasından farklı olarak, ilk defa Avrupa ülkelerinin kriter ağırlıklarını dikkate alınarak sıralama yapmışlardır. Çalışmada AHP ile mevcut kriterleri ağırlıklandırarak, VIKOR yöntemi ile ülkeleri sıralamaya tabii tutmuşlardır (Bayır ve Yılmaz, 2017).

Gani (2017) yaptığı çalışma ile 60 ülke için lojistik performansın uluslararası ticaretteki etkisini deneysel olarak incelemiştir. Dünya Bankası'nın yayınladığı 2007, 2010, 2012 ve 2014 yılı LPI verileri ile ülkenin dış ticareti arasındaki ilişki Panel Veri Analizi yöntemi ile değerlendirmiştir (Gani, 2017).

Wong ve Tang (2017) ülkelerin LPI'larını daha fazla yükseltmeleri adına, lojistik performansın belirleyicilerini ortaya çıkarmayı hedeflemişlerdir. 2007- 2014 yılları arasında seçilen 93 ülkenin verileri ile oluşturulan Statik Panel Veri Yaklaşımı'nı kullanmışlardır. Çalışma sonucunda LPI ölçümünü en fazla etkileyen kriteri tespit ederek, ülkelerin LPI sıralamasında üst sıralarda yer alabilmeleri için dikkat edilmesi gereken noktaları belirtmişlerdir (Wong ve Tang, 2017).

Ayaydın vd. (2017) çalışmalarında Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemini kullanarak; verimlilik, büyüklük ve karlılık oranları yardımı ile 2011 yılı FORTUNE Türkiye Dergisi'nde yayınlanan ve ilk 500 firma listesinde yer alan 10 lojistik firmasının performans ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda firmaları finansal performanslarına göre sıralamışlardır (Ayaydın vd., 2017).

Rezaei vd. (2018) ÇKKV tekniklerinden biri olan En İyi En Kötü Metodu (Best Worst Method-BWM) ile Dünya Bankası'nın belirlediği altı LPI kriterinin ağırlıklandırmalarını yapmışlardır. Farklı ülkelere 107 uzman ile yapılan anket çalışması ile eşit ağırlıklandırma yöntemini kullanan mevcut LPI çalışmasından farklı bir sonuç bulmuşlardır. Uyguladıkları ağırlıklandırma yöntemi sonucuna göre lojistik performansın en önemli bileşeni altyapı bileşeni iken, en az ağırlığa sahip kriter, izleme ve takip edilebilirlik olmuştur (Rezaei vd., 2018).

Rençber (2018) ülkelerin lojistik performanslarına göre ne kadar doğru sıralandırıldığını ve LPI ölçümünde hangi indeksin daha etkili olduğunu bulmak amacı ile ülkeleri lojistik performanslarına göre Basamak Korelasyon Analizi, (BKSA), Kohonen (LVQ) ve Bulanık

Tabanlı ANFIS Sinir Ağı Modeli ile sıralamaya tabii tutmuştur. Bu yöntemlerin sıralama performansları karşılaştırılmıştır (Rençber, 2018).

Korucuk vd. (2018) seyahat acentelerinde lojistik performansın değerlendirilmesi üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Çalışma için Giresun ilini baz almışlardır. Lojistik performans kriterlerinin ağırlıklandırılması için DEMATEL yöntemini, en ideal seyahat acentesinin seçimi için ise GİA yöntemini kullanarak firmaları sıralandırmışlardır (Korucuk vd., 2018).

Ulutaş (2018) lojistik firmalarının performans analizi çalışmasını yapmıştır. Çalışmasında lojistik performans ölçünü ÇKKV tekniklerinden Entropi ve EDAS yöntemlerini kullanmıştır. Lojistik firmalarını bu yöntemler aracılığı ile sıralamaya tabii tutmuştur (Ulutaş, 2018).

Kısa ve Ayçin (2019) OECD ülkelerinin lojistik performanslarını bütünlük yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. Dünya Bankası'nın yayınladığı LPI çalışması sonucu belirlenen lojistik performans kriterlerini kullanarak, SWARA yöntemi ile bu kriterlerin ağırlıklandırılmalarını gerçekleştirmiş ve EDAS yöntemi ile ülkelerin lojistik performanslarını ölçümlemişlerdir. Çalışma sonucunda lojistik performansa göre ilk üç ülke sırası ile Almanya, Hollanda ve İsveç olmuştur. Yapılan bu ile son olarak 2018 yılında Dünya Bankası'nın yapmış olduğu LPI çalışması sonucu oluşan sıralamadan farklı bir sıralama elde etmiştir (Kısa ve Ayçin, 2019).

Candan (2019) OECD üyesi 10 ülkenin lojistik performanslarının ölçümünü gerçekleştirmiştir. Kullanılan lojistik performans ölçüm kriterlerinin ağırlıklarını AHP yöntemi ile belirledikten sonra ülkelerin lojistik performanslarına göre sıralanması için Gri İlişkisel Analiz (GİA) metodunu kullanmıştır (Candan, 2019).

Lojistik performans ve lojistik performans indeksi ile ilgili yapılan literatür taraması, çalışmaya konu olan problemin ana hatlarının ve yapısının oluşturulması konusunda yardımcı olmuştur. Kriterlerin belirlenmesi aşamasında; yapılan literatür taramasında da sıkça rastlandığı üzere, Dünya Bankası'nın LPI çalışmasında ülkeleri değerlendirmek için kullanılan kriterlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Problemin çözümünde literatürde de lojistik performans ölçümünde yaygın olarak kullanılan ÇKKV tekniklerinin kullanımı tercih edilmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve performans ölçümüne göre alternatiflerin sıralanması için, farklı yöntemler kullanılmıştır. Ağırlık hesaplamalarında çoğunlukla rastlanan bir ÇKKV tekniği olan BAHP yöntemi ve alternatiflerin sıralanması için ise etkin sıralama yöntemlerinden biri olan Bulanık TOPSIS yöntemi tercih edilmiştir.

Günlük yaşantıda karar verme durumu; karmaşık bir ortamda, birden fazla etkenin ve belirsizliğin arasında gerçekleşir. Problemin çözümünde bulanık yöntemlerin tercih edilmesinin bir sebebi bu durumdur. Modern mantığın belirsizlik durumlarında yetersiz oluşu, bulanık mantığın fazla kriterin ve değişkenin değerlendirilmesine olanak sağlaması ve aynı zamanda değerlendiricilerin düşüncelerini daha rahat ifade etmelerine yardımcı olan, dilsel terimleri içermesi sebepleri ile bulanık yöntemler tercih edilmiştir. Bulanık yöntemlerde kullanılan değerlendirme ölçekleri, aralıklar ile ifade edilen dilsel terimleri içerdiğinden değerlendirmelerin daha etkili olmasını sağlamaktadır.

### 3. PROBLEM TANIMI VE METODOLOJİ

Günümüzde oldukça önem kazanan lojistik alanında, Türkiye'nin ve komşu ülkelerin lojistik performanslarının ÇKKV teknikleri ile değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada ele alınan problemin amacı; Türkiye ve 2018 LPI raporunda yer alan ve Türkiye'nin komşusu olan ülkelerin, lojistik performanslarının ÇKKV yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi ve

sıralamasının yapılmasıdır. Türkiye'nin komşusu olarak seçilen ülkelerin, öncelikle 2018 LPI raporunda sıralamaya dâhil edilmiş olan ülkeler olmasına dikkat edilmiştir. Bu şartı sağlayan komşu ülkeler için, bugüne kadar yayınlanmış tüm LPI raporlarındaki (2007-2018) sıralamalarının aritmetik ortalamaları alınmıştır. Bulunan aritmetik ortalama değerlerine göre küçükten büyüğe sıralama yapılmış ve ilk 4 ülke seçilmiştir.

Sonraki aşamada kriterler belirlenmiştir ve bu kriterler, Dünya Bankası LPI çalışmasında da ülkeleri değerlendirmek amacıyla kullanılan 6 kriterdir. Alternatifler kümesi ise 5 ülkeden oluşmaktadır. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için BAHP, alternatiflerin lojistik performanslarına göre sıralanması için Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan kriterler kümesini; Gümrük Yönetimi, Altyapı, Uluslararası Taşımacılık, Lojistik Hizmet Kalitesi ve Yeterliliği, İzleme ve Takip, Zamanında Teslimat oluştururken; alternatifler kümesini ise Türkiye, Bulgaristan, Gürcistan, İran, Yunanistan oluşturmaktadır.

### 3.1. Bulanık Analitik Hiyerarşik Prosesi

BAHP yöntemi, literatürde ilk olarak Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından 1983 yılında yapılan çalışmada kullanılmıştır ve çalışma sonucunda üçgensel bir bulanık karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur (Toksarı, 2011). Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde sıklıkla kullanılan BAHP algoritmalarından birinin 1996 yılında Chang tarafından geliştirilmiş olan "Genişletilmiş Analiz Yöntemi" olduğu görülmüştür. Literatürdeki bazı Türkçe kaynaklarda bu yöntemin ismi "Mertebe Analizi" olarak da geçmektedir (Karabayır, 2018).

BAHP yönteminde kriterleri ve alternatifleri değerlendirmek için kullanılan, dilsel ifadelerin ve bulanık sayıların yer aldığı tablolar aşağıda bulunan Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kriterlerin Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Bulanık Sayılar (Çakar, 2020)

Önem Yoğunluklarının Tanımı	Önem Şiddeti	Üçgen Bulanık Ölçek	Önem Yoğunluğunun Tersisi	Üçgen Bulanık Ölçeğinin Tersisi
Eşit Önemlilik (EÖ)	1	(1,1,1)	(1/1)	(1/1, 1/1, 1/1)
Diğerine Göre Biraz Üstün (DGÜ)	2	(1,2,4)	(1/2)	(1/4, 1/2, 1/1)
Hemen Hemen Önemli (HÖ)	3	(1,3,5)	(1/3)	(1/5, 1/3, 1/1)
Güçlü Önemli (GÜ)	5	(3,5,7)	(1/5)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok Güçlü Önemli (ÇGÖ)	7	(5,7,9)	(1/7)	(1/9, 1/7, 1/5)
Aşırı Önemli (AÖ)	9	(7,9,11)	(1/9)	(1/11, 1/9, 1/7)

Tablo 2. Alternatiflerin Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Bulanık Sayılar (Çakar, 2020)

Dilsel Değişkenler	Üçgensel Bulanık Sayılar
Çok İyi (VG)	(3,5,5)
İyi (G)	(1,3,5)
Orta (M)	(1,1,1)
Zayıf (P)	(1/5, 1/3, 1)
Çok Zayıf (VP)	(1/5, 1/5, 1/3)

Chang tarafından yapılan Mertebe Analizi (Genişletilmiş Analiz Yöntemi) algoritmasına göre BAHP yönteminin adımları sırası ile aşağıda yer almaktadır.



Her bir ölçüt alınıp her bir amaç için mertebe analizi yapılmaktadır. Bu kapsamda  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  ölçütlerin kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  amaç kümesi olsun. Her bir ölçüt için m tane mertebe analiz değeri elde edilmiş olur. Bu değerler ise aşağıda bulunan (1)'deki ifadeler ile gösterilir. i kriter, j ise alternatifleri ifade etmektedir.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

Burada bulunan tüm  $M_{g_i}^j$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ) değerleri üçgensel bulanık sayıdır.

**Adım 1:** i. ölçüte göre bulanık sentetik mertebe değeri ( $S_i$ ) (2) numaralı eşitlikteki gibi tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

Yukarıda (2)'de bulunan  $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  değerini elde etmek için m tane mertebe analizi değerine (3)'de olduğu gibi bulanık toplama işlemi uygulanır. Sonrasında (4)'de bulunan vektörün tersi eşitlik (5)'deki gibi bulunur.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i} \right) \quad (5)$$

**Adım 2:**  $M_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  'nin olabilirlik derecesi (6) numaralı denklem yardımı ile bulunur. Bu eşitliği (7) ile de ifade etmek mümkündür. Denklemde  $V(M_2 \geq M_1)$ 'i,  $d$ ,  $\mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  nin arasında bulunan en yüksek kesişim noktası D'nin ordinatı olur.  $M_1$  ve  $M_2$ 'nin kıyaslanabilmesi için için  $V(M_2 \geq M_1)$  ve  $V(M_1 \geq M_2)$  değerlerinin bulunması gereklidir.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1(x)}, \mu_{M_2(y)})] \quad (6)$$

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \begin{cases} 1 & , \text{eger } m_2 \geq m_1 \\ 0 & , \text{eger } l_2 \geq l_1 \\ \frac{l_2 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & , \text{diger durumlarda} \end{cases} \quad (7)$$

**Adım 3:** Konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan  $M_i = (i = 1, 2, \dots, k)$  'dan daha büyük olmasının olabilirlik derecesi aşağıda yer alan (8) numaralı denklemde olduğu gibi tanımlanır.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1), (M \geq M_2), \dots, (M \geq M_k)] = \min_{i=1, 2, \dots, k} V(M \geq M_i) \quad (8)$$

$d'(A_i) = \min_{k=1, 2, \dots, n} V(S_i \geq S_k)$  eşitliğinin var olduğu kabul edilirse;  $k=1, 2, \dots, n$ ; ve  $k \neq i$  için ağırlık vektörü ( $W'$ ) (9)'daki gibidir.  $A_i (i=1, 2, \dots, n)$  n tane elemandan oluşmaktadır.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (9)$$

Adım 4: Normalizasyon yapıldıktan sonra oluşan Normalize Edilmiş Ağırlık Vektörü ( $W$ ) aşağıdaki gibidir.  $W$  bulanık sayı değildir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (10)$$

(Akman ve Alkan, 2006)

$$d(A_i) = \frac{d'(A_i)}{\sum_{i=1}^n d'(A_i)} \quad (11)$$

(Yazırdağ, 2018)

### 3.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi

Yoon ve Hwang tarafından 1981 yılında geliştirilen bir yöntem olan Bulanık TOPSIS sınırlı alternatifler içinden seçim yapabilmek amacı ile oluşturulmuş bir ÇKKV tekniğidir. Yöntemin hedef aldığı temel odak noktası, seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme (PIS) en yakın, negatif ideal çözüme (NIS) en uzak olmasıdır. Seçim aşamasında, pozitif ideal çözüm ile en çok benzer olan ve aynı zamanda negatif ideal çözüme en az benzeyen alternatif seçilir (Özsarı, 2019).

Bulanık TOPSIS, geleneksel TOPSIS yönteminin geliştirilmiş şeklidir. Alternatiflerin değerlendirilmesi esnasında oluşacak subjektif durumun oluşturacağı olumsuz durumları ortadan kaldırmaktadır (Günel, 2019).

Bulanık TOPSIS ile belirlenmiş olan alternatifler ve kriterler karar vericiler tarafından değerlendirilir ve üçgen ya da yamuk bulanık sayılar kullanılarak alternatifler için yakınlık katsayıları hesaplanır. Sonrasında bu katsayılar göre sıralamalar yapılır (Yaman, 2019).

Bulanık TOPSIS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Karar vericilerin alternatifleri ve kriterleri belirlemesi,

Adım 2: Karar kriterlerinin ve kriterlere göre alternatiflerin karar vericiler tarafından dilsel ifadeler yardımı ile değerlendirilmesi,

Adım 3: Kriterler için önem ağırlıklarının belirlenmesi,

Adım 4: Bulanık karar matrisinin ve normalize edilmiş bulanık karar matrisinin bulunması,

Adım 5: Ağırlıklı normalize edilmiş Bulanık Karar matrisinin bulunması,

Adım 6: Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümün bulunması,

Adım 7: Bulanık ideal çözümlere göre uzaklıkların hesaplanması,

Adım 8: Yakınlık katsayılarının bulunması,

Adım 9: Alternatiflerin sıralanması (Özçakar ve Demir, 2011).

2. adım sonunda dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirme işlemine göre 3. adımda bu dilsel ifadelerin karşılık geldiği üçgen bulanık sayılar yazılır. Tablo 3 ve Tablo 4'te alternatifler ve kriterler için dilsel ifadeler ve bu ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları verilmiştir.

Tablo 3. Kriterlerin Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları (Özçakar ve Demir, 2011)

Dilsel İfadeler	Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları
Çok Düşük (ÇD)	(0.0, 0.0, 0.1)
Düşük (D)	(0.0, 0.1, 0.3)
Orta Düşük (OD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Orta Yüksek (OY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1.0, 1.0)

Tablo 4. Alternatiflerin Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Dilsel İfadeler ve Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları (Özçakar ve Demir, 2011)

Dilsel İfadeler	Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları
Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Orta Kötü (OK)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Orta İyi (OI)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

4. adımda bulanık karar matrisi ile normalize edilmiş bulanık karar matrisinin bulunması için aşağıdaki adımlar izlenir.

$A_i$  : m adet alternatif  $A_i = \{A_1, A_2, \dots, m\}$

$C_i$  : n adet kriter  $C_i = \{C_1, C_2, \dots, n\}$

$x_{ij}$  :  $A_i$  alternatifinin  $C_i$  kriterine göre performans değeri,

$w_j$  :  $C_i$  kriterinin önem ağırlığı olmak üzere;

$$X = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\tilde{D} = A_m \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{m1} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{21} & \dots & \tilde{x}_{22} \\ \dots & \dots & \dots & \tilde{x}_{11} \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (14)$$

$\tilde{D}$  = Bulanık karar matrisi

$\tilde{W}$  = Kriterlerin önem ağırlık matrisi

Normalize edilmiş bulanık karar matrisi  $\tilde{R}$  şu şekilde bulunur.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1,2,\dots,m \text{ ve } j=1,2,\dots,n \tag{15}$$

B fayda kriteri ve C ise maliyet kriteri olmak üzere;

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B \quad c_j^* = \max c_{ij} \tag{16}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a^-_{ij}}{c_{ij}}, \frac{a^-_{ij}}{b_{ij}}, \frac{a^-_{ij}}{a_{ij}} \right), \quad j \in C \quad a^-_j = \min a_{ij} \tag{17}$$

5. adımdaki ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi;

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1,2,\dots,m \text{ ve } j=1,2,\dots,n \text{ olmak üzere } \tilde{v}_{ij} = r_{ij}\tilde{w}_j \text{ eşitliği bulunur.} \tag{18}$$

6. adım için pozitif ve negatif ideal çözümler bulunur.

$A^*$  : bulanık pozitif ideal çözüm

$A^-$  : bulanık negatif ideal çözüm

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \tag{19}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \tag{20}$$

Chen'in bulanık TOPSIS modeli gereği  $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$  ve  $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$  kabul edilir.

$A^*$  da karar kriteri kadar (1,1,1) ve  $A^-$  de karar kriteri kadar (0,0,0) vardır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}^*, \tilde{v}_j^*) \quad i=1,2,\dots,m \tag{21}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}^-, \tilde{v}_j^-) \quad i=1,2,\dots,m \tag{22}$$

$d(\dots, \dots)$  ifadesi iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı gösterir ve denklem Vertex Yöntemine göre 7. adımda çözülür.

$$d(\tilde{l}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_1 - n_1)^2 + (l_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \tag{23}$$

8. adımda alternatifler için yakınlık katsayıları bulunur;

$$C1_i^* = \frac{d_i^*}{d_i^* + d_i^-} \quad i=1,2,\dots,m \tag{24}$$

$$C1_i^- = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i=1,2,\dots,m \tag{25}$$

9. adımda ise bulunan yakınlık katsayılarına göre alternatifler sıralanır. Yakınlık katsayısı en yüksek olan alternatif tercih edilir. (Yaman, 2019)

### 3.3. Problem Çözümü Adımları

Yapılan uygulamada izlenen adımlar aşağıda bulunan Tablo 5’de ifade edilmiştir.

Tablo 5. Lojistik Performans Ölçümü Uygulama Adımları

<b>BAHP ile Gerçekleştirilen Çözüm Adımları</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “Bulanık Dönüşüm Ölçeği” yardımı ile kriterlerin 3 uzman tarafından değerlendirilmesi</li> <li>2. Değerlendirme sonuçların tek matriste toplanması</li> <li>3. Bulanık Kriter Değerlendirme matrisinin oluşturulması için, uzman değerlendirmelerinin geometrik ortalamalarının alınması (3 uzmandan görüş alındığı için geometrik ortalama 1/3. kuvvete göre alınmıştır.)</li> <li>4. Bulanık kriter değerlendirme matrisi ile problem için belirlenen 6 kriter için geometrik ortalama alınması (6 kriter kullanıldığı için 1/6. kuvvete göre geometrik ortalama alınmıştır.)</li> <li>5. Geometrik ortalama sonuçlarına göre, sayıların çapraz olarak toplamlara bölünmesi ve kriterlerin bulanık ağırlık matrisinin oluşturulması</li> </ol>
<b>Bulanık TOPSIS ile Gerçekleştirilen Çözüm Adımları</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alternatiflerin değerlendirilmesi için bulanık değerlendirme ölçeği kullanılarak ülkelerin bulanık mantık ile değerlendirilmesi</li> <li>2. Alternatiflerin bulanık mantık ile değerlendirilme matrisindeki, tüm satır ve sütunlarda bulunan en büyük sayının seçilmesi ve kutu içinde yer alan her bir sayının seçilen en büyük sayıya tek tek bölünmesi ile bulanık karar matrisinin oluşturulması</li> <li>3. BAHP ile bulunan bulanık kriter ağırlıkları ile bulanık karar matrisindeki sayıların tek tek çarpımı sonucu normalizasyon işleminin yapılması ve bulanık normalize karar matrisinin oluşturulması</li> <li>4. Bulanık normalize karar matrisindeki her sütun içinden en büyük ve en küçük sayıların seçilerek Bulanık Pozitif İdeal Çözüm ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm kümelerinin (A+, A-) oluşturulması</li> <li>5. Her bir ülke için kriterler bazında S+ ve S- değerlerinin hesaplanması</li> <li>6. Her bir ülke için indeks değerlerinin hesaplanması ve elde edilen indeks değerlerine göre ülkelerin sıralanması</li> </ol>

## 4.UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde, belirlenen 5 ülke için, Dünya Bankası’nın LPI raporlarında yer alan 6 tane kriter ele alınmış ve bu kriterlere göre ülkelerin lojistik performans sıralamaları iki aşamalı çözüm önerisi ile oluşturulmuştur.

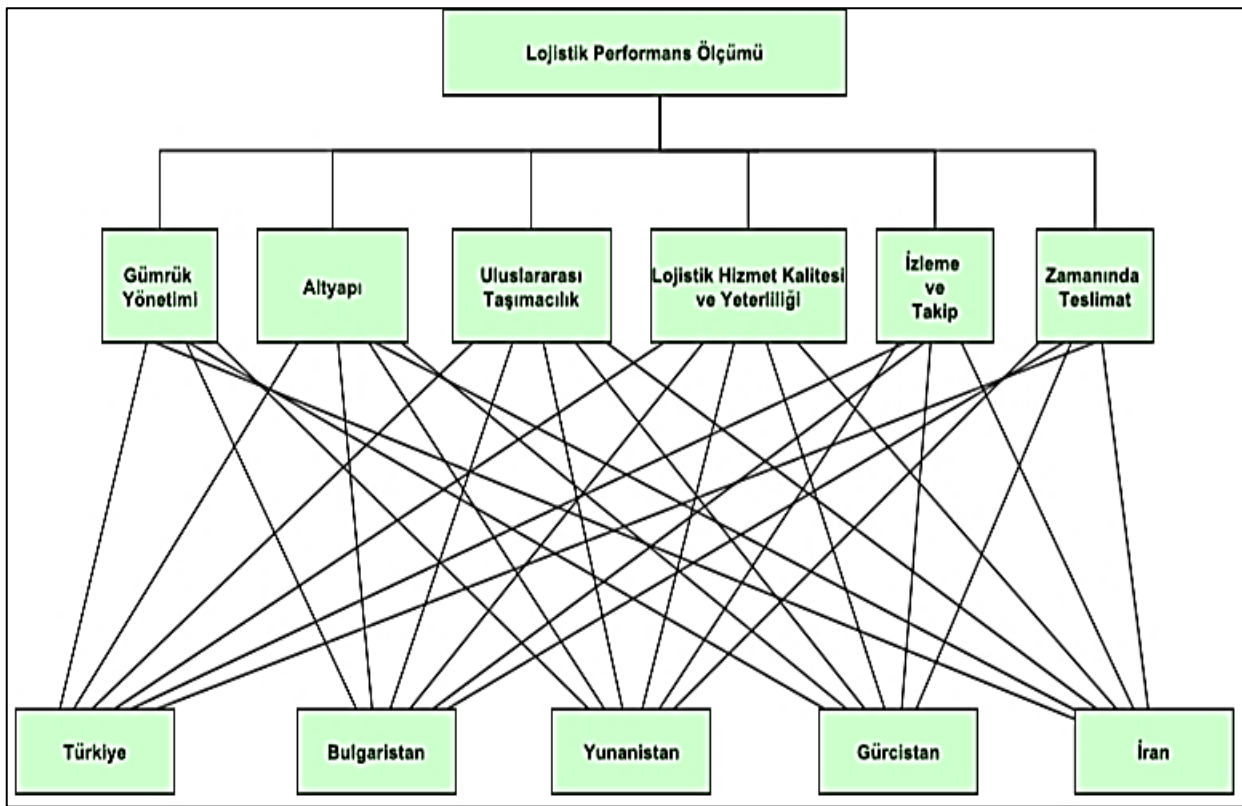
Belirlenen kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesi için, sahip oldukları yetkinlikler sayesinde objektif ve anlamlı bir değerlendirme yapabilecek uzmanlar ile iletişime geçilmiştir. Çalışmada ele alınan tüm ülkelerin lojistik dinamikleri hakkında bilgi ve tecrübe sahibi olan ve uluslararası lojistik sektöründe tecrübeleri 10-25 yıl arasında değişen 3 uzmandan görüş

alınmıştır. Değerlendirme yapan uzmanlar çalıştıkları firmada, Uluslararası Lojistik bölümünde görev yapmakta olup unvanları Grup Müdürü, Bölüm Müdürü ve Uzman'dır.

Araştırma sırasında, kullanılan yöntemler gereği, başvuru uzman sayısında, bir takım sınırlar oluşmuştur. Çalışma kapsamında yapılan kriter ve alternatif değerlendirmeleri, Türkiye'de bulunan ve uluslararası lojistik alanında bilgi ve tecrübesi olan uzmanların gözüyle değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışmadaki uzman sayısı kısıtı, lojistik performansı temel alacak ileriki çalışmalarda, uluslararası uzmanların görüşlerine yer verilmesi bakımından bir öneri oluşturabilir.

LPI çalışmasında kullanılan kriterler temel alınarak, bu kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması BAHP yöntemine göre yapılmıştır. Problemin ikinci aşamasında ise Bulanık TOPSIS yöntemi ile ülkeler sıralanmıştır. Öncelikle çalışmanın amacı doğrultusunda kriterler ve alternatifler için Şekil 1'de gösterilen hiyerarşik yapı oluşturulmuştur.



Şekil 1. Bulanık AHP Yöntemi İçin Oluşturulan Hiyerarşik Yapı

Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi, her bir uzman tarafından ayrı ayrı incelenmiş ve analiz edilmiştir. 3 uzman değerlendirmesi sonucu, kriterlerin kendi aralarında BAHP yöntemi kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4'deki gibi oluşturulmuş ve bulanık ağırlıkları hesaplanmıştır. 3 uzman tarafından yapılan değerlendirmeler sonucu, kriterlerin kendi aralarında ağırlıklandırılması için BAHP yöntemi ile ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve bulanık ağırlıkları hesaplanmıştır. 3 uzmana göre kriterlerin dilsel ifadeler yardımı ile bulanık değerlendirmeleri Tablo 6 ile tek bir matriste gösterilmiştir.

Tablo 6. 3 Uzman Tarafından Değerlendirilen Kriterlerin Bulanık Değerlendirme Sonuçlarının Tek Matriste Gösterimi

	<b>Gümrük Yönetimi</b>	<b>Altyapı</b>	<b>Uluslararası Taşımacılık</b>	<b>Lojistik Hizmet Kalitesi ve Yeterliliği</b>	<b>İzleme ve Takip</b>	<b>Zamanında Teslimat</b>
<b>Gümrük Yönetimi</b>	EÖ(1), EÖ(1), EÖ(1)	EÖ(1), HÖ(3), DGÜ(2)	DGÜ(2), HÖ(3), HÖ(3)	EÖ (1), EÖ (1), HÖ(3)	EÖ(1), GÜ(5), ÇGÖ(7)	ÇGÖ(7), DGÜ(2), HÖ(3)
<b>Altyapı</b>	EÖ(1/1), HÖ(1/3), GÜ(1/5)	EÖ(1), EÖ(1), EÖ(1)	DGÜ(2), GÜ(5), EÖ (1)	EÖ (1), EÖ(1), DGÜ(2)	HÖ(3), HÖ(3), GÜ(5)	HÖ(3), DGÜ(2), DGÜ(2)
<b>Uluslararası Taşımacılık</b>	DGÜ(1/2), HÖ(1/3), HÖ (1/3)	DGÜ(1/2), GÜ(1/5), EÖ(1/1)	EÖ(1), EÖ(1), EÖ(1)	EÖ(1), GÜ(5), DGÜ(2)	EÖ(1), GÜ(5), HÖ(3)	EÖ (1), EÖ(1), EÖ(1)
<b>Lojistik Hizmet Kalitesi ve Yeterliliği</b>	EÖ(1/1), EÖ(1/1), HÖ (1/3)	EÖ(1/1), EÖ(1/1), DGÜ (1/2)	EÖ(1/1), GÜ(1/5), DGÜ (1/2)	EÖ(1), EÖ(1), EÖ(1)	DGÜ(2), GÜ(5), EÖ (1)	AÖ (1), EÖ(1), EÖ(1)
<b>İzleme ve Takip</b>	EÖ(1/1), GÜ(1/5), ÇGÖ (1/7)	HÖ(1/3), HÖ(1/3), GÜ(1/5)	EÖ(1/1), GÜ(1/5), HÖ (1/3)	DGÜ(1/2), GÜ(1/5), EÖ(1/1)	EÖ(1), EÖ(1), EÖ(1)	EÖ (1), EÖ(1), EÖ(1)
<b>Zamanında Teslimat</b>	ÇGÖ (1/7), DGÜ (1/2), HÖ (1/3)	HÖ(1/3), DGÜ(1/2), DGÜ (1/2)	EÖ(1/1), EÖ(1/1), EÖ(1/1)	AÖ(1/9), EÖ(1/1), EÖ(1/1)	EÖ(1/1), EÖ(1/1), EÖ(1/1)	EÖ(1), EÖ(1), EÖ(1)

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturularak uzman değerlendirmelerinin bulanık sayı karşılıklarının geometrik ortalaması alınmıştır ve sonuçlar Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Uzman Değerlendirmelerinin Geometrik Ortalamasının Bulanık Sonuçları

	Gümrük Yönetimi	Altyapı	Uluslararası Taşımacılık	Lojistik Hizmet Kalitesi Yeterliliği	İzleme ve Takip	Zamanında Teslimat
<b>Gümrük Yönetimi</b>	1,1,1	1, 1.817, 2.714	1, 2.621, 4.642	1, 1.442, 1.710	2.466, 3.271, 3.979	1.710, 3.476, 5.647
<b>Altyapı</b>	0.306, 0.405, 0.693	1,1,1	1.442, 2.154, 3.037	1, 1.260, 1.587	1.442, 3.557, 5.593	1, 2.289, 4.309
<b>Uluslararası Taşımacılık</b>	0.215, 0.382, 1	0.329, 0.464, 0.693	1,1,1	1.442, 2.154, 3.037	1.442, 2.466, 3.271	1, 1,1
<b>Lojistik Hizmet Kalitesi ve Yeterliliği</b>	0.585, 0.693, 1	0.630, 0.794, 1	0.329, 0.464, 0.693	1,1,1	1.442, 2.154, 3.037	1.913, 2.080, 2.224
<b>İzleme ve Takip</b>	0.251, 0.306, 0.405	0.179, 0.281, 0.693	0.306, 0.405, 0.693	0.329, 0.464, 0.693	1,1,1	1,1,1
<b>Zamanında Teslimat</b>	0.177, 0.288, 0.585	0.232, 0.437, 1	1,1,1	0.450, 0.480, 0.522	1,1,1	1,1,1

Tablo 7’deki değerler kullanılarak BAHP yöntemine göre kriterlerin bulanık ağırlıkları aşağıda yer alan Tablo 8’de hesaplanmıştır.

Tablo 8. Kriterlerin Bulanık Ağırlıkları

Kriterler	Bulanık Ağırlıklar		
<b>Gümrük Yönetimi</b>	0.140	0.311	0.599
<b>Altyapı</b>	0.102	0.217	0.444
<b>Uluslararası Taşımacılık</b>	0.080	0.149	0.295
<b>Lojistik Hizmet Kalitesi ve Yeterliliği</b>	0.092	0.154	0.276
<b>İzleme ve Takip</b>	0.045	0.076	0.153
<b>Zamanında Teslimat</b>	0.056	0.094	0.175

BAHP yöntemi ile bulunan kriter ağırlıkları, problemin ikinci aşamasında kullanılan Bulanık TOPSIS yöntemine girdi oluşturmuştur. Bulanık TOPSIS yöntemine başlarken uzmanlardan, ülkelerin kriterlere göre değerlendirmesi alınmıştır. Bu işlem için yukarıda bulunan Tablo 4’deki “alternatif değerlendirme için bulanık değerlendirme ölçeği” kullanılmıştır. Alternatifler için bulanık sayıların geometrik ortalaması alınmıştır. Geometrik ortalama sonuçlarına göre alternatiflerin bulanık matrisi Tablo 9’da verilmiştir. Bulunan sonuçların karşılaştırılmasına “Sonuç” bölümünde yer verilmiştir.



Tablo 9. Alternatiflerin Bulanık Değerlendirilmesi

Ülkeler/ Kriterler	Gümrük Yönetimi	Altyapı	Uluslararası Taşımacılık	Lojistik Hizmet Kalitesi Yeterliliği	İzleme Takip	Zamanında Teslimat
<b>Türkiye</b>	(0.33, 0.33, 0.33)	(1, 15, 41.6)	(0.33, 3, 8.33)	(1, 5, 8.33)	(3, 25, 41.6)	(1, 15, 41.6)
<b>Bulgaristan</b>	(0.33, 3, 8.33)	(0.066, 0.11, 0.33)	(0.33, 9, 41.6)	(0.067, 0.11, 0.33)	(0.33, 3, 8.33)	(3, 25, 41.6)
<b>İran</b>	(0.33, 1, 1.66)	(0.33, 3, 8.33)	(0.33, 9, 41.6)	(0.33, 3, 8.33)	(0.33, 3, 8.33)	(1, 15, 41.6)
<b>Gürcistan</b>	(0.013, 0.037, 0.33)	(0.33, 0.33, 0.33)	(0.066, 0.33, 1.66)	(0.067, 0.11, 0.33)	(0.067, 0.11, 0.33)	(0.013, 0.037, 0.33)
<b>Yunanistan</b>	(0.013, 0.013, 0.037)	(0.066, 0.33, 1.66)	(0.013, 0.11, 1.66)	(0.33, 1, 1.66)	(0.003, 0.012, 0.33)	(0.33, 9, 41.6)

Gelinen işlem adımı, Bulanık TOPSIS konu anlatımı bölümündeki 4.adıma denk gelmektedir. Bu adımdaki (15) numaralı eşitlikte yer aldığı gibi Bulanık Normalize Karar Matrisi bulunmuştur. Bu amaçla; yukarıda yer alan Tablo 9'daki matriste, hem satırlarda hem de sütunlardaki en büyük değer seçilmiştir ve Tablo 9'daki her bir hücrede yer alan sayılar, seçilen bu en büyük değere bölünmüştür.

Sonraki adımda yukarıda konu anlatımında bulunan (18) nolu eşitlikte olduğu gibi bulanık normalize karar matrisi bulunmuştur. Bu işlem için, oluşan bulanık normalize karar matrisindeki her bir hücre içerisinde bulunan 3'lü sayılar, Tablo 7'de yer alan kriter ağırlıkları ile çarpılmıştır.

Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümlerin bulunması için, bulanık normalize karar matrisinin her bir sütunundaki en büyük ve en küçük değerler bulunmuştur. Bulunan değerler ile  $A^+$  ve  $A^-$  kümeleri oluşturulmuştur. Her bir ülke için (23) numaralı formül kullanılarak  $S^+$  ve  $S^-$  değerleri hesaplanmıştır.

$S^+$  ve  $S^-$  değerlerinin her ülke için, her kriter bazında bulunması sonrasında; alternatiflerin yakınlık katsayıları (24) ve (25) numaralı eşitlikler ile hesaplanarak sıralama gerçekleştirilmiştir. Tablo 10'da hesaplamalar sonucunda bulunan, ülkelerin yakınlık katsayıları verilmiştir. Tablo 11'de ise bu katsayılara göre ülkelerin sıralama sonuçları verilmiştir.

Tablo 10. Ülkeler İçin Bulunan Yakınlık Katsayıları

<b>Türkiye</b>	0.344
<b>Bulgaristan</b>	0.255
<b>İran</b>	0.269
<b>Gürcistan</b>	0.011
<b>Yunanistan</b>	0.098

Tablo 11. Ülkelerin Bulanık TOPSIS Yöntemine Göre Sıralama Sonuçları

Ülkeler	CCI	Sıralama
<b>Türkiye</b>	0.344	<b>1</b>
<b>Bulgaristan</b>	0.255	<b>3</b>
<b>İran</b>	0.269	<b>2</b>
<b>Gürcistan</b>	0.011	<b>5</b>
<b>Yunanistan</b>	0.098	<b>4</b>

Lojistik performanslarına göre ülkeler sırası ile Türkiye, İran, Bulgaristan, Yunanistan ve Gürcistan olacak şekilde sıralanabilir.

Lojistik performans ölçüm probleminde, kriterlerin ağırlıklarında bir değişim gözlemlenmesi durumunda çözüm sonucunda değişiklik oluşabilir. Bu durumda problemin çözülmesi ile elde edilen sıralamaların ağırlıklara ne kadar duyarlı olduğunu ölçümlemek gerekir. Bu kapsamda Tablo 12’de gösterilen 4 tane senaryo oluşturularak, problemin bu senaryolar dâhilinde tekrar çözülmesi ve ortaya çıkan sıralamalar ile mevcut sıralamaların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Değerlendirmelerin değişmesi ile kriter ağırlıkları BAHF yöntemine göre hesaplanmış olup, Bulanık TOPSIS yöntemine göre ise ülke sıralamaları belirlenmiştir.

Senaryo 1, tüm uzmanların kriter değerlendirme sonuçlarının “Eşit Önemli” olduğu varsayımına dayanan senaryodur. Bu kapsamda tüm kriterler için uzman değerlendirmeleri “Eşit Önemli” şeklinde değiştirilerek, problem bir kere daha baştan çözülmüştür. Senaryo 2, ilk üç kriterin “Eşit Önemli” ve son üç kriterin ise “Çok Güçlü Önemli” olarak değiştirilmesine dayanmaktadır. Benzer mantıkta Senaryo 3, ilk üç kriterin “Çok Güçlü Önemli” son üç kriterin ise “Hemen Hemen Önemli” ve Senaryo 4 ise tüm kriterlerin “Ağırlıklı Önemli ” olduğu varsayımına dayanmaktadır. Tüm senaryolar için, belirtilen şekilde kriter değerlendirmeleri değiştirilerek problem tekrar çözülmüştür.

Tablo 12. Duyarlılık Analizi İçin Kriter Değerlendirmelerinin Değiştirilmesi Amacıyla Belirlenen 4 Senaryo

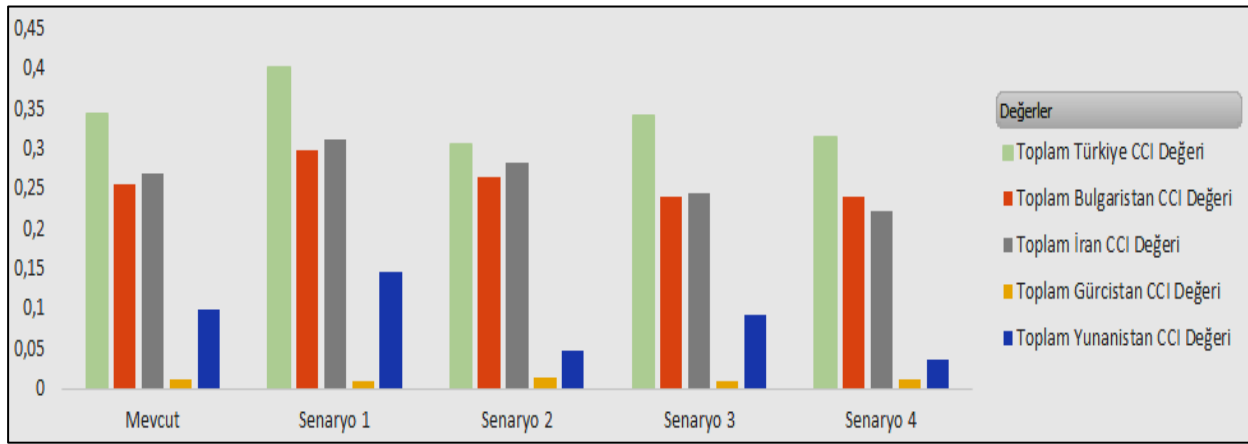
Senaryolar/ Kriterler	Gümrük Yönetimi	Altyapı	Uluslararası Taşımacılık	Lojistik Hizmet Kalitesi ve Yeterliliği	İzleme ve Takip	Zamanında Teslimat
<b>Senaryo 1</b>	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ
<b>Senaryo 2</b>	EÖ	EÖ	EÖ	ÇGÖ	ÇGÖ	ÇGÖ
<b>Senaryo 3</b>	ÇGÖ	ÇGÖ	ÇGÖ	HÖ	HÖ	HÖ
<b>Senaryo 4</b>	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ

Senaryolara göre problemin tekrar çözülmesi sonucunda ülkelerin performans değerlendirme sonuçları aşağıda Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Senaryolar Dâhilinde Problemin Tekrar Çözümlemesi Sonucu Elde Edilen Performans Değerleri

	Türkiye CCI Değeri	Bulgaristan CCI Değeri	İran CCI Değeri	Gürcistan CCI Değeri	Yunanistan CCI Değeri
<b>Mevcut</b>	<b>0.344</b>	<b>0.255</b>	<b>0.269</b>	<b>0.011</b>	<b>0.098</b>
<b>Senaryo 1</b>	0.403	0.299	0.311	0.010	0.145
<b>Senaryo 2</b>	0.306	0.265	0.283	0.013	0.046
<b>Senaryo 3</b>	0.342	0.239	0.244	0.010	0.092
<b>Senaryo 4</b>	0.315	0.239	0.222	0.012	0.037

Yapılan duyarlılık analizi sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 2’de gösterilmiştir. Çıkan sonuçlara göre; kriterlerin değerlendirmelerinde yapılan değişimler ülkelerin performans değerlerini etkilemiştir. Senaryo 1,2 ve 3 için ülke sıralamalarında herhangi bir değişim görülmezken, Senaryo 4’de tüm kriterlerin birbirine göre “Aşırı Önemli” olarak değerlendirilmesi neticesinde, mevcut sıralamada değişiklik gözlemlenmiştir. Elde edilen yeni sıralama: Türkiye, Bulgaristan, İran, Yunanistan ve Gürcistan olarak değişmiştir. Tüm kriterlerin birbirine göre “Aşırı Önemli” olması durumu çok uç bir durum olması nedeniyle, problemin mevcut çözüm sıralamasının ağırlıklara duyarlı olmadığı söylenebilir.



Şekil 2. Duyarlılık Analizi Sonuçları

## 5.SONUÇ

Lojistiğin günümüz dünyasında giderek artan hacmi ve önemi ile lojistik performansın ölçümü de kritik seviyede önem kazanmıştır. Bir ülkenin ekonomik gelişimi ile doğru orantılı olan lojistik maliyetler de bu durumun bir göstergesidir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar konunun önemini ortaya koymaktadır.

Yapılan bu çalışmada öncelikle, daha önce literatüre kazandırılan lojistik performans ve LPI konulu çalışmalardan bahsedilmiş, kullanılan çözüm yöntemleri olan BAHF ve Bulanık TOPSIS ile ilgili konu anlatımlarına yer verilmiştir. Bir sonraki aşamada Türkiye’nin ve sınır komşusu olan 4 ülkenin lojistik performansları Dünya Bankası’nın LPI çalışmasında temel aldığı 6 kriterle değerlendirilmiştir. Kriterler ve belirlenen alternatifler uluslararası lojistik alanında çalışmakta olan 3 uzman tarafından değerlendirilmiştir.

Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için bir ÇKKV tekniği olan BAHF yönteminden yararlanılmıştır. Bulanık TOPSIS yöntemi ile de belirlenen ülkelerin sıralaması

gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulama sonucunda, ülkelerin bulanık pozitif ideal çözüme yakınlıkları tespit edilmiş ve bulunan yakınlık katsayılarına göre sıralama yapılmıştır. 0,344 yakınlık katsayısı ile ilk sırada yer alan ülke Türkiye olarak bulunmuştur. Türkiye'yi takiben 0,269 ile İran, 0,255 ile Bulgaristan, 0,098 ile Yunanistan ve 0,011 ile Gürcistan gelmektedir.

Uygulama sonucunda elde edilen sıralamanın, kriter ağırlıklarında herhangi bir değişim olması sonucu, nasıl değişeceğini izlemek amacı ile duyarlılık analizi uygulanmıştır. Bu analiz ile modelin ağırlıklara duyarlı olup olmadığını görebilmek amaçlanmıştır. Bu kapsamda kriter değerlendirmelerinde değişiklik yapmak sureti ile 4 farklı senaryo özelinde problemin tekrar çözülmesi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; farklı değerlendirmeler yapılması durumunda, yalnızca 4. senaryoda sıralamada değişim gözlenmiştir. Bu senaryonun çok uç bir senaryo olması sebebi ile problem sonucunda elde edilen sıralamanın ağırlıklara duyarlı olmadığı yorumu yapılabilir.

Çalışma kapsamında ele alınan ülkelerin, 2018 yılı LPI raporundaki sıralaması Yunanistan, Türkiye, Bulgaristan, İran ve Gürcistan şeklindedir. Bu çalışmada yapılan ÇKKV teknikleri ile çözüm sonucunda oluşan sıralama ise Türkiye, İran, Bulgaristan, Yunanistan ve Gürcistan'dır. Yapılan bu makale çalışmasında kullanılan yöntemlerin LPI çalışmasındaki yöntemlerden farklı oluşu ve kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesi için yalnızca uzman görüşlerinin kullanılmış olması sebepleri ile ortaya çıkan sıralama 2018 LPI sıralamasından farklıdır. Makale kapsamında kullanılan yöntemlerde ikili karşılaştırmalar yapılmış ve bulanık mantık ile çözülmüştür. Tüm bu farklılıklar nedeni çalışma sonucunda bulunan sıralamanın LPI sıralamasından farklı olması doğaldır.

Araştırma sırasında, kullanılan yöntemler gereği başvurulmuş uzman sayısında bir takım kısıtlar oluşmuştur. Çalışma kapsamında yapılan kriter ve alternatif değerlendirmeleri, Türkiye'deki uzmanların gözüyle değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışmadaki uzman sayısı kısıtı, lojistik performansı temel alacak ileriki çalışmalarda, uluslararası uzman görüşlerine yer verilmesi bakımından bir öneri oluşturabilir. Sonraki çalışmalarda, yeni ana kriterlerin ve bu kriterlere bağlı alt kriterlerin uluslararası uzmanlar ile birlikte oluşturulması ve değerlendirilmesi, seçilen alternatiflerin coğrafyasının genişletilmesi (daha fazla ülkenin alternatif olarak seçilmesi ya da belli bir kıta veya bölgelerin kapsama alınması) ve yeni yöntemlerin kullanılması çerçevesinde önerilerde bulunulabilir.

## KAYNAKÇA

**Akman, G., Alkan A.,** (2006), "Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık Ahp Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(9), 23-46.

**Arvis, J.F., Mustra, M.A., Panzer, J., Ojala, L., Naula, T.,** (2007), Connecting to Compete 2007: Trade Logistics in The Global Economy- The Logistics Performance Index and Its Indicators, The World Bank, Washington.

**Arvis, J.F., Mustra, M.A., Ojala, L., Shepherd, B., Saslavsky, D.,** (2010), Connecting to Compete 2010: Trade Logistics in The Global Economy- The Logistics Performance Index and Its Indicators, The World Bank, Washington.

**Arvis, J.F., Ojala, L., Wiederer, C., Shepherd, B., Raj, A., Dairabayeva K., Kiiski, T.,** (2018), *Connecting to Compete 2018: Trade Logistics in The Global Economy- The Logistics Performance Index and Its Indicators*, The World Bank, Washington.

**Ayaydın, H., Durmuş, S., Pala, F.,** (2017), “Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Türk Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 8(21), 76-94.

**Baki, B., Gergin, R.E.,** (2015), Türkiye’deki Bölgelerin Lojistik Performanslarının Bütünleştirilmiş AHS ve TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Business and Economics Research Journal*, 6(4), 115-135.

**Bayat, T., Özdemir, Ş.,** (2016), Yeni Bir Lojistik Performans Endeks Oluşturmak İçin Gerekli Olan Kriterlerin Belirlenmesi Üzerine Araştırma. V. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 26-28 Mayıs, Mersin.

**Bayır, T., Yılmaz, Z.,** (2017), “AB Ülkelerinin Lojistik Performans Endekslerinin AHP Ve VIKOR Yöntemleri İle Değerlendirilmesi”, *Middle East Journal of Education*, 3(2), 73-92.

**Bayraktutan, Y., Tüylüoğlu Ş., Özbilgin, M.,** (2012), “Lojistik Sektöründe Yoğunlaşma Analizi ve Lojistik Gelişmişlik Endeksi: Kocaeli Örneği”, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 4(3), 61-71.

**Candan, G.,** (2019), “Lojistik Performans Değerlendirmesi İçin Bulanık AHP ve Gri İlişkisel Analiz Yöntemleri İle Bütünleşik Bir Yaklaşım”, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(5), 277-286.

**Çakar, T.,** (2020), *Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri*, İstanbul, İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınları.

**Çakır, S.,** (2016), “Measuring Logistics Performance Of OECD Countries Via Fuzzy Linear Regression”, *Journal Of Multi-Criteria Decision Analysis*, 24(3-4), 177-186.

**Felipe, J., Kumar, U.,** (2010), “The Role of Trade Facilitation in Central Asia: A Gravity Model”, *Eastern European Economics*, 50(4), 5-20.

**Gani, A.,** (2017), “The Logistics Performance Effect in International Trade”, *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4), 279- 288.

**Green, J. K.W., Whitten, D., Inman, A.,** (2008), “The Impact of Logistics Performance on Organizational Performance in a Supply Chain Context”, *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(4), 317-327.

**Günel, S.,** (2019), *Tıpta Uzmanlık Dalı Tercihinin BAHP, Electre Ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi*. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85, Kocaeli.

**Güner, S., Coşkun, E.,** (2012), “Comparison Of Impacts Of Economic And Social Factors On Countries Logistics Performance: A Study with OECD Countries”, *Research in Logistics & Production*. 2(4), 329-343.

**Jhawar, A., Garg, S.K., Khera, S.N.,** (2014), “Analysis Of The Skilled Work Force Effect On The Logistics Performance Index—Case Study From India”, *Logistics Research*, 7(1), 1-10.

**Karabayır, A.N.,** (2018), *Bulanık AHP - Bulanık TOPSIS Yöntemleri Entegrasyonu İle Tedarikçi Seçim Problemi Ve Uygulama*. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 161, Konya.

**Kısa, A.C.G., Ayçin, E.,** (2019), “OECD Ülkelerinin Lojistik Performanslarının SWARA Tabanlı EDAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi”, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 301-325.

**Korucuk, S., Turpcu, E., Akyurt, H.,** (2018), “Bütünleşik Dematel ve GİA Yöntemleri İle Seyahat Acentalarında Lojistik Performans Unsurlarının Ölçülmesi ve En İdeal Seyahat Acentası Seçimi: Giresun İli Örneği”, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(4), 820-842.

**Lau, K.H.,** (2011), “Benchmarking Green Logistics Performance With A Composite Index”, *An International Journal*, 18(6), 873-896.

**Özceylan, E., Çetinkaya, C., Kabak, M., Erbas, M.,** (2016), “Logistic Performance Evaluation Of Provinces In Turkey: A GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis”, *Transportation Research Part A Policy and Practice*, 94, 323-337.

**Özçakar, N., Demir, H.H.,** (2011), “Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 22(69), 25-44.

**Özsarı, M.,** (2019), *Tarım İşlerinin Kazaya Sebep Olan Etmenler Bağlamında Bulanık AHS Ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri İle Karşılaştırılması: Bir Örnek Uygulama*, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 120, Ankara.

**Perçin, S., Çakır, S.,** (2013), “Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü”, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 13(4), 449-459.

**Rençber, Ö. F.,** (2018), “Basamak Korelasyon, Kohonen ve ANFIS Yapay Sinir Ağ Modellerinin Sınıflandırma Performanslarının Karşılaştırılması: Lojistik Performans Endeksi Üzerine Uygulama”, *Ege Akademik Bakış Dergisi*. 18(3), 521-535.

**Rezaei, J., Roekel, W.S.van, Tavasszy, L.,** (2018), “Measuring The Relative Importance of The Logistics Performance Index Indicators Using Best Worst Method”, *Transport Policy*, 68, 158-169.

**Somogyi, R.M., Bokor, Z.,** (2014), “Assessing The Logistics Efficiency of European Countries By Using The DEA-PC Methodology”, *Transport*, 29(2), 137-145.

**Ulutaş, A.,** (2018), “Entropi Tabanlı Edas Yöntemi ile Lojistik Firmalarının Performans Analizi”, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 23, 53-66.

**Wong, W.P., Tang, C.F.,** (2017), “The Major Determinants Of Logistic Performance In A Global Perspective: Evidence From Panel Data Analysis”, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 21(4), 431-443.

**Yaman, H.K.**, (2019), Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Tedarikçi Seçimi ve Bulanık Doğrusal Programlama İle Optimum Sipariş Miktarının Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87, Sakarya.

**Yazırdağ, M.**, (2018), Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri İle Tedarik Sistemi: Jandarma Genel Komutanlığında Bir Uygulama, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 111, Ankara.

**Yui, M.M., Hsiao, B.**, (2015), “Measuring The Technology Gap And Logistics Performance of Individual Countries By Using A Meta-DEA-AR Model” Maritime Policy & Management, 43(1), 98-120.



# İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

*Istanbul Commerce University Journal of Science*

<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd>



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## İŞLETMELERDE VERİ ANALİZİYLE İSTİSNALARIN SAPTANMASI\*

DETERMINATION OF EXCEPTIONS WITH DATA ANALYSIS IN BUSINESSES

Ezgi ÇİFÇİ<sup>1</sup>

Oğuz BORAT<sup>2</sup>

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author*  
ezgicifci44@gmail.com

*Geliş Tarihi / Received*  
07.05.2020

*Kabul Tarihi / Accepted*  
02.06.2020

### Öz

Bu çalışmada, müşterilerin bir marketten satın alma tercihleri detaylı incelenmiş ve elde edilen sonuçlar, TCMB verilerini kullanan TEPAV'ın banka ve kredi kartı ile yapılan harcamalar üzerindeki çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. 11-17 Mart 2019 tarih aralığında 589 kişinin, 11-17 Mart 2020 tarih aralığında ise 645 kişinin alışveriş verisi kullanılmıştır. Eğilimler aynı olmasına rağmen sayısal değerler arasında farklılıklar görülmüştür. Markette 11-17 Mart 2020 haftası boyunca yapılan nakit ve kredi kartı harcamaları, 11-17 Mart 2019 haftasındaki harcamalar göre %90 artış gösterirken TEPAV'ın kümülatif değeri %80 bulunmuştur. Benzer şekilde marketteki gıda maddelerindeki bir hafta boyunca artış %73 olarak hesaplanırken TAPEV'ın kümülatif değeri %60 olarak bulunmuştur.

### Abstract

In this study, the preferences of customers to buy from a market are analyzed and the results are compared with TEPAV's studies on bank and credit card expenditures using CBRT data. Shopping data of 589 people in the period of 11-17 March 2019 and 645 people in the period of 11-17 March 2020 were used. Cash and credit card spending during the week of 11-17 March 2020 increased 90% compared to the expenses of 11-17 March 2019, while the cumulative increase of TEPAV's study was found to be 80%. Similarly, while the increase in foodstuffs in the market was calculated as 73% for a week, the cumulative increase of TEPAV's study was found to be 60%. The analysis of the markets and the resulting differences in the environment is different from that found in Turkey and would mean different kinds of payments in the grocery are considered effective.

**Anahtar Kelimeler:** Covid-19, veri analizi, veri madenciliği.

**Keywords:** Covid-19, data analysis, data mining.

\*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "İŞLETMELERDE VERİ ANALİZİYLE İSTİSNALARIN SAPTANMASI" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. ezgicifci44@gmail.com, Orcid.org/0000-0002-3160-6131.

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. oborat@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-2242-6024.



## 1.GİRİŞ

Pazarlamanın temel hedefi tüketicilerdir. Tüketicilerin hemen her gün yaptığı satın alma veya almama kararını incelemek pazarlama için büyük önem taşımaktadır. Tüketici ne zaman bir ihtiyaçla karşılaşsa ya da bir mesele sonucu bir ürünü alma ihtiyacı doğsa o zaman satın alma işlemi başlamaktadır (Yücedağ, 2005). Perakende sektöründe yapılan satın alma işlemleri toplumun temel yapısıyla ilgili birçok etkene bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bunların başında başlıca ekonomik durum, sosyo-kültürel yapı gelmektedir. Tabii ekonomik durum, ortam, çevre şartları değiştikçe satın alma alışkanlıkları da değişim göstermektedir. Bunlara ek olarak eğitim düzeyi, teknolojik gelişmeler, doğal felaketler, salgın hastalıklar, ulaşım ve iletişimin kolaylaşması, e-ticaretin yaygınlaşması tüketici davranışlarını etkilemektedir, (Topuzoğlu vd., 2007).

Tüketicinin davranışları makro ekonomide ülkenin Gayri Safi Milli Hasıla (GSYİH) değeri içine gömülüdür. GSYİH kapsamında gelir, gider, para talebi, para arzı, yatırım, üretim, harcama gibi değerler incelenebilmekte; bunların geçmiş durumları değerlendirilerek geleceğe ait bazı tahmin yapılmaya; para arzı ve devlet harcamaları için sabit değerler alınarak istikrar halinde (kararlı halde) “nominal GSYİH, tüketim, yatırım ve faiz” değişkenlerinin zamana bağlı olarak ulaştığı değerler bulunmaya çalışılır. GSYİH denkleminde işgücünün üretime katılımını gösteren açık bir değişken veya parametre yoktur; hasıla (ulusal katma değer) içerisinde kapalı olarak bulunmaktadır. Diğer taraftan zamana bağlı incelenen GSYİH değerlendirmeleri yıl veya çeyrek dönemlerde yapılmaktadır. Çok ani gelişen olaylar halinde GSYİH'daki değişkenler dinamik davranışlar göstermektedir. Dolayısıyla özel durumlarda dinamik davranışları analiz etmek gerekmektedir.

Aralık 2019'da, Çin'de Wuhan'da bir pnömoni salgını bildirilmiştir, (The Editorial Board, 2020). Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization) 31 Aralık 2019'da önce 2019-nCoV geçici adını verdiği bu yeni korona virüsüne sonra SARS- CoV-2 adını verdi ve 30 Ocak 2020'de bu salgını Uluslararası Endişe Duyulan Halk Sağlığı Acil Durumu olarak ilan etti ve 11 Mart 2020'de salgın olarak kabul etti, (Ghebreyesus, 2020). SARS korona virüsü ve MERS korona virüsüne benzeyen bu virüs Covid-19 olarak adlandırılan bir zoonotik koronavirüs olarak tanımlanmıştır (Liu,2020). Covid-19 virüsü, enfekte olmuş kişiyle doğrudan temas ve yakın çevredeki yüzeye veya enfekte olmuş kişi tarafından kullanılan nesne ile dolaylı temas yoluyla bulaştığı bilinmektedir (Rampratap,2020). Türkiye'de Covid-19 virüsü salgını 11 Mart 2020'de ilk vaka ile resmen açıklanmıştır. Bu ilk vakanın açıklanması ile birlikte bir hafta yoğun bir şekilde perakende sektörüne yönelik alışveriş yönelmesi olmuştur.

Büyük market zincirleri bu haftayla ilgili olarak siparişlerde yüzde 80'lik bir artış olduğunu açıklamıştır. Yapılan bir diğer açıklamada “Kuru gıda, taze et ürünleri, temizlik malzemeleri, meyve-sebze, kişisel bakım ve hijyen ürünlerinin en çok talep edilen mallar” olduğu bildirilmiştir, (Üçhisarlı, 2020).

Covit-19 gibi özel kriz zamanlarında sosyo-ekonomik hatta sosyo-kültürel değişkenler çeşitli şekillerde etkilenmektedir. Virüs bulaşmasına karşı sınırlı işgücü ile çalışılması, üretimin azalması, ihracat ve ithalatın durması, kara-deniz-hava ulaşımının sınırlandırılması, sosyal mesafenin artırılması, karantina gibi önlemler GSYİH'nın en önemli terimi olan tüketimi fevkalade etkilemektedir.

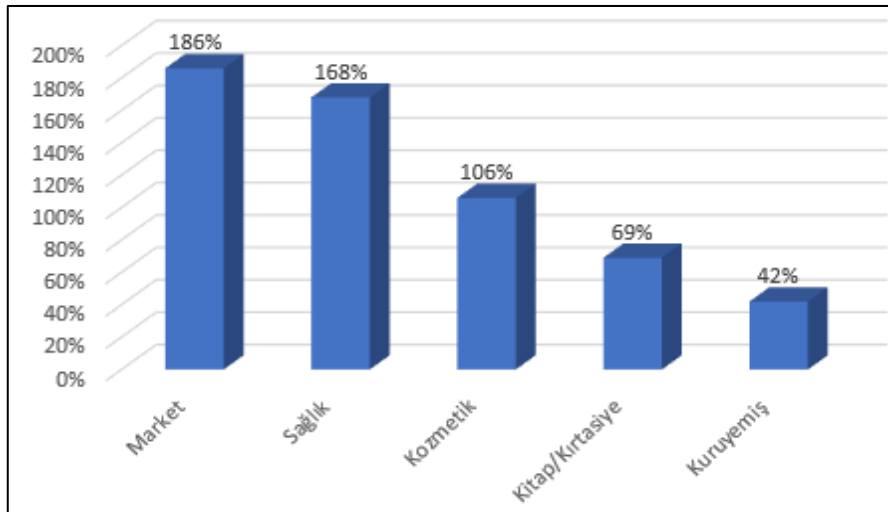
Covid-19'un dünya üzerinde etkisi gün geçtikçe artması sonucunda dünya düzeninde değişiklikler başlamıştır. Ekonomik, sosyal, teknoloji gibi konularda değişiklikler yaşanmaya başlanmış ve birçok sektör, daha önce deneyimlenmemiş sorunlar ile karşı karşıya kalmıştır. Bununla birlikte, insanların yaşam standartlarında ve alışkanlıklarında önemli değişiklikler

gözlemlenmiş, örgütlerin işleyiş biçimlerinde büyük farklılıklar meydana gelmiştir (Ekmekçi, 2020). Covid-19 salgınının ekonomik dalgaları, hayvancılık sektörlerine doğrudan zarar veren SARS, kuş gribi ve MERS gibi önceki pandemilerden oldukça düzensiz yayılmaktadır. Bu da etkilenen bölgelerde gıda kıtlığı ve gıda fiyatı artışlarına yol açacağı tahmin edilmektedir (Ranasinghe, 2020).

Son gelişmeler göstermektedir ki devletler olayın başında gelişmeleri izlenmekte, gerekli tedbirler almakta, daha sonra da piyasayı hareketlendirmeye, piyasaya para arzını artırıp ticareti canlandırmaya, üretime devam etmeye ve işsizliği azaltmaya çalışmaktadır. Tüketicinin tasarruf, otomobil, beyaz eşya, emlak, turistik gezi gibi harcamaları önemli ölçüde azalmaktadır. Bütün bu gelişmelerde tüketicinin istikrarlı döneme göre davranışları değişmiştir; günlük yiyecek içecek, hijyen materyalleri ve karantina dönemi ihtiyaçları öne çıkmıştır.

Korona virüs tüm dünyayı etkisi altına almıştır. Bu süreçten etkilenen alanlardan birisi de online satışlardır. Korona virüs ile birlikte satışlarında olumlu ve olumsuz etkilenen alanlar olmuştur. Halk, virüsün kendilerine bulaşma ihtimalini düşürmek amacıyla market alışverişlerini online üzerinden yapmaya özen göstermiştir. Iyzico'nun araştırması göz önünde bulundurulduğunda, halka evde kalma zorunluluğu getirilmesiyle birlikte sektörlerin ve tüketim alışkanlıklarının normal süreçte yaşanan harcamaların çok dışında olduğu görülmüştür. (Ulukan, 2020). Bu salgın hastalığın insanların satın alma davranışını etkilediği açıktır (Ranasinghe, 2018). Covid-19 gibi hastalıkların araştırması sadece yeni bir aşı arayışında olan tıbbi laboratuvarlardaki araştırmacıların alanı değil, aynı zamanda çeşitli bilimsel disiplinlerden gelen diğer tüm araştırmacı kitlelerinin dolaylı olarak alanına girmektedir. (Fister, 2020)

PayTR'nin Mart ayı itibari ile online satış verileri incelendiğinde % 186 oranında market alışverişi arttığı görülmektedir. Bu oranlarla görüldüğü gibi haftada bir kez yüz yüze yapılan market alışverişleri haftada 3'e çıkararak online satışa dönüşmüştür.



Şekil 1. Online Harcama Tutarındaki Değişim (Muradoğlu, 2020)

App Store'a kayıtlı olan ve çevrimiçi-online sipariş alan uygulamalar Tablo 2 de verilmiştir. Bu market zincirlerinin sanal market uygulamaları indirilmiş, 11-17 Mart 2020 korona virüs döneminde bazı marketler incelemeye alınmış ve yapılacak siparişin teslimat günü dört gün içinde seçilememiştir.

Tablo 1. App Store'a Kayıtlı Olan Ve Çevrimiçi-Online Sipariş Alan Bazı Market Zincirleri

A 101	Glovo	Metro Türkiye
10 Dakka	Gönder	Migros Hemen
Akakçe	Gün	Migros Sanal Market
BİM	Happy	Migros Tam Bana Göre
CarrefourSa	İste Gelsin	Onur Market
Cepte Şok	Macro Center	Yanbakkal Sanal Market
Getir	Marketsenin.com	

## 2. MARKETLERDE VERİ MADENCİLİĞİ

Verinin yararlı bilgilere dönüşme süreci vardır. Veri analizinde kullanılacak adımlar şu sıralama ile olmalıdır (Han vd. 2001); İlk olarak hangi hedef doğrultusunda çalışma yapılmak istendiği kararlaştırılır. Amaca yönelik uygun veriler seçilir. Bundan sonraki tüm olacak adımlar bu aşamada belirlenmiş hedef ve veri kümesi doğrultusunda gerçekleşir. (Akçay, 2014). Seçim / önileme verinin en kaliteli hale gelmesi ve güvenilirliğinin oldukça artması için yapılacak en önemli adımlardan biridir. Hatalı, eksik veya hedefe yönelik olmayan veriler bu aşamada belirlenir. Gürültü olarak da bilinir bu tarz veriler doğru hedefe ulaşmamızda önümüze engeldir. Veri temizlenerek en kaliteli sonuca ulaşılmak hedeflenir. (Sathiyamoorthi ve Bhaskaran, 2011).

Çevrim veya dönüşüm olarak adlandırılan bir sonraki adım ise temizlenmiş, işlenmek istenen verinin en uygun hale getirilmesi işlemidir. Bu sürecin en faydalı noktası işlemin çalışma süresinde iyileşmeye katkı sağlamasıdır (Alan, 2016). Veri madenciliği adımı için bir nevi ön adım olarak bilinir. Hazır olan veri kümesi üzerinde kümeleme, sınıflama vb. yöntemlerle belirli örüntüler elde edilmeye çalışıldığı adımdır. Çıkan örüntünün hedefe ne kadar yaklaştırıldığı yorumunun yapılabildiği, toplanan bilginin ne kadar yarar sağladığı ve geçerliliği ne derece doğru olduğu detaylı bir şekilde yorumlandığı son aşamadır. En son olarak değerli olan son bilgi kısmına bu aşamalar sonucu ulaşılmış olur (Fayyad vd., 1996).

Veri Madenciliği, anlamlı kalıpları ve kuralları ortaya çıkarmak amacıyla büyük miktarlardaki verileri belli kurallar çerçevesinde araştırılmak ve analizini yapmaktır. (Berry ve Linoff, 2004). İşletmeler veri madenciliğini, farklı perspektiflerden verileri analiz ederek gelirleri arttırmak, maliyetleri düşürmek veya her ikisini birden yapmak için kullanmaktadır. Diğer taraftan veri madenciliği, işlenmemiş büyük ham veri kümelerini geniş bir şekilde inceleyip verilerde kolayca görülmeyen veya açıklanmayan bazı bilgileri ortaya çıkarmak olarak tanımlanmaktadır. (Kurniawan vd., 2018).

Yığın halinde depolanmış işlenmemiş ham veri kendi başına bir bilgi ifade etmemekte, bir olgu veya olayı açıklamamaktadır. Ham veriler bazı yöntemler kullanılarak hedeflenen yönde işlenerek belirli bir bilgiye ulaşılabilen, bir olgu veya olay açıklanabilmektedir. Veri madenciliğinde istatistiksel veya bellek tabanlı yöntemler, yapay sinir ağları ve karar ağaçları teknikleri kullanılmaktadır. Veriden bilgiye, olguya veya olaya ulaşmada verinin derlenmesi, taranması, sıralanması işlemleri analiz kısmına girmektedir. Bu amaçla “bağıntı, sınıflandırma, regresyon, zaman içinde sıralı örüntüler, benzer zaman sıraları, istisnalar-fark saptanması, doküman-metin madenciliği” gibi işlevler kullanılmaktadır (Alpaydın, 2000; Ayan, 2017).

Muş ilinde yer alan bir süpermarket için sepet analizi yapılmış, 634 müşteri harcaması incelenmiştir, (Bilgiç, 2018). Birliktelik kurallarından olan Apriori algoritması kullanılarak en

çok satılan ürünlerin tespiti yapılmıştır. Bu ürünler manav ve fırın ürünleri olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca yumurta, kuru gıda, tavuk ve kozmetik ürünleri daha çok birlikte satın alındığı sonucuna varılmıştır.

Sepet analizi, market reyonlarını ve birlikte satın alınan ürünleri yeniden düzenlemek, ürünlerin satın alınmasını iyileştirecek tanıtım kampanyalarını tasarlamak için kullanılır. Bu nedenle, farklı veri madenciliği teknikleri ile piyasa tüketici davranışlarını analiz etmek gerekmektedir. Bir müşterinin alışveriş sepeti modelinin tanımlanması ve elde edilen bilgilerin kullanılması şirketin iş stratejisi ve siparişler açısından oldukça önemlidir. Ayrıca en sık satın alınan ürünlerin belirli bir alana yerleştirilmesi de çok etkili sonuçlar vermektedir, (Kurniawan ve diğer., 2018).

Normalden farklı davranışların arandığı veri madenciliğinde, kural dışı davranışların tespit edilmesi hedeflenmektedir. Örnek olarak kamuya açık bir ortamda video kayıtlarının otomatik olarak taranması ve yasal sınırları ihlal edenlerin tespit edilmesi; bir kişinin bilgisayar hesabında veya kredi kartı hesabında normal davranışa uymayan farklı bir girişimin tespit edilmesi halinde hesap hareketlerinin durdurulması ve müşteriyle temasa geçilmesi sayılabilir.

Artık bireyler günlük hayatlarında normalden farklı davranışlar konusunda eposta veya banka hesapları üzerinden “bu hareket sizden midir?” şeklinde sorularla sık sık karşılaşmaktadır.

Tablo 2. Banka Kartı ve Kredi Kartı ile Yapılan Harcamaların Haftalık Değeri (Milyon TL) ve Bir Önceki Haftaya Göre Değişimi, 6 Mart – 20 Mart 2020. Hesaplamalar: TCMB ve TEPAV, (TEPAV-Mart, 2020)

	06.03.2020	13.03.2020	20.03.2020	Bir önceki haftaya göre değişim, 13.03.2020	Bir önceki haftaya göre değişim, 20.03.2020
Market ve Alışveriş Merkezleri	3.674	4.413	5.264	20%	19%
İnternet Üzerinden Yapılan Alışverişler	3.911	4.241	3.637	8%	-14%
Çeşitli Gıda	1.387	1.450	1.565	5%	8%

### 3. BANKA VE KREDİ KARTI ÇALIŞMALARI

Tüketici kültürü, bireyleri ve toplumları en çok şekillendiren bir güce dönüşmüştür. Tüketici kültürüne ait olma isteği ise evrensel olarak kabul edilmektedir. Paraya yönelik değişen tutumlar, tüketici kültürünün yayılmasının ardından önemli bir katalizör görevi görmüştür. Para kaygısı ile satın alma tutumlarının ilişkili olması kredi kartı kullanımını tetiklediği görülmektedir (Roberts vd., 2001).

Kredi kartları ülkemizde oldukça yaygın kullanılan ödeme aracı olarak büyük miktarda verilere ulaşmaktadır. Diğer bir ad olarak kredi kartları plastik para olarak da adlandırılmaktadır. Yaşam konforu sağlayan kredi kartları nakit, çek ve senet gibi ödemelerin önüne geçtiği ülkemizde ve genel dünya ekonomisinde hem miktar olarak hem de kullanım açısından sayısal olarak büyük rakamlara ulaştığı görülmektedir. Kredi kartlarının en büyük artışı olarak da bilinen konu kredi kartlarının düşük maliyetli kaynak oluşturmasıdır. Bu oluşumun ulusal gelir üzerinde pozitif etkileri görülmektedir (Yılmaz, 1999).

Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) Banka Kartı ve Kredi Kartı Harcama Tutarları haftalık verisi tüketici harcamalarının takibine olanak sağlamaktadır. 2017 verilerine göre 10 kişiden 7'si ödemelerinde kredi kartını tercih etmektedir. COVID-19 nedeniyle birçok kişinin ödemelerinde kredi kartını tercih ettiği bilinmektedir. Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı (TEPAV), TCMB Banka Kartı ve Kredi Kartı Harcama Tutarları verilerini bazı hesaplamalar yaparak bültenlerle sunmaktadır, Tablo 2 ve Tablo 3, (TEPAV-Mart, 2020; TEPAV-Nisan, 2020).

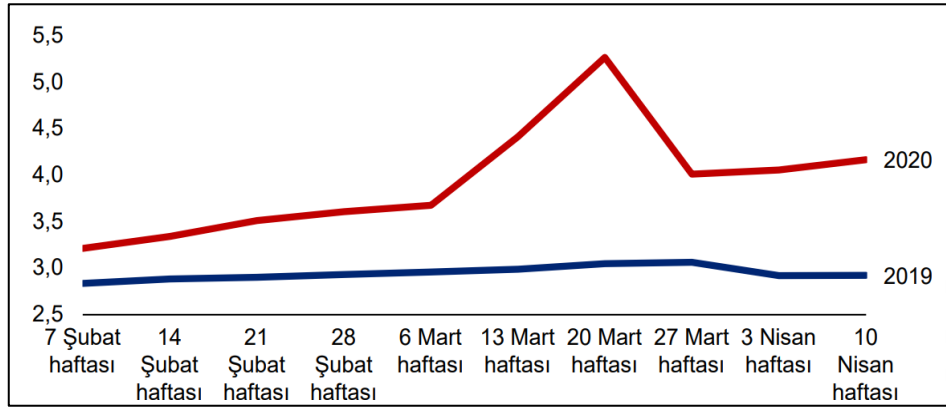
Tablo 3. Banka Kartı ve Kredi Kartı ile Yapılan Harcamaların Haftalık Değeri (Milyon TL) ve 13 Mart ve 3 Nisan Haftasına Göre Değişimi, 10 Nisan 2020. Hesaplamalar: TCMB ve TEPAV, (TEPAV-Nisan, 2020)

	13.03.2020	03.04.2020	10.04.2020	13-03-2020 haftasına göre değişim, 10-04-2020	03-04-2020 haftasına göre değişim, 10-04-2020
Toplam	21.272	14.123	13.489	-37%	-4%
Market ve Alışveriş Merkezleri	4.413	4.054	4.164	-6%	3%
İnternet Üzerinden Yapılan Alışverişler	4.241	3.837	3.587	-15%	-7%
Çeşitli Gıda	1.450	1.181	1.256	-13%	6%

13 Mart 2020 haftasına göre 10 Nisan 2020 haftası harcamaları %37 azalmıştır. 10 Nisan 2020 haftasında kart kullanılarak 13,5 milyar TL tutarında harcama yapılmış, bir önceki haftaya göre harcama 635 milyon TL (% 4) azalmış, işlem adedi %3 artmış 83 milyon olmuştur. 15 Mart -12 Nisan 2019 dönemine göre 13 Mart-10 Nisan 2020'deki işlem adedi ise %10, yapılan harcamaların tutarı %4 azalmıştır.

COVID-19 vakasının görüldüğü 13 Mart 2020 haftasından 4 hafta sonra, 10 Nisan 2020 haftasında market ve alışveriş merkezleri harcamaları %6 ve çeşitli gıda harcamaları %13 ve tüm harcama kalemleri %37 azalmıştır. 3 Nisan 2020 haftasına göre 10 Nisan haftasında market ve alışveriş merkezleri harcamaları 110 milyon TL (%3), çeşitli gıda harcamaları 75 milyon TL (%6) artmıştır. Bu artışın 11-12 Nisan 2020 tarihlerinde gerçekleşen sokağa çıkma yasağından kaynaklandığı yorumu yapılmıştır.

Ancak sokağa çıkma yasağıyla market ve gıda harcamalarında görülen artış, ilk vakanın görüldüğü 13 Mart 2020 haftasındaki artışın yarısı kadardır. 20 yaş altı ve 65 yaş üstü kişilerin evde kalması, çevrimiçi-online eğitimin başlamasıyla elektrik-elektronik eşya, bilgisayar harcamaları 10 Nisan 2020 haftasında, 13 Mart 2020 haftasına göre %5 azalsa da 3 Nisan 2020 haftasına göre %6 artmıştır. 3 Nisan 2020 haftasına göre 10 Nisan 2020 haftasında genel olarak harcamalar artış göstermektedir, ancak 13 Mart 2020 haftasına göre harcamalar düşmektedir.

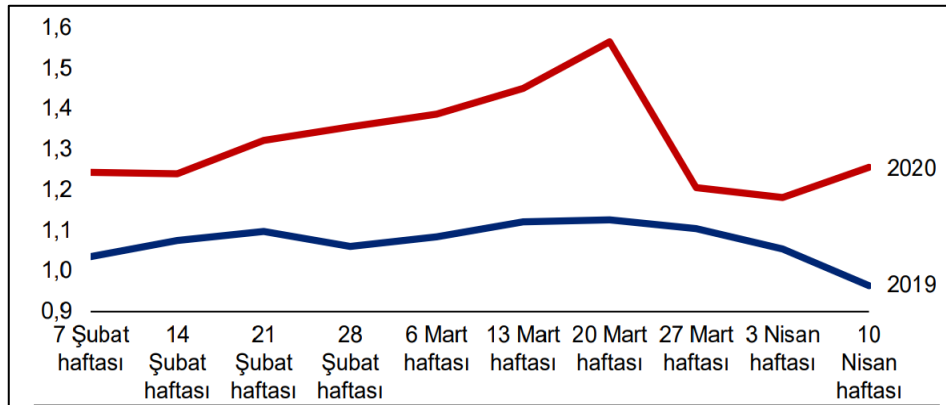


Şekil 2. Market ve Alışveriş Merkezleri Harcaması, Milyar TL (TEPAV-Nisan, 2020)

TEPAV tarafından hazırlanan Şekil 2 ve Şekil 3’de 7 Şubat -10 Nisan 2019 ile 7 Şubat -10 Nisan 2020 tarihleri arasında Türkiye’de market ve alışveriş merkezlerindeki harcamalar ile çeşitli gıda harcamaları gösterilmiştir.

Bu değişimlere göre 11-17 Mart 2019 ve 11-17 Mart 2020 tarihleri arasında market ve alışveriş merkezleri harcaması hafta başı takriben %30, hafta sonu %50 artış göstermiştir, yani bir hafta boyunca yapılan harcama toplamı-kümülatif olarak hesaplanırsa haftalık artış %80 olmuştur.

Çeşitli gıda maddeleri için hafta başı artış takriben %25, hafta sonu artış %35 arasındadır, yani kümülatif olarak haftalık artış %60 olmuştur, (TEPAV-Nisan, 2020).



Şekil 3. Çeşitli Gıda Harcaması, Milyar TL, (TEPAV-Nisan, 2020)

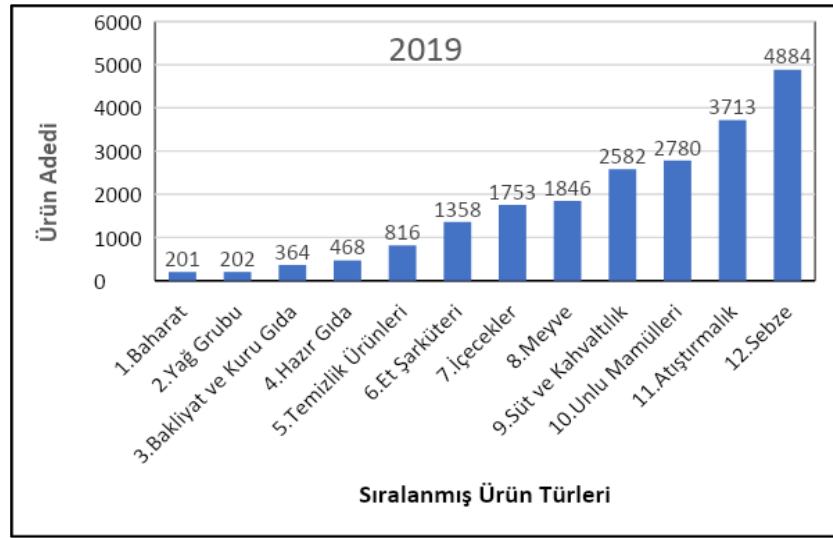
#### 4. METODOLOJİ VE UYGULAMALAR

Bu çalışmada istisnaların saptanması şeklindeki bir bilgiye ulaşma hedeflenmiş ve bu amaçla çok sayıda ham verilerin sınıflandırılması işlevi kullanılmıştır. İki farklı yıla ait çok sayıda güvenilir ham veriler çeşitli sınıflandırmalara tabi tutularak incelenmiştir. Bu çalışma esnasında riskli dönem olarak, Covid-19 korona virüs vakalarıyla karşılaşılmıştır. Dolayısıyla tüketicinin normal ve riskli dönemlerde belirli bir alandaki satın alma davranışlarının değişimini tespit etmek hedefe alınmıştır. Çalışmada İstanbul Ümraniye’de hizmet veren bir market seçilmiştir. Markete gelen müşterilerin satın aldıkları madde cinsleri, miktarları ve ödedikleri paralar yazar kasa yardımıyla kaydedilmektedir.

Çalışmada riskli dönem olarak, Covid-19 korona virüs vakalarının Türkiye’de görülmeye başladığı 11-17 Mart 2020 tarih aralığı alınmıştır. Gerek bu zaman aralığı için gerekse bu tarihe karşılık gelen normal döneme ait 11-17 Mart 2019 tarih aralığına ait yazar kasa kayıtları marketten temin edilmiştir. 11-17 Mart 2019 tarih aralığında marketten alışveriş yapan 589 kişiye ait, keza 11-17 Mart 2020 tarih aralığında alışveriş yapan 645 kişiye ait ham veriler kullanılmıştır.

Ham verileri hazırlama işleminde önce önemli değişkenler saptanmıştır. Veri temizleme işlemleri için verilerde hata, tutarsızlık, tekrar ve eksik veriler üzerinde durulmuştur. Bu konuda kasa kayıtlarında bir sorunla karşılaşılmanın, sadece ham verilerde bulunan ve çalışmada kullanılmayacak lüzumsuz veriler temizlenmiştir.

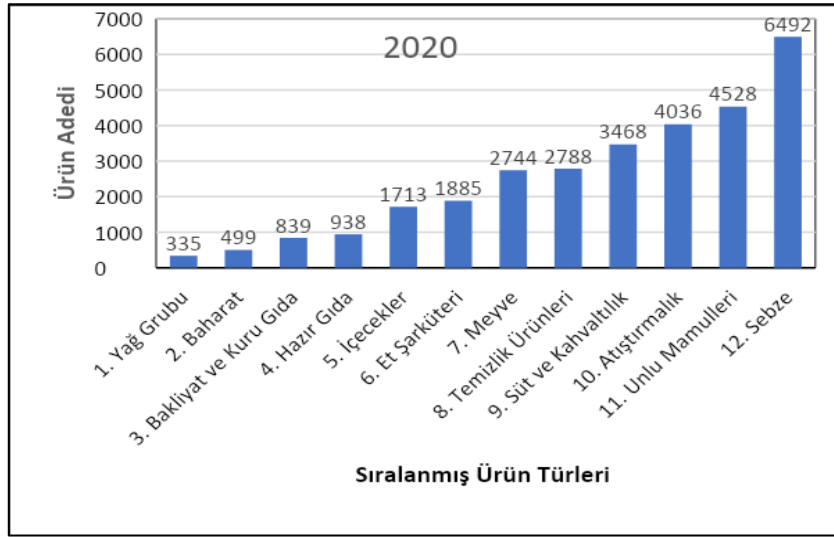
Ürünler marka, özel isim, büyüklük ve diğer tanıtıcı karakteristikler açısından çok büyük çeşitliliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Veriler görsel olarak da incelenmiş, değişik sınıflandırma ve gruplamalar yapılmıştır. Bu sınıflandırmalardan bir tanesi ürün cinslerine göredir; satın alınan maddeler 12 gruba ayrılmış ve sınıfların frekansı tespit edilmiştir.



Şekil 4. Sınıflandırılmış Ürünlerin 11-17 Mart 2019 Tarihleri Arasında (Normal Dönemdeki) Satış Adetleri

11-17 Mart 2019 ve 11-17 Mart 2020 tarihleri arasında satılan ürünlerin sınıflandırılma isimleri şöyledir: 1. Yağ Grubu, 2. Baharat, 3. Bakliyat ve Kuru Gıda, 4. Hazır Gıda, 5. İçecekler, 6. Et Şarküteri, 7. Meyve, 8. Temizlik Ürünleri, 9. Süt ve Kahvaltılık, 10. Atıştırmalık, 11. Unlu Mamulleri, 12. Sebze. Sınıflandırılmış 12 ürünün 11-17 Mart 2019 tarihleri arasındaki satış adetleri Şekil 4’de, 11-17 Mart 2019 tarihleri arasındaki satış adetleri de Şekil 5’de verilmiştir.

Şekil 4 ve 5 karşılaştırılınca, 11-17 Mart 2020 tarih aralığı korona döneminde hazır gıda satışının normal süreçtekinin iki katına çıktığı görülmektedir. Hazır gıda alımı iki katına çıkmasına rağmen tüketimdeki sıranın değişmediğini görüyoruz. Öncelik temel tüketim sebze ve daha sonrasında keyfi yiyecek olan atıştırmalıklar takip ederken korona ile birlikte ekmek gibi temel ihtiyaçların besin kaynağı olan unlu mamuller atıştırmalıkların önüne geçmiştir. Ayrıca korona sürecinin başlaması ile birlikte tüketimde inanılmaz bir artış olmuştur.



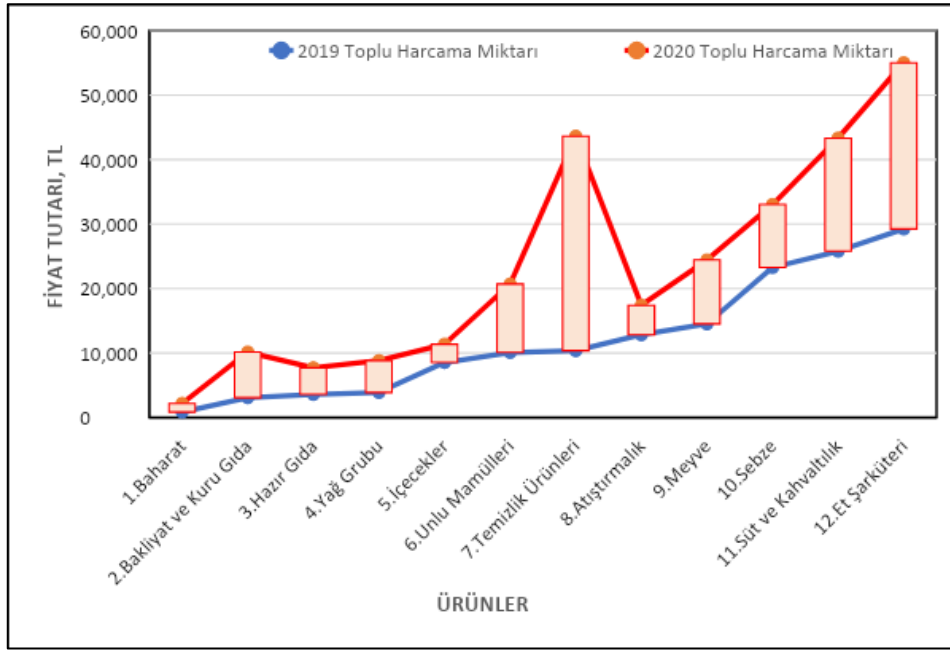
Şekil 5. Sınıflandırılmış Ürünlerin 11-17 Mart 2020 Tarihleri Arasında (Korona Dönemdeki) Satış Adetleri

Korona sürecinde hastalıktan korunmada güçlü bağışıklık sisteminin önemi büyüktür. Bağışıklık sistemini güçlendiren C vitamini yiyeceklerin daha fazla tüketilmesi gerektiği, suda eriyen C vitamininin vücutta depolanmadığı için günlük olarak alınması gerektiği, taze meyvelerin C vitamini deposu olduğu konusunda bireyler sosyal medya ile sürekli bilgilendirilmiştir.

Gene korona virüsten korunmak için sosyal mesafe kadar temizliğin çok önemli olduğu sürekli tekrarlanmıştır. Temizlik malzemeleri 2019 yılında 8. sıradayken korona süreci ile birlikte 5. sıraya yükselmiştir. Temizlik malzemelerinin ve evde oturma esnasında önemli görülen atıştırmalıkların yükselmesi ile meyvelerin 8. sıradan 7. sıraya gerilemiştir.

11-17 Mart 2019 normal dönem ve 11-17 Mart 2020 Covid-19 korona döneminde sınıflandırılmış ürünlerin toplu harcama miktarlarının karşılaştırılması Şekil 6 de verilmiştir. 11-17 Mart 2020 tarihlerinde en az satış adetleri “yağ, baharat bakliyat ve hazır gıda” maddelerinde, en çok satış adetleri “süt ve kahvaltılık, atıştırmalık, unlu mamulleri, sebze” kalemlerinde görülmektedir. Temizlik ürünlerinden sonra en çok artış sebze de görülmektedir.





Şekil 6. 11-17 Mart 2019 Normal Dönem ve 11-17 Mart 2020 Korona Döneminde Sınıflandırılmış Ürünlerin Toplu Harcama Miktarlarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada incelenen markette 11-17 Mart 2020 haftası boyunca yapılan nakit ve kredi kartı harcamaları, 11-17 Mart 2019 haftasındaki harcamalar göre %90 artış gösterdiği bulunmuştur. Sadece gıda maddeleri dikkate alınırsa artış %73 dür.

TEPAV'ın hazırladığı Şekil 2 ve Şekil 3'e göre, 7 Şubat -10 Nisan 2019 ile 7 Şubat -10 Nisan 2020 tarihleri arasında market ve alışveriş merkezlerindeki kümülatif harcamalar %80; çeşitli gıda harcamaları %60 artış göstermiştir. Dolayısıyla bu çalışmada incelenen marketteki tüm harcamalar TEPAV'ın değerinden %10 fazla; gıda maddeleri harcamaları da %13 fazla çıkmıştır.

#### 4. SONUÇLAR

Çin'de Wuhan'da Aralık 2019'da başlayıp diğer ülkelere sıçrayan salgın Türkiye'de 11 Mart 2020'de ilk vaka ile duyurulmuştur. Sosyal medyanın etkisi ve hızlı bir şekilde alınan önlemler halkın tabii olarak satın alma alışkanlıklarını değiştirmiştir. Bu çalışmada bir markette 11-17 Mart 2019 tarih aralığında 589 kişinin, 11-17 Mart 2020 tarih aralığında ise 645 kişinin alışveriş verisi kullanılarak iki yıl arasındaki farklılıklar bulunmuştur. Yani iki farklı yılın aynı ay ve haftası karşılaştırılmıştır. Uygulamada kullanılan ham veriler markette bulunan yazar kasadan alınmış, verilerin temizlenmiş, değişik parametrelere göre sınıflandırmış ve gruplamalar yapılmıştır.

Günümüzde bilgisayar ve sensor teknolojisi yardımıyla işletmeler sistemlerine ait çeşitli girdi, çıktı, tasarım, üretim süreç ve faaliyetleri izleyebilmekte, bunları ham veriler şeklinde kolayca toplayabilmektedir. Sektörleri temsil eden bazı sivil toplum kuruluşları da istatistik olarak ham veriler derlemekte, analiz etmekte ve sonuçları sektör üyelerine sunarak tasarım, yatırım, tedarik, insan kaynakları gibi konularda yardımcı olmaya çalışmaktadır. İzlenmek istenen değişkenlerden birisi de tüketicilerin tutumudur. Makro ekonomiyi yöneten önemli etkenlerden birisi tüketim değişkenidir. Tüketicinin davranışı gayri safi yurt içi hasıla içindeki, yatırımı, hükümet harcamalarını ve görünmeyen-gömülü birçok alt değişkeni etkilemektedir. Tüketicilerin

satın alma davranışlarını izlemek, hatta bunu yönlendirmek bugün arama motorlarının ve internet sunucularının en önemli faaliyetleridir. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB), banka kartı ve kredi kartı ile yapılan harcama verilerini hazırlamakta ve kamuoyuna sunmaktadır.

TCMB verilerini kullanan TEPAV'nın banka kartı ve kredi kartı ile yapılan harcamalar üzerindeki çalışmaları ile markete ait sonuçlar karşılaştırılmıştır. Eğilimler aynı olmasına rağmen sayısal değerler arasında farklılıklar görülmüştür. Markette 11-17 Mart 2020 haftası boyunca yapılan nakit ve kredi kartı harcamaları, 11-17 Mart 2019 haftasındaki harcamalar göre %90 artış gösterirken TEPAV'nın kümülatif değeri %80 bulunmuştur. Benzer şekilde marketteki gıda maddelerindeki bir hafta boyunca artış %73 olarak hesaplanırken TAPEV'in kümülatif değeri %60 olarak bulunmuştur.

Ortaya çıkan farklılıkların, incelenen marketin ve bulunduğu çevrenin Türkiye ortalamasından farklı olması ve markette nakit ödeme farklılığının da etkili olacağı düşünülmektedir. Bu konuda yapılacak çalışmalarda market özelliklerini yansıtacak yaklaşımlara ihtiyaç vardır; ayrıca veri analizinde nakit ödemenin de dikkate alınması gerekecektir.

## KAYNAKÇA

**Akçay, A.**, (2014), Bilgi ve Belge Yönetiminde Veri Madenciliği, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

**Alan, B.**, (2016), Veri Madenciliği ve Market Veri Tabanında Birliktelik Kurallarının Belirlenmesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Rize.

**Alpaydın, E.**, (2000), Zeki Veri Madenciliği: Ham Veriden Altın Bilgiye Ulaşma Yöntemleri, Bilişim 2000 Eğitim Semineri

**Ayan, E.A.**, (2017), Veri Madenciliği Tekniklerinin İş ve Meslek Danışmanlığı Hizmetlerinde Kullanımı ve İŞKUR İçin Öneriler, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Türkiye İş Kurumu Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, Ankara.

**Berry M., Linoff, G.**, (2004), Data Mining Techniques for Marketing, Sales, and Customer Relationship Management. Second Edition, John Wiley & Sons.

**Bilgiç, E.**, (2018), "R Programlama Dili ile Pazar Sepet Analizi: Muş İl Merkezindeki Bir Süpermarkette", Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 89-97.

**Ekmekçi, U.**, (2020), Krizlerde Sistemik Dönüşüm Modeli. Moderatör: Ömer Burhanoglu. Canlı Yayın. 07.05.2020. Fark Labs-Farplas, 07.05.2020, 17:00-18:00, <https://farklabs.com/farkli-konuk-umut-ekmekci/>.

**Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P.**, (1996), "The KDD Process for Extracting Useful Knowledge from Volumes of Data", Communications of the ACM, 39(11), 27-34.

**Fister Jr, I., Fister, K., Fister, I.**, (2020), "Discovering Associations in Covid-19 Related Research Papers" arXiv preprint arXiv:2004.03397.

**Ghebreyesus, T.A.**, (2020), WHO Director-General's Opening Remarks at the Media Briefing on COVID-19-11 March 2020. World Health Organization. 11 March 2020, 27.04.2020. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>.

**Han, J., Kamber, M.**, (2001), “Data Mining : Concepts and Techniques”.Academic Press.

**Kurniawan, F., Umayah, B., Hammad, J., Nugroho, S. M. S., Hariadi, M.**, (2018), “Market Basket Analysis to Identify Customer Behaviors by way of Transaction Data”, Knowledge Engineering and Data Science, 1(1), 20.

**Liu, Y., Gayle, A.A., Wilder-Smith, A., Rocklöv, J.**, (2020), “The Reproductive Number of Covid-19 is Higher Compared to SARS Coronavirus”. Journal Of Travel Medicine, 27(2), 1-4.

**Muradoğlu, M.**, (2020), Covid-19'la Birlikte Türkiye'de Online Harcama Tutarında Nasıl Bir Değişim Yaşandı?, 03.05.2020. <https://webrazzi.com/2020/04/07/covid-19-la-birlikte-turkiye-de-online-harcama-tutarinda-nasil-bir-degisim-yasandi/>.

**Rampratap, G.N.**, (2020), “A Study on Purchasing Method of Vegetables online v/s offline during Lockdown (Covid-19)-With Special Reference o Kalyan City”. Studies in Indian Place Names, 40(68), 321-328

**Ranasinghe, R., Karunarathna, C., Pradeepamali, J.**, (2020), After Corona (Covid-19) Impacts on Global Poverty and Recovery of Tourism Based Service Economies: An Appraisal. Available at SSRN 3591259.

**Ranasinghe, R., Sugandhika, M.G.P.**, (2018), “The Contribution of Tourism Income for the Economic Growth of Sri Lanka”, Journal of Management and Tourism Research, 1(2), 67-84

**Roberts, J.A., Jones, E.**, (2001), “Money Attitudes, Credit Card Use, and Compulsive Buying Among American College Students”. Journal of Consumer Affairs, 35(2), 213-240.

**Sathiyamoorthi, V., Bhaskaran, M.**, (2011), “Data Pre-Processing Techniques for Pre-Fetching and Caching of Web Data through Proxy Server”. International journal of Computer Science and Network Security, 11(11), 92-98.

**TEPAV-Mart**, (2020), COVID-19'un Tüketici Harcamalarına Etkisi. Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı. N202007, 27.04.2020. [https://www.tepav.org.tr/upload/mce/2020/notlar/covid19un\\_tuketici\\_harcamalarina\\_etkisi.pdf](https://www.tepav.org.tr/upload/mce/2020/notlar/covid19un_tuketici_harcamalarina_etkisi.pdf).

**TEPAV-Nisan**, (2020), COVID-19'un Tüketici Harcamalarına Etkisi. Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı. Ankara, 27.04.2020. <https://www.tepav.org.tr/tr/haberler/s/10119>.

**The Editorial Board** (2020), Is the World Ready for the Coronavirus? Distrust in Science and Institutions Could Be A Major Problem If The Outbreak Worsens. The New York Times, 27.04.2020. <https://www.nytimes.com/2020/01/29/opinion/coronavirus-outbreak.html>.

**Topuzoğlu, A., Hıdıroğlu, S., Ay, P., Önsüz, F., İkişik, H.**, (2007), “Tüketicilerin Gıda Ürünleri ile İlgili Bilgi Düzeyleri ve Sağlık Risklerine Karşı Tutumları”. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6(4), 253-258.

**Ulukan, G.,** (2020), Corona Virüs Salgını Süresince Online Alışverişin En Fazla Talep Gören Ürünleri, 16.05.2020. [https:// webrazzi.com/2020/04/08/corona-virus-iyzico-online-alisveris/](https://webrazzi.com/2020/04/08/corona-virus-iyzico-online-alisveris/)

**Üçhisarlı, C.,** (2020), Corona Virüs Online Alışverişi Artırdı. Migros Pazarlamasyon. 27.04.2020, <https://pazarlamasyon.com/corona-virus-online-alisverisi-artirdi/>.

**Yılmaz, E.,** (1999), Money Türkiye’de Kredi Kartı Uygulaması ve Ekonomik Etkileri, Vedat Kitapçılık, İstanbul.

**Yücedağ, K.İ.,** (2005), Tüketici Davranışı, İnsana Özgü İhtiyaçlar ve Hedonik Tüketim, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.



# İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

*Istanbul Commerce University Journal of Science*

<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd>



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## OTOMOTİV YAN SANAYİ SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE AHP, BULANIK AHP VE BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI\*

AHP, FUZZY AHP AND FUZZY TOPSIS APPROACH IN SUPPLIER SELECTION IN  
AUTOMOTIVE SUB-INDUSTRY SECTOR

Meryem ÖZEN<sup>1</sup>

Oğuz BORAT<sup>2</sup>

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author*  
meryemozenn@outlook.com

*Geliş Tarihi / Received*  
07.04.2020

*Kabul Tarihi / Accepted*  
24.04.2020

### Öz

İşletmelerin ayakta kalabilmeleri için buldukları sektörde yüksek performanslar sergilemeleri gerekir. İşletmelerin başarılı olması tedarik zincirlerinin doğru yönetilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Tedarik zinciri yönetiminde ürünün hammaddeden başlayarak nihai müşteriye ulaşıncaya kadar, karşılaşılan her halkadaki riskler şirketin geleceği için hayati öneme sahiptir. Tedarikçi seçimi işletmelerde karar vermesi gereken önemli bir problemdir. İşletmeler tedarikçi seçerken çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmaları doğru karar vermeleri açısından karar desteği sağlar. Bu çalışmada Covid-19 salgınının otomotiv sektöründe tedarikçi seçimi etkisi üzerinde durulmuştur. İstanbul'da faaliyet gösteren bir otomotiv yan sanayi firmasının IATF 16949:2016 otomotiv kalite yönetim sistemi ve firmanın tedarikçi risk analizinden yararlanarak, üç farklı uzman karar vericisiyle birlikte 4 aday tedarikçi arasından kendisine en uygun tedarikçiyi seçebilmesi üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, BAHP ve BTOPSIS ile çalışmalar yapılmış ve karar vericilere karar desteği sağlanmıştır. Son olarak, duyarlılık analizi yapılarak farklı durumlar altında tedarikçiler incelenmiş ve yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** AHP, bulanık AHP, bulanık TOPSIS, Covid-19, tedarikçi seçimi.

### Abstract

In order for the enterprises to survive, businesses need to perform high in their sector. Successful businesses are directly related to the correct management of supply chains. In supply chain management, the risks in every ring encountered are vital for the future of the company, starting from the raw material of the product until reaching the final customer. Supplier selection is an important problem that businesses have to decide on. Enterprises provide decision support in order to make the right decision by using multi-criteria, decision making methods when choosing suppliers. In this study, the impact of Covid-19 epidemic on supplier selection in the automotive industry is emphasized. An automotive supplier industry company operating in Istanbul worked on the IATF 16949: 2016 automotive quality management system and the company to select the most suitable supplier among the 4 candidate suppliers with three different expert decision makers. In this study, studies were conducted with AHP, Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS, which are multi-criteria, decision making methods, and decision support was provided to decision makers. Finally, by conducting sensitivity analysis, suppliers were examined and interpreted under different circumstances.

**Keywords:** AHP, Covid-19, fuzzy AHP, fuzzy TOPSIS, supplier selection.

\*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "COVID-19 SALGINININ OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNE ETKİSİ VE BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE AHP, BULANIK AHP VE BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye.  
meryemozenn@outlook.com, Orcid.org/0000-0002-2169-3243.

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye.  
oborat@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-2242-6024.

## 1.GİRİŞ

Globalleşen dünyada firmalar sürekli rekabet halindedirler. Müşterilerinin, taleplerini karşılamak için hızlı, doğru ve yenilikçi cevaplar vermelidirler. Bu da, aynı hedefleri benimseyen, uzun vadede birlikte çalışabilecekleri tedarikçilerle mümkündür (Susuz, 2005).

Müşteri isteklerine karşılık verirken firma, kendi ticari kaygılarını ve risklerini de göz önünde bulundurmak zorundadır. Firmanın ticari kârlılığını artırması için hammadde maliyetlerini düşürmesi, sürekli iyileştirmeyi benimsemesi, kısa çevrim zamanlarına ve düşük stok seviyelerine ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Chan ve Qi, 2003).

Tedarik zinciri yönetiminde, işletmeler risk analizlerini ve stratejik planlarının oluştururken dikkate aldıkları önemli konuların başında gelmektedir. Bir firmanın tedarik zinciri yönetiminde en uygun tedarikçiyi ya da tedarikçileri seçmesi önemli bir problemdir (Özdemir, 2007).

Otomotiv sektörü, gerek farklı sektörlerle etkileşim halinde olması gerekse gelişmiş ülkelerin ekonomilerinin önemli parçalarından birisini oluşturması sebebiyle dünyada azımsanamayacak bir yere sahiptir. Otomotiv Sanayii Derneği (OSD)'nin açıkladığı verilere göre Türkiye'de 2018 yılına göre ihracat %4 azalsa da 2019 yılında 19.760.179 adet taşıt üretilmiştir. 2019 yılında 758.000.000 \$ otomotiv sektörüne yatırım yapılmıştır. Otomotiv sektörü Türkiye'de 50.104 kişiye istihdam sağlamaktadır (OSD, 2020).

Bir aracın ortalama 30.000 ayrı parçası vardır. Bu parçaların bir bölümünü şirketler kendi içinde üretilirken bir kısmını da dışarıdan tedarik etmek zorunda kalır. Tedarik zincirinin bir bölümündeki bir gecikme, kritik malzemelerin üretimini ve dağıtımını yavaşlatarak üretim hattının kapanmasına neden olabilir.

Otomotiv endüstrisinin global olması, politik, ekonomik, çevresel, pazar yeri ve diğer faktörlere karşı çok hassas hale getirir. Ticari anlaşmalar, siyasi manevralar, parça ve araç ithalat ve ihracatı maliyetlerini önemli ölçüde değiştirebilir. Çevresel felaketler otomotiv tedarik zincirinin büyük bölümlerini bozabilir (Blume Global, 2020).

Otomotiv sektörüne orijinal ekipman sağlayanlar, otomotiv sektörü tedarikçileri için IATF 16949:2016 kalite yönetim sistemine uygun olarak çalışmalarını zorunludur. ISO tarafından geliştirilen bu standart Uluslararası Otomotiv Üreticileri Birliği (IATF) adı altında; Otomotiv üreticileri (BMW Group, Citroen, Daimler (Mercedes), Chrysler, Fiat, Ford Motor, Peugeot, Renault, General Motors Corporation, Volkswagen ve iştirakleri Audi ve Porsche) ile orijinal ekipman üreticileri (OEM)'ler, devlet kuruluşları, akademisyenler toplanarak kurmuş oldukları sivil toplum kuruluşları (STK), Amerika'da kurulan Automotive Industry Action Group (AIAG), Almanya'da kurulan Verband der Automobilindustrie (VDA), İngiltere'de Society of Motor Manufacturers and Traders (SMMT), İtalya'da kurulan Associazione nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualità (ANFIA), Japon araç üreticileri birliği (JAMA) ve Fransa'da kurulmuş olan Fédération des industries des équipements pour véhicules (FIEV) grubu tarafından desteklenmektedir.

IATF 16949:2016 standardının oluşturulma ihtiyacı şu şekilde ortaya çıkmıştır. Globalleşen çalışma hayatında, firmaların ilgili taraflarının istek ve beklentilerinin artmış olması harmonizasyon ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu durumda STK'lar ve firmalar toplanarak kalite yönetim sistemi için genel gereklilikleri ve diğer istatistiksel ihtiyaçları standartlaştırmak için IATF 16949 standardını ortaya çıkartmışlardır.

Günümüzde hala özellikle ülkelere özgü yasal gereklilikler nedeniyle genel bir çözüme ulaştırılamamıştır. Standart müşteri odaklılık prensibi, süreç odaklılık ve risk temeli üzerine yoğunlaşmıştır. Şu anda her ne kadar STK'ların, OEM'ler, tedarikçiler ve bu firmalara hizmet sağlayan otomotiv firmaları üzerindeki etkileri azaltılmış olsa da yasal gereklilikler sebebiyle genel bir çözüme ulaşılamamıştır.

Standartta müşteri odaklılık nedeniyle müşteri özel istekleri üzerine durulmuş ve müşterinin isteklerini karşılama potansiyeli standartta yerini almıştır. Örneğin: Başta Alman firmaları ve VDA kapsamına giren firmaların tedarikçilerinden VDA 6.3 proses denetimi yapmalarını zorunlu tutmaktadır. VDA 6.3 proses denetiminin yapılmaması durumunda firmaya müşteri özel isteklerinin karşılanmaması nedeniyle majör uygunsuzluk verilmekte ve uygunsuzluğun kapatılmaması durumunda ise otomotiv firması tedarikçisiyle olan ilişkisini kesmektedir (IATF,2016).

IATF 16949:2016 standardı dinamik bir standart olup, IATF 16949 sertifikasına sahip olan ya da olmak isteyen firmalardan gelen sorulara cevap vererek standardın maddeleri, IATF tarafından yorumlanır (Sactioned Interpretations-SIs). Bu nedenle otomotiv sektöründe yer alan firmaların, IATF sitesini sürekli takip etmesi ve güncellenen bilgilere göre aksiyonlar alınması gerekmektedir. Örneğin: IATF 16949:2016 standardında siber güvenlik maddesine değinilmemesine rağmen, SIs'ta yazması nedeniyle firmanın acil durumlar aksiyon planına siber saldırılara karşı nasıl önlem alması gerektiğini açıklamayı ve eylem planına uygun tatbikatları yapması gerekmektedir.

Otomotiv sektörü global bir sektör olması sebebiyle her türlü dış etkene çok duyarlıdır. Dünyayı etkisi altına alan Covid-19 Korona virüsü Pandemisi hakkında da 27 Şubat tarihinde, "IATF Global Waivers and Measures in Response to the Coronavirus Pandemic (COVID-19)" isimli bildiri yayımlamıştır. Bu bildiriye 3. Parti denetimlerine, yani bağımsız denetim kuruluşları tarafından gerçekleştirilecek olan herhangi bir uzaktan (web konferanslar gibi) denetimlere izin verilmemektedir. Bunun yerine, sertifikanın son geçerlilik tarihlerinden itibaren 6 ay (183 takvim günü) daha geçerlilik süresinin uzatılmasına karar verilmiştir (IATF, 2020). Bu durum az da olsa, otomotiv sektörünü rahatlatmakta ve satış engelini az da olsa azaltıcı yönde etki etmektedir.

Covid-19 virüsü, Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde başlayarak tüm dünyadaki otomotiv sektörünü etkisi altına almıştır. Wuhan bünyesinde General Motors, Honda, Nissan, Peugeot Group ve Renault gibi otomobil fabrikaları bulunduğu için "motor şehri" olarak bilinmektedir. Sadece Honda için Wuhan'da, Çin'deki toplam üretimin yaklaşık %50'si gerçekleşmektedir (World Economic Forum, 2020). Covid-19'un etkileri sadece Çin'le sınırlı kalmamıştır; Toyota da, Covid 19 korona virüsü pandemisi nedeniyle yurtdışındaki keskin talep düşüşüne bağlı olarak Japonya'da bulunan beş tesisinin üretimini durdurmuştur.

Nissan İngiltere'deki fabrikasındaki üretimi Nisan ayı boyunca askıya almıştır. Avrupa Otomobil üreticileri Birliği (ACEA)'ya göre otomobil üretiminde çalışan Avrupalıların en az 1.110.107'sinin işi covid-19 krizi sebebiyle etkilenmektedir (Just Auto, 2020).

Gartner Inc.'deki kıdemli direktör analist Koray Köse, tedarik zinciri üzerinde yapılan araştırmalar, otomotiv sanayindeki kayıpların ilk çeyrekte %15 olabileceği konusunda uyarmıştır. Çin'de insanların 7/24 birlikte çalıştığını ve bir odayı 8 kişi paylaşarak birlikte yaşadığını hatırlatmakta ve maddi, manevi kayıplardan kurtulmanın bir yolunun olmadığını söylemektedir.

Otomotiv sanayiinin, tam zamanında üretim (just in time) sistemlerini benimsemesinden dolayı özellikle büyük parça stoklarını depolamaktan kaçınmak için parçaların montaj tesislerine

zamanında teslim edilmesine bağlı olduğundan, planlanmamış iş kesintisi veya gecikmesine karşı otomotiv sektörünün savunmasız olduğunu söylemektedir. Bir tedarikçi firma ürün akışını sağlayamadığında, ana firmada birkaç montaj tesisi de çalışamaz hale gelebilecektir (Garsten, 2020).

Otomotiv firmalarının sözleşmelerde belirttiği ve müşteri özel istekleri arasında bulunan bazı zorunlu istekleri vardır. Bunlardan birisi tedarikçi performans puanlarının belli bir seviyede olmasıdır. Bu puan çoğu zaman bir portal üzerinden iade edilen ürünler, geciken ya da zamanından önce gelen malzemeler, istenen malzemenin istendiği miktarda gelmesine göre değişiklik gösteren performans puanlarıdır. Performans puanlarının belli bir puanın altına düşmesi durumunda ana firma tedarikçisiyle ilişkisini keser.

Ana firmanın ürünün fonksiyonlarını yerine getirmemesi durumunda, yanlış ürün gönderimleri için ya da sevkiyat gecikmesi gibi problemlerle karşılaşmamak için aldığı bazı önlemler vardır. Örneğin: Ana firmaya OEM olan bir firma yanlış ürün göndermesi durumunda ürünün toplanması da OEM'e ait olmak üzere, tedarikçilerinden yüksek miktarlarda hat durdurma cezaları isteyebilirler.

Covid-19 salgını hem sosyal hayatı hem de ticari hayatı etkilemesinden dolayı otomotiv üreticilerinin beklenmedik bir üretim veya iş kesintisi durumunda alternatif kaynaklar geliştirmemiş olmaları nedeniyle yapılan araştırmalar, endüstrilerdeki şirketlerin sadece %11'inin, ihtiyaç duyulduğunda alternatif tedarikçiler bulunduran planlar geliştirdiğini göstermektedir.

Şu anda IATF 16949 tarafından açıklanan bir bildiri olmamasına rağmen, analist Koray Köse, firmaların bir eylem planı oluşturması gerektiğini önermektedir (Garsten, 2020).

Covid-19 salgınının, otomotiv sektöründe tedarikçi seçimini de etkilemiştir, firmaların gerek sosyal mesafeyi sağlamak amacıyla iş gücünü düşürmesi ve yurtdışından sağladıkları kaynakların zamanında ulaşmaması nedeniyle firmaları alternatif tedarikçiler aramak zorunda bırakmıştır. Salgın sebebiyle firmalar tedarikçilerini yurtiçinden aramaya başlamıştır.

Bu makale 4 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümü Literatür Taramasıdır. Bu bölümde, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ve Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemine ait yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Metodoloji ve Yöntemler bölümünde bu çalışmada kullanılan AHP, BAHP ve BTOPSIS yöntemlerine ait bilgiler sunulmuştur.

Uygulamalar bölümünde otomotiv yan sanayiinde yer alan bir firmada yapılan bu çalışmanın uygulaması açıklanmış ve yapılan çalışma duyarlılık analiziyle desteklenmiştir. Sonuçlar bölümünde elde edilen çıktılar değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

1971 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'ye Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından 1983 yılında; Buckley ise 1985 yılında karşılaştırma oranlarını bulanık sayılarla belirleyerek bazı çalışmalar yapmışlardır.

Chang 1996 yılındaki yaptığı çalışmada ileri sürülen Genişletilmiş Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemiyle üçgensel bulanık sayıları kullanmıştır. Weck ve diğerleri 1997 yılında



yaptıkları çalışmada, klasik AHP'ye bulanık mantık matematiğini de ekleyerek, farklı üretim çevrim zamanları için alternatifleri değerlendirmişlerdir.

Otel işletmelerinde tedarikçi seçimi sürecinde Ahp ve Bahp yöntemlerinin uygulanması isimli çalışmada, hizmet kalitesini otel sektöründe kritik bir süreç olarak ele almıştır. Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemleri kullanılmıştır. Çözüm sonuçları yorumlanmıştır. Çalışmada ana kriterler fiyat, güvenilirlik, ürün kalitesi, teslimat performansı, ödeme kolaylığı ve referans olarak belirlenmiştir (Manap Davras ve Karaatlı,2014).

Kuo ve diğerleri ise, yer seçimi problemleri için bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu karar destek sisteminde hiyerarşik düzen ve değerlendirme bölümlerinde bulanık AHP yöntemini kullandıkları görülmüştür (Çakar, 2019).

TOPSIS yöntemi, Electre (Eliminasyon et Choix Traduisant la Réalité) yöntemine ek olarak Yoon ve Hwang tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan TOPSIS yöntemi, Öklid mesafe yaklaşımından faydalanarak, pozitif ideal çözüm, negatif ideal çözüm ve alternatif mesafe hesaplamasını yapmaktadır.

Literatürde farklı sektörlerde TOPSIS yönteminin yaygın olarak kullanıldığını görmek mümkündür. Bunun en önemli nedeni analitik hiyerarşi prosesi ve ağırlıklı toplam yönteminden farklı olmasıdır. Yöntemler arasındaki fark, TOPSIS yönteminin pozitif ve negatif olmak üzere ideal çözümlere sahip olmasıdır. Bu çözümlerin sonucunda, yakınlık katsayısı hesaplanır (Çakar, 2019).

Tedarikçi seçimi, alıcıya kaliteli ve zamanında; ürün ya da hizmetleri sunabilecek uygun tedarikçileri belirleme sürecidir. Tedarikçi seçimi, etkin bir tedarik zinciri oluşturmak için en kritik faaliyetlerden biridir. Başka bir deyişle, tedarikçi seçimi hem nitel hem de nicel faktörleri içinde bulunduran çok kriterli bir karar verme problemidir.

Bu çerçevede tekstil sektöründe faaliyette bulunan büyük firmalara fason üretim yapan bir üretim işletmesinin tedarikçi seçim problemi bulanık TOPSIS tekniğiyle değerlendirilmiş ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak, yöneticilere karar desteği sağlanmıştır (Vatansever, 2003).

Keza Kocaeli'de otomotiv yan sanayiinde faaliyet gösteren bir firma için üç tedarikçinin performansı BAHP yöntemiyle değerlendirilmiştir, (Akman ve Alkan, 2006).

Bhutia ve Phipon (2012) tedarik zincirindeki tedarikçilerin, TOPSIS tekniğine dayalı olarak değerlendirilmesi için bir metodoloji geliştirmiştir. Çalışmada süreci etkileyen bazı önemli kriterler dikkate alınmıştır. Bu kriterler ürün kalitesi, hizmet kalitesi, teslim süresi ve fiyattır. AHP'ye dayalı olarak her bir ölçüt için tedarikçilerin ağırlıkları hesaplanmış ve tedarikçileri sıralamak için bulunan ağırlıklar TOPSIS yöntemi kullanılarak; her tedarikçinin sırası TOPSIS'ten elde edilen yakınlık katsayılarına göre belirlenmiştir.

Literatürde, BAHP ve BTOPSIS yöntemlerinin bir arada kullanıldığı da sıklıkla görülmektedir. Kul, Şeker ve Yurdakul (2014), bir probleme klasik AHP ve TOPSIS yöntemleri ile BAHP ve BTOPSIS yöntemlerini uygulamış; bulanıklığın sonuçlar üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, ikili karşılaştırmalar yoluyla yapılan ağırlıklandırılmaların sıralama sonucunda daha etkili olduğu, ayrıca BTOPSIS'ten ziyade BAHP'nin karar alma konusunda çok daha önemli olduğu gösterilmiştir.

Aladağ, Çelik ve Alkan (2016) otomotiv sektöründeki bir firmanın tedarikçi seçiminde çok kriterli karar verme yaklaşımında AHP, BHP ve TOPSIS'i uygulamıştır. Çalışmanın ilk bölümde otomotiv sektöründe tedarikçi seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterleri firmalarda anket çalışması yaparak belirlemiştir. İkinci bölümde, firmanın tedarikçileri arasında bulunan ve aday olan tedarikçileri çok kriterli bir yapıda değerlendirip göreceli olarak sıralamıştır. Belirlenen ölçütler için en uygun tedarikçinin seçilmesinde BAHP kullanılmıştır. Tedarikçilerin öncelik sıralamalarında BAHP, TOPSIS ve AHP yöntemleri kullanılmıştır.

Tedarikçi seçimi her sektörde her firma için stratejik bir konu olarak düşünölmeye ve görölmeye başlamaktadır.

Kumar, Padhi ve Sarkar (2019) çalışmalarında bir ağır lokomotif üreticisinin tedarikçi seçiminde en güvenilir tedarikçiyi bulmak için kalite, teslimat, fiyat ve hizmet gibi bazı ana kriterler kullanmıştır. Ardından, Taguchi kayıp fonksiyonu, analitik hiyerarşi süreci AHP ve TOPSIS olmak üzere üç yöntemi kullanarak tedarikçilerin seçilmesi sürecinde objektiflik sağlayan entegre bir model üzerine çalışılmıştır. Son olarak, tedarikçi seçimi yapılacak olan firmanın iki vakası duyarlılık analizi ile modelin güvenilirliği gösterilmeye çalışılmıştır.

Literatürde tedarikçi seçimiyle ilgili farklı yöntemlerle uygulamalarda mevcuttur.

Gri ilişkisel analiz ile çok kriterli tedarikçi seçimi: Otomotiv sektöründe bir uygulama isimli çalışmada otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin 82 adet tedarikçisiyle gri ilişkisel analiz yönteminden yararlanarak performans değerlendirme süreci hakkında çalışılmıştır (Özdemir ve Deste, 2009).

Belirsizlik altında çevre bilinçli tedarikçi seçim probleminin incelenmesi isimli çalışmada öncelikle kaynakların sınırlı olmasından ve çevre bilincine sahip sistemlerin kurulmasının öneminden bahsedilmiştir. Ardından yeşil tedarik zincirinde tedarikçi seçimi gerçekleştiren bir işletmenin değerlendirmesi gereken kriterler belirlenmiştir. Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firma için tedarikçi değerlendirmesi ve analizi üzerine çalışılmıştır. Çalışmada yeşil tedarik zincirinde, tedarikçi seçimi yapılırken çevreci kriterlerin şiddetinin otomotiv sektöründe yüksek olduğu görölmektedir. (Özkır,2018)

Yeşil tedarik zinciri yönetiminde ÇKKV: otomotiv ana sanayi örneği isimli çalışmada, yeşil tedarik zinciri yönetimi (YTZY), Ana firma üzerindeki ilişkisini çok kriterli karar verme yöntemleriyle incelenmiştir.

Kriterler YTZY'ye göre belirlenmiştir. Kriter oran ağırlıkları metodu kullanılarak kriterler ağırlıklandırılmıştır. Ford Otosan firmasının fabrikaları mutlak sayıları, bulanık sayıları ve sezgisel bulanık sayıları olmak üzere 8 ayrı yöntem içerir. YTZY kriterlerine göre yöntemler tek tek değerlendirilmiştir. Karar verici olarak 11 firma için duyarlılık analizi yapılmak üzere 10 farklı senaryo oluşturulmuştur. Son olarak TOPSIS metotlarının çalışmada daha etkin olduğu görölmüştür (Koca ve Behdioğlu, 2019).

Bulanık Multimoora ile Personel Seçimi: Havacılık Sektöründe Bir Uygulama isimli çalışmada MULTIMOORA yöntemi kullanılarak işletmelerin en önemli kaynaklarından birisi olan insan kaynağında personel seçimi problemi üzerine çalışılmıştır. Havacılık sektöründe yer alan bu firma kendisine en uygun personeli seçmeyi amaçlamaktadır. Sonuçları test etmek ve önerilen yöntemin kullanılabilirliğini karşılaştırmak amacıyla personel adaylarına bütünleşik AHS-TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bütünleşik AHP-TOPSIS ve MULTIMOORA yöntemlerinin aynı sonucu verdiği görölmüştür (Kuşakçı vd, 2019).

Bulanık VIKOR ile Personel Seçimi: Otomotiv Yan Sanayiinde Uygulama isimli çalışmada otomotiv sektörüne yedek parça üretimi yapan bir firmanın personel seçimi üzerine çalışılmıştır. Çalışmada çelişen kriterler olması sebebiyle, Bulanık VIKOR yöntemi kullanılmıştır (Öztürk ve Kaya, 2020).

### 3. METODOLOJİ ve YÖNTEMLER

#### 3.1.AHP Yöntemi

Literatürde kullanıldığı sıkça görülen, çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan klasik AHP Yönteminin uygulama adımları Şekil 1’de açıklanmıştır.

Bu adımlar sırasıyla uygulanır ve şekilde bahsi geçen ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için Thomas L. Saaty’nin geliştirdiği 1’den 9’a kadar önem puanlarının verildiği AHP İkili Karşılaştırma tablosu kullanılır, (Tablo 1).

Şekil 1.’de bahsedilen CR-tutarlılık oranı hesaplanırken CI-Tutarlılık indeksi bulunur. Aşağıdaki denklem 3.1 uygulanır.

$$CI = \lambda_{\max}/(n - 1) \quad (3.1)$$

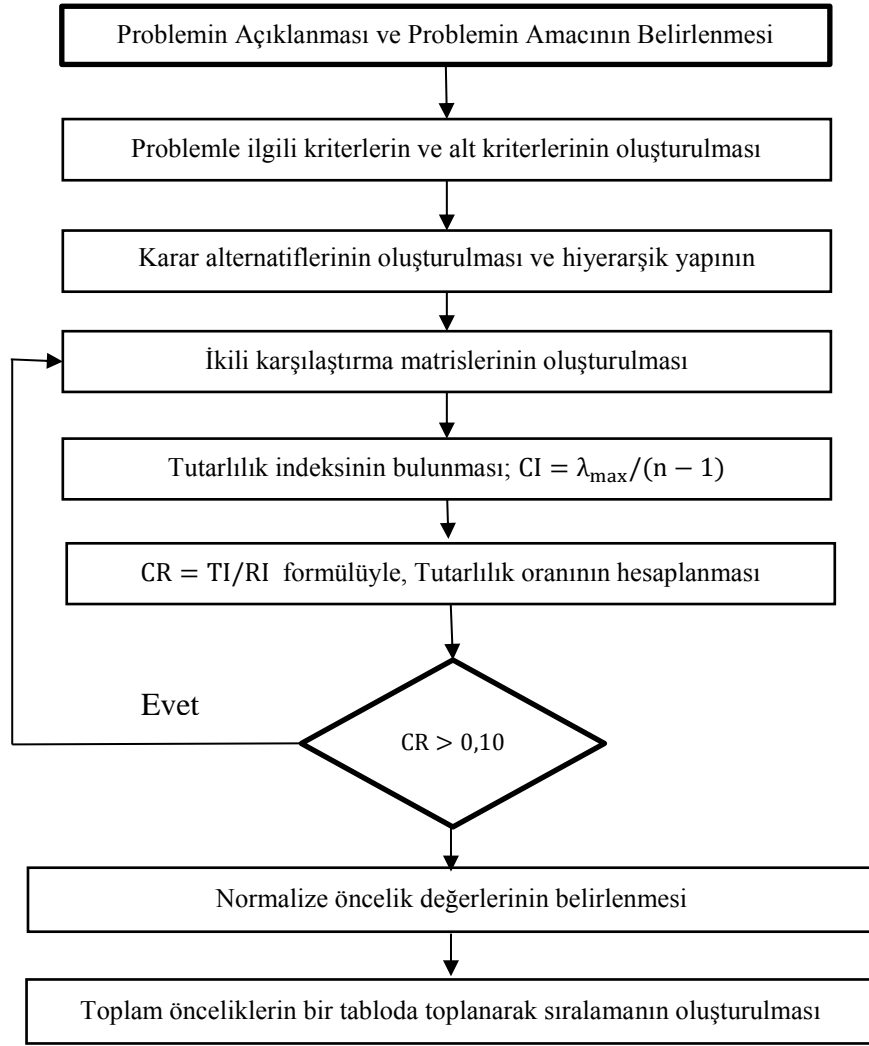
Tutarsızlık oranı (CR) hesaplanırken Tablo 2’den yararlanılarak, aşağıdaki denklem 3.2 kullanılarak tutarlılık oranı hesaplanmış olur.

$$CR = CI/RI \quad (3.2)$$

Tutarlılık oranını (CR)’yi bulmak için; RI, Rassal tutarlılık değerlerine ihtiyaç vardır. Tablo 2’de N değerine denk gelen RI değeri bulunur.

CR değeri 0.10 değerinden küçük olmalıdır. 0.10’dan büyük bir değer çıkarsa, tutarsızlık olur ve değerlendirmelerin yazdığı tüm matrisler incelenmeli ve yapılacak düzenlemelerin ardından adımlar tekrarlanmalıdır.

CR değerinin 0 çıkması durumunda tam tutarlı olduğu söylenir, (Özcan ve Özyörük 2005).



Şekil 1. AHP Uygulama Adımları (Ayçin, 2019)

Tablo 1. AHP İkili Karşılaştırma Önem Puanları ve Değer Tanımları

Önem Puanı	Değer Tanımları
1	Her iki seçenek eşit önemdedir
3	1. seçenek 2. den biraz daha önemlidir
5	1. seçenek 2. den oldukça önemlidir
7	1. seçenek 2. den çok önemlidir
9	1. seçenek 2. den son derece önemlidir
2, 4, 6, 8	Ara değerler, iki ardışık değer arasında uzlaşma gerektiğinde kullanılır

Tablo 2. Ortalama Rassal Tutarlılık Değerleri

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

### 3.2. Bulanık AHP (BAHP) Yöntemi

Yöneticiler karar verirken belirsizliklerle ve karmaşıklıklarla karşıya karşıyadır. Kompleksliğin ve belirsizliklerin olduğu problemlere bulanık ya da fuzzy yöntem adı verilmektedir (Erik, 2005).

Klasik AHP yöntemi, karar vericinin sezgiye dayalı deterministik ölçümler yapmasını sağlayamaz. Önceliklendirmelerle birlikte belirsizlikler bulanık küme teorisi olarak modellenebilir. Bu da bulanık sayılarla mümkündür. Klasik AHP’de karar verilirken 1’den 9’a kadar olan skala arasından değerlendirme yapılır. BAHP’de ise; ölçütlerin birbirleriyle karşılaştırılması bulanık sayılar vasıtasıyla yapılmaktadır, (Susuz, 2005).

BAHP’nin adımları aşağıdaki gibidir:

1.Adım: Karar vericiler seçilir. Her bir karar vericinin, konu hakkında uzman kişiler olması gerekmektedir.

2.Adım: Kriterler ve varsa alt kriterler belirlenir.

3.Adım: Kriter değerlendirmek için üç gensel bulanık sayı dönüştürme cetveli tablo 3’den yararlanılarak matrisler oluşturulur ve bulanık geometrik ortalamaları hesaplanır, (Çakar, 2019).

4.Adım: Kriterlerin her birisi için bulanık ağırlıklar hesaplanır.

5.Adım: Belirlenen bulanık ağırlıklar her bir alternatif için alternatiflerin öncelikleri hesaplanır. Alternatifleri değerlendirmek için tablo 4 kullanılır, (Xue vd, 2018).

6. Adım: Üçgen bulanık sayılar, üç tane gerçek sayıyla (l, m, u) tanımlanmıştır. l, m, u değerleri sırasıyla en düşük olası değeri, net değeri ve en büyük olası değer olarak tanımlanmaktadır. Bu adımda l, m ve u değerleri kullanılarak alt ve üst sınırlar belirlenir, (Aladağ ve Çelik 2016). Bu değerlerin hesaplanması denklem 3.3. ve denklem 3.4’te gösterilmiştir.

$$\text{Alt Sınır: } LB = \{[(m - l)x\alpha_n] + l\} \quad (3.3)$$

$$\text{Üst Sınır: } UB = \{u - [(u - m)x\alpha_n]\} \quad (3.4)$$

Birleştirilen alt sınır önceliği  $W_{kl}$  denklem 3.5’de gösterildiği gibi, üst sınır önceliği de  $W_{ku}$  denklem 3.6’da gösterildiği gibi hesaplanır.

Tablo 3. Kriter Değerlendirmede Üçgenel Bulanık Sayı Dönüştürme

Önem Yoğunluklarının Tanımı	Önem Şiddeti	Üçgenel Bulanık Sayı	Önem Yoğunluğunun Tersisi	Üçgenel Bulanık Sayının Tersisi
Eşit Önemlilik (EÖ)	1	(1,1,1)	(1/1)	(1,1,1)
Diğerine Göre Biraz Daha Önemli (DBÖ)	2	(1,2,4)	(1/2)	(1/4,1/2,1/1)
Hemen Hemen Önemli (HHÖ)	3	(1,3,5)	(1/3)	(1/5,1/3,1/1)
Güçlü Önemli (GÖ)	5	(3,5,7)	(1/5)	(1/7,1/5,1/3)
Çok Güçlü Önemli (ÇGÖ)	7	(5,7,9)	(1/7)	(1/9,1/7,1/45)
Aşırı Önemli (AÖ)	9	(7,9,11)	(1/9)	(1/11,1/9,1/7)

Tablo 4. Alternatiflerin Değerlendirilebilmesi için Bulanık Sayılar

Dilsel Değişkenler	Üçgensel Bulanık Sayılar
Çok İyi	(3,5,5)
İyi	(1,3,5)
Orta	(1/5,1/3,1/3)
Zayıf	(1/5,1/3,1)
Çok Zayıf	(1/5,1/5,1/3)

$$W_{kL} = \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_l (LB_k)_l}{\sum_{l=1}^L \alpha_l} \quad (3.5)$$

$$W_{kL} = \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_l (UB_k)_l}{\sum_{l=1}^L \alpha_l} \quad (3.6)$$

Birleştirilen alt ve üst sınır öncelikleri her bir alternatif için ağırlıklarıyla denklem 3.7 kullanılarak birleştirilir.

$$W_{dk} = \lambda W_{k(UB)} + (1 - \lambda) W_{k(LB)} \quad \lambda \in [0,1] \quad (3.7)$$

$W_{dk}$  : Alternatif için sadeleştirilmiş öncelik değeri  
 $\lambda$  : İyimserlik İndeksi

İyimserlik indeksi 1, 0,5 ve 0 olmak üzere karar vericinin iyimser, orta ve karamsar görüşlerini ortaya koyabilmesi için kullanılır (Çakar, 2019).

7.Adım: Alternatiflerin öncelik sıralamasını belirlemek için denklem 3.8 yardımıyla gerekli hesaplamalar yapılır ve en yüksek sayıya sahip olan alternatif seçilir.

$$W_{nk} = \frac{W_{dk}}{\sum_{i=1}^k W_{dk}} \quad (3.8)$$

### 3.3. Bulanık TOPSIS (BTOPSIS)

TOPSIS yöntemiyle AHP yönteminin arasındaki fark; TOPSIS yönteminde, ideal çözüm pozitif ideal çözümden en kısa mesafeye ve geometrik açıdan negatif ideal çözümden de en uzun mesafeye sahip olmasıdır. BTOPSIS yöntemi adımları aşağıdaki gibidir.

#### 1.Adım: Öncelikle Karar (A) Matrisinin Oluşturulması

A matrisi karar vericiler (uzman kişiler) tarafından oluşturulur. Bu matris başlangıç matrisidir. Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralamak amaçlı alternatifleri, sütun bölümünde ise karar verme aşamasında kullanılabilecek olan kriterler bulunmaktadır. Bulanık ifadelerle denklem 3.9'la gösterilen matris oluşturulur.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

Yukarıda verilen  $A_{ij}$  karar matrisinde,  $m$  karar nokta adedini,  $n$  ise değerlendirme faktörü adedini vermektedir (Civir 2015).

## 2. Adım: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

1.adımda bulunan standart karar matrisi denklem 3.10 kullanılarak normalize edilir, (Öztürk 2019).

$$R = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \rightarrow (r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U) = \left( \frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), i = (1, 2, \dots, m); j \in K_m \quad (3.10)$$

$$u_j^+ = \max_i (u_{ij}); j \in K_m \quad (3.11)$$

## 3. Adım: Ağırlıklarla Çarpılarak, Normalize Bulanık Karar Matrisinin Hazırlanması

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} x \tilde{w}_j \quad (3.12)$$

## 4. Adım: Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerlendirilmelerinin Belirlenmesi

$$\tilde{A}^+ = \{\tilde{r}_1^+, \tilde{r}_2^+, \dots, \tilde{r}_n^+\} = \{\max_i \{(r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U)\} | J \in K_m, \min_i \{(r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U)\} | j \in K_u\} \quad (3.13)$$

$$\tilde{A}^- = \{\tilde{r}_1^-, \tilde{r}_2^-, \dots, \tilde{r}_n^-\} = \{\min_i \{(r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U)\} | J \in K_m, \max_i \{(r_{ij}^L, r_{ij}^M, r_{ij}^U)\} | j \in K_u\} \quad (3.14)$$

4. Adım: Her alternatif için bulanık pozitif ideal çözüm uzaklığı, bulanık negatif ideal çözüm uzaklığı ve tepe yöntemleri de kullanılarak denklem 3.15 ve denklem 3.16'dan yararlanılarak hesaplanır. Pozitif ve negatif ideal uzaklık demek aynı zamanda en çok tercih edilen en büyük faydanın ve en az tercih edilen en küçük zararın ölçülmesi anlamına gelmektedir (Erkan 2019).

$$S_i^* = \sum_{j \in K_m} w_j (\tilde{r}_j^+ - \tilde{r}_{ij}) + \sum_{j \in K_m} w_j (\tilde{r}_{ij} - \tilde{r}_j^+) \quad ,$$

$$S_i^- = \sum_{j \in K_m} w_j (\tilde{r}_j^- - \tilde{r}_{ij}) + \sum_{j \in K_m} w_j (\tilde{r}_{ij} - \tilde{r}_j^-) \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.15)$$

$$S_i^* \rightarrow w_j = (\tilde{r}_{ij} - \tilde{r}_j^+) = \sqrt{\frac{1}{3} [(\tilde{r}_{11}^+ - \tilde{r}_{11})^2 + (\tilde{r}_{11}^+ - \tilde{r}_{21})^2 + (\tilde{r}_{11}^+ - \tilde{r}_{31})^2]}$$

$$S_i^- = w_j = (\tilde{r}_{ij} - \tilde{r}_j^-) = \sqrt{\frac{1}{3} [(\tilde{r}_{11} - \tilde{r}_{11}^-)^2 + (\tilde{r}_{21} - \tilde{r}_{11}^-)^2 + (\tilde{r}_{31} - \tilde{r}_{11}^-)^2]} \quad (3.16)$$

5. Adım: Her alternatif için bulanık yakınlık katsayıları hesaplanır denklem 3.17'de ki gibi hesaplanır ve alternatiflerin sıralamaları oluşturulur.

$$CC_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad i=1, 2, \dots, m \quad (3.17)$$

## 4. UYGULAMALAR

Bu çalışmada IATF 16949:2016 Kalite Yönetim Sistemine sahip İstanbul'da faaliyet gösteren otomotiv yan sanayii sektöründe printed circuit board (pcb) plakalı şamandıra, mekanik seviye göstergesi, reed switchli tüp şamandıra, yağ çubuğu gibi otomotiv yan sanayii ürünleri üreten, ürün satışlarının %75'ini pcb plakalı şamandıralardan oluşan bir firma ele alınmıştır. Firma üç büyük otomotiv firmasına OEM olarak çalışmakta ve gelirinin %48'ini ihracattan kazanmaktadır. Ürün satışlarının yoğunluğunu pcb plakalı şamandıralardan elde etmesi sebebiyle, bu şamandıraların kritik malzemesi olan pcb plakasının tedarikçi seçimine yoğunlaşmıştır.

Otomotiv sektöründe, IATF 16949:2016 uluslararası otomotiv kalite yönetim sistemi, ürün satışından, üretim sürecine, müşterilerle ilişkilerden, tedarikçi ilişkilerine kadar firmanın tüm hayatını etkilemektedir. Firma, IATF 16949:2016'nın şartlarını sağlamaması durumunda ürün satışlarının durmasına ve pazardaki prestijini kaybetme ihtimali vardır. Bu nedenle firma kendisine en uygun tedarikçiyi belirlerken, IATF 16949:2016 standardının 8.4.1.2. tedarikçi seçim süreci maddesini kendine göre yorumlayarak değerlendirmek zorundadır. Firma tedarikçi seçerken;

- Tedarikçinin ürün uygunluğu ve kesintisiz ürünü organizasyona sağlama riskinin değerlendirilmesi,
- Kalite ve sevkiyat performansı, tedarikçi kalite yönetim sisteminin değerlendirilmesi, firma tedarikçi performans değerlendirmesi yapmak zorundadır.

Standartta tedarikçi seçerken kullanılacak diğer kriterler hakkında öneriler verilmektedir: Genel işletme performansı, satın alınan ürün, malzeme ve servis karmaşıklığı (teslimat özellikleri), gerekli teknolojiler (ürün ve proses içinde), kaynakların yeterliliği (insan, altyapı vs.), tasarım ve geliştirme yetenekleri (proje yönetimine hakimiyeti), iş sürekliliği planlama (acil durumlara hazırlıklı olma, esneklik), lojistik prosesi, müşteri hizmetleridir.

Bu çalışmada firmada otomotiv sektöründe yıllardır çalışan ve firmada en az 5 yıl en çok 43 yıllık tecrübesi bulunan üç karar verici (üretim planlama müdürü, kalite yönetim sistem müdürü ve satın alma sorumlusu) tarafından ana kriterler, tedarikçi risk analizleri ve IATF 16949:2016 firma kalite el kitabı göz önünde bulundurulmuş ve hazırlanmıştır.

Bu çalışma kalite, finans, teslimat, genel işletme performansı ve esneklik 5 ana kriterin tedarikçi seçiminde ana kriter olarak belirlenmesiyle başlar.

Kalitenin ana kriter olarak belirlenmesi; IATF 16949:2016, 8.4.2.3 Tedarikçi Kalite Yönetim Sistemi Geliştirme maddesine göre, IATF 16949:2016 Kalite Yönetim Sistemine sahip firmaların tedarikçilerinin; en az ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemine sahip olmaları gerekmekte ve tedarikçilerini kalite yönetim sistemine uygun olarak geliştirmeli ve sürekli iyileştirme yapmaları için teşvik etmelidir. Otomotiv sektöründeki firmalar, tasarım geliştirme süreçlerinde tedarikçi firmalardan PPAP (Üretim Parçası Onay Prosesi) dosyası hazırlamalarını isteyebilir. Bu dosyalar ana otomotiv firmalarına üretim yapan OEM'ler için zorunlu ancak tedarikçiler için OEM isteğine bağlıdır. Bu dosya, prosesin ve ürünün düzgün çalıştığını ana firmaya doğrulaması için gereklidir. Eğer tedarikçi firmanın ürünü ya da hizmeti özel bir prosese ya da ürüne doğrudan etki ediyorsa, tedarikçi PPAP dosyası hazırlamak zorundadır. Ürünün kalitesinde önemli olan diğer bir nokta ürünün ömrüdür. Satın alınmak istenen pcb plakalarının smd dizgi olması sebebiyle, üzerindeki smd komponentlerin belirli bir ömrü (en fazla 2 yıl) olmasından dolayı, tedarikçinin FIFO (ilk giren ilk çıkar) kuralını benimsemiş olması önemlidir. Aynı zamanda tedarikçi firma esd (elektronik statik deşarj) kurallarına uyarak ürünün güvenliğini sağlamalıdır. Komponentlerin bozulmaması için anti-statik alanı oluşturarak depolamalı ve sevk etmelidir. Firma tedarikçi risk analizinde, potansiyel hata modu olarak tedarikçisinin kalite belgesinin bulunmaması ve ürün ömrüne dikkat etmemesi durumlarını risk olarak değerlendirmiş ve kendi firmasına olan şiddetini 10/10 olarak puanlamıştır.

Risk analizinde şiddet hiçbir zaman değişmez. Ancak doğru aksiyonlar alınarak, risklerin olasılıkları düşürülebilir.

Finans ana kriteri belirlenmesi; Bir işletmenin en önemli varlık nedenlerinden birisi kar sağlamaktır. Her firma, firmasının maliyetlerinin düşmesi için miktar iskontosu yapmasını ve elindeki nakit sermayeyi elinde tutmak ve tedarikçisinin kendisine ödeme kolaylıkları



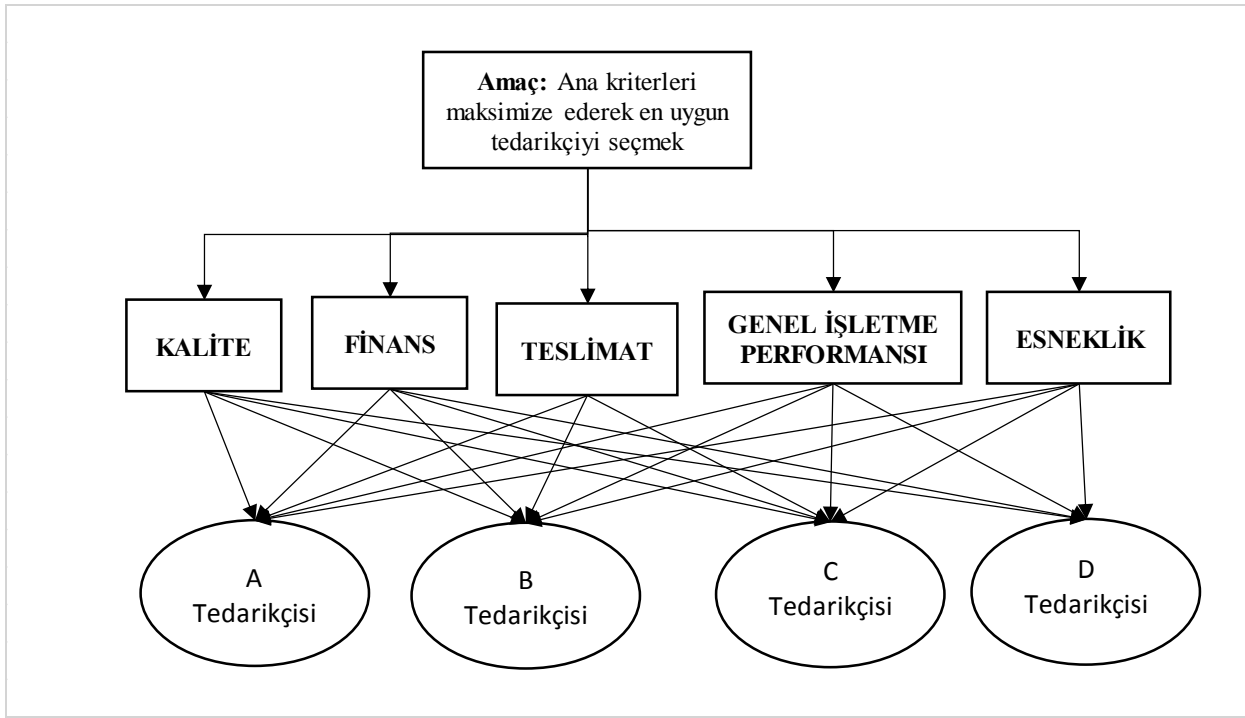
sağlamasını ister. Firma, tedarikçi risk analizinde finans hakkında, fiyat değişikliklerinin sık olması potansiyel hata olarak belirleyip risk analizinde yer vermiştir. Firmaya olan şiddetini 8/10 olarak belirlemiştir.

Teslimat ana kriterinin belirlenmesi; IATF standardında belirtildiği gibi ürünü kesintisiz ve zamanında tedarikçinin sağlanması önemlidir. Aksi halde, ana firmaya malzemelerin tedarikçi kaynaklı geç ulaşmasında bu çalışmanın giriş bölümünde ve uygulama bölümlerinde de bahsedildiği gibi yüksek cezai yaptırımlara neden olabilir. IATF 16949 gereği firma tedarikçilerini değerlendirmek zorundadır. Tedarikçi değerlendirmesinde dikkat edilmesi gereken ölçütlerden biride, teslimattır. Firma tedarikçi risk analizinde, potansiyel hata modu olarak tedarikçi performans puanının düşük olması ve teslimatın aksaması olarak belirlemiş ve aksaması durumunda şiddetini 9/10 olarak belirlemiştir. Bu nedenle firma için teslimat ana kriter olarak belirlenmiştir.

Genel İşletme Performansı ana kriterinin belirlenme sebebi; Tedarikçilerden müşteri odaklı olması ve uygunsuzluk durumunda tespitini yapıp, hızlı bir şekilde çözüm bulması beklenir. Tedarikçi kaynaklı hataların tekrarını önlemek için düzeltici faaliyetler oluşturması ya da Global 8D'den yararlanması otomotiv sektöründe gereklidir. Yeterli ve yetkin personel, yeterli alt yapı kaynaklarının bulunması aynı zamanda tasarım ve geliştirme yeteneklerinin üst düzeyde olması firmaya değer katacağı ve müşteri isteklerine cevap verebilirliği artacağı için genel işletme performansı da ana kriter olarak belirlenmiştir. Ayrıca Firma tedarikçi risk analizinde tedarikçiyle iletişime geçememe, kaynak yetersizliği gibi durumları potansiyel hata modu olarak belirlemiş. Şiddetini 7/10 olarak belirtmiştir.

Esneklik ana kriterinin belirlenmesi; Firmada yalın üretim sistemlerinin benimsenmesi sebebiyle, kritik stoklarla çalışmakta ve siparişe göre üretim yapılmaktadır. Bu nedenle gelen siparişlerin değişkenlik göstermesi sebebiyle tedarikçinin bu belirsizliğe karşı miktarda ve teslimatta esnek olması beklenmektedir. Firma tedarikçi risk analizinde potansiyel hata modu olarak tedarikçi performans puanının düşük olması olarak belirlemiştir. Firma, tedarikçi performansını ölçerken istenen miktarda istendiği kadar ve istenen zamanda gelmesi hususlarında değerlendirmesi sebebiyle risk analizinde bu durumun risk derecesini 9/10 olarak belirtmiştir.

Firmanın karar desteğe ihtiyaç duyduğu 4 tane alternatif tedarikçi arasından seçim yapmak için, AHP, BAHP ve BTOPSIS yöntemleriyle en uygun tedarikçinin seçimi amaçlanmıştır. Çalışmada Microsoft Excel 2019 sürümü kullanılmıştır. Şekil 2'de en uygun tedarikçi seçimi hiyerarşik yapısı düzenlenmiştir. Ana kriterler ve alternatifler Şekil 2 En uygun tedarikçi seçimi hiyerarşi yapısında gösterilmiştir.



Şekil 2. En Uygun Tedarikçi Seçimi Hiyerarşi Yapısı

Tablo 5’de gösterilen ikili karşılaştırmalar sayısal ifadeler kullanılarak tek tek her bir karar vericiyle değerlendirme yapılmıştır. Sonrasında ana kriterler için önem skalasına göre üç karar vericinin kararlarının geometrik ortalamaları alınarak, ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Normalize edilmiş ana kriterler tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 5. Üç Karar Vericinin Ortak AHP İkili Karşılaştırması

Ana Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik
Kalite	1,00	1,53	1,61	6,80	4,72
Finans	0,65	1,00	4,48	4,72	5,13
Teslimat	0,62	0,22	1,00	1,41	1,14
Genel İşletme Performansı	0,16	0,21	0,71	1,00	2,71
Esneklik	0,21	0,19	0,87	0,37	1,00

Üç karar verici tarafından, tüm kriterler tek tek alternatiflere göre karşılaştırılmış, normalize edilmiş ve ardından tutarlılık oranları hesaplanmıştır. Hesaplanan her bir kriterin tutarlılık oranının 0.1’den küçük olduğu ve tutarlı olduğu görülmüştür. Tablo 7’de ana kriterlere göre tedarikçilerin normalize matris öz vektör değerleri gösterilmiştir. AHP’ye göre tedarikçi sıralaması Tablo 8’te verilmiştir.

Uygulamanın ikinci kısmında bulanık analitik hiyerarşi prosesiyle problem çözülmüştür. Her bir karar verici tarafından tablo 3 kriter değerlendirme için üçgensel bulanık sayı dönüştürme cetvelinden yararlanarak ikili karşılaştırma değerleri bulanıklaştırılmış ve geometrik ortalamaları alınıp, her bir kutu içindeki sayılar çaprazlama olarak toplam sayıya bölünerek kriter ölçüt ağırlıkları tablo 9 elde edilmiştir.

Tablo 6. Normalize Edilmiş Ana Kriterler

Normalize Edilmiş Ana Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik	Normalize Matrisin Öz Vektör Değerleri
Kalite	0,378	0,485	0,186	0,476	0,321	0,3689
Finans	0,246	0,316	0,516	0,330	0,349	0,3515
Teslimat	0,234	0,071	0,115	0,099	0,078	0,1192
Genel İşletme Performansı	0,062	0,067	0,082	0,070	0,185	0,0931
Esneklik	0,080	0,062	0,101	0,026	0,068	0,0672

Tablo 7. Ana Kriterlere Göre Tedarikçilerin Normalize Matris Öz Vektörü

Tedarikçiler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel Performans Değerlendirme	Esneklik	Ana Kriterler Öncelik Vektörü
A Tedarikçisi	0,44	0,39	0,39	0,52	0,52	0,37
B Tedarikçisi	0,31	0,30	0,30	0,13	0,13	0,35
C Tedarikçisi	0,20	0,23	0,23	0,19	0,19	0,12
D Tedarikçisi	0,05	0,09	0,09	0,15	0,15	0,09
<b>Toplam:</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,07

Tablo 8. AHP Yöntemine Göre Tedarikçi Sıralaması

Tedarikçiler	Seçeneklerin Sıralama Puanları	Tedarikçi Sıralaması
A	0,43	1
B	0,28	2
C	0,21	3
D	0,08	4

Her bir alternatifler, ana kriterlere göre, her bir karar verici tarafından dilsel olarak değerlendirilip bulanıklaştırıldıktan sonra geometrik ortalamaları alınarak tablo 10 oluşturulmuştur. Bulanık AHP'ye göre tedarikçi sıralamaları tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 9. Kriter Ölçüt Ağırlıkları

Ölçütler	Bulanık Ağırlıklar		
Kalite	0,17	0,37	0,75
Finans	0,16	0,36	0,74
Teslimat	0,06	0,11	0,25
Genel İşletme Performansı	0,05	0,09	0,22
Esneklik	0,03	0,06	0,16

Tablo 10. Karar Vericilerin Ortak, Kriterleri Bulanık Olarak Değerlendirilmesi

Tedarikçiler/ Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel Performans Değerlendirme	Esneklik
A Tedarikçisi	(2,1-4,2-5,0)	(1,0-1,4-1,7)	(1,4-1,7-1,7)	(2,1-4,2-5)	(1,4-3,6 5,0)
B Tedarikçisi	(1-3,0-5,0)	(1-2,1-2,9)	(1,0-1,4-1,7)	(1,0-1,4-1,7)	(0,6-1,0-1,7)
C Tedarikçisi	(1,0-2,1-2,9)	(1-3,-5)	(1-1-1)	(0,2-0,3-1)	(1,0-1,4 1,7)
D Tedarikçisi	(0,3-0,4-0,7)	(0,2-0,3-1,0)	(0,2-0,3-1,0)	(1-1-1)	(1-1-1)

Tablo 11. Bulanık AHP'ye Göre Tedarikçi Sıralaması

Tedarikçiler	Ağırlıkları	Normalize Ağırlık	Sıralama
A	3,3	0,35	1
B	2,8	0,30	2
C	2,6	0,28	3
D	0,7	0,07	4

Çalışmanın bu bölümünde Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinden elde edilen “ana kriterlerin ağırlıkları” kullanılarak Bulanık TOPSIS metoduyla problem çözülmüştür. Bulanık TOPSIS yöntemine ait bulanık normalize karar matrisi tablo 12’de gösterilmiştir.

Her alternatifin ölçütlere göre bulanık pozitif ideal çözümüne  $S^+$  ve bulanık negatif ideal çözümüne  $S^-$  uzaklık değeri hesaplanır. Tablo 13 ve 14 oluşturulur. Bulanık TOPSIS yöntemiyle tedarikçi sıralaması tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 12 Bulanık Normalize Karar Matrisi

Tedarikçiler/ Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik
A Tedarikçisi	0,072	0,033	0,016	0,020	0,009
	0,311	0,104	0,039	0,078	0,046
	0,749	0,252	0,086	0,220	0,160
B Tedarikçisi	0,035	0,033	0,011	0,009	0,004
	0,221	0,150	0,033	0,027	0,013
	0,749	0,431	0,086	0,075	0,055
C Tedarikçisi	0,0347	0,033	0,011	0,002	0,007
	0,1533	0,216	0,023	0,006	0,019
	0,4381	0,737	0,051	0,044	0,055
D Tedarikçisi	0,012	0,007	0,002	0,009	0,007
	0,030	0,024	0,008	0,019	0,013
	0,104	0,147	0,051	0,044	0,032
$\check{A}^+ =$	0,749	0,737	0,086	0,220	0,160
$\check{A}^- =$	0,012	0,007	0,002	0,002	0,004

Tablo 13. Bulanık Pozitif İdeal Çözüm Tablosu

$S^+$	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik	Satır Toplamı
A	0,27	0,35	0,03	0,08	0,06	0,80
B	0,30	0,32	0,03	0,11	0,08	0,84
C	0,33	0,29	0,03	0,12	0,08	0,85
D	0,41	0,39	0,04	0,11	0,08	1,03

Tablo 14. Bulanık Negatif İdeal Çözüm Tablosu

$S^-$	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik	Satır Toplamı
A	0,27	0,09	0,03	0,08	0,05	0,52
B	0,26	0,15	0,03	0,03	0,02	0,48
C	0,15	0,25	0,02	0,01	0,02	0,45
D	0,03	0,05	0,02	0,02	0,01	0,12

Tablo 15. Bulanık TOPSIS Tedarikçi Sıralaması

$S^+$	$S^-$	CCI	Sıralama
0,796	0,517	0,393	1
0,835	0,478	0,364	2
0,849	0,453	0,348	3
1,034	0,120	0,104	4

#### 4.4. Duyarlılık Analizi

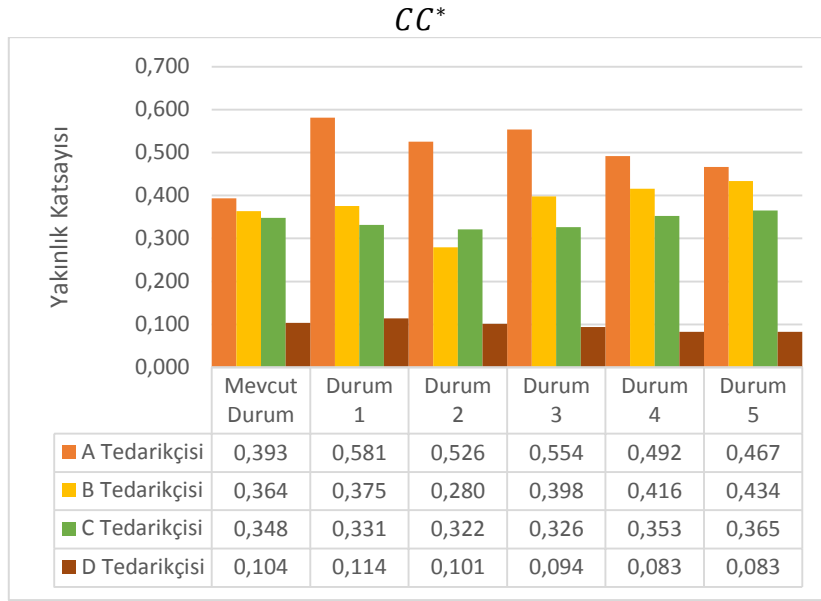
Duyarlılık analizi, kriter ağırlıklarında oluşabilecek değişikliklere, alternatiflerin ne derece duyarlı olduğunu ortaya koymak için yapılmaktadır. Tablo 16’da görüldüğü gibi, 5 farklı durum göz önünde bulundurularak duyarlılık analizi yapılmış ve alternatiflerin yakınlık katsayıları hesaplanmıştır.

Tablo 16. Duyarlılık Analizinin Uygulanması için Kriterlere Verilen Farklı Durumlar

Ana Kriterler	Kalite	Finans	Teslimat	Genel İşletme Performansı	Esneklik
<u>Durum 1</u>	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ	EÖ
<u>Durum 2</u>	GÜ	GÜ	GÜ	EÖ	EÖ
<u>Durum 3</u>	AÖ	AÖ	AÖ	EÖ	EÖ
<u>Durum 4</u>	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	EÖ
<u>Durum 5</u>	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ	AÖ

Şekil 3’de, tablo 16’da ki durumlar kullanılarak aşağıdaki yakınlık katsayılarının hesaplamaları yapılmış ve çubuk grafiğiyle gösterilmiştir.

Şekil 3’de gösterildiği gibi, kriterlere verilen ağırlıkların değişmesi durumunda bile sonuçlar değişmemektedir. Sıralama yine A-B-C ve D tedarikçisi olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Farklı Kriter Ağırlıkları Kullanılarak Alternatiflerin Yakınlık Katsayıları

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye’nin lokomotif sektörlerinden birisi olan otomotiv yan sanayi sektörünün, kompleks ve kesin olmayan ifadeleri barındırması kalitatif ve kantitatif değişkenlerinin bulunması sebebiyle, tedarikçi seçimi üzerine odaklanılmıştır.

Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada IATF 16949:2016 standardından ve şirketin tedarikçi risk analizinden faydalanarak, firmada yıllardır çalışan üç karar vericiyle ortak olarak kriterler belirlenmiş. Ardından bulanık ve klasik çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilerek göreceli olarak sıralanmıştır. İkinci aşamada ise, duyarlılık analizi yapılarak kriterlere farklı ağırlıklar verilmesi durumunda, tedarikçilerin (alternatiflerin) farklı durumlar altında ne kadar duyarlı oldukları gösterilmiştir.

Belirlenen kriterlere göre en uygun tedarikçinin seçiminde ve öncelik sıralamalarında Analitik Hiyerarşi Prosesi, Bulanık TOPSIS ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesinden yararlanılmıştır. Farklı yöntemler kullanılarak tedarikçi sıralaması Tablo 17’de özetlendiği şekilde bulunmuştur.

Tablo 17. Farklı Yöntemlerden Elde Edilen Tedarikçi Sıralamaları

Tedarikçiler	AHP	BAHP	BTOPSIS	Sıralama
A	0,43	0,35	0,39	1
B	0,28	0,30	0,36	2
C	0,21	0,28	0,35	3
D	0,081	0,07	0,10	4

Tablo 17’de verilen değerlere göre üç farklı yöntemde de, en uygun tedarikçi sıralamasını A Tedarikçisi → B Tedarikçisi → C Tedarikçisi → D Tedarikçisi şeklinde vermektedir.

**KAYNAKÇA**

**Akman, G., Alkan, A.,** (2006), "Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama". İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(9), 23–46.

**Aladağ, Z., Çelik, C.,** (2016), "Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Tedarikçi Seçimi : AHP-Bulanık AHP ve TOPSIS Uygulaması". Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(1), 43–83.

**Ayçin, D.E.,** (2019), Çok Kriterli Karar Verme Bilgisayarlı Uygulamalı Çözümler. Ankara: Nobel Yayınevi.

**Bhutia, P.W., Pshipon, R.,** (2012), "Appication of AHP and TOPSIS Method for Supplier Selection Problem", IOSR Journal of Engineering, 2(10), 43–50.

**Blume Global,** (2020), Blume Global, 01.04.2020.  
<https://www.blumeglobal.com/learning/automotive-supply-chain/>.

**Chan, F.T.S., Qi, H.J.,** (2003), "An Innovative Performance Measurement Method for Supply Chain Management". Supply Chain Management: An International Journal, 8, 209-223.

**Çakar, P.,** (2019), Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Problemleri. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınları.

**Erik, D.,** (2005), "Firmaların Başarı Kriterlerinin Tanımlanması ve Çalışanların Memnuniyeti Kriterinin Bulanık Mantık Yöntemi ile Ölçülmesi". İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8, 131–142.

**Evren, Ö., Bahar, Ö.,** (2005), Otomotiv Sektöründe Tedarikçi Seçimine Etki Eden Faktörler ve Tedarikçi Seçimi. V.Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi 25-27 Kasım 2005, 625–629.

**IATF 2016,** (2016), "IATF 16949:2016" Requirements for Quality Management Systems for Series and Spare Parts Production in the Automotive Industry. 1st edition, October 2016 VDA.

**IATF,** (2020), International Automotive Task Force. IATF Global Oversight:, 01.04.2020,  
[https://www.iaftglobaloversight.org/wp/wp-content/uploads/2020/03/FINAL-IATF-Measures-Coronavirus-Pandemic-COVID-19-Initial-Release\\_27Mar2020.pdf](https://www.iaftglobaloversight.org/wp/wp-content/uploads/2020/03/FINAL-IATF-Measures-Coronavirus-Pandemic-COVID-19-Initial-Release_27Mar2020.pdf).

**Just Auto,** (2020), 01.04.2020, [https://www.just-auto.com/news/updated-daily-automotive-coronavirus-briefing-free-to-read\\_id194210.aspx](https://www.just-auto.com/news/updated-daily-automotive-coronavirus-briefing-free-to-read_id194210.aspx).

**Koca, G., Behdioğlu, S.,** (2019). "Yeşil Tedarik Zinciri Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme: Otomotiv Ana Sanayi Örneği". Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 14 (3), 675-698.

**Kul, Y., Şeker, A., Yurdakul, M.,** (2014), "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Alışılmamış İmalat Yöntemlerinin Seçiminde Kullanılması". Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(3), 589–603.

**Kumar, R., Padhi, S.S., Sarkar, A.,** (2019), "ScienceDirect Supplier Selection of an Indian Heavy Locomotive Manufacturer: An Integrated approach Using Taguchi Loss Function, TOPSIS, and AHP". *IIMB Management Review*, 31(1), 78–90.

**Kuşakçı, A., Ayvaz, B., Öztürk, F., Sofu, F.,** (2019), "Bulanık Multimoora ile Personel Seçimi: Havacılık Sektöründe Bir Uygulama". *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1), 96-110.

**Manap Davras, G., Karaatlı, M.,** (2014), "Otel İşletmelerinde Tedarikçi Seçimi Sürecinde AHP ve BAHF Yöntemlerinin Uygulanması". *H.Ü.İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 32(1) 87-112.

**OSD,** (2020), Otomotiv Sanayii Derneği, 30.03.2020.  
[http://www.osd.org.tr/sites/1/upload/files/Yıllık\\_2020-5479.pdf](http://www.osd.org.tr/sites/1/upload/files/Yıllık_2020-5479.pdf).

**Özçelik, S.,** (2020), TAYSAD Taşıt Araçları Tedarik Sanayicileri Derneği, 30.03.2020,  
<http://www.taysadmag.com/uploads/bulutlarin-ne-kadar-uzerindeyiz08032019062011.pdf>.

**Özdemir, A.,** (2007), "Tedarikçi Seçiminde Karar Modelleri ve Bir Uygulama Denemesi, Anadolu Üniversitesi", *Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*, 158, Eskişehir.

**Özdemir, İ., Deste, M.,** (2009), "Gri İlişkisel Analiz ile Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama". *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 38(2), 147-156.

**Özkır, V.,** (2018), "Belirsizlik Altında Çevre Bilinçli Tedarikçi Seçimi Probleminin İncelenmesi", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19 (1) 23-37.

**Öztürk,F., Kaya G.K.,** (2020), "Bulanık Vikor ile Personel Seçimi:Otomotiv Yan Sanayiinde Uygulama".*Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1),94-108.

**Susuz, Z.,** (2005), Analitik Hiyerarşi Prosesi'ne Dayalı Optimum Tedarikçi Seçim Modeli, 9.

**Vatansever, K.,** (2003), "Tedarikçi Seçim Kararlarında Bulanık TOPSIS Yönteminin Kullanımı ve Bir Uygulama". *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(3), 155–168.

**World Economic Forum,** (2020), 06.04.2020,  
<https://www.weforum.org/agenda/2020/02/coronavirus-china-automotive-industry/>.

**Xue,M., Fu, C., Feng, N.P., Lu, G.Y., Chang, W.J., Yang, S.L.,** (2018), "Evaluation of Supplier Performance of High-speed Train Based on Multi-Stage Multi-Criteria Decision-Making Method". *Knowledge-Based Systems*, 162(June), 238–251.





# İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

*Istanbul Commerce University Journal of Science*

<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd>



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## METRO ARACI GÖVDE SON MONTAJ TESİSİNİN KURULUMU VE YATIRIMIN FİNANSAL DEĞERLENDİRİLMESİ\*

ROLLING STOCK FINAL ASSEMBLY FACILITY INSTALLATION AND FINANCIAL  
EVALUATION OF THE INVESTMENT

Hüsnü Levent PANDÜL<sup>1</sup>

Tuncer TOPRAK<sup>2</sup>

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author*  
hlevant.pandul@istanbulticaret.edu.tr

*Geliş Tarihi / Received*  
10.04.2020

*Kabul Tarihi / Accepted*  
02.06.2020

### Öz

Bu çalışmada, raylı sistemlerde araç ihtiyacının karşılanması için, Türkiye’de gerçekleştirilebilecek yatırım modelleri analiz edilmiştir. Yatırım modellerinde, dört araçtan oluşan bir metro dizisinin “Gövde Son Montajı”ndan başlayarak müşteri tarafından geçici kabul tamamlanıncaya kadar olan süreçler dikkate alınmıştır. Metro aracının üretim hızına bağlı olarak inşa edilmesi gerekli olan “Gövde Son Montaj Tesisi”nin altyapısı ve yatırım maliyetleri hesaplanmıştır. Yapılacak yatırımın karşılanması için gerekli olan yıllık üretim miktarları, toplam üretim süreleri ve toplam üretim miktarları belirlenen altı farklı senaryo için finansal açıdan analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, metro aracı üretiminde Gövde Son Montaj Tesisi kurulumu için yatırım kararı alınması durumunda, en uygun tesis altyapısı ve toplam yatırım maliyeti belirlenmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gövde son montaj tesisi, metro aracı üretimi, yatırım kararları.

### Abstract

In this study, investment models for rolling stock final assembly facility installation that can be performed in Turkey were analyzed. In the investment models, the processes starting from Carbody Final Assembly until the provisional acceptance by the customer were taken into the consideration for metro sets consisting of four metro vehicles. The infrastructure and investment costs of the Carbody Final Assembly Facility, which should be built depending on the production speed of the metro vehicle, were calculated. Annual production amounts, total production times and total production amounts required to cover the investment to be made were analyzed financially for six different scenarios. As a result of the study, it is aimed to determine the most appropriate facility infrastructure and total investment cost if decision is taken for establishment of Carbody Final Assembly Facility for the metro vehicle production.

**Keywords:** Carbody final assembly facility, investment decisions, metro vehicle production.

\*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yapılan “RAYLI SİSTEM ARAÇLARI ÜRETİMİNDE YER SEÇİMİ VE ALTYAPI DONANIMI” başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, Küçükalyalı, İstanbul, Türkiye. hlevant.pandul@istanbulticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-7823-2026.

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü, Küçükalyalı, İstanbul, Türkiye. toprak@icaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-0931-4087.

## 1.GİRİŞ

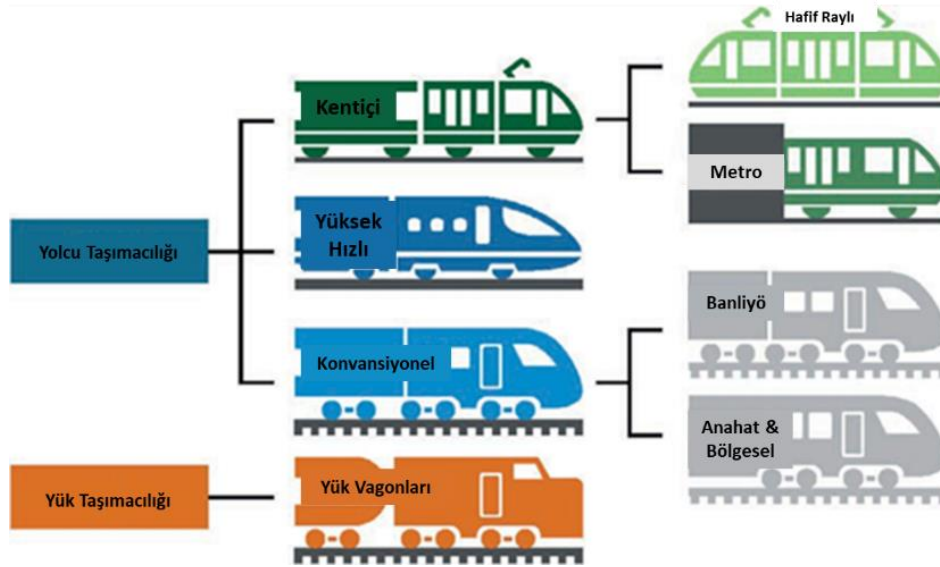
Raylı sistemler, ülkelerin büyüme ekonomilerine doğrudan olarak katkı sağlayan kritik bir ulaşım biçimidir. Raylı sistemler ile gerçekleştirilen ulaşım sayesinde, hem yük taşımacılığında hem de yolcu taşımacılığında maliyet ve güvenlik açısından etkin bir çözüm sağlanmaktadır.

Raylı sistemler içerisinde birçok disiplini barındırmaktadır. Bu sebeple raylı sistemlere yapılan yatırımlar, pek çok farklı sektör tarafından değerlendirilmektedir. Bunun sonucunda, raylı sistemlerin gelişimi ülkelerin teknolojik gelişimine öncülük etmekte ve istihdama katkısı çok olumlu olmaktadır.

Raylı sistemler içerisindeki disiplinlerden bazıları;

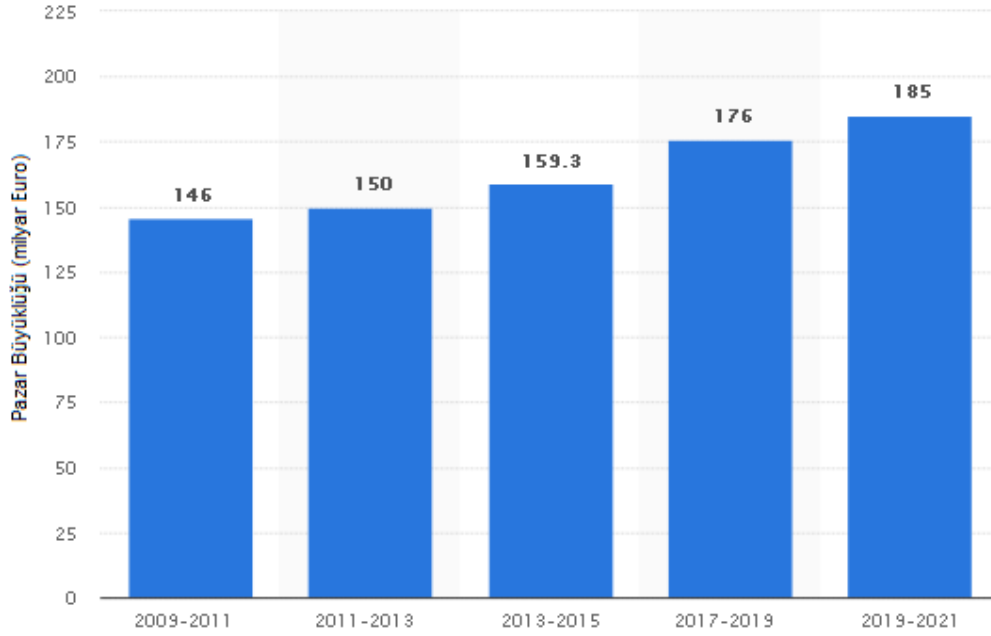
- Yolcu veya yük taşımacılığı için kullanılan raylı sistem araçları,
- Raylı sistem araçlarının çalıştığı altyapı ve üstyapı sistemleri,
- Raylı sistem araçlarının raylı sistemler üstyapısı ile entegre olduğu sistemler; Sinyalizasyon sistemleri, Enerji Besleme sistemleri,
- Raylı sistem araçlarının işletmesi ve bakımı için gerekli sistemler.

Raylı sistemler disiplinleri içerisinde yer alan unsurların herbiri de kendi içerisinde gösterdikleri farklı kriterlere göre alt kısımlara ayrılmaktadır. Örneğin Raylı Sistem Araçları; tramvay, metro, bölgesel elektrikli tren setleri, lokomotifler, yüksek hızlı trenler olmak üzere şehir içi veya ana hat, yolcu veya yük taşımacılığı gibi kriterler neticesinde farklılıklar içermektedir.



Şekil 1. Raylı Sistem Araçları Sınıflandırılması (Biol, 2019)

Küresel ölçekte demiryolu teknolojileri yüksek bir pazar hacmine sahip olup, 2017 ve 2019 döneminde pazar hacmi yıllık ortalama 176 milyar euro olarak gerçekleşmiştir. Pazar hacminin 2019 ve 2021 tarihleri arasında ise ortalama yıllık 185 milyar euro bir değere ulaşacağı ön görülmektedir. Demiryolu pazarında 2.8% oranında yıllık büyüme görüleceği beklenmektedir (Pektaş, 2019).



Şekil 2. Küresel Demiryolu Teknolojileri Endüstrisinin Pazar Büyüklüğü Dağılımı (Pektaş, 2019)

Son yıllarda geliştirilen Ulaştırma Politikalarının sonucu olarak ülkemizde raylı sistemler stratejik bir sektör olarak değerlendirilmektedir. Bu açıdan incelendiğinde, sürdürülebilir, ürün ömrü maliyetleri azaltılmış ve rekabetçi bir yerli raylı sistem araç sektörünün oluşturulması öncelikli olarak ele alınması gereken bir konudur. Ayrıca, rekabetçi bir raylı sistem aracı üretilebilmesi için gerek koşullardan bazıları; araç başına üretim maliyeti optimizasyonu, kalite odaklı üretim, inovatif ve teknolojik ürün yaklaşımlarıdır.

Raylı sistem araç pazarı, müşterilerin talepleri farklılık gösterdiğinden siparişten siparişe değişim göstermektedir. Dolayısıyla raylı sistem araç üreticilerinin, bir platform üzerinde yapılacak modifikasyonlarla farklı taleplere cevap verebilecek mühendislik kabiliyetine sahip olmaları gerekmektedir. Aynı zamanda, üretilen raylı sistem araçları maliyetleri açısından da rekabetçi olabilmelidir.

Bu çalışma ile ülkemizde üretilmesi düşünülen raylı sistem araçlarının, Dünya’da rekabet edebilmesi için gereken üretim tesis altyapısının optimum ölçekte değerlendirilmesi analizler ve yöntemler gösterilmeye çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

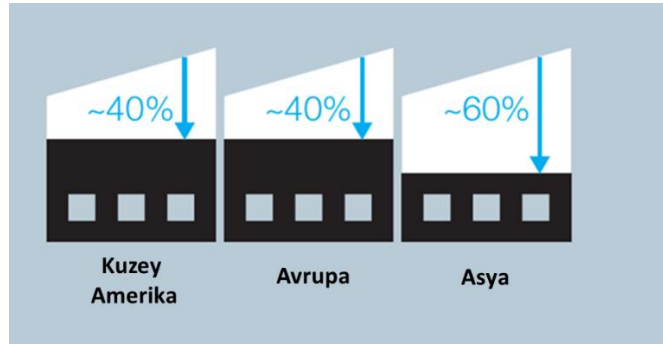
### 2.1. Raylı Sistem Araç Üretim Prosesleri ve Üretim Tesis Altyapıları

Yeni bir raylı sistem araç üretim tesisi kuruluşundaki ana hedef; müşteri talebini karşılayacak, en düşük maliyetle üretim yapılmasını sağlayacak optimum kapasiteye uygun tesisin inşa edilmesidir. Tesisin kapasitesi ortaya çıkabilecek talepleri belirli bir süre içinde karşılayacak kadar büyük olmalıdır. Aynı zamanda, tesisin kapasitesi uzun dönemde atıl kalacak kadar çok büyük olmamalıdır.

Özetle, Raylı sistem araç üretim tesisinin kapasite seçiminde yalnızca düşük maliyetin gözönünde tutulması yeterli değildir. Bunun yanısıra şu faktörler de dikkate alınmalıdır:

- Pazar durumu ve talep düzeyi,
- Üretilen raylı sistem araçları ve hizmetlerin ihraç edileceği ülkelerde bu tür kuruluşların optimum kapasitesinin ne olduğunun tespiti,
- Kapasitenin büyütülmesiyle sağlanabilecek maliyet düşüklüğü,
- Tesisin altyapısı ve genişleme imkanları,

Dünya’da raylı sistem araçları üretim tesisleri kapasitelerinin çok altında çalışmaktadır. Raylı sistem araçları üretim tesislerinde Kuzey Amerikada yaklaşık 40%, Avrupa’da yaklaşık 40% ve Asya’da yaklaşık 60% oranında kapasite boşluğu bulunmaktadır. Bu kapasite boşluğu üretimde birim maliyetlerin artmasına sebep olmakta, böylece finansal ve teknik açıdan zayıf firmaların ömürlerinin kısa olmasına yol açmaktadır. Gelecekte, kapasite boşluğunun oluşturduğu etkiden dolayı rekabetin artmasının kaçınılmaz olması ve birim araç maliyetlerin düşmesi beklenmektedir.



Şekil 3. Dünya’da Raylı Sistem Araç Üretimi Kapasite Kullanımı (McKinsey, 2016)

Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de yeni bir raylı sistem araç üretim entegre tesisinin kurulması için ciddi bir finansman yatırımına ve altyapıya gereksinim duyulmaktadır. Entegre bir raylı sistem taşıt üretim tesisinde olması gereken atölyeler şu şekildedir:

- Araç Gövdesi Üretim Atölyesi
- Araç Gövdesi Boyama ve Kuşlama Atölyesi
- Bogi Şasisi Üretim Atölyesi
- Bogi Şasisi Boyama ve Kuşlama Atölyesi
- Bogi Montaj Atölyesi
- Ekipman Hazırlama Atölyesi
- Gövde Son Montaj Atölyesi
- Araç Test Atölyesi
- Tren Seti Test Atölyesi
- Dizi Test Yolu
- Ofisler ve Yaşam Alanları
- Depo Alanı, Araç Stok ve Yükleme Alanı

Raylı sistem sektöründe yeni kurulması öngörülen bir üretim tesisi için ülkemizin mevcut kaynakları (sanayi, teknoloji, insan kaynağı vb.) dikkate alınarak, ihtiyaç duyulan kapasiteyi karşılayacak üretim tesisinin altyapısı planlanmalıdır. Tesisin planı, yerleşimi, üretim ve proses planlamaları, iş akışları ihtiyaç duyulan kapasiteyi sağlayacak şekilde yapılmalıdır.

## 2.2. Türkiye’de Mevcut Raylı Sistem Araç Üretim Altyapısı ve Kapasitesi

Raylı sistem araç üretimi için kurulması öngörülen üretim tesisleri pazardaki talepleri yerine getirecek yeterli kapasiteyi sağlamak zorundadır. Türkiye’de Metro ve Tramvay üretiminde 2017 yılı itibariyle mevcut kapasitenin ancak 11%’ini kullanılmaktadır. Türkiye’de yeni bir kapasite oluşturulması istenildiğinde, en doğru kapasitenin ilk kuruluş aşamasında saptanabilmesi önemlidir. İlk yatırım aşamasında doğru kapasitenin belirlenmesi, ileride modernizasyon yatırımlarına gitmek ya da ölçek ekonomilerinden yararlanamayan verimsiz bir işletmeyi yapay önlemlerle yaşatmaya çalışmak külfetini ortadan kaldıracaktır. Kısacası, yeni bir raylı sistem araçları üretim tesisi kurulmadan önce çalışılması gereken en önemli konulardan birisi optimum kapasitenin hesaplanması ve planlanmasıdır. Yeni bir kapasite oluşturulması konusunda ciddi bir pazar araştırması yapılması gerekmektedir.

Ülkemizde son yıllarda demiryollarına yapılan yatırımlar ile yerli ve milli firmalarımız tarafından üretilen raylı sistem araçları bulunmaktadır. Hatta bazı firmalarımız son zamanlarda yurtdışı pazarlarına ürün satarak ülkemize ciddi bir döviz girdisi sağlamaktadır. Ülkemizin gelecekte raylı sistemlerde Dünya’da söz sahibi olabilmesi için, yurtiçi ve Dünya pazarlarının doğru analiz edilmesi, üretimde odaklanması gereken stratejik ürünlerin, alt komponentlerin düzgün tespit edilmesi önemlidir.

Türkiye’de raylı taşıt alanında iş yapan Tüvasaş, Tülomsaş gibi kamu şirketleri, Bozankaya, Durmazlar, Hyundai-Eurotem gibi özel sektör şirketlerinin Raylı sistem araçlarının üretimine katılımı maliyet azaltılması ve kapasite kullanımı açısından önemlidir. Türkiye’nin raylı sistem araç ihtiyacını karşılamak için güçlü ve sürdürülebilir bir oraganizasyona ihtiyacı bulunmaktadır. Dünyadaki raylı sistem araç üreticilerinin ortak özelliği; özel sektör firmaları olmaları fakat devlet tarafından ülkenin stratejik menfaatleri doğrultusunda ön planda değerlendirilmeleridir. Bu tür devletin desteği olmaksızın raylı sistem pazarında güçlü bir araç üreticisinin çıkması ve rekabet edebilmesi mümkün gözükmemektedir. Ayrıca, sürdürülebilir bir yapının kurulmasında ihracat odaklı bir yaklaşım ön planda olmalıdır. raylı sistem araç üretiminde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için, farklı segmentlerde elde edilen Ar-Ge ve tasarım yeteneklerinin tek bir merkezde toplanarak global pazarda rekabet edebilecek raylı sistem araç üreticisi bir özel sektör raylı taşıt firmasının çıkartılması önemlidir.

Raylı sistem araçlarında “Milli Marka” oluşturulup, alt sistem ve komponentlerde mümkün olduğunca yerli ürün kullanılması teşvik edilmelidir. Araç üretimi ile beraber raylı sistem araçlarının sistem, alt ekipman ve komponent üretiminde de yurtiçi ve yurtdışı pazarlar hedeflenmelidir. Özellikle raylı sistem araçlarında kullanılan kritik sistem ve bu sistemlere ait alt ekipman ve komponentlerin millileştirilmesine ve yerlileştirilmesine özen gösterilmelidir.

Millileştirme ve Yerlileştirme faaliyetlerinde hızlı bir çözüm geliştirebilmek için gerekirse yurtdışı firmalardan teknoloji transferi gerçekleştirilmelidir. Sürdürülebilir bir yapıda, teknolojik kapasitenin oluşturulması ve bu kapasitenin etkin ve verimli kullanılması rekabet avantajı sağlamaktadır. Sürdürülebilir bir raylı sistem araç üreticisinin; rekabet gücü yüksek, finansal kapasitesi güçlü, teknolojik değişimlere hızlı ayak uydurabilen, etkin karar alma mekanizmasına sahip bir yapıya sahip olması önemlidir.

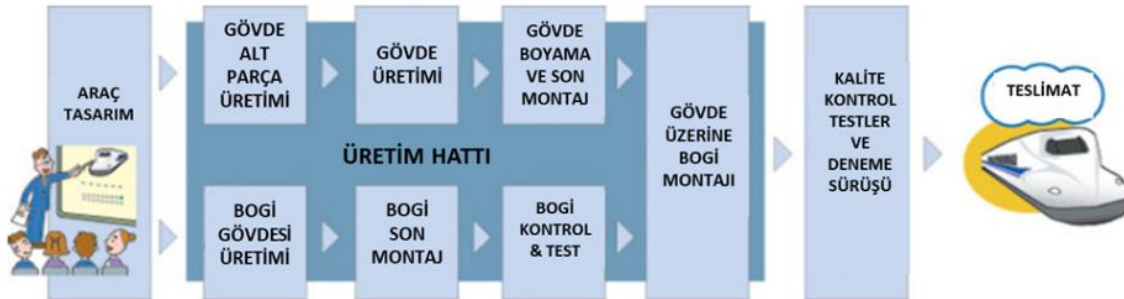
## 2.3. Raylı Sistem Araç Üretim Uygulamaları

Raylı sistem taşıtları son derece teknolojik ürünler olup, üzerlerinde onbinlerce parça ve onlarca sistem bulundurmaktadır. Örneğin, genelde dört metro aracının birleştirilmesinden oluşan bir metro setinde sadece gövde üzerinde vidasından somununa kadar 100.000’den fazla parça bulunmaktadır. Ayrıca, herbir metro aracında 20’ye yakın alt sistem (Cer, Fren, Araç Kontrol

Bilgisayarları, Haberleşme sistemleri, Yardımcı Güç, Batarya, Kapı, Klima, Kamera, Bilgilendirme vb.), sistemlere ait yüzlerce ekipman, herbir araçta yaklaşık 10-15 kilometre kablo, yaklaşık 8.000-10.000 kablo bağlantı ucu, yüzlerce metrelik pnömötik ve hidrolik borulama tesisatı bulunmaktadır. Aslında entegre bir raylı sistem araç üretim tesisinde saç bobinlerin tesise ulaşmasıyla araçların hikayesi başlamaktadır. Gövde imalat, gövde boyama, gövde son montaj, bogi montaj, araç test, dizi test, müşteriye sevk edilmesiyle beraber yolculu işletmeye hazır hale gelir. Dolayısıyla, raylı sistem araç üretimi son derece disiplinli olunması gereken, kalite, proses ve kontrol odaklı bir yaklaşımdır.

Son yıllarda Dünyadaki önemli raylı sistem araç üreticileri, yerel idarelerin yerlileştirme ve yerelleştirme baskıları sonucunda ürünlerini satacağı ülkelerde üretimlerini yapmaktadır ve bunun için öncelikle tesis alanına, tesis altyapısına ve nitelikli çalışanlara ihtiyaçları bulunmaktadır. Araç üreticileri genellikle entegre bir tesis kurulumu yerine üretim prosesinin bir kısmı olan son montaj tesisinin kurulmasına öncelik vermektedir. Bunun ana sebeplerinden biri, entegre bir tesis kurulması için ciddi finansman ve altyapı ihtiyacı olmasıdır. Ayrıca bu tesisin kapasitesine uygun pazar ihtiyacı bulunmamaktadır. Dolayısıyla genellikle yurtdışı ülkelerde işbirlikleri geliştirilip, mümkün olduğunda araç gövdesi ve araç üstü bileşenleri tesisin dışından temin edilerek Gövde Son Montaj sürecinden başlayarak araç üretimlerini tamamlamaktadırlar. Bu durumda da raylı sistemler sektöründe diğer sektörlerde olduğu gibi ithal edilen yan sanayi ürünlerinin üretilmesi için parça üreten yan sanayinin destek ve teşvike ihtiyacı bulunmaktadır.

Araç üreticilerinin kendi ülkelerinde yaptıkları raylı sistem araç üretimleri ise genelde entegre bir tesis içinde gerçekleştirilmektedir. Örnek vermek gerekirse, Japonya'da Shinkansen Yüksek Hızlı Tren üretimini gerçekleştiren 1896 yılında kurulan Nippon Sharyo firması, toplam 316.000 metrekarelik TOYOKAWA entegre üretim tesisinde 1964 yılından 2 Ağustos 2019 tarihine kadar 4000 den fazla yüksek hızlı tren üretimi gerçekleştirmiştir.



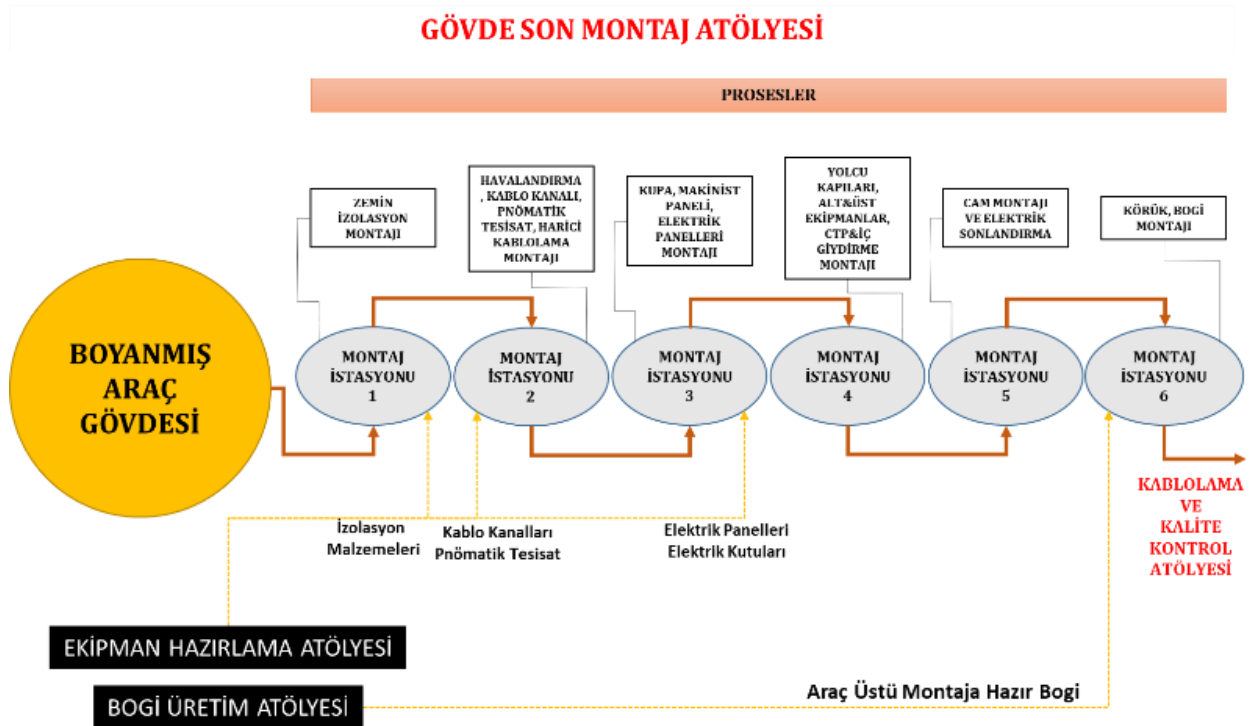
Şekil 4. Nippon Sharyo Firması'nın Araç Üretim Süreçleri (Nippon Sharyo, 2020)

Raylı sistem araçlarının gövde alt parçalarının hazırlanarak gövdenin üretilmesi işlemi, Türkiye'deki yerli tedarikçiler tarafından rahatlıkla gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla, yurt içinde gövde alt parçalarının hazırlama ve gövde imalatı yapabilecek mevcut kapasite bulunmaktadır. Türkiye'deki mevcut kapasite dikkate alındığında, entegre bir raylı sistem araç üretimi tesisi kurulması hem maliyet hemde artık kapasite oluşturmaktadır. Bu sebeple, raylı sistem araçlarının üretiminin gerçekleştirileceği son montaj tesisinin kurulması durumundaki analizler bu çalışmada incelenmiştir.

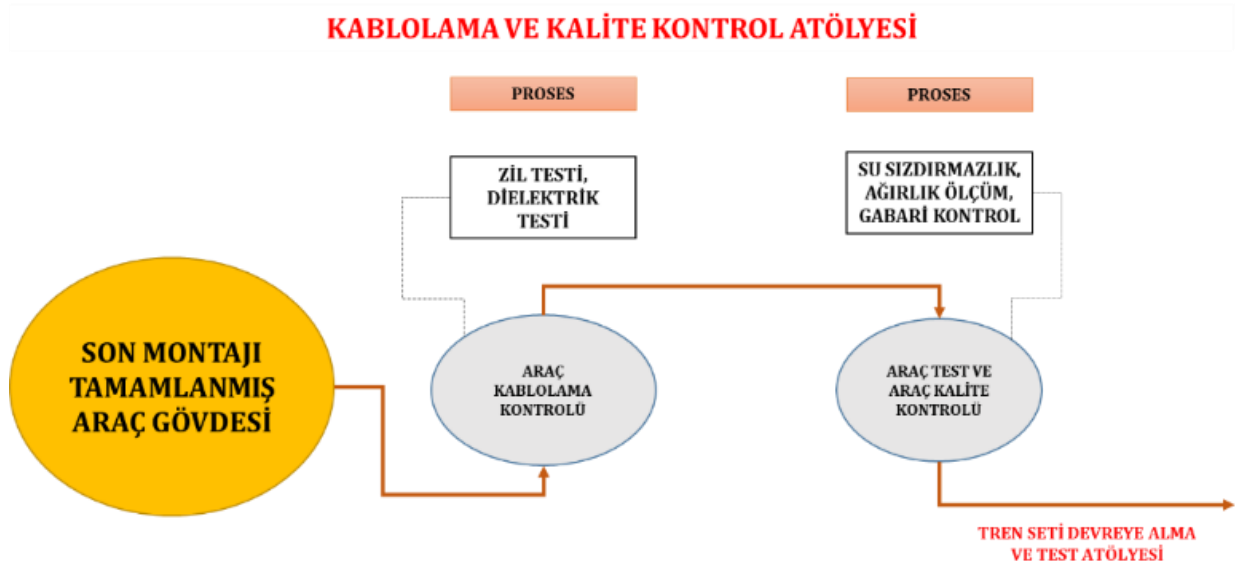
Bu çalışmada, Dünya'daki uygulamalarda incelenerek, Gövde Son Montaj Tesisinde yer alması gereken atölyelerin, yolların ve binaların aşağıda belirtildiği şekilde olması gerektiği kabulü yapılmıştır:

- Gövde Son Montaj Atölyesi
- Kablolama ve Kalite Kontrol Atölyesi
- Tren Seti Devreye Alma ve Test Atölyesi
- Diğer Yardımcı Alanlar, Yollar ve Binalar
  - o Dinamik Test Yolu
  - o Yükleme ve Sevk Alanı
  - o Ürün Depolama ve Stok Alanı
  - o Tren Depolama Alanı
  - o Yönetim ve İdari İşler Binası
  - o Otopark, Yeşil Alan, Yürüme ve Nakil Yolları vb. Açık Alanlar

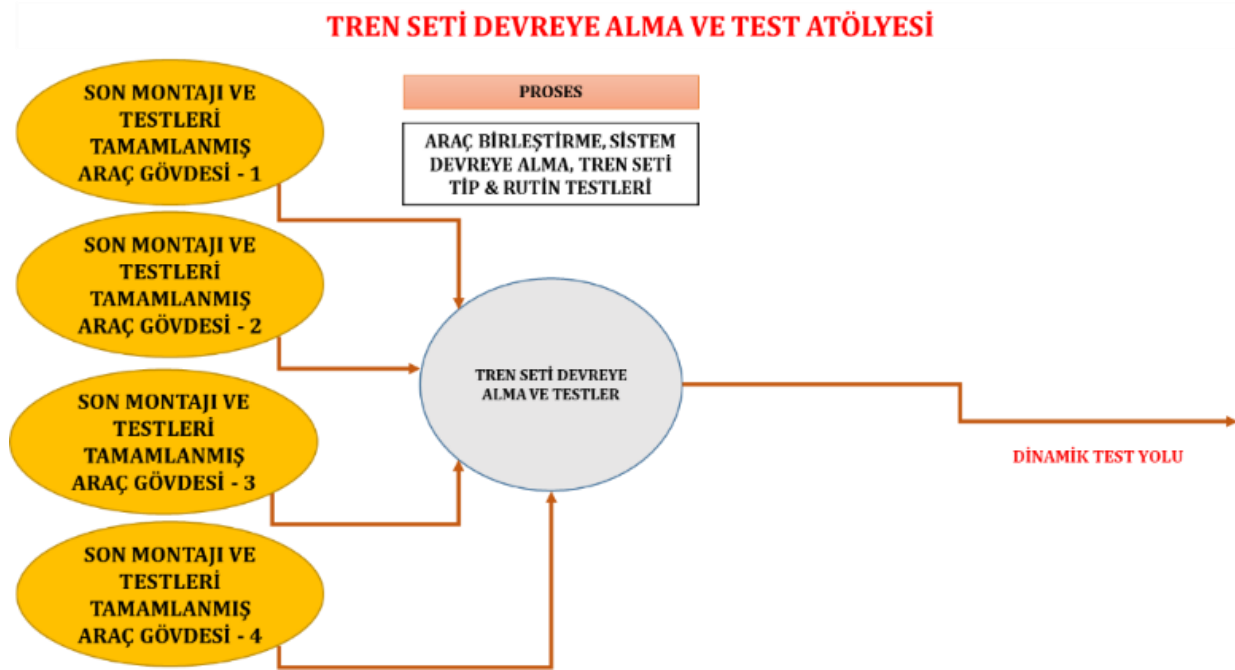
Yukarıda belirtilen atölyeler için aşağıda belirtilen süreçlerin tanımlamaları Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de yapılmıştır.



Şekil 5. Gövde Son Montaj Atölyesi Süreçleri



Şekil 6. Kablolama ve Kalite Kontrol Atölyesi Süreçleri



Şekil 7. Tren Seti Devreye Alma ve Test Atölyesi Süreçleri

### 3. UYGULAMA

Bu çalışmada, farklı senaryolar dikkate alınarak herbir atölye ve yardımcı alanlar için altyapı gereksinimleri, yaklaşık altyapı yatırım tutarları hesaplanarak toplam yatırım tutarları bulunmuştur. Herbir senaryo için yıllık ortalama araç üretim miktarları ve üretim karları çıkartılarak gerçekleştirilen yatırımın karşılama süresi ve yatırımın karşılama için üretilmesi gereken araç miktarları belirlenmiştir. Dikkate alınan toplam altı senaryonun içerikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.



Tablo 1. Yatırım ve Üretim Senaryoları

SENARYOLAR		OPTİMUM YATIRIM MALİYET (OYM)	MİNİMUM YATIRIM MALİYET (MYM)	MİNİMUM ÜRETİM KAPASİTESİ (MNÜK)	OPTİMUM ÜRETİM KAPASİTESİ (OPÜK)	MAKSİMUM ÜRETİM KAPASİTESİ (MXÜK)
S1	SENARYO 1	X		X		
S2	SENARYO 2	X			X	
S3	SENARYO 3	X				X
S4	SENARYO 4		X	X		
S5	SENARYO 5		X		X	
S6	SENARYO 6		X			X

Minimum Yatırım Maliyet (MYM) durumunda; gerçekleştirilen yatırımda dinamik test yolu yatırımı çıkartılmıştır. Bu durumda geçici kabul sonrasındaki saha testlerinde oluşabilecek risklerin yönetilmesi önemlidir. Maksimum Üretim Kapasitesi (MXÜK) durumunda; üretim zamanları en kısa sürelerle getirilmiş, vardiyalı çalışma gözönüne alınmıştır. Dolayısıyla vardiyadan ve ek çalışmadan dolayı, kar oranı 50% azaltılarak 3%'den 1.5% oranına çekilmiş olduğu kabul edilmiştir. Altyapının, Optimum Üretim Kapasitesi durumundaki ile aynı olacağı, dolayısıyla birim miktardaki üretim artışının altyapıya yapılacak olan yatırımlarla değil, işçilik verimliliği ile sağlanacağı kabulü yapılmıştır. Optimum Yatırım Maliyet (OYM) durumunda; üretime endekli optimum yatırım maliyeti dikkate alınmıştır. Minimum Üretim Kapasitesine (MNÜK) ve Optimum Üretim Kapasitesine (OPÜK) göre Optimum Yatırım Maliyeti değişkenlik göstermektedir.

### 3.1. Optimum Yatırım Maliyeti ve Minimum Üretim Kapasitesi (Senaryo 1)

Bu senaryoda herbir atölye ve yardımcı alanların fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Atölyenin fiziksel özelliklerinden yaklaşık yapım maliyeti belirlenmiştir. Ayrıca atölye içerisinde yer alması düşünülen ekipmanlarında yatırım maliyetleri hesaplanarak toplam maliyetleri Tablo 2'deki gibi bulunmuştur.

Tablo 2. Atölyelerin ve Alanların Fiziksel Özellikleri ve Maliyetleri (Senaryo 1)

ATÖLYELERİN VE ALANLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ			TESİS İÇERİSİNDEKİ ATÖLYE VE YAPILARIN İSİMLERİ	YAPIM MALİYETİ (Euro)	EKİPMAN MALİYETİ (Euro)	TOPLAM MALİYET (Euro)
ANA ÜRETİM ATÖLYELERİ	UZUNLUK (Metre)	200	GÖVDE SON MONTAJ ATÖLYESİ	2.500.000	1.700.000	4.200.000
	GENİŞLİK (Metre)	25				
	TOPLAM KAPALI ALAN (M <sup>2</sup> )	5.000				
	UZUNLUK (Metre)	110	KABLOLAMA VE KALİTE KONTROL ATÖLYESİ	1.375.000	850.000	2.225.000
	GENİŞLİK (Metre)	25				
	TOPLAM KAPALI ALAN (M <sup>2</sup> )	2.750				
	UZUNLUK (Metre)	120	TREN SETİ DEVREYE ALMA VE TEST ATÖLYESİ	1.500.000	1.200.000	2.700.000
	GENİŞLİK (Metre)	25				
	TOPLAM KAPALI ALAN (M <sup>2</sup> )	3.000				

<b>YARDIMCI ALANLAR</b>	UZUNLUK (Metre)	30	<b>YÜKLEME VE SEVK ALANI</b>	60.000	40.000	100.000
	GENİŞLİK (Metre)	10				
	TOPLAM AÇIK ALAN (M <sup>2</sup> )	300				
	UZUNLUK (Metre)	100	<b>DEPO VE STOK ALANI</b>	1.250.000	157.500	1.407.500
	GENİŞLİK (Metre)	25				
	TOPLAM KAPALI ALAN (M <sup>2</sup> )	2.500				
	UZUNLUK (Metre)	240	<b>TREN DEPOLAMA ALANI</b>	480.000	0	480.000
	GENİŞLİK (Metre)	10				
	TOPLAM AÇIK ALAN (M <sup>2</sup> )	2.400				
	TOPLAM KAPALI ALAN (M <sup>2</sup> )	1.000	<b>YÖNETİM VE İDARİ İŞLER BİNASI</b>	500.000	100.000	600.000
	UZUNLUK (Metre)	1.200	<b>DİNAMİK TEST YOLU</b>	6.000.000	1.200.000	7.200.000
	GENİŞLİK (Metre)	10				
	TOPLAM AÇIK ALAN (M <sup>2</sup> )	12.000				
	TOPLAM AÇIK ALAN (M <sup>2</sup> )	14.250	<b>OTOPARK, YEŞİL ALAN, YÜRÜME ve NAKLİYE YOLLARI VB. DİĞER AÇIK ALANLAR</b>	712.500	0	712.500
TESİSİN TOPLAM AÇIK ALANI: 28,950 M <sup>2</sup> TESİSİN TOPLAM KAPALI ALANI: 14,250 M <sup>2</sup> TESİSİN TOPLAM ALANI: 43,200 M <sup>2</sup>			<b>TESİSİN TÜM YATIRIM MALİYETLERİN TOPLAMI (Euro)</b>		<b>19.625.000</b>	

Senaryo 1’de, kurulacak tesiste yer alan ana üretim atölyeleri ve yardımcı alanlar için yapılan öngörüler şu şekildedir:

1. Gövde Son Montaj Atölyesinde; Toplam 6 adet montaj istasyonu ve herbir istasyonun uzunluğunun 30 metre, genişliğinin 25 metre, atölyeye giriş ve çıkış bölgelerinin uzunluklarının 10’ar metre öngörülmüştür.
2. Kablolama ve Kalite Kontrol Atölyesinde; Kablolama kontrol istasyonu, su sızdırmazlık kontrol istasyonu ve ağırlık ve gabari kontrol istasyonu olmak üzere toplam 3 adet istasyon ve herbir istasyonun uzunluğu 30 metre, atölyeye giriş ve çıkış bölgelerinin uzunlukları 10’ar metre öngörülmüştür.
3. Tren Seti Devreye Alma ve Test Atölyesinde; 1 adet metro setinin toplam 4 araçtan oluşacağı ve herbir aracın uzunluğu 25 metre, atölyeye giriş ve çıkış bölgelerinin uzunlukları 10’ar metre olacağı öngörülmüştür.
4. Yükleme ve Sevk Alanında; Araçların tırlar kullanılarak sahaya nakil edilmesi düşünüldüğünde, bu alanın kullanılması öngörülmüştür.
5. Depo ve Stok Alanı; Gövde son montajının yapılması için gerekli olan ve araçüstüne yerleştirilecek ekipmanların, sarf malzemelerin ve parçaların saklandıkları alandır. Üretimin kapasitesine göre toplam kapalı alanının değişkenlik göstereceği öngörülmüştür.
6. Tren Depolama Alanı; Atölyeler arası geçişlerde, doluluk durumuna göre araçların istasyonların boşalmasını bekleyeceği bölgedir. Ayrıca üretilen setlerin müşteri tarafından teslim onayı verilmemesi durumunda, park edilerek bekletileceği alandır. Yaklaşık olarak tesisin 2 aylık araç üretim miktarına eşit park alanı öngörülmüştür.

7. Yönetim ve İdari İşler Binası; Tesisin aylık üretim kapasitesine göre değişkenlik gösteren ve çoğunlukla beyaz yaka personelin tesis içerisinde konumlandırıldığı çalışma, dinlenme, yemekhane vb.. alan olarak öngörülmüştür.
8. Dinamik Test Yolu; 1200 metre uzunluğunda, tren setlerindeki bazı düşük hız testlerinin gerçekleştirileceği, özel enerji beslemelerine ve özel güvenliğe sahip bölge olarak öngörülmüştür.
9. Otopark, Yeşil Alanlar, Yürüme ve Nakil Yolları vb. Diğer Açık Alanlar; Tesis içerisinde yer alan, direkt olarak üretim atölyeleriyle arayüzü bulunmayan bölgelerdir. Tesisteki toplam kapalı alana eşit olacak şekilde bir öngörü yapılmıştır.

Senaryo 1’de; herbir atölyede bulunan istasyonlar için çalışma zamanları gün cinsinden Tablo 3’deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 3. İstasyonların Çalışma Zamanları (Senaryo 1)

PROSESLERİN ADI	İSTASYON NO	İSTASYON ADI	ÇALIŞMA SÜRELERİ (Gün)	GERÇEKLEŞEN İŞLEMLER (ÖZET)
<b>GÖVDE SON MONTAJ PROSESİ</b>	1	Son Montaj İstasyonu - 1	10	Zemin ve İzolasyon Montajları
	2	Son Montaj İstasyonu - 2	15	Havalandırma, Kablo Kanalları, Pnömatik Tesisat, Harici Kabloleme Montajları
	3	Son Montaj İstasyonu - 3	5	Araç Kupası, Makinist Paneli, Elektrik Kutu ve Panelleri Montajları
	4	Son Montaj İstasyonu - 4	15	Yolcu Kapıları, Araç Altı&İç&Üstü Ekipmanlar, CTP&İç Giydirme Montajları
	5	Son Montaj İstasyonu - 5	5	Araç Yolcu ve Sürücü Kabini Camları Montajı, Elektriksel Sonlandırma
	6	Son Montaj İstasyonu - 6	10	Araç Körük ve Araca Bogi Montajları
<b>KABLOLAMA VE KALİTE KONTROL PROSESLERİ</b>	1	Kabloleme Kontrol İstasyonu	5	Araç Zil ve Dielektrik Testleri
	2	Su Sızdırmazlık Kontrol İstasyonu	1	Araç Su Sızdırmazlık Testleri
	3	Ağırlık ve Gabari Kontrol İstasyonu	1	Araç Ağırlık ve Gabari Ölçüm Testleri
<b>TREN SETİ DEVREYE ALMA VE TEST PROSESLERİ</b>	1	Tren Seti Devreye Alma ve Test İstasyonu	20	4 araçtan oluşan Tren Setinin Devreye Alınması ve Statik Testleri
	2			
	3			
	4			
<b>DİNAMİK TEST PROSESLERİ</b>	1	Tren Seti Dinamik Test İstasyonu	5	4 araçtan oluşan Tren Setinin Düşük Hızlarda Dinamik Testleri
	2			
	3			
	4			
<b>TREN NAKİL VE SEVK PROSESLERİ</b>	1	Tren Seti Nakil İstasyonu	8	4 araçtan oluşan Tren Setinin Sahaya Nakledilmesi ve Müşteriye Teslimi
	2			
	3			
	4			

Senaryo 1’de, çalışma zamanlarına uygun olarak yıllık ortalama araç üretim miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca, herbir metro aracının birim maliyeti 1,000,000 Euro olarak kabul edildiğinde ve herbir metro aracının üretiminde gövde son montaj prosesinden itibaren

gerçekleştirilen prosesler için elde edilecek net karın araç birim maliyetinin yaklaşık 3% oranında olacağı öngörüldüğünde, yıllık araç üretim miktarlarına bağlı kar oranları ile yatırımcı açısından dikkate alınan Toplam Net Karın Bugünkü Değeri, 17,607,401 Euro olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, üretim tamamlandığında tesisin satışından elde edilecek gelirin bugünkü değeride 2,018,171 Euro olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan iki gelir kaleminin toplamı Tablo 4’de gösterildiği gibi tesisin ilk yatırım maliyetine yaklaşık eşit olmaktadır.

Tablo 4. Tesisin Toplam Net Gelirinin Bugünkü Değeri (Senaryo 1)

TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TOPLAM GELİRİN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN İLK KURULUM MALİYETİ (Euro)
<b>17,607,401</b>	<b>2,018,171</b>	<b>19,625,572</b>	<b>19,625,000</b>

Sonuç olarak başabaş noktası analizleri bugünkü değer dikkate alınarak yapıldığında, “senaryo 1” için Tablo 2’de hesaplanan toplam 19,625,000 (Euro) değerindeki yatırım tutarının karşılması için, üretim tesisinin 31 yıl boyunca üretim yapması ve toplamda minimum 795 araç üretmesi gerekmektedir.

### 3.2. Optimum Yatırım Maliyeti ve Optimum Üretim Kapasitesi (Senaryo 2)

Bu senaryoda, montaj sürelerinin dengeli duruma getirilmesi ve yıllık ortalama üretim miktarının montaj sürelerinden kaynaklı beklentiler olmaksızın en ideal seviyelere getirilmesi için gerekli olan her bir atölye ve yardımcı alanların fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Atölyenin fiziksel özelliklerinden yaklaşık yapım maliyeti belirlenmiştir. Ayrıca atölye içerisinde yer alması düşünülen ekipmanlarında yatırım maliyetleri hesaplanmıştır.

Bu senaryoda, Gövde Montajı için Senaryo 1’de öngörülen 6 adet istasyon sayısının 12 istasyona çıkartılması öngörülmüştür. Bu durumda, montajı yapılan araçların her bir istasyonda en fazla 5 gün bekleyeceği hesaplanmaktadır. Gövde Montajı ve Kalite Kontrol İstasyonları için öngörülen bekleme süreleri ise montaj sürelerine eşit olduğu kabul edilmiştir. Tren setlerinin birleştirildiği ve Tren seti olarak işlemleri gerçekleştirildiği Tren Devreye Alma, Test İstasyonları ve Sevk İstasyonları için bir aracın montaj süresinin testleri gerçekleştirilecek dizideki araç sayısı ile çarpımının öngörülen tren seti devreye alma ve test süresine eşit olduğu gözönüne alındığında üretimde bir gecikme veya beklentiler söz konusu olmamaktadır.

Senaryo 1’deki yatırıma ilave olarak Senaryo 2’de Gövde Son Montaj istasyon sayısı, ekipman maliyetleri ile yardımcı tesislerdeki alanların maliyetlerinin artacağı hesaplanmıştır. Senaryo 2 için toplam yatırım maliyeti 27,546,250 Euro olarak hesaplanmıştır. Senaryo 2 için öngörülen proses zamanları dikkate alındığında, yıllık ortalama araç üretim miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca, her bir metro aracının birim maliyeti 1,000,000 Euro olarak kabul edildiğinde ve her bir metro aracının üretiminde gövde son montaj prosesinden itibaren gerçekleştirilen prosesler için elde edilecek net karın araç birim maliyetinin yaklaşık 3% oranında olacağı öngörüldüğünde, yıllık araç üretim miktarlarına bağlı kar oranları Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Tesisin Yıllık Net Kar Miktarları (Senaryo 2)

YILLAR	YILLIK ORTALAMA ARAÇ ÜRETİM MİKTARLARI (Araç)	YILLIK ORTALAMA NET KAR (Euro)	YILLIK İSKONTO ORANI (%)	YILLIK KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN YILLIK AMORTİSMAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN BUGÜNKÜ KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞTA HURDA FAKTÖRÜ	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
1	56	1,680,000	2	1,647,059	550,925	26,995,325	26,466,005	0.5	13,233,002
2	76	2,280,000	2	2,191,465	550,925	26,444,400	25,417,532	0.5	12,708,766
3	76	2,280,000	2	2,148,495	550,925	25,893,475	24,400,000	0.5	12,200,000
4	76	2,280,000	2	2,106,368	550,925	25,342,550	23,412,599	0.5	11,706,299
5	76	2,280,000	2	2,065,066	550,925	24,791,625	22,454,539	0.5	11,227,269
6	76	2,280,000	2	2,024,575	550,925	24,240,700	21,525,048	0.5	10,762,524
7	76	2,280,000	2	1,984,877	550,925	23,689,775	20,623,375	0.5	10,311,687
8	76	2,280,000	2	1,945,958	550,925	23,138,850	19,748,786	0.5	9,874,393
9	76	2,280,000	2	1,907,802	550,925	22,587,925	18,900,565	0.5	9,450,283
10	20	600,000	2	492,209	550,925	22,037,000	18,078,015	0.5	9,039,008
TOPLAM ÜRETİM YILI	ÜRETİLEN TOPLAM ARAÇ SAYISI	TOPLAM NET KAR (Euro)		TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)					TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
10	684	20,520,000		18,513,873					9,039,008

Yatırımcı açısından dikkate alınan Toplam Net Karın Bugünkü Değeri, Tablo 5’de gösterildiği üzere 18,513,873 Euro olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, üretim tamamlandığında tesisin satışından elde edilecek gelirin bugünkü değeride 9,039,008 Euro olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan iki gelir kaleminin toplamı Tablo 6’da gösterildiği gibi tesisin ilk yatırım maliyetine yaklaşık eşit olmaktadır.

Tablo 6. Tesisin Toplam Net Gelirinin Bugünkü Değeri (Senaryo 2)

TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TOPLAM GELİRİN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN İLK KURULUM MALİYETİ (Euro)
18,513,873	9,039,008	27,552,881	27,546,250

Sonuç olarak başabaş noktası analizleri bugünkü değer dikkate alınarak yapıldığında, Tablo 6’da görüldüğü üzere “senaryo 2” için hesaplanan toplam 27,546,250 (Euro) değerindeki yatırım tutarının karşılaması için üretim tesisinin 10 yıl boyunca üretim yapması ve toplamda minimum 684 araç üretmesi gerekmektedir.

### 3.3. Optimum Yatırım Maliyeti ve Maksimum Üretim Kapasitesi (Senaryo 3)

Bu senaryoda, montaj sürelerinin dengeli duruma getirilmesi, üretim zamanları üç vardiyalı çalışma düzeni olacağı öngörüsüyle minimum sürelerle getirilmesi ve yıllık ortalama üretim miktarının montaj sürelerinden kaynaklı beklentiler olmaksızın en ideal seviyelere getirilmesi için gerekli olan herbir atölye ve yardımcı alanların fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Atölyenin fiziksel özelliklerinden yaklaşık yapım maliyeti belirlenmiştir. Ayrıca atölye içerisinde yer alması düşünülen ekipmanlarında yatırım maliyetleri hesaplanmıştır. Bu senaryoda, vardiyalı çalışmalardan ve ek çalışmalardan dolayı birim araçta öngörülen kar oranı 50% oranında azaltılmıştır (kar oranı 3% oranından 1.5% oranına getirilmiştir).

Gövde Montajı için Senaryo 2’de öngörülen 12 istasyon adedinin aynı kaldığı öngörülmüştür. Ancak, üç vardiyalı çalışmadan dolayı montajı yapılan araçların herbir istasyonda en fazla 2 gün bekleyeceği hesaplanmaktadır. Gövde Montajı ve Kalite Kontrol İstasyonları için öngörülen bekleme süresinin hesaplanan montaj süresine eşit olması durumunda ve tren devreye alma test istasyonları ile sevk İstasyonları için tren setindeki araç sayısı ile hesaplanan montaj süresinin çarpımının öngörülen tren seti devreye alma test süresine eşit olduğu kabul edildiğinde, üretimde

bir gecikme veya beklemler söz konusu olmamaktadır. Senaryo 2’deki yatırıma ilave olarak üretim hızının ve üretim kapasitesinin artmasından ötürü yardımcı tesislerdeki Depo Stok Alanı, Tren Depolama Alanı, Yönetim ve İdari İşler Binası Alanı ve ekipman maliyetlerinin artacağı hesaplanmıştır. Senaryo 3 için toplam yatırım maliyeti 30,886,250 Euro olarak hesaplanmıştır. Senaryo 3 için öngörülen proses zamanları dikkate alındığında, yıllık ortalama araç üretim miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca, herbir metro aracının birim maliyeti 1,000,000 Euro olarak kabul edildiğinde ve herbir metro aracının üretiminde gövde son montaj prosesinden itibaren gerçekleştirilen prosesler için elde edilecek net karın vardiya çalışması maliyetinden dolayı araç birim maliyetinin yaklaşık 1.5% oranında olacağı öngörüldüğünde, yıllık araç üretim miktarlarına bağlı kar oranları tablo 7’de belirtildiği şekilde olmaktadır.

Tablo 7. Tesisin Yıllık Net Kar Miktarları (Senaryo 3)

YILLAR	YILLIK ORTALAMA ARAÇ ÜRETİM MİKTARLARI (Araç)	YILLIK ORTALAMA NET KAR (Euro)	YILLIK İSKONTO ORANI (%)	YILLIK KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN YILLIK AMORTİSMAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN BUGÜNKÜ KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞTA HURDA FAKTÖRÜ	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
1	168	2,520,000	2	2,470,588	617,725	30,268,525	29,675,025	0.5	14,837,512
2	188	2,820,000	2	2,710,496	617,725	29,650,800	28,499,423	0.5	14,249,712
3	188	2,820,000	2	2,657,349	617,725	29,033,075	27,358,515	0.5	13,679,258
4	188	2,820,000	2	2,605,244	617,725	28,415,350	26,251,391	0.5	13,125,696
5	188	2,820,000	2	2,554,161	617,725	27,797,625	25,177,165	0.5	12,588,583
6	188	2,820,000	2	2,504,079	617,725	27,179,900	24,134,973	0.5	12,067,487
7	188	2,820,000	2	2,454,980	617,725	26,562,175	23,123,972	0.5	11,561,986
8	146	2,190,000	2	1,869,144	617,725	25,944,450	22,143,338	0.5	11,071,669
TOPLAM ÜRETİM YILI	ÜRETİLEN TOPLAM ARAÇ SAYISI	TOPLAM NET KAR (Euro)		TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)					TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
8	1,442	21,630,000		19,826,041					11,071,669

Yatırımcı açısından dikkate alınan Toplam Net Karın Bugünkü Değeri, Tablo 7’de gösterildiği üzere 19,826,041 Euro olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, üretim tamamlandığında tesisin satışından elde edilecek gelirin bugünkü değeride 11,071,669 Euro olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan iki gelir kaleminin toplamı Tablo 8’de gösterildiği gibi tesisin ilk yatırım maliyetine yaklaşık eşit olmaktadır.

Tablo 8. Tesisin Toplam Net Gelirinin Bugünkü Değeri (Senaryo 3)

TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TOPLAM GELİRİN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN İLK KURULUM MALİYETİ (Euro)
19,826,041	11,071,669	30,897,710	30,886,250

Sonuç olarak başabaş noktası analizleri bugünkü değer dikkate alınarak yapıldığında, Tablo 8’de görüldüğü üzere “senaryo 3” için hesaplanan toplam 30,886,250 (Euro) değerindeki yatırım tutarını karşılama için üretim tesisinin 8 yıl boyunca üretim yapması ve toplamda minimum 1442 araç üretmesi gerekmektedir.

### 3.4. Minimum Yatırım Maliyeti ve Minimum Üretim Kapasitesi (Senaryo 4)

Bu senaryodaki tesisin ilk kurulum maliyeti, minimum yatırım maliyeti öngörüsünden dolayı senaryo 1’de hesaplanan Tesisin Tüm Yatırım maliyetleri tutarından dinamik test yolu yatırım maliyetini çıkartılarak hesaplanmıştır. Bu durumda Tesisin ilk kurulum maliyeti: 19,625,000 – 7,200,000 = 12,425,000 Euro olarak öngörülmüştür.

Tablo 9. Tesisin Yıllık Net Kar Miktarları (Senaryo 4)

YILLAR	YILLIK ORTALAMA ARAÇ ÜRETİM MİKTARLARI (Araç)	YILLIK ORTALAMA NET KAR (Euro)	YILLIK İSKONTO ORANI (%)	YILLIK KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN YILLIK AMORTİSMAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN BUGÜNKÜ KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞTA HURDA FAKTÖRÜ	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
1	18	540,000	2	529,412	248,500	12,176,500	11,937,745	0.5	5,968,873
2	26	780,000	2	749,712	248,500	11,928,000	11,464,821	0.5	5,732,411
3	26	780,000	2	735,011	248,500	11,679,500	11,005,854	0.5	5,502,927
4	26	780,000	2	720,599	248,500	11,431,000	10,560,477	0.5	5,280,239
5	26	780,000	2	706,470	248,500	11,182,500	10,128,335	0.5	5,064,167
6	26	780,000	2	692,618	248,500	10,934,000	9,709,079	0.5	4,854,540
7	26	780,000	2	679,037	248,500	10,685,500	9,302,371	0.5	4,651,185
8	26	780,000	2	665,722	248,500	10,437,000	8,907,879	0.5	4,453,940
9	26	780,000	2	652,669	248,500	10,188,500	8,525,281	0.5	4,262,641
10	26	780,000	2	639,872	248,500	9,940,000	8,154,262	0.5	4,077,131
11	26	780,000	2	627,325	248,500	9,691,500	7,794,515	0.5	3,897,258
12	26	780,000	2	615,025	248,500	9,443,000	7,445,741	0.5	3,722,871
13	26	780,000	2	602,965	248,500	9,194,500	7,107,648	0.5	3,553,824
14	19	570,000	2	431,989	248,500	8,946,000	6,779,950	0.5	3,389,975
TOPLAM ÜRETİM YILI	ÜRETİLEN TOPLAM ARAÇ SAYISI	TOPLAM NET KAR (Euro)		TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)					TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
14	349	10,470,000		9,048,426					3,389,975

Yatırımcı açısından dikkate alınan Toplam Net Karın Bugünkü Değeri, Tablo 9’da gösterildiği üzere 9,048,426 Euro olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, üretim tamamlandığında tesisin satışından elde edilecek gelirin bugünkü değeride 3,389,975 Euro olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan iki gelir kaleminin toplamı Tablo 10’da gösterildiği üzere tesisin ilk yatırım maliyetine yaklaşık eşit olmaktadır.

Tablo 10. Tesisin Toplam Net Gelirinin Bugünkü Değeri (Senaryo 4)

TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TOPLAM GELİRİN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN İLK KURULUM MALİYETİ (Euro)
9,048,426	3,389,975	12,438,401	12,450,000

Sonuç olarak başabaş noktası analizleri bugünkü değer dikkate alınarak yapıldığında, “senaryo 4” için hesaplanan toplam 12,425,000 (Euro) değerindeki yatırım tutarını karşılaması için üretim tesisinin 14 yıl boyunca üretim yapması ve toplamda minimum 349 araç üretmesi gerekmektedir.

### 3.5. Minimum Yatırım Maliyeti ve Optimum Üretim Kapasitesi (Senaryo 5)

Bu senaryodaki tesisin ilk kurulum maliyeti, minimum yatırım maliyeti öngörüsünden dolayı senaryo 2’de hesaplanan Tesisin Tüm Yatırım maliyetleri tutarından dinamik test yolu yatırım maliyetini çıkartılarak hesaplanmıştır.

Bu durumda; tesisin ilk kurulum maliyeti (27,546,250 – 7,200,000) 20,346,250 Euro olarak öngörülmüştür.

Tablo 11. Tesisin Yıllık Net Kar Miktarları (Senaryo 5)

YILLAR	YILLIK ORTALAMA ARAÇ ÜRETİM MİKTARLARI (Araç)	YILLIK ORTALAMA NET KAR (Euro)	YILLIK İSKONTO ORANI (%)	YILLIK KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN YILLIK AMORTİSMAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN BUGÜNKÜ KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞTA HURDA FAKTÖRÜ	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
1	56	1,680,000	2	1,647,059	406,925	19,939,325	19,548,358	0.5	9,774,179
2	76	2,280,000	2	2,191,465	406,925	19,532,400	18,773,933	0.5	9,386,967
3	76	2,280,000	2	2,148,495	406,925	19,125,475	18,022,362	0.5	9,011,181
4	76	2,280,000	2	2,106,368	406,925	18,718,550	17,293,047	0.5	8,646,523
5	76	2,280,000	2	2,065,066	406,925	18,311,625	16,585,403	0.5	8,292,701
6	76	2,280,000	2	2,024,575	406,925	17,904,700	15,898,861	0.5	7,949,431
7	21	630,000	2	548,453	406,925	17,497,775	15,232,866	0.5	7,616,433
TOPLAM ÜRETİM YILI	ÜRETİLEN TOPLAM ARAÇ SAYISI	TOPLAM NET KAR (Euro)		TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)					TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
7	457	13,710,000		12,731,480					7,616,433

Yatırımcı açısından dikkate alınan Toplam Net Karın Bugünkü Değeri, Tablo 11’de gösterildiği üzere 12,731,480 Euro olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, üretim tamamlandığında tesisin satışından elde edilecek gelirin bugünkü değeride 7,616,433 Euro olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan iki gelir kaleminin toplamı Tablo 12’de gösterildiği gibi tesisin ilk yatırım maliyetine yaklaşık eşit olmaktadır.

Tablo 12. Tesisin Toplam Net Gelirinin Bugünkü Değeri (Senaryo 5)

TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TOPLAM GELİRİN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN İLK KURULUM MALİYETİ (Euro)
12,731,480	7,616,433	20,347,913	20,346,250

Sonuç olarak başabaş noktası analizleri bugünkü değer dikkate alınarak yapıldığında, “senaryo 5” hesaplanan toplam 20,346,250 (Euro) değerindeki yatırım tutarını karşılaması için üretim tesisinin 7 yıl boyunca üretim yapması ve toplamda minimum 457 araç üretmesi gerekmektedir.

### 3.6. Minimum Yatırım Maliyeti ve Maksimum Üretim Kapasitesi (Senaryo 6)

Bu senaryodaki tesisin ilk kurulum maliyeti, minimum yatırım maliyeti öngörüsünden dolayı senaryo 3’de hesaplanan Tesisin Tüm Yatırım maliyetleri tutarından dinamik test yolu yatırım maliyetini çıkartılarak hesaplanmıştır. Bu durumda; Tesisin ilk kurulum maliyeti (30,886,250 – 7,200,000) 23,686,250 Euro olarak öngörülmüştür.

Tablo 13. Tesisin Yıllık Net Kar Miktarları (Senaryo 6)

YILLAR	YILLIK ORTALAMA ARAÇ ÜRETİM MİKTARLARI (Araç)	YILLIK ORTALAMA NET KAR (Euro)	YILLIK İSKONTO ORANI (%)	YILLIK KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN YILLIK AMORTİSMAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN BUGÜNKÜ KALAN DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞTA HURDA FAKTÖRÜ	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
1	168	2,520,000	2	2,470,588	473,725	23,212,525	22,757,377	0.5	11,378,689
2	188	2,820,000	2	2,710,496	473,725	22,738,800	21,855,825	0.5	10,927,912
3	188	2,820,000	2	2,657,349	473,725	22,265,075	20,980,877	0.5	10,490,439
4	188	2,820,000	2	2,605,244	473,725	21,791,350	20,131,839	0.5	10,065,920
5	188	2,820,000	2	2,554,161	473,725	21,317,625	19,308,030	0.5	9,654,015
6	108	1,620,000	2	1,438,514	473,725	20,843,900	18,508,787	0.5	9,254,393
TOPLAM ÜRETİM YILI	ÜRETİLEN TOPLAM ARAÇ SAYISI	TOPLAM NET KAR (Euro)		TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)					TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)
6	1,028	15,420,000		14,436,352					9,254,393



Yatırımcı açısından dikkate alınan Toplam Net Karın Bugünkü Değeri, Tablo 13’de gösterildiği üzere 14,436,352 Euro olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, üretim tamamlandığında tesisin satışından elde edilecek gelirin bugünkü değeride 9,254,393 Euro olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan iki gelir kaleminin toplamı Tablo 14’de gösterildiği üzere tesisin ilk yatırım maliyetine yaklaşık eşit olmaktadır.

Tablo 14. Tesisin Toplam Net Gelirinin Bugünkü Değeri (Senaryo 6)

TOPLAM NET KARIN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN SATIŞININ BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TOPLAM GELİRİN BUGÜNKÜ DEĞERİ (Euro)	TESİSİN İLK KURULUM MALİYETİ (Euro)
<b>14,436,352</b>	<b>9,254,393</b>	<b>23,690,745</b>	<b>23,686,250</b>

Sonuç olarak başabaş noktası analizleri bugünkü değer dikkate alınarak yapıldığında, “senaryo 6” için hesaplanan toplam 23,686,250 (Euro) değerindeki yatırım tutarını karşılaması için üretim tesisinin 6 yıl boyunca üretim yapması ve toplamda minimum 1028 araç üretmesi gerekmektedir.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada, birçok disiplini barındıran raylı sistem sektöründe araç üretimde önemli bir süreç olan “araç gövdesi son montaj” yatırımının en verimli şekilde nasıl gerçekleştirilebileceği araştırıldı. Çalışmada, dört araçtan oluşan bir metro dizisi için farklı yatırım ve üretim senaryoları için analizler yapıldı. Yapılan analizlerde, metro aracı için birim maliyet bir milyon Euro ve herbir aracın son montaj işleminden teslimatına kadar geçen süredeki net kar oranları; vardiyasız çalışma senaryosunda (optimum üretim kapasitesi durumu) araç birim maliyetinin 3%’ü (30,000 Euro), vardiyalı çalışma senaryosunda (maksimum üretim kapasitesi durumu) araç birim maliyetinin 1.5%’u (15,000 Euro) olarak öngörülmüştür. Yatırımcıların değerlendirmelerinde kullanılan bugünkü değer yöntemi iskonto oranı 2% olarak kabul edilerek, yıllık üretim miktarlarına bağlı olarak elde edilen net karın hesaplanmasında kullanılmıştır. Ayrıca, kurulacak tesisin kullanım ömrü 50 yıl olarak kabul edilerek, üretim tamamlandığında tesisin satışından elde edilecek gelirin bugünkü değeride analizlerde dikkate alınmıştır.

Türkiye’deki mevcut sanayi ve altyapı dikkate alındığında, gövde saçının girişinden itibaren raylı sistem aracının üretilmesine kadar tüm imalat ve üretim işlerinin aynı tesis içerisinde yapılması, kısacası entegre bir raylı sistem araç üretimi tesisinin kurulması hem maliyet hem de ülkede artık kapasite oluşturması sebebiyle gerekli görülmemektedir. Dolayısıyla Türkiye’deki mevcut sanayi ile işbirlikleri geliştirilerek, araçların alt parçalarının yurtiçi firmalardan temin edilerek gövde son montaj tesisinde birleştirilmesi en uygun üretim altyapısı olarak önerilmektedir. Bu çalışmamda tablolarda gösterildiği üzere, gövde son montaj tesisinde istenilen kapasiteye göre kurulum maliyetleri farklılıklar göstermektedir. Tesis yatırımında en büyük farklılıklardan birisini 1.2 kilometrelik dinamik test yolu oluşturmaktadır. Dinamik test yolunun tesis içerisinde yer alması durumunda, tesis yatırımının karşılanması için gereken süreler ve üretilmesi gereken araç sayıları yaklaşık 35-40% oranında artmaktadır. Dolayısıyla, yatırımcıyı teşvik açısından son montaj tesisinde dinamik test yolunun olması için bir zorlama yapılmamalıdır. Ancak bu durumda araç üreticisi tarafından işletme sahasında dinamik testlerin yapılması için uygun test ortamının sağlanması, yeterli test zamanının verilmesi gibi gerekli destekler müşteri tarafından üreticiye sağlanmalıdır. Ülkedeki her araç üreticisi firmanın dinamik test yolu yapması sonucunda, yaklaşık olarak toplamda 25-30 milyon € harcanması yerine ulusal bir test merkezi yapılırsa tasarruf sağlanabilir. Sonuçta, ülkede kurulacak ulusal demiryolu test merkezinde dinamik testler yapılabilir.

Son montaj tesisinde gerçekleştirilen araç üretiminin en verimli durumu göz önüne alındığında, üretim montaj sürelerinin dengeli dağıtılması planlama aşamasında büyük önem taşımaktadır. Üretim aşamasında ise süreç yönetimi ve üretim takibinin ciddi yapılması, yaşanabilecek gecikmeler için gerekli önlemlerin alınarak düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Üretimde yaşanılacak gecikmeler; teslimat gecikmelerine, atıl ve verimsiz işgücüne, bekleme ve stok alan ihtiyaçlarına sebep olacağından ciddi anlamda maddi kayıplar oluşturmaktadır. Tesisin planlanması esnasında önerilen planlama modeli, tek vardiya sistemine göre ve herbir istasyondaki süreçlerin zamanlarının dengeli olduğu durumdur. Bu öneriye uygun senaryo ise; Minimum Yatırım Maliyeti ve Optimum Üretim Kapasitesi (Senaryo 5)'dir.

## KAYNAKÇA

**Birol, F.**, (2019), The Future of Rail Opportunities for Energy and the Environment, France, International Energy Agency (IEA), 20-22.

**Hein, A.P., Otto, A.**, (2016), Huge Value Pool Shifts Ahead-How Rolling Stock Manufacturers Can Lay Track for Profitable Growth, Dusseldorf, Munich, Germany, McKinsey&Company, 12-13.

**Nippon Sharyo**, (2020), 08.01.2020. [https://www.n-sharyo.co.jp/company/index\\_e.html](https://www.n-sharyo.co.jp/company/index_e.html), [https://www.n-sharyo.co.jp/business/tetsudo\\_e/maiking.htm](https://www.n-sharyo.co.jp/business/tetsudo_e/maiking.htm).

**Pektaş, İ.**, (2019), Raylı Ulaşım Sistemleri Sektör Analizi, Ankara, Anadolu Raylı Ulaşım Sistemleri Kümelenmesi (ARUS), 12-13.



*Araştırma Makalesi / Research Article*

**RAYLI SİSTEM ARAÇLARINDA RAMS VERİLERİNİ VE  
TEKNİKLERİNİ KULLANARAK, ARAÇ PERFORMANSINI, BAKIM VE  
ARIZA GİDERLERİNİ İYİLEŞTİRMEK\***

**IMPROVING ROLLING STOCK MAINTENANCE PERFORMANCE BY USING RAMS  
DATA AND TECHNICS**

**Turgay KADIOĞLU<sup>1</sup>**

**Tuncer TOPRAK<sup>2</sup>**

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author*  
[turgay.kadioglu@metro.istanbul](mailto:turgay.kadioglu@metro.istanbul)

*Geliş Tarihi / Received*  
30.04.2020

*Kabul Tarihi / Accepted*  
03.06.2020

**Öz**

Bu çalışmada, Bakım kavramının anlamı ve bakım süreçleri detaylı olarak incelenmiş, uluslararası literatürde ve raylı sistem pratik uygulamalarında bakım süreçleri nasıl takip ediliyor konusu detaylandırılmıştır. İngilizce kelimelerin baş harflerinden oluşan RAMS kavramı, Güvenilirlik (R), Kullanılabilirlik (A), Sürdürülebilirlik (M) ve Emniyet (S) olarak adlandırılmaktadır. RAMS yönetimi, EN 50126 standardına uygun olarak ortaya çıkan taleplerin yerine getirilmesiyle ve yerine getirilen performansın sayısal olarak ispatlanmasıyla yapılır. Bakım yöntemlerinin bir çıktısı olarak şehir içi raylı sistem araçlarında oluşan arızaların, RAMS yöntemleri ile elde edilen istatistik verileri incelenerek, elde edilen bu veriler sistem bazlı detaylandırılarak ve arızaların kök sebepleri bulunarak anlamlı hale getirilmiş, bakım ve arıza giderlerini azaltabilmek amacıyla verilerin nasıl kullanılacağı, örneklerle gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kestirimci bakım, metro, periyodik bakım, RAMS, raylı sistemler.

**Abstract**

In this study, investment models for rolling stock final assembly facility installation that can be performed in Turkey were analyzed. In the investment models, the processes starting from Carbody Final Assembly until the provisional acceptance by the customer were taken into the consideration for metro sets consisting of four metro vehicles. The infrastructure and investment costs of the Carbody Final Assembly Facility, which should be built depending on the production speed of the metro vehicle, were calculated. Annual production amounts, total production times and total production amounts required to cover the investment to be made were analyzed financially for six different scenarios. As a result of the study, it is aimed to determine the most appropriate facility infrastructure and total investment cost if decision is taken for establishment of Carbody Final Assembly Facility for the metro vehicle production.

**Keywords:** Metro, RAMS, rolling stock, predictive maintenance, periodical maintenance.

\*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "RAYLI SİSTEM ARAÇLARINDA RAMS VERİLERİNİ VE TEKNİKLERİNİ KULLANARAK, ARAÇ PERFORMANSINI, BAKIM VE ARIZA GİDERLERİNİ İYİLEŞTİRMEK" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. [turgay.kadioglu@metro.istanbul](mailto:turgay.kadioglu@metro.istanbul), [Orcid.org/0000-0002-5619-6634](https://orcid.org/0000-0002-5619-6634).

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. [ttoprak@ticaret.edu.tr](mailto:ttoprak@ticaret.edu.tr), [Orcid.org/0000-0002-0931-4087](https://orcid.org/0000-0002-0931-4087).

## 1. GİRİŞ

Günümüz teknoloji çağının en büyük fenomeni, big data olarak adlandırılan büyük verinin analiz edilmesi ve bu verinin hedefler doğrultusunda kullanılmasıdır.

Çevremizde, dijital ortamda, internet ortamında, içinde bilgisayar olan her yerde anlık binlerce veri üretilmekte veya oluşmaktadır. Fakat bu aşamada en önemli sorun, üretilen verilerin anlamlı hale getirilerek, yorumlanması ve faydalı işler için kullanılmasıdır.

Aynı şekilde raylı sistem araçlarında da, anlık olarak birçok veri üretilmekte ve oluşmaktadır. Örneğin, araç hızı, frenleme sayısı, motor akımı, motor hızları, tekerlek hızları, yolcu kapısı kapanma ve açılma sayısı, kapıların açılıp kapanma süreleri, klima çalışma süreleri, kompresör çalışma süresi, araçların aldığı yol, anlık araç hızları, motor akımları, ortam sıcaklıkları, toplam arıza sayıları, arızanın ne zaman oluştuğu, arızanın nerde oluştuğu, arıza oluştuğunda diğer ekipmanların durumu, aracı kimin kullandığı gibi binlerce veri anlık olarak akıp gitmektedir.

Araçlarda oluşan teknik sorunları çözmek için, araç mimarisine ve aracı oluşturan sistemler üzerinde derin bir bilgiye sahip olmak gerekir. Ancak bu derin bilgi ve tecrübe ile arzu edilen etkinlikte, araçlarda oluşacak teknik sorunlar çözülebilmektedir. Bir sorunu çözmek için; parça bazlı arızayı analiz etmenin yanında, aracın üzerindeki tüm sistemleri bütüncül bir yaklaşımla bakmak da gerekmektedir.

Bir bakım-arıza ekibinin teknik başarısından bahsedilebilmesi için arzu edilen hedef, arızaya ilk müdahale edildiğinde etkin, hızlı ve tekrar etmeyecek şekilde sorunları çözebilmektir. İşte bu başarının hesabında kullanılan yöntemlerin başında RAMS performans kriterleri gelmektedir.

Son 15 yılda ülkemize alınan raylı sistem araçlarının teknik şartnamelerinde, araç performansını ölçmek için Uluslararası Standart, EN 50126 Demiryolu Uygulamaları Güvenilirlik, Elde Edilebilirlik, Bakım Yapılabilirlik ve Emniyet (RAMS) Tarifler ve Gösterimler referans olarak alınmakta ve bu kriterlere göre araçlardan veriler toplanmakta ve kayıt edilmektedir. Toplanan ve kayıt edilen bu veriler, sınıflandırılır, süzülür ve anlamlı hale getirilir.

Raylı sistemde, sözleşmelerle alınan araçların veya sistemlerin performanslarını ispat etmeleri için standarda uygun olarak belirlenen RAMS kriterlerini geçmeleri gerekmektedir. RAMS kriterlerini geçebilen araçlar veya sistemler artık kendilerini ispatlamış sayılırlar, artık istenen seviyede performans verebilir durumdadırlar. Kendini ispat etmek kavramının RAMS’da karşılığı ise, istenen süre içinde belirlenmiş sayısının üzerinde arıza vermemek, ihtiyaç duyulduğunda hizmet verebilir durumda olmak, belirlenen süreler içinde tamir ve bakım yapılabilir olmak ve operasyonları belirli güvenlik kriterlerini yerine getirerek emniyetli bir şekilde sağlayabilmektir.

### 1.1.RAMS Kavramı

RAMS kavramı, Fonksiyonel Güvenlik süreçlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. RAMS’ın temelinde; belirli işlemlere göre tutarlı yaklaşımlarla güvenilir olma, emre amade/çalışır durumda olma, bakım yapılabilme ve emniyet gibi 4 ana madde bulunmaktadır. RAMS ise İngilizce 4 kelimenin baş harflerinin birleşimidir. Bunlar aşağıdaki kelimelerden oluşmaktadır;

- Reliability (Güvenilirlik)
- Availability (Hazır bulunma/ emre amadelik)
- Maintainability (bakım yapılabilirlik)
- Safety (Emniyet)

Bunlar sırasıyla bir sistemin ne kadar sıklıkla arızalanıyor? Ne kadar sistem çalışır durumda? Yeniden işler hale gelme ne kadar zaman almakta? Arızalar ile bağlantılı riskler nelerdir? Sorularına cevap arayan, verilere ve analizlere dayalı yöntemler topluluğudur.

Demiryollarında emniyet ve güvenlik kriterleri sistemin planlama, tasarım ve işletmesinin her aşamasında önemli bir yer tutmakta ve uygulaması için ilgili uluslararası standartlarda detaylı olarak yer almaktadır. Bu kriterleri uygulamanın amacı, uygulamada emniyet ve güvenlikle ilgili olası her türlü tehlike ve kaza riskini belirlemek ve gerekli tedbirleri alarak uygulama aşamasında bu riskleri kabul edilebilir düzeye indirmektir (Toprak, 2010).

RAMS, bir sistemin ömrü boyunca oluşturulan mühendislik kavramları, metotları, vasıtaları ve tekniklerinin uygulanmasıyla sağlanan uzun vadeli işletmesine ait bir karakteristiğidir. Bir sistemin RAMS'ı sistem veya sistemi oluşturan alt sistemler veya bileşenlerin, belirtildiği şekilde görev yapması ve elde edilebilir ve hem de güvenli olması için güvenilirlik derecesinin bir nicel ve nitel göstergesi olarak karakterize edilebilir. Bir demiryolu sisteminin amacı belirli bir zamanda demiryolu trafiği için belirlenen bir seviyeyi güvenli bir şekilde başarmaktır. Demiryolu RAMS'ı sistemin bu amacın başarılmasını garanti edebileceği güveni tarif eder (Gündoğdu ve Dal, 2011).

Pratikte RAMS uygulamalarında EN 50126-1 (Demiryolu uygulamaları - Güvenilirlik, Elde Edilebilirlik, Bakım Yapılabilirlik ve Emniyet (RAMS) Tarifler ve Gösterimler) standardı referans alınır ve bu standardın önerdiği yöntemler ile RAMS süreçleri takip edilir. Bu standart, RAMS uygulamaları için tam bir yol göstericidir. RAMS yaşam döngüsü üzerine genel görüşleri değerlendirir. RAMS yönetiminin nasıl yapacağını anlatır. Sistematik süreçleri tarifleyerek farklı koşullar için takip edilebilir bir RAMS süreci kurulmasını sağlar. RAMS süreçlerinde üretici ile müşteri (işletmeci) arasında yaşanacak anlaşmazlıklara yol gösterir. Bu standartta talep edilen raylı sistemle ilişkili sertifikasyon işlemlerinin kurallarını oluşturur. Bu süreçleri takip edecek, raylı sistem paydaşları için bir onay süreci oluşmasını sağlar. Bu standart sistem hiyerarşisinin oluşturulmasını da sağlar. RAMS'in parçalarını ve uygulama alanlarını belirler. Özellikle RAMS'in takibi için arız sınıflandırılması (failure categories) yapılmasına yardımcı olur. Raylı sistemlerde RAMS isterlerinin tanımlanmasını sağlar, risk azaltıcı stratejileri belirler. Standartın temel fonksiyonu, raylı sistemlerde RAMS yönetiminin nasıl yapılacağını belirlemesidir.

Ekler bölümünde ise, RAMS planının nasıl yapılacağını temel örnekler vererek RAMS süreçleri için bir yol gösterici olduğunu ispatlamış olur.

## 1.2.Bakım Kavramı

Bir sistemin, talep edilen fonksiyonel yükümlülüklerini korumak, fonksiyonel durumunu eski konumuna getirmek veya muhafaza etmek amacıyla idari, yönetsel ve teknik tedbirlerin bir araya gelmesiyle oluşan çabaların tamamına bakım denir (DIN 31051, 2012).

Günümüzde bakımı; sistem ve cihazları etkin, verimli ve güvenilir bir şekilde çalışır durumda tutmak için yapılan çabaların toplamı olarak da tanımlayabiliriz.

Özellikle raylı sistem sektöründe mevcut filoların yaşlanması, sistemlerin ve ağların gün geçtikçe büyümesi, bakıma ihtiyaç duyan ekipman ve sistemlerin sayısını arttırmış ve ortaya çıkan bakım maliyet kalemlerinin şirketlerin bütçelerinde ciddi yer etmeye başlaması, sistemlerin çalışır durumdan arıza duruma geçip, şirket hizmet performansını ve verimini olumsuz etkilemesi, bakım faaliyetlerinin önemini daha da arttırmıştır.

Bu maliyetleri azaltmak adına yıllar içinde birçok çalışma yapılmış, her geçen sürede yeni yeni bakım yöntemleri ve stratejileri geliştirilmiştir.

Bakım yönetimi temelde 2 gruba ayrılır (Mobley, 2004).

- a) Sistem arızaya düştüğünde yapılan bakım
- b) Sistem arızaya düşmeden yapılan bakım

DIN 31051'e göre bakım dört ana gruba ayrılır.

1) Periyodik Bakım;

Mevcut aşınma rezervinin tükenmesini geciktirmek için alınacak önlemlerin tümü (DIN 31051, 2012). Servis formlarının oluşturulması, bakım planının oluşturulması, bakım güvenlik tedbirlerinin alınması, hazırlıkların ve güvenlik tedbirlerinin gözden geçirilmesi, bakım uygulaması, fonksiyon testi, geri dönüşlerin alınması.

2) Kontrol-Muayene:

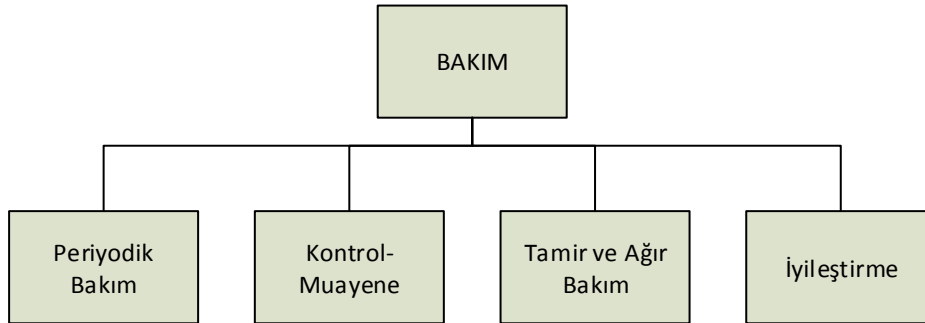
Mevcut durumun denetlenmesi ve değerlendirilmesi (DIN 31051, 2012).

3) Tamir ve Ağır bakım:

Bir sistemi, fonksiyonel olarak yeterli duruma geri getirmek (DIN 31051, 2012). Arızalı bir ekipmanın/ürünün fonksiyonunu tekrar yerine getirebilmesi için yapılan fiziksel aktiviteler.

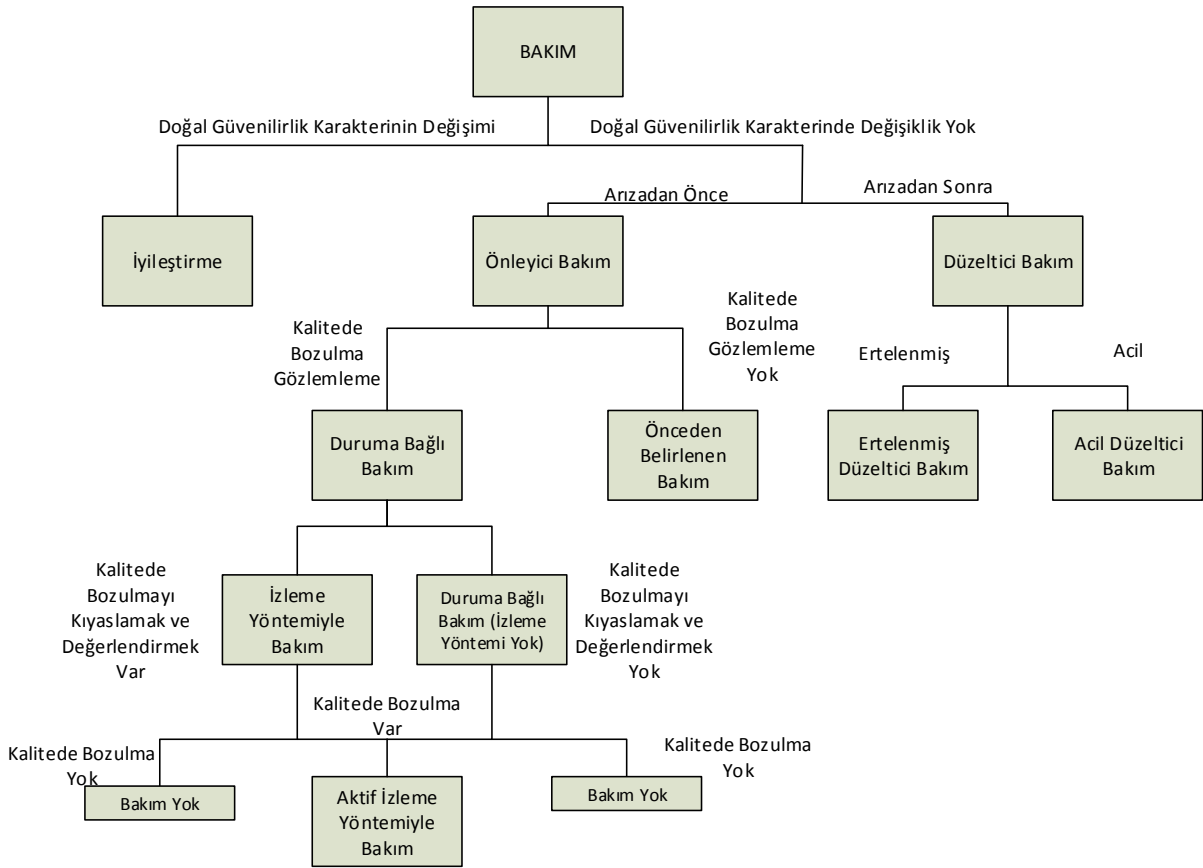
4) İyileştirme:

Sistemin fonksiyonlarında değişiklik olmadan güvenilirliğin (reliability) ve/veya bakım yapılabilirliğin (maintainability) ve/veya emniyetin (safety) iyileştirilmesi için alınan idari, yönetimsel ve teknik tedbirlerin tümünü kapsar (DIN 31051, 2012).



Şekil 1. Bakımın Tanımı ve Gruplandırılması (DIN 31051, 2012)

EN 13306 Bakım - Terimler ve tarifler standardında da, bakıma bakış 2 temel maddeye ayrılmış ve daha sonra bu bakımları çeşitlendirmiştir. 2017 yılında güncellenen EN 13306 Standartı ile bakım sınıflarına iyileştirme maddesi eklenerek, ana bakım sınıfları 3 gruba ayrılmıştır.



Şekil 2. Bakım Tipleri (EN 13306, 2017)

Geleneksel olarak sistematik, düzenli ve yaygın olarak yapılan bakımları temelde 3 gruba ayırabiliriz. Bunlar;

- Periyodik Koruyucu Bakım
- Düzeltilici Bakım
- İzleme Yöntemiyle Bakım

### 1.2.1. Periyodik koruyucu bakım

Bir parça ya da sistemde arıza oluşmadan önce, oluşacak arızayı önlemek için yapılan bakımdır. Parçanın arıza olasılığını ya da işleyişinin bozulmasının önlenmesi amaçlanan ve önceden belirlenen aralıklarla ya da önceden tanımlanan ölçüte uygun olarak yapılan bakımdır (EN 13306,2017). Bakımın kriterleri belirlenirken sistemin arıza istatistikleri çok önemlidir. Arıza sıklığına göre bakım periyotları, öne çekilebilir veya sistem uzun süre izlenerek bakım periyotları uzatılabilir. Bu çalışma için de arıza verilerinin işlenmesi ve tecrübe gereklidir.

### 1.2.2. Düzeltilici bakım (Arıza giderme)

Arıza oluştuğundan sonra, ekipman veya sistemi tekrar çalışır duruma getirmek için yapılan işlemlerdir. Arıza yapan bir parçanın veya bir sistemin gerekli işlevini yerine getirebilir duruma getirmek amacıyla ve kusurun tanımlanmasından sonra yapılan bakımdır. Arıza giderme en temel bakım faaliyetidir. Bu işlemi yapabilmek için yeterli yedek parçaya, yeterli fiziki altyapıya sahip olmakla birlikte belirli bir seviye üzerinde teknik bilgiye de sahip olmak gerekmektedir.

### 1.2.3. İzleme yöntemiyle bakım

Duruma bağlı olarak, parçanın bozulmasında etkili olan önemli parametrelerin değerlendirilmesi ve bilinen özelliklerden veya tekrarlanan analizlerden alınan tahminler takip edilerek yapılan bakımdır.

İzleme yöntemiyle bakımda temel amaç, sistemde veya ekipmanda bozulmaları takip ederek ve arıza yapma potansiyeli olan noktaları izleyerek arıza oluşmadan zamanında müdahale edebilmektir. Sistemde veya ekipmanda bir bozulma başlangıcı tespit edildiğinde algılayıcılar ve uyarıcılar (sensörler, ölçüm değerleri v.s.), kullanıcılara bilgi verir. Genelde, sınır değerlere ulaşıldığında gözlemlenen parça veya ekipman tamir edilir veya değiştirilir.

Her ne kadar standart çevirilerinde izleme yöntemiyle bakım, kestirimci bakım olarak anılsa da, bakım yapılacak zaman bilimsel ve deneysel verilere dayandığı için izleme yöntemiyle bakım olarak adlandırmak daha doğru olacaktır.

### 1.3. Dünyada Benzer Çalışmalar

2018 yılında CoMET and Nova grubu tarafından “bakımları geliştirmek için verilerin kullanılması” çalışması başlatılmıştır. CoMET and Nova grubu, İmperial College London Üniversitesi'ne bağlı olan ve dünya çapında metro işleten 39 farklı şehrin üye olduğu dünya metrolarını karşılaştırma yapmak (benchmarking) ve bilgi paylaşmak amacıyla kurulmuş bir çalışma grubudur. CoMET and Nova grubu tarafından veri toplama ve değerlendirme aşaması devam etmektedir. CoMET and Nova grubunun çalışmasında bakımı geliştirmek için kullanılan veriler, daha çok sistemlere eklenen sensörler ile sağlanmaktadır. Bu çalışmadaki amaç, işletmelerin sorumluluğu altındaki varlıkların (trenler, asansörler, yürüyen merdivenler, elektrik hatları, ray ve altyapı v.b.) takip edilmesi ve elde edilen verilerin bakımları geliştirmek için kullanılmasıdır. Elde edilen veriler ve sonuçlar üye işletmeler arasında paylaşılmaktadır ve grup izni olmadan üyeler dışında yayınlanmamaktadır.

Ayrıca, raylı sistem altyapılarında RAMS ve LCC (Life Cycle Cost) analizlerini kullanarak bakım kararlarının desteklenmesi konulu doktora tezi 2010 yılında yayınlanmıştır. Bu teze göre, geleneksel yöntemde bakım kararları, geçmiş tecrübeler sonucu alınmaktadır ve bu tez ile etkin bakım planlamasının RAMS analizlerinin uygulanması ile yapılabileceği gösterilmiştir (Patra, 2010). Bu çalışmada ray kırıkları ve ray altyapısı irdelenmiş ve RAMS ve LCC analizleri ile tren altyapısı bakım kararlarının geliştirilmesi sağlanmıştır.

Bunların yanında geniş kapsamlı bilgisayar programları (Reliasoft-AssetWise v.s.) güvenilirliği arttırmak ve bakım optimizasyonu sağlamak için kullanılmaktadır. Bu programlar üretim, tasarım ve bakım optimizasyonu için yapılmış olup güvenilirlik mühendisliği (reliability engineering) çalışma alanında yer alan faaliyetleri içermektedir. Çoğunlukta büyük üretim tesisleri, enerji santralleri, petrol platformları, yüksek güvenilirlik gerektiren askeri üretim tesisler, ülke çapında raylı sistem altyapısı gibi alanlarda kullanılmaktadır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İştirak Şirketi, Metro İstanbul A.Ş. tarafından işletilen T1 Tramvay hattında yer alan 55 adet Bombardier marka tramvay aracının 3 yıllık (2015-2016-2017) arıza verileri, bu incelemede kullanılmıştır. T1 tramvay hattı, Kabataş ile Bağcılar arasında



işletilmekte olup günlük yaklaşık 420.000 yolcu ile dünyanın en kalabalık tramvay hattıdır. Tek yönde 19km uzunlukta olup, toplam 31 istasyondan oluşmaktadır. İlgili tramvay araçları yaklaşık olarak yıllık toplam 4.250.000 km yol yapmaktadırlar. Bu kadar yolcu yoğunluğunun olduğu ve çalışma performansının maksimum beklendiği tramvay hattında, arızalara müdahale hızlı olmalı, arızalar çabuk çözülmeli ve araçlar mümkün olduğu kadar az arıza yapmalıdır.

## 2.2. Yöntem

Bu çalışmada, RAMS teknikleri ile elde edilmiş veriler sayesinde en çok arızaya sebep olan raylı sistem araç sistemleri belirlenmiştir. Daha sonra bu sistemlerde arızaya sebep olan kök nedenler araştırılmıştır. Bazı sistemlerde arızaya sebep olan kök sebepler net olarak bulunmuş ve maliyet hesabı ile birlikte araç performansında iyileştirme yapmayı sağlayacak çözüm önerileri sunulmuştur.

Araçların performansını ölçmek için elde edilmiş RAMS dataları temel veri kaynağı olarak alınmıştır. RAMS yöntemiyle toplanan arızaların verileri, LRU (Line Replacable Unit) seviyesindedir (EN 50126-3, 2008). Bu çalışmada, RAMS verileri detaylandırılmıştır. Bu veri setinden faydalanılarak arıza-kök sebep ilişkisi kurulmuştur.

Araç üzerinde yapılacak iyileştirmeler ile oluşan arızaların istatistiği karşılaştırılmıştır. Arızanın kök sebebine odaklanarak, yapılacak iyileştirmenin maliyet açısından çıktıları bulunmuştur. Yapılması planlanan iyileştirmelerin mali açıdan uygulanabilir olup olmadığı araştırılmıştır.

Bu çalışmada;

1. Metro İstanbul'un işletmekte olduğu T1 Tramvay hattındaki tramvay araçlarında, 3 yıl süreyle ve RAMS yöntemleri ile elde edilen arıza verileri tek tek incelenmiştir.
2. 6396 adet veri (arıza satırı) manuel olarak gruplandırılmış ve arızalara alt -sınıflara ayrılmıştır (Tablo 1).
3. Araçların performansını bozan en kötü sistemler tespit edilmiştir.
4. Her sistemin en çok arızaya neden olan komponenti/parçası ya da imalat veya tasarımsal özelliği detaylı olarak analiz edilmiştir.
5. İncelenen her sistem için, sistemin dolayısıyla aracın performansını arttıracak öneriler sunulmuştur.

Tablo 1. Üç Yıllık Arıza Listesinden Arıza Kök Sebeplerinin Tespiti

Hat Id	Arıza	Araç Adı	Arıza Id	Arıza Tanımı	Arıza Tarihi	Arıza Sebebi	İş Emri Açıklama	Rapor Sistem Adı
2431	740 nolu vagonunda 619 nolu arıza aktif.	740 BOMBARDIER ARAÇ	660	Fren Bilgisayarı Fkütü De Küçük Arıza.	27.12.2017 20:33	Fren hortum	HPU kısa hortum değişti	Fren Sistemi
2431	726 nolu vagon 631 nolu arızayı verip geçiyor.	726 BOMBARDIER ARAÇ	672	Komut Olmadan A Bogi Ray Freni Uygulandı	27.12.2017 16:45	Ray fren kablo	Yapılan kontrollerde A Bogi sağ ray fren kablosu Bogi üzerindeki kablo tutucu dibinden kopuk olduğu görüldü kablo onarıldı.	Fren Sistemi
2431	704 nolu aracın 8 nolu kapısı açılmıyor.	704 BOMBARDIER ARAÇ	448	8. Kapı Arızalı.	27.12.2017 12:52	KKÜ	Kapı kontrol ünitesi değiştirilerek arızası giderildi.	Kapılar
2431	739 nolu aracın 4 nolu kapısı kapanmamaktadır.	739 BOMBARDIER ARAÇ	466	4. Kapı Arızalı.	27.12.2017 07:38	Mekanik hasar	Kapı acil musluğunun tam kapanmadığı tespit edildi. Musluk kapatılarak arızası giderildi.	Kapılar
2431	751 nolu aracın 6 nolu kapısı açılmıyor.	751 BOMBARDIER ARAÇ	460	6. Kapı Arızalı.	27.12.2017 06:07	KKÜ	Ünite değiştirildi.	Kapılar
2431	725 nolu aracın 5 nolu kapısı açılmıyor.	725 BOMBARDIER ARAÇ	465	5. Kapı Arızalı.	25.12.2017 13:52	KKÜ	Kapı kontrol ünitesi değiştirildi.	Kapılar
2431	709 vagonunda 624 ve 625 nolu arızalar aktif.	709 BOMBARDIER ARAÇ	665	B Kısım Yük Sensörü Ölçüm Sınırı Dışında	24.12.2017 23:50	Fren konektör pin	Nolu aracın 624-625 nolu arızasına bakıldı. B yük sensörü konektörleri ve pinleri değiştirildi.	Fren Sistemi
2431	3 nolu kapı arızalı.	734 BOMBARDIER ARAÇ	459	3. Kapı Arızalı.	24.12.2017 00:00	KKÜ	Kapı kontrol ünitesi değiştirildi.162470	Kapılar
2431	728 vagon 6 nolu kapı arızalı açılmıyor.	728 BOMBARDIER ARAÇ	460	6. Kapı Arızalı.	23.12.2017 13:00	KKÜ	Kapı kontrol ünitesi değiştirildi.162469	Kapılar
2431	728 vagon 6 nolu kapı arızalı.	728 BOMBARDIER ARAÇ	460	6. Kapı Arızalı.	20.12.2017 11:32	KKÜ	Kapı kontrol ünitesi değiştirildi.	Kapılar

Araç performansı, MDBF değerinin yükseltilmesi ile artar. Bunun için formül (2.1)'de yer alan "Bu süre içinde ortaya çıkan arıza sayısı"nı en azda tutmak gerekir.

$$MDBF = \frac{\text{Araçların yaptığı toplam km değeri}}{\text{Bu süre içinde ortaya çıkan arıza sayısı}} \quad (2.1)$$

Bunun yanında, A (Elde Edilebilirlik-Emre Amadelik/Hazır Bulunma Availability) değeri de yüksek tutmak bir diğer performans parametresidir. Denklem (2.2)'de görüleceği gibi MTTR değeri düşük tutmak, yani arızaları çok hızlı şekilde tamir etmek ve/veya MTBF değeri yüksek tutmak, performansı arttıracak bir diğer yöntemdir.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (2.2)$$

Dolayısıyla araç performansını iyileştirme için, araçlar daha az arıza yapmalı ve eğer arıza yapacak olursa çok hızlı tamir edilmelidir.

Tablo 2'de verilen 3 yıllık MDBF (Arızalar arası geçen ortalama mesafe değeri (Mean Distance Between Failures)) gözükmemektedir. Aşağıdaki tabloda görüleceği üzere arıza yapma sıklığı giderek artmakta ve araçların performansı düşmektedir. Bu sonuç analiz ve iyileştirme yapmak gerektiğini ortaya çıkarmaktadır.

Tablo 2. T1 hattı tramvay araçları 3 yıllık MDBF verisi

MDBF(km)-BTA 2015												
MDBF (km)	Oca.15	Şub.15	Mar.15	Nis.15	May.15	Haz.15	Tem.15	Ağu.15	Eyl.15	Eki.15	Kas.15	Ara.15
Gerçekleşen	3850	2873	3835	4448	5488	4716	3378	3628	3491	4334	4440	4266
Hedef	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482
MDBF(km)-BTA 2016												
MDBF (km)	Oca.16	Şub.16	Mar.16	Nis.16	May.16	Haz.16	Tem.16	Ağu.16	Eyl.16	Eki.16	Kas.16	Ara.16
Gerçekleşen	3170	4341	3268	4107	4311	2867	3628	3276	3337	3751	2785	3230
Hedef	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482
MDBF(km)-BTA 2017												
MDBF (km)	Oca.17	Şub.17	Mar.17	Nis.17	May.17	Haz.17	Tem.17	Ağu.17	Eyl.17	Eki.17	Kas.17	Ara.17
Gerçekleşen	3339	3825	2812	4477	2257	2315	2326	2218	2677	3458	2364	3034
Hedef	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482	2482

MDBF değeri yüksek olması araç performansının iyi olduğu, MDBF değeri düşük olması araç performansının kötü olduğu anlamına gelmektedir. Örneğin; Bazı aylarda değerler yükselmesine rağmen Aralık 2015, Aralık 2016 ve Aralık 2017 değerlerini değerlendirdiğimizde, 4266km-3230km-3034km değerlerini görürüz. Buradan anlayacağımız, araçların arıza yapma ortalama km değeri düşmektedir ve araçlar daha sık arıza yapmıştır. Yani aracın arızasız çalışma performansı gitgide düşmektedir.

### 3. UYGULAMA

Tramvay aracının 3 yıllık RAMS verileri değerlendirilerek en çok arıza yapan sistemleri tespit edilmiştir. Bunlar arasında Yolcu kapıları, Fren sistemi ve Aydınlatma sistemi, CCTV sistemi ve Yolcu Klima sistemidir.

Tablo 3. RAMS Verileri ile Elde Edilen En Çok Arıza Yapan 5 Sistem

<b>2015 Yılı En Çok Arıza Yapan Sistemler ve Arıza Sayıları</b>												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Hız.	Tem.	Ağu.	Eylül	Ekim	Ka.	Ar.
Yolcu Kapısı	16	25	8	5	11	9	13	12	9	10	13	14
Aydınlatma Sistemi	20	9	12	10	11	4	12	13	12	8	7	20
Fren Sistemi	22	17	15	16	11	5	10	15	10	10	9	8
Yolcu Klima	6	5	13	12	14	6	15	15	10	12	5	5
CCTV Sistemi	22	10	4	3	6	10	9	4	7	4	5	8
<b>2016 Yılı En Çok Arıza Yapan Sistemler ve Arıza Sayıları</b>												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Hız.	Tem.	Ağu.	Eylül	Ekim	Ka.	Ar.
Yolcu Kapısı	14	15	7	10	13	18	13	22	17	13	16	22
Aydınlatma Sistemi	8	9	14	10	30	8	10	11	8	15	18	11
Fren Sistemi	11	16	20	17	19	21	8	21	12	8	10	11
Yolcu Klima	11	4	15	16	7	48	37	22	12	12	7	16
CCTV Sistemi	7	7	4	6	4	6	5	4	5	8	2	2
<b>2017 Yılı Çok Arıza Yapan Sistemler ve Arıza Sayıları</b>												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Hız.	Tem.	Ağu.	Eylül	Ekim	Ka.	Ar.
Yolcu Kapısı	11	12	17	4	22	12	20	15	16	11	17	16
Aydınlatma Sistemi	11	12	13	13	7	6	11	9	3	10	6	12
Fren Sistemi	27	15	18	27	15	17	25	14	9	9	9	7
Yolcu Klima	11	6	11	7	28	41	36	46	32	15	21	7
CCTV Sistemi	5	3	1	2	1	1	3	1	1	1	2	2

Arıza sayılarının artması MDBF değerlerine, dolayısıyla araç performansına olumsuz yansımaktadır. Bu arızaların azaltılmasını sağlanabilir ve arıza yapma sıklığının süresini uzatılabilirse, araçlar daha az arıza sebebiyle düzeltici bakıma daha az gelecekler, daha çok zamanda servise hazır bulunacaklardır ve emre amadelik performansları da artacaktır.

### 3.1. Yolcu Kapıları Arızaları Üzerinden Veri Analizi

2015-2016-2017 yılları arasında T1 Tramay hattında çalışan Bombardier araçlarının Yolcu kapıları arızaları detaylı incelendiğinde, arızaların %50,28'inin "kapı kontrol ünitesi" kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. T1 tramvay hattı araçları 3 yıllık kapı arızaları

3 Yıllık Kapı Arızaları	Arıza adedi	Yüzde
Kapı Kontrol ünitesi	270	50,28
Kilit Bobini	13	2,42
Kapı Ayarı	92	17,13
Light Barrier	36	6,70
Mekanik hasar	13	2,42
Sonsuz Dişli ve Motor	27	5,03
Push Button	6	1,12
Kapı Motoru	12	2,23
Konnektör	12	2,23
Switch/sensör	5	0,93
Kapı Lastiği	49	9,12
Kapı Acil Açma Kolu	2	0,37
Toplam	537	100

Örnek çalışma sonucunda, arızaların %50,28'inin Kapı Kontrol ünitelerinden kaynaklandığı ortaya çıkmaktadır. Kapı kontrol ünitelerinde yapılacak iyileştirme çalışması ile, Kapı kontrol ünitesi kaynaklı arızalara son verilirse sistem üzerinde %50,28'lik bir iyileştirme sağlanacaktır. Böylece yolcu kapı arızaları neredeyse yarı yarıya azalacaktır.

Bu iyileştirmelerin sonucunda arıza ve bakım gideri ciddi oranda düşecektir. Aynı zamanda araç performansı da olumlu olarak etkilenecektir.

### 3.2. Yolcu Kapıları Arızaları Maliyet Analizi

Her oluşan arıza işçilik, malzeme, ekipman tamirat giderinin yanında raylı sistemlerde araçların seferden çekilmesine sebep olmaktadır. Araçların seferden çekilmesi, kurum prestijinin kaybına sebep olmakta, müşteri memnuniyetini de oldukça azaltmaktadır. Bu psikolojik kayıplar maddi olarak ölçülememekle birlikte, bunun yanında sefer kayıpları planlanandan daha az yolcu taşıdığı için maddi kayıplara da doğurmaktadır.

Maliyet çalışmasında, arızadan kaynaklı aracı hattan çekme maliyeti (enerji gideri, manevracı makinist maliyeti) gibi maliyetler hesaba katılmamıştır. Yolcu geliri de öğrenci ve tam ücret tutarları üzerinden daha önce elde edilen değerlerle karşılaştırılacak yaklaşık değer olarak hesaplanmıştır. Aşağıdaki yapılan hesapta, kişi başı yolcu geliri ortalama 1,9 TL olarak alınmıştır. Her dizili tramvay 1 seferinde ortalama 640 yolcu taşımakta olduğu varsayılmıştır. Servise mani olan ve yolcu boşaltmayı gerektiren her arıza da dizili tramvay başına en az 2 sefer kaybı demektir.

Tablo 5. Bir Adet Yolcu Kapı Kontrol Ünitesi Arıza Maliyeti

1 Ünite Arızası Maliyeti	Açıklama	Maliyetler	Toplam Maliyetler
1 Kapı Kontrol Ünitesi Değişimi İşçilik Gideri	2 adam saat 1 adam saat 13,6€	2x13,6€	27,20 €
1 Arıza İşletme Kaybı Maliyeti	1 sefer 640 yolcu, her arıza 2 sefer kaybı, yolcu geliri ort. 1,9TL 1,9TL=0,3€	640x2x0,3	384 €
1 Kapı Kontrol Ünitesi Tamiratu ve Lojistik	Tamirat= 50€ Lojistik Giderler=10	50€+10€	60 €
1 Kapı Kontrol Ünitesi Arızasının Toplam Maliyeti			<b>471,20 €</b>

Aşağıdaki hesaplamada, kapı kontrol ünitesinden kaynaklanan yıllık arıza maliyetleri çıkartılmıştır. Eğer tüm filoda ünite değişimi yapılırsa yapılacak yatırımın ne kadar sürede geri döneceği hesaplanmıştır. Bu hesaplamada araçların seferden çekilmesinin prestij kaybına ve müşteri memnuniyetsizliğine neden olan bedeli yansıtamamıştır. Tablo 6' e göre bu yenileme maliyeti tüm filo için 8,8 senede kendini amorti edecektir.

Tablo 6. Tüm Kapı Kontrol Ünitelerinin Değişmesi Maddi Geri Dönüş Süresi

Geri Dönüş Süresi Hesabı	Açıklama	Maliyetler	Maliyetler TL
1 Adet Yeni Tip Kapı Kontrol Ünitesi Maliyeti	850€ Ünite	850 €	850 €
Eski Tip 1 Kapı Kontrol Ünitesi Arıza Maliyeti	Ünite Tamiri İşçilik Sefer Kaybı	471,20 €	
1 yıllık arıza sayısı	270 adet / 3 yıl		90 adet/yıl
1 yıllık arıza maliyeti	90x 471,2		42.408 €
55 araçlık Yeni Ünite Maliyeti	55araç x 8 Kapı x 850€		374.000 €
Geri Dönüş Süresi	374.000/42.408		<b>8,8 yıl</b>

T1 hattındaki tramvay araçlarının en az 20-25 sene daha kullanılacağı varsayılarak, bu revizyonun yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Eğer kapı kontrol ünitesi de ayrı bir ekipman olarak düşünülürse, bu elektronik kutunun da bir çok komponentten oluştuğu bilinmektedir. MTBF hesabı yapılırken, sistem içinde kullanılan her bir komponentin  $\lambda$  (Lambda) değeri bulunup, sistemin veya ürünün toplam MTBF değeri tespit edilir. Bu kapı kontrol ünitesi için de detaylı analiz yapıldığında arıza yapan parçaların hep aynı komponentler olduğu görülmüştür. O halde ürün değiştirmek yerine ürün içerisinde sorunlu parçayı değiştirerek veya fonksiyonunda iyileştirme yaparak yüksek maliyetlere girmeden sistemde iyileştirme yapmak mümkündür.

### 3.3. Fren Sistemi Arızaları Üzerinden Veri Analizi

2015-2016-2017 yılları arasında T1 Tramay hattında çalışan Bombardier araçlarının fren sistemi arızaları analiz edilmiştir.

Tablo 7. 3 Yıllık Fren Sistemi Arızaları Detay Çizelgesi

<b>3 Yıllık Fren Sistemi</b>	<b>Arıza</b>	<b>Yüzde</b>
Fren Hidrolik Hortum	103	20,04
Hidrolik Güç Ünitesi	96	18,68
Fren Kontrol Bilgisayarı	71	13,81
Yük Sensörü	71	13,81
Fren Kaliper	36	7,00
Hız Sensörü	36	7,00
Fren Konnektör	19	3,70
ren bağlantı kutusu	17	3,31
Röle-Kontaktör	16	3,11
Fren balata	13	2,53
Ray Freni	12	2,33
Fren Sigortası	12	2,33
Fren Disk	4	0,78
Buton-Diyot-muhtelif	8	1,56
<b>Toplam</b>	<b>514</b>	<b>100</b>

Yapılan bu analize göre, fren hortumlarının bağlantılarında ortaya çıkan hidrolik yağ kaçaqları, fren sistemi arızalarının %20'sini oluşturmaktadır.

Ayrıca Hidrolik Fren sisteminin kalbinde yer alan “Hidrolik Güç Ünitesi” arızaları da toplam fren sistemi arızalarının %19'una denk gelmektedir.

Arızaların detayına inildiğinde; fren hortumları arızaları, hidrolik güç ünitesi arızaları yeniden tanımlanacak bir periyodik bakımla önlenabilir gözükmemektedir.

Sistemsel olarak yapılacak iyileştirmeler veya uygulanacak bakım teknikleri ile bu arızalar oluşmadan gerekli tedbirler alınabilir.

Yapılacak iyileştirmeler ile fren sisteminde %39'luk bir iyileştirme sağlanabilir. Arız maliyet bölümünde hangi bölümde ne kadar iyileştirme yapılacağı ve bunun maddi kazançları belirtilmiştir.

### 3.4. Fren Sistemi Arızaları Maliyet Analizi

Tramvay araçlarında fren sistemi, en kritik sistemler arasında yer almaktadır. Bir tramvay aracının ortalama boş ağırlığı 35-45 ton arasındadır. Eğer tramvay araçlarının frenlemesi çalışmazsa araçlar çok yüksek hızlara ulaşır, önüne çıkana çarparak çok büyük maddi ve can kayıplarına sebep olabilir. İşte bu sebeple fren sistemi ters etkili çalışmaktadır.

Ters etkili fren; arabalarda bulunan fren sisteminin tersi olarak, tramvay araçları fren sistemi fren kaliperlerinde bulunan yaylar aracılığı ile sürekli frenleme sağlar. Araç gitme isteğinde, fren sistemine frenleri çözmesi emri gönderir.

Hidrolik sistemde hidrolik yağın etkisiyle, pnömomatik sistemde hava basıncının etkisiyle yay kuvveti yenilir ve fren balataları açarak aracın harekete başlaması için ortadaki durdurma gücü kalkar. İşte yüksek güçlerin ve kontrol sisteminin kullanıldığı fren sisteminde oluşacak arızalar, hem trenin hareketine engel olur hem de İşletme'nin sürekliliğini ve emniyetini tehlikeye sokabilir.

Bu sebeple Fren Sistemi, raylı sistem araçlarında en kritik sistemler arasında yer almaktadır.

Tablo 8. Bir Hidrolik Hortum Arızasının Yaklaşık Maliyeti

1 Fren Hidrolik Hortum Arızası Maliyeti	Açıklama	Maliyetler	Toplam Maliyetler €
Hortum değişimi	2 adam saat 1 adam saat 13,6€	2x13,6€	27,20 €
1 Arıza İşletme Kaybı Maliyeti	1 sefer 640 yolcu, her arıza 2 sefer kaybı, yolcu geliri ort. 1,9TL 1,9TL=0,3€	640x2x0,3	384 €
1 Fren Hidrolik Hortum Maliyeti ve Lojistik Maliyetler	Yeni Hortum= 20€ Yağ+ Lojistik Giderler=10€	20€+10€	30 €
1 Fren Hidrolik Hortum Arızasının Toplam Maliyeti			<b>441,20 €</b>

Tablo 9. Bir Adet Hidrolik Güç Ünitesi Arızası Yaklaşık Maliyeti

1 Fren Hidrolik Güç Ünitesi Arızası Maliyeti	Açıklama	Maliyetler	Toplam Maliyetler €
Ünite Değişimi	4 adam saat 1 adam saat 13	4x13,6€	54,40 €
1 Arıza İşletme Kaybı Maliyeti	1 sefer 640 yolcu, her arıza 2 sefer kaybı, yolcu geliri ort. 1,9TL 1,9TL=0,3€	640x2x0,3	384 €
1 HPU Tamir Maliyeti ve Lojistik Maliyetler	Yeni Valf-Motor-Sensör-Pompa tamir maliyeti	1200€	1200 €
1 Fren Hidrolik Güç Ünitesinin Arızasının Toplam Maliyeti			<b>1638,40 €</b>

Tablo 10. Hidrolik Hortum Revizyonu Maddi Geri Dönüş Süresi

Maddi Geri Dönüş Hesabı	Açıklama	Maliyetler	Maliyetler TL
Hortum arızanın maliyeti	441,2€	441,2€	441,2€
1 yıllık arıza sayısı	103 adet / 3 yıl	103/3	34,33 adet/yıl
1 yıllık arıza maliyeti	34,3x441,2 €		15.133 €
Hortum Bakım Maliyeti Hortum değişimi ve İşçilik	55araç x 3 hortum x (20€+27,2€)		7788 €
Geri Dönüş Süresi			<b>0,5 yıl</b>

Fren hortumlarında yapılacak revizyon ve iyileştirme ile, çok kısa sürede yapılacak yatırım kendini telafi edecek ve yaklaşık %20'lik arıza ve performans iyileştirmesine sebep olacaktır.

Tablo 11. Hidrolik Güç Ünitesi Revizyonu Maddi Geri Dönüş Süresi

Maddi Geri Dönüş Hesabı	Açıklama	Maliyetler	Maliyetler TL
Hidrolik Güç Ünitesi arızasının maliyeti	1638,40€	1638,40€	1638,40€
1 yıllık arıza sayısı	96 adet / 3 yıl		32 adet/yıl
1 yıllık arıza maliyeti	32adet x1638,4 €		52428 €
HPU Bakım Ortalama Maliyeti	55araç x 3 HPU x 1000€		165000 €
Geri Dönüş Süresi			3,14 yıl

Fren sisteminde her oluşan arıza, parça maliyeti ve sefer kayıp maliyetinin yanında, gözükmeyen mali kayıplara sebep olmaktadır. Gözükmeyen kayıpları şu şekilde sıralayabiliriz, kurumsal prestij kaybı, araç transferi için gereken iş gücü kaybı, kumanda merkezi-trafik dispeçerliği ve sorunun bilgilendirildiği üst yönetimin iş gücü kaybı, arızalı araç manevra riskleri v.b. sayılabilir. Bu giderlerle karşılaşmamak adına fren sisteminde aşağıdaki tedbirler alınabilir.

Hidrolik güç ünitelerinin, düzenli periyodik bakımlarının uzman fren sistemi atölyelerinde, ağır bakım süreci gelmeden tamir ve testlerinin yapılması bunların başındadır. Hidrolik hortum kırılmalarının görüldüğü bağlantı noktalarının incelenmesi ve arıza oluşmadan iyileştirilmiş bir tasarım ile düzenli değişimlerinin yapılması gerekmektedir. Hem hidrolik hortum, hem de güç ünitesinde yapılacak iyileştirme ile Fren sistemi üzerinde yaklaşık %38'lik iyileştirme sağlanacaktır.

### 3.5. Aydınlatma Sistemi Arızaları Üzerinden Veri Analizi

2015-2016-2017 yılları arasında T1 Tramay hattında çalışan Bombardier araçlarının aydınlatma sistemi arızaları analiz edilmiştir. Bu analizde açıkça far ampullerinin 3 yıllık süre içinde tamamının değiştiğini görebiliriz.

Tablo 12. T1 Hattı Tramvay Araçları,  
3 Yıllık Aydınlatma Sistemi Arızası Kök Sebep Yüzdeler Oranları

3 Yıllık Aydınlatma Arızaları	Arıza adedi	Yüzde
Far Ampül	282	69,98
Kabin lambası	44	10,92
Yolcu Bölümü Aydınlatması	34	8,44
Aydınlatma İnvörtörü	25	6,2
Sinyal Lambası	11	2,73
Panel Lambası	4	0,99
Dış İşaret Lambası	3	0,74
Toplam	403	100

Tablo 12'de açıkça görüleceği üzere, Aydınlatma sistemi arızalarının yaklaşık %75'i far ampülünden kaynaklanmaktadır. Tramvay filosu içinde, yaklaşık olarak her 3 günde 1 defa far ampülü patlamaktadır. Tramvay araçlarında kullanılan far ampülü halojen tip ampüldür. Teknolojideki gelişmeler sonucu olarak, son yıllarda halojen lamba yerini LED teknolojiye lambalar almaktadır. Bu lambaların ön büyük özelliği düşük enerji harcamakla birlikte, halojen ampullere göre uzun ömürlü olmasıdır. Bu durumda, far ampül dönüşümü yapıldığında, Aydınlatma sisteminin arızaları büyük oranda azalacaktır.



Tablo 13. Günlük Far Çalışma Saati Hesabı

	Açıklama	Değer
3 Yıllık Toplam km	Toplam km 55 araç - 3 yıl	12655536
Yıllık Toplam km	3 Yıllık toplam km / 3	4218512
Günlük Toplam km	Yıllık toplam km / 365 gün	11557,57
Araç başı günlük km	Günlük toplam km / 55 araç	210,1376
Araç başı günlük çalışma saati	km / ortalama işletme hızı	12,36103
Far çalışma saati	Araç başı çalışma saati / 2	6,180517

Tablo 13’de görüldüğü üzere, tramvay araçları günde 12,36 saat çalışmaktadır.

Her tramvayda 2 kabin vardır. Araçlar 2’li dizi olarak çalışmaktadır. Bu çalışma saatinin yarısını bir yönde (Bağcılar yönü), öteki yarısını diğer yönde (Kabataş yönü) çalışarak geçirmektedir. Dolayısıyla far çalışma süresi günde 6,18 (6 saat 11 dakika) saattir.

Mevcut halojen far ampullerinin teknik ömrü 6000 saat olarak kataloglarda geçmektedir. Bizim far ampülü arıza sıklığımız incelendiğinde, halojen far ampullerinin teknik ömürleri yaklaşık olarak katalog değerlerine yakındır.

LED far ampullerinin ömrü ise LED ampül kalitesine göre 30.000 saat ile 50.000 saat arasında olmaktadır. Halojen far ampülünden LED far ampülü dönüşümü yapıldığında 5 ile 8,3 kat uzun ömür beklenmektedir.

Yeni teknoloji LED ampullerde de çok değişik marka ve model bulunmaktadır. LED aydınlatmaların ömrünü kısaltan en büyük etken, LED aydınlatmanın bulunduğu yerdeki aşırı ısınmadır. Bu sebeple alınacak LED lamba, MTBF değeri yüksek ve kaliteli bir soğutma sistemine sahip olan bir ürün olarak seçilmelidir. Ayrıca LED lambaların bir diğer dezavantajı da gerilim dalgalanmalarından etkilenmesidir. Bu sebeple, LED lamba ve gerekirse lambanın invertörü çok iyi seçilmelidir.

### 3.6. Aydınlatma Sistemi Arızaları Maliyet Analizi

Far arızası, aracın servisine mani bir arıza değildir. Yani kapı arızası veya fren arızası gibi far arızası olduğunda araç servisten çekilmez. Genelde gün sonunda veya aracın başka bir sebeple atölyeye geldiğinde veya garaj sahasında parklanma yapılırken bu arızaya bakılır.

Fakat yine de far arızası olduğunda, emniyet riski doğmaktadır. Görsel uyarı ve gece sürüşlerinde makinistin görüşü de azalmaktadır. Dolayısıyla far arızası istenmeyen ve sürüş güvenliği riski oluşturan bir arızadır.

Tablo 14. Far Arızasının Maliyeti

1 Far Arızasının Maliyeti	Açıklama	Maliyetler	Toplam Maliyetler €
Far Ampül Değişimi	0,2 adam saat 1 adam saat 13,6€	0,2x13,6€	2,72 €
1 Far Ampul Fiyatı	1 Far Ampül	3€	3 €
1 Far Ampül Arızası Toplam Maliyeti			<b>5,72 €</b>

Tablo 15. Halojen Far - LED Far Dönüşümü Maddi Geri Dönüş Süresi Hesabı

Maddi Geri Dönüş Hesabı	Açıklama	Maliyetler	Maliyetler TL
1 Far Ampül Arızası Toplam Maliyeti	5,72 €		
1 yıllık arıza sayısı	282 adet / 3 yıl		94 adet/yıl
1 yıllık arıza maliyeti	94 adetx5,72 €		537,68 €
Tüm Far LED Dönüşüm maliyeti	55araç x 4 LED x 15€		3300 €
Geri Dönüş Süresi			<b>6,13 yıl</b>

Tablo 15’de yer alan basit maliyet hesabıyla yaklaşık 6 yılda, halojen lamba’dan LED far lambaya dönüşümü sağlamak kendini amorti edecek ve araçların arıza yapma ihtimali azalacaktır. Böylece sistemde hissedilir bir iyileştirme sağlanmış olacaktır.

#### 4. SONUÇ

Araç performansı yani daha az arıza yapma durumu, RAMS verileri yardımıyla elde edilecek sonuçlar doğrultusunda, sistem üzerinde gerekli iyileştirmeleri yaparak artırılabilir.

Aynı şekilde arıza maliyeti, RAMS verileri yardımıyla elde edilecek sonuçlar doğrultusunda sistem üzerinde gerekli iyileştirmeleri yaparak iyileştirilebilir.

Düzenli bakımın yapıldığı işletmelerde, bakım yapılan sistem üzerinde geliştirme ve iyileştirme yapmak kaçınılmazdır. Yoğun bakım yapılan işletmelerde sistem geliştirme ve iyileştirme üzerine sistematik çalışmalar yapılmalı ve işletmenin ölçeğine bağlı olarak iyileştirme ve geliştirme birimi kurulmalıdır.

Bu örnekte gözüktüğü üzere, data toplamanın önemini bir kez daha ortaya çıkmıştır. Big data içinden anlamlı verilerin çekilmesi ve bunun faydalı amaçlar için kullanılması, sistemlerin, cihazların, araçların v.s. endüstride kullanılan ürünlerin yaşam döngüsü boyunca fayda oranlarını arttıracaktır.

Düzenli bakım yapılan sistemlerde, sadece önerilen aralıklarla bakım yapmak, toplam fayda açısından yetersizdir. Bunun yanında sistemden sürekli geri dönüşler almak gerekir. Bu sistemde ne kadar iyileştirme yapılabilir, neler iyileştirilebilir konusunun sürekli araştırılması gerekmektedir. Bu işlem için RAMS verileri kullanılabilir.

Arıza tamir işlemini gerçekleştirdikten sonra kurumsal bir veri depolama yöntemiyle, örneğin ERP programlarında veri girmek ve bu verileri arşivlemek, ileride oluşacak arızaları önlemek ve sistemi iyileştirip maliyetleri azaltmak adına önemlidir ve bu işlemler için de kullanılabilir.

Arıza kayıt sistemleri, takip edilen ekipmanlar veya sistemler için detaylı ve gruplandırılabilir bilgilere sahip olması gerekmektedir. Veriler doğru sistemlere girilmeli, her arıza ait olduğu sistem veya ekipmana atanmalıdır.

Önemli ekipmanlar, performanslarını takip etmek adına bir seri numarası ile takip edilmelidir.

Detaylı takibini yapmak için kritik sistemler belirlenmelidir. Maliyeti ve riski düşük, arıza yaptığında etkisi fazla olmayan sistemler üzerinde yoğunlaşmaya gerek yoktur. Standartlarda tariflediği gibi, önemli sistemler ve çok arıza yapan sistemler veya ekipmanlar üzerinde iyileştirme yapmak için yoğunlaşmak gerekmektedir.

Bu çalışmanın ilerletilmesi ile, arızalar için harcanan personel gideri, araçları işletmeden çekmenin maliyeti ve ekipman teknik ömrü boyunca ortaya çıkan maliyetler (Life Cycle Cost) hesaplanıp, sistemler veya teknik birimler üzerine yatırım yapılabilirlik kararları verilebilir.

Bu yöntem ile anlamlı hata getirilen raylı sistem araçları RAMS verileri ile araç performansını, bakım ve arıza giderlerini iyileştirmek için kullanılabilir. Bazen küçük bir iyileştirme, çok daha büyük faydalara sebep olabilmektedir.

Bu konu üzerine yeterli Türkçe kaynak bulunmamaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi adına bu konu üzerine akademik çalışmalar yapılmalı, yapılan bu çalışmalar büyük maliyetli projelerde uygulanabilecek düzeyde olmalıdır. Ülkemizde RAMS konusunda uzman personel yetiştirilmelidir.

Gerek yıllar içinde oluşan maliyetlerdeki artma veya azalma yönündeki değişiklikler gerekse teknolojik ilerlemeler, her sistemde iyileştirmeye açık bir alan doğurmaktadır. Her sistem de muhakkak iyileştirilecek bir alan vardır. Bu teknolojik gelişmenin doğal sonucudur.

## KAYNAKÇA

**DIN 31051**, (2012), Fundamentals of maintenance, Grundlagen der Instandhaltung, 15, Deutsche Norm.

**EN13306**, (2017), Maintenance - Maintenance Terminology, 98, BSİ.

**EN50126-1**, (2017), Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS), BSİ.

**EN50126-3**, (2008), Railway Applications -The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) -Part 3: Guide to the Application of EN 50126-1 for Rolling Stock RAM, 62, BSİ.

**Gündoğdu, F., Dal, E.**, (2011), Demiryolu Projelerinde Rams Yönetimi Ve LCC (Life Cycle Cost) Kavramı, Transist 2011 4. Ulaşım Sempozyumu, İstanbul.

**Holmberg, K., Adgar, A., Arnaiz, A., Jantunen, E., Mascolo, J., Mekid, S.**, (2010), E-Maintenance, 531, Springer.

**IEC 60050**, (2014), Uluslararası Elektroteknik Sözlük, International Electrotechnical Vocabulary, 41.

**IEEE 610**, (1990), IEEE Standard Computer Dictionary, 1991. A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries, in IEEE Std 610,1-217.

**Kadioğlu, T., Altay, M.**, (2012), Raylı Sistem Araçlarında RAMS Analizine Giriş Örnek Çalışmalar, TOK 2012, Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Ulusal Toplantısı.

**McLinn, J. CRE.,** (2010), A Short History of Reliability, 7, ASQ Fellow.

**Mobley, R. K.,** (2002), An Introduction to Predictive Maintenance, 459, Elsevier Butterworth-Heinemann.

**Mobley, R. K.,** (2004), Maintenance Fundamentals, 425, Elsevier Butterworth-Heinemann.

**Patra, A.P.,** (2010), Maintenance Decision Support Models for Railway Infrastructure Using RAMS & LCC Analyses, 128, Luleå University of Technology.

**Rapolu, B.,** (2015), Big Data on Rails, 28.12.2019, <https://dataconomy.com/2015/04/predictive-maintenance-big-data-on-rails/>.

**Toprak, T.,** (2010), Hızlı Tren Uygulamasında Emniyet ve Güvenlik Yönetimi, ( En 50126 - Rams ) T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü 2. Bölge YHT Bölge Müdür Yardımcılığı.

**TS-EN 50126,** (2000), Güvenirlilik, Elde Edilebilirlik, Bakım Yapılabilirlik ve Güvenlik (RAMS) Şartnamesi, 64, TSE Türk Standardı.



Araştırma Makalesi / Research Article

**KVKK VE GDPR KAPSAMINDA FİRMALARIN MEVCUT  
DURUM ANALİZİ ÜZERİNE BİR İNCELEME\***

RESEARCH ON FIRMS' CURRENT SITUATION ANALYSIS  
WITHIN THE SCOPE OF THE KVKK AND GDPR

Reyhan Nur SAVAŞ<sup>1</sup>

Abdül Halim ZAIM<sup>2</sup>

Muhammed Ali AYDIN<sup>3</sup>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author  
reyhan.nur.hut@gmail.com

Geliş Tarihi / Received  
12.05.2020

Kabul Tarihi / Accepted  
04.06.2020

**Öz**

Bu çalışmada, bilgi teknolojisi departmanına sahip olan kurumlara anket çalışması yapılarak; KVKK ve GDPR kapsamında kurumların uyum sürecinde, mevcutta bilgi varlıklarına yönelik aldıkları önlemleri saptamak, KVKK ve GDPR ile ilgili temel kavramları bilme düzeylerini ölçerek uyum sürecinin ne derece anlaşıldığı saptanmak istenmiştir. Bahsedilen anket çalışması, İstanbul'da bilişim, teknoloji, eğitim ve endüstri sektöründen birbirinden farklı 38 firma ile temelde 3 ana sorun belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Birinci olarak, firmalardaki yetkili kişilerin bilgi güvenliği farkındalıklarını tespit etmeye yönelik sorular sorulmuştur. İkinci olarak, bu yetkili kişilere KVKK ve GDPR kapsamında temel terimler sorularak uyum sürecini doğru anlayıp anlamadıkları tespit edilmeye çalışılmış ve son olarak firmaların karşılaştıkları ataklar ve bu ataklara karşı alınan tedbirler hakkında teorik bilgi edinilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** BGYS, bilgi güvenliği, GDPR, ISO 27001, KVKK, sızma testleri.

**Abstract**

In this study, a questionnaire study conducted to organizations that have Information Technologies Department; in their adaptation process within the scope of the KVKK and GDPR, it is aimed to determine the precautions that they take for their information assets, and to determine the extent to which the orientation period is understood by evaluating their level of knowledge of basic concepts about the KVKK and GDPR. The mentioned survey study, conducted with 38 different companies in the sectors of informatics, technology, education, and industry in Istanbul; essentially 3 major issues are specified. First, questions enquired to authorized persons at the firm to ascertain their information security awareness. Secondly, within the KVKK and GDPR, fundamental terms are asked to that authorized personnel in order to determine whether they understood the adaptation process right or not. Lastly, theoretical information obtained about the attacks that companies faced, and the measures taken against those attacks.

**Keywords:** GDPR, information security, ISMS, ISO 27001, KVKK, penetration tests.

\*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "KVKK VE GDPR KAPSAMINDA FİRMALARIN MEVCUT DURUM ANALİZİ ÜZERİNE BİR İNCELEME" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. reyhan.nur.hut@gmail.com, Orcid.org/0000-0003-1138-1024.

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. azaim@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-0233-064X.

<sup>3</sup>İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul, Türkiye. aydinali@istanbul.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-1846-6090.

## 1. GİRİŞ

Genel Veri Koruma Yönetmeliği (General Data Protection and Regulation) Avrupa ülkelerinde görülürken, bu düzenlemenin ülkemiz için oluşturulmuş olan Kişisel Verileri Koruma Kanunu (KVKK), ülkemizde 7 Nisan 2016 tarihi itibarıyla firmalarda uyum sürecinin başladığını ve o tarihten 2018 yılına kadar uyum sürecinin tamamlanmış olduğunu ve böylece kanunun artık yürürlükte olduğu kabul edilmiştir. Fakat gerek alınan yetersiz önlemler gerek bu sürecin yeteri kadar anlaşılabilmesi sonucu bugün birçok firmada varlık kaybı, yetersiz teknolojik önlemlerden kaynaklı siber saldırılar, vb. gibi sorunların devam ettiği görülerek aslında kurumlarda bilgi güvenliği meselesinin dikkat edilmesi gereken bir nokta olduğu fikri oluşmaya başlamıştır.

Kurumsal bilgi güvenliğinin sağlanması için kurumun bilgi varlıklarını iyi tanınması, olası riskleri belirlemesi ve gerekli önlemleri alması için yönetsel bir sürecin olması gerekmektedir. Bu aşamaları gerçekleştiren firmaların varlık kaybının, bilgi güvenliğini sağlamak için gerekli aşamaları gerçekleştirilmeyen firmalara oranla daha az olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, kurumsal bilgi güvenliği için tehditleri ve alınması gereken önlemler, yönetsel bir süreç olan Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi (BGYS) ana hatları ile açıklanacak, KVKK ve GDPR kapsamında veri işleme ve veri işleme prensiplerinden bahsedilecek ve bilgi varlıklarının güvenliği için yapılan sızma testleri aşamaları ve bu zafiyet keşif araçlarından bahsedilecektir. Son olarak anket çalışmasında elde edilen veriler verilerle; analiz edilecektir.

## 2. KURUMSAL BİLGİ GÜVENLİĞİ

Bilgi güvenliği kavramını ele alındıktan sonra kurumsal bilgi güvenliğini anlamak daha anlamlı olacaktır. Bilgi güvenliği, varlık olarak ele alınan, yanlış kişiler tarafından ele geçilmesi istenilmeyen bilginin, olası tahribatlardan gerekli teknolojik önlemler ve amaçlar doğrultusunda dijital veya fiziksel ortamda korunması olarak tanımlanabilir (Canbek ve Sağiroğlu, 2006).

Kurumsal bilgi güvenliği, kurumların varlık olarak korunmasını istedikleri bilginin ne olduğunun tespit etmesi, olası tehlikelere karşı güvence altına alınmak istenerek güvenlik açıklarının belirlenmesi ve alınan bu tedbirler vasıtasıyla bilgi varlıklarının güvenliğine yönelik analizlerin yapılmasıdır (Vural ve Sağiroğlu, 2008).

### 2.1. Kurumsal Bilgi Güvenliğine Yönelik Tehditler

Yapılan tanımlar doğrultusunda, kurumlarda bilgi varlıklarının gizliliği, bütünlüğü ve erişilebilirliğini olumsuz olarak etkileyen faktörlere kurumsal bilgi güvenliğine yönelik tehditler olarak bakılabilir. Kurumsal bilgi güvenliğine yönelik tehditler; insan kaynaklı tehditler ve doğa kaynaklı tehditler olarak ele alınır (Yaşar ve Çakır, 2015).

İnsan kaynaklı tehditler; bilgi güvenliğini olumsuz etki edecek sonuçlar meydana getiren kasıtlı veya kaza ile bireylerin oluşturduğu tehlike çeşididir. İnsan kaynaklı tehditler, kurum içindeki kişilerden veya kurum dışındakilerden gerçekleşmesi mümkündür (İrmak ve Baz, 2019).

Kurumların karşılaşılabilecekleri en yaygın tehditler aşağıda belirtildiği gibidir (İrmak ve Baz, 2019):

Tablo 1. Kurumsal Bilgi Güvenliğinde En Yaygın Tehditler

Veri İhlalleri ve Bilgi Sızıntısı
Sosyal Mühendislik
İzinsiz İndirmeler
Kötücül Yazılımlar
Spam
Kod Enjeksiyonu
Hizmet Aksattırma
Dağıtık Hizmet Aksattırma
Kimlik Hırsızlığı
Gelişmiş Sürekli Tehdit
Botnet
Fiziksel Zarar Verme ve Hırsızlık

1. Veri İhlalleri ve Bilgi Sızıntısı: bilginin kasıtlı veyahut kasıtsız olarak açığa çıkması veri ihlali olarak adlandırılırken; firmalardaki teknik sistem bilgisinin ortaya çıkmasına bilgi sızıntısı denir.
2. Sosyal Mühendislik: saldırganın e-posta, telefon görüşmeleri, vb. gibi yollarla kurbanları kandırarak kişisel bilgileri elde etmesi ile sonuçlanan tehdit çeşididir.
3. İzinsiz İndirmeler: zararlı kod bulunan bir siteye saldırıya uğrayacak olan kişinin girmesi ile bu kodun kurbanın sistemlerine yerleşmesi ve bu sistemlerde bulunan zafiyetlerin keşfedilip; kullanılmasıyla gerçekleşecek olan tehdit çeşididir.
4. Kötücül Yazılımlar: İstenilen verilerin elde edilmesi amacıyla sistemlere yönelik zafiyetleri bulan tehdit çeşididir. Örneğin; istismar kodları, Truva atları, vb., gibi.
5. Spam: kötücül yazılımların yayılmasını sağlayan ve genelde e-posta üzerinden yayılan tehdit çeşididir.
6. Kod Enjeksiyonu: saldırıya uğrayan kişinin sistemlerinde bulunan güvenlik açığı göz önüne alınarak, saldırganın bu sistemleri ilgili açıklarla sömürmesi sonucu oluşan tehdit çeşididir. Örneğin; SQL Enjeksiyonu, SSL Enjeksiyonu, vb., gibi.
7. Hizmet Aksattırma (DoS): Saldırıya uğrayan sistemlerin veri tabanlarının gereksiz sorgularla meşgul edilmesi ile gerçekleşen tehdit şeklidir.
8. Dağıtık Hizmet Aksattırma (DDoS): Hizmet aksattırma tehdidinden farklı olarak; saldırıya uğrayan firmaların sistemlerindeki veri tabanlarına birden fazla saldırgan tarafından aynı anda yüklenmesi gerçekleşen tehdit şeklidir.
9. Kimlik Hırsızlığı: saldırıya uğrayan kişinin kredi kartı, kimlik bilgileri, vb., gibi kişisel bilgilerinin dolandırıcılık amacıyla kullanılması sonucu oluşan tehdit biçimidir.
10. Gelişmiş Sürekli Tehdit (APT): devletler ve gruplar arasında gerçekleşen ve siber alanda ulaşılmak istenilen bir nokta belirlenerek gerçekleşen tehdit çeşididir.

11. Botnet: saldırıya uğrayan kişilerin sistemlerine güvensiz olan ortamlardan yapılan indirmeler sonucunda yüklenen ve bot adı verilen bilgisayarların bir araya gelerek bir ağ oluşturması (botnet) sonucu oluşan tehdit çeşididir.
12. Fiziksel Zarar Verme ve Hırsızlık: doğal afetler sonucu karşılaşılması mümkün olan ve kurum içindeki cihazların çalınması gibi durumlar sonucu oluşabilecek olan tehditlerdir.

Doğa kaynaklı tehditler; doğal afetler (deprem, sel, vb., gibi) sonucu oluşabilecek olan tehditlerdir (Yaşar ve Çakır, 2015).

## 2.2.Kurumsal Bilgi Güvenliğine Yönelik Önlemler

Belirtilen tehditler sonucu firmaların bilgi varlıklarına yönelik almaları gereken önlemler ise; eğitim ve çalışanların farkındalıkları, çalışanların yetkilendirme denetimi, yönetsel ve teknolojik önlemler ve son olarak yedekleme ve felaket kurtarma merkezi olarak sıralanabilir (Irmak ve Baz, 2019).

Tablo 2. Kurumsal Bilgi Güvenliğine Yönelik Önlemler

Eğitim ve Çalışanların Farkındalıkları
Çalışanların Yetkilendirme Denetimi
Teknolojik ve Yönetsel Önlemler
Yedekleme ve Felaket Kurtarma Merkezi

### 2.2.1. Eğitim ve çalışanların farkındalıkları

Kurumun, çalışanlarına olası saldırılara karşı bilgilendirilmelerine yönelik eğitim gibi faaliyet düzenleyerek saldırıları önleyebilecekleri yöntemdir (Irmak ve Baz, 2019).

### 2.2.2. Çalışanların yetkilendirme denetimi

Kurum çalışanlarının çalıştıkları alanlarla ilgili kısımlara erişebiliyor olması yani sunucu odasına sistem ile ilgilenen kişilerin girip işlem yapması ya da çalışanların görev tanımı dışındaki alana erişememesi olarak da tanımlanabilir (Irmak ve Baz, 2019).

### 2.2.3. Teknolojik ve yönetsel önlemler

Teknolojik önlemleri yazılım ve donanım tabanlı olarak ele alınır (Tan ve Aktaş, 2011). Bunlar: güvenlik duvarı, ağ erişim kontrolü, veri kaçaklarını önleme sistemi, zafiyet tarama sistemleri, saldırı tespit sistemleri, vb. gibi.

Yönetsel önlemler ise, kurumların bilgi varlıklarını korumanın kompleks yapıda olduğu ve disiplin odaklı denetimsel bir çalışma gerektirdiğinden dolayı Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi (BGYS) gibi bir yönetim sistemi ile alınabilir (Vural ve Sağiroğlu, 2008).

### 2.2.4. Yedekleme ve felaket kurtarma merkezi

Kurumların iş sürekliliklerinin sağlanması, bilgi varlıkları olan verinin yedeklenmesi ve sistemlerde sürekli olarak gerçekleşen veri akının kesintisiz devam etmesi için bir yedekleme ve felaket kurtarma merkezi alınabilecek en iyi önlemlerden biridir (Can ve Akbaş, 2014).



### 3. BİLGİ GÜVENLİĞİ YÖNETİM SİSTEMİ (BGYS)

Kurumsal bilgi güvenliği teknolojik altyapı, çalışanlar, sistemsel süreçler ve bilgi sistemlerini kapsayan, bu kavramları bir yapı altında toplayan bir yandan da denetimsel ve yönetsel bir merkezi noktaya ihtiyaç duyulmuştur. Kurumlarda bu ihtiyacı karşılayan ve her bir olgunun risk analizini hesaplayıp riskleri minimize eden bir BGYS oluşturulmalıdır. ISO 27001 standartları kapsamında olan BGYS kurumlardaki yönetsel sistemin bir parçasıdır (Şen ve Yerlikaya, 2013).

ISO 27001, BGYS'nin kabul edilebilir olması için gerekli aşama ve adımları belirten ve kurumların bilgi güvenliklerini nasıl sağlayabileceğinin belirten ve bu işlem için model sunan bir dokümandır. BGYS'nin süreklilik gerektirdiği göz önüne alındığında, kurumun politikaları doğrultusunda riskleri kontrol etmek ve BGYS'nin başarımını takip etmek, ihtiyaçlar doğrultusunda revize etmek gerekir. Buradan yola çıkarak BGYS'de Planla- Uygula- Kontrol Et-Önlem (PUKÖ) döngüsü temel alınmıştır (Gülmüş, 2010).

#### 3.1. BGYS Oluştururken Yapılacak Adımlar

Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemini oluşturmak isteyen kurumların, bilgi varlıkları doğrultusunda güvenlik politikaları oluşturmalı, varlıkları belirlenmeli, olası veri sızıntıları gibi durumların senaryolarını önceden belirleyerek ilgili durumlar ile riskler ve alınması gereken önlemler tespit edilmeli yani bilgi güvenliklerinin organizasyonunu sağlamaları gerekir. Kurumun fiziksel güvenliğinin sağlanması ve çalışanların erişim sağlayacakları alanlar belirlenerek; erişim denetim politikası belirlenmeli ve yapılan bu adımların sürekli kontrol edilmesi ve revize edilmesi ile gerçekleşen süreçtir (Yılmaz, 2014).

### 4. KİŞİSEL VERİLERİN KORUNMASI KANUNU (KVKK) ve GENEL VERİ KORUMA YÖNETMENLİĞİ (GENERAL DATA PROTECTION AND REGULATION- GDPR)

Bu bölümde Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) ve Genel Veri Koruma Yönetmenliği (GDPR) tanımları verilerek genel olarak veri işleme ilkelerinden bahsedilecektir.

#### 4.1. Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK)

7 Nisan 2016 tarihinde yürürlüğe giren, kişisel verinin işlenmesinde verinin işlendiği kişinin temel hak ve özgürlüklerinin korunması temel alınarak, bu verileri işleyenlerin uymaları gereken usulleri kapsayan bir düzenlemedir (Kişisel Verileri Koruma Kurumu [KVKK], 2018).

Veri işleme kurallarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. Ülkemizde bulunan hukuk sistemine uygun ve dürüstlük kurallarıyla örtüşmeli,
2. Veriye ihtiyaç duyulduğunda, verinin doğrulanabilir ve güncel olmalı,
3. Verinin işlendiği amaçla ilgili, sınırlı ve ilişkili, gerekli zaman boyunca muhafaza edilmelidir.

#### 4.2. Genel Veri Koruma Yöntemleri (GDPR)

25 Mayıs 2018 tarihinde yürürlüğe giren ve Avrupa Birliği ülkelerinde bulunan tüm vatandaşlar için verilerinin gizliliği ve korunması amacıyla oluşturulan bir düzenlemedir (IAB, bt).

Veri işleme kurallarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. Veri işlemede şeffaf ve hukuka uygun olmalı
2. Verilerin ilişkili olduğu amaçla sınırlanmalı
3. Veri kalitesi, doğruluğu ve hesap verilebilirliği olmalı
4. İlgili verinin tutulmasındaki zaman kısıtlanmalı
5. Verinin gizliliği ve bütünlüğü korunmalıdır (Kişisel Verilerin Korunması Platformu [KVKK], 2019).

Bu iki kanun birbiri ile kıyaslandığında iki düzenlemenin de kişisel verilerin ilişkili olduğu kişinin korunmasının amaç olarak alındığı, şeffaflığın ve hukuka uygunluğun önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

## 5. SIZMA TESTLERİ

Kurumların ağ altyapılarını, yazılım ve donanımları ile uygulamalarını kısacası bilişim sistemlerine saldırganın saldırabilme ihtimali düşünülerek; sistemlere siber saldırı yapılmasıyla zafiyetlerin keşfedilmesine, bu senaryoların simüle edilmesi ve gerçekleşen bu adımların raporlanmasıdır (Secops, bt). Üç farklı şekilde gerçekleştirilebilir:

1. Black box: Testi yapacak olan kişi/kişinin kurumun bilgisi dahilinde olmaksızın sadece hedef sistem gösterilere yapılan sızma testi çeşididir (Secops, bt).
2. White box: Testi yapacak olan kişi/kişilerin kurumun bilgisi dahilinde ilgili sistem bilgileri verilerek yapılan sızma testi çeşididir (Secops, bt).
3. Gray box: Black box ve White box testlerini kapsayan ve seviyesi düşük yetkilerle kurumun sistemlerine sızma denetimi gerçekleştiren sızma testi çeşididir (Secops, bt).

Sızma testleri yapılırken gerçekleştirilen adımlar;

- Gerçekleşecek olan saldırı önce planlanır,
- Kurumun bilgi varlıkları hakkında bilgi toplanır,
- İlgili sistemlere saldırı gerçekleştirilerek zafiyetler bulunur,
- Bulunan zafiyetler olası sömürü senaryoları dahilinde kullanılır,
- Son olarak bu senaryolar, alınan aksiyonlar raporlanarak kurumda yetkili kişiye ilgili rapor teslim edilir (Vural ve Sağiroğlu, 2010).

### 5.1. Sızma Testlerinde Kullanılan Araçlar

Bu bölümde, sızma testleri gerçekleştirilirken kullanılan araçlar ele alınacaktır.

#### 5.1.1. Bilgi toplama araçları

Bilgi toplama aşamasında, en etkili aşama kurumun sosyal medya hesapları, resmi web siteleri incelenebilir. Ayrıca Bilgi toplama aşaması aktif ve pasif tarama araçları olarak iki kısımda incelenebilir (Beyaznet, 2019).

Pasif Bilgi Toplama; ilgili hedefle bilgi toplamanın yapıldığı fakat bu ilgilinin haberi olmayan bilgi toplama çeşididir. Örneğin; Whois, nslookup, vb. gibi.

- Whois; hedef alınan kurumun alan adının sorgulanması ile tutulan kayıtları keşfeden servistir.
- Nslookup; nslookup dns sorgusunun yapılması ile kullanıcı alan adını ve ip adreslerini bulan bir araçtır (Beyaznet, 2019).

Aktif Bilgi Toplama; ilgili hedefle bilgi toplamanın yapıldığı ve pasif bilgi toplamanın aksine ilgili kişinin haberinin olduğu bilgi toplama çeşididir. Örneğin; Sandmap, BruteX, vb. gibi.

- Sandmap; ilgili hedefin sistem ve ağlarını keşfeden ve yaygın bir araç olan nmap'i kullanan bir bilgi toplama aracıdır.
- BruteX; ilgili hedefin SSH gibi protokollerinin kullanılmasına olanak sağlayan ve kaba kuvvet saldırısı uygulanmasını sağlayan bilgi toplama aracı çeşididir (Beyaznet, 2019).

### 5.1.2. Zafiyet tarama araçları

Zafiyet tarama araçları, kurumun sahip olduğu servisleri, ağ mimarisi bilgisayarları, portları, vb., gibi sistemlerin taranarak var olan güvenlik zafiyetlerini keşfeden araçlardır. Örneğin; Nessus, Nmap, vb. gibi.

- Nmap; kurumun işletim sistemlerinin ve servislerinin tespit edilmesi ve ağ haritasının çıkarılmasını sağlayan zafiyet tarama aracıdır.
- Nessus; kurumun sistemlerinde var olduğu bilinen güvenlik açığını denetleyerek; varsa bu güvenlik açığını oluşturduğu raporun içerisine dahil eder (Sparta Bilişim, bt).

Ayrıca web üzerindeki güvenlik açıklarını tespit eden ve kurumlarca tespit edilen web güvenlik zafiyetlerini keşfeden araçlarda vardır. Örneğin; Netsparker, Burpsuite, vb. gibi (Vural ve Sağıroğlu, 2007).

Bilgi toplama ve zafiyet tarama araçları kullanılarak; kurumlardaki zafiyetler tespit edilir ve böylece elde edilenler rapor edilerek sızma testleri tamamlanır.

## 6. BULGULAR

Yapılan anket çalışmasında KVKK ve GDPR kapsamında kurumların uyum sürecinde uygulamaya başladıkları kanunsal tedbirlerin boyutu ve idrak seviyesi analiz edilmek istenmiştir. Bu minvalde ankette elde edilmek istenen 4 boyut belirlenmiştir.

1.Sektörlerin KVKK ve GDPR kapsamındaki uyum sürecinde aldıkları önlemleri, idrakleri sektör bazlı karşılaştırarak; sektörlerin ne şekilde uyum sağladığını analiz etmek;

2.Kurumlarda BGYS olduğunu belirten firmaların aldıkları önlemleri, BGYS gereği alınması ve yapılması gerekenleri yapıp yapmadıklarını saptamak;

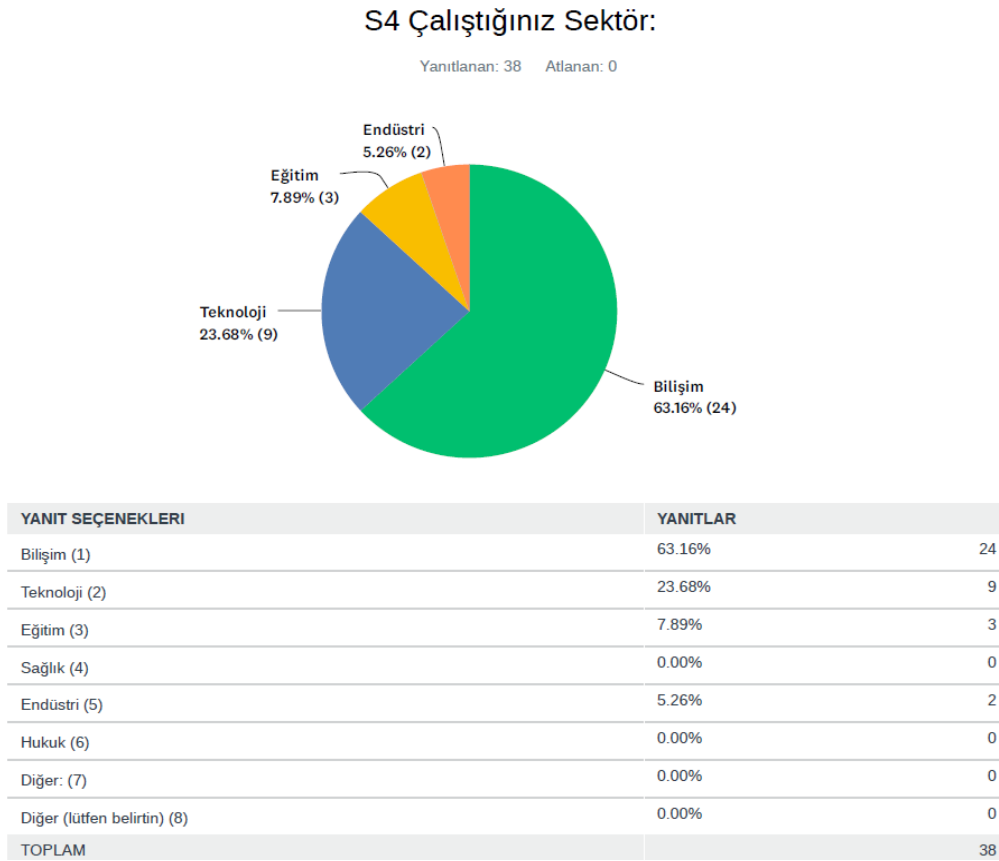
3.KVKK ve GDPR kapsamında firmaların Kişisel Verileri Korumadaki mantığı kavramsal boyutta idrak seviyesini ölçmek;

4.KVKK ve GDPR kapsamındaki uyum sürecinde, bu sürecin desteklenmesi gereken BGYS ‘nin gereklerinden biri olan sızma testi uygulayan firmaların, aldıkları önlem ve tedbirlerin seviyesini analiz etmektir.

Belirlenen bu 4 kapsamda, 38 firmadan bilgi teknoloji direktörlüğü ve alt birimlerinden bilgi güvenliğinden sorumlu yetkililerle görüşülmüş ve anket soruları yanıtlanmıştır. Anket 4 bölümden oluşur. İlk bölümde katılımcıları ve kurumları tanımaya yönelik sorular sorulmuştur. İkinci bölümde ise; kurumların bilgi güvenliği farkındalığını ölçmeye yönelik, üçüncü bölümdeyse; firmalara kavramsal olarak KVKK ve GDPR uyum sürecinde bilmeleri gereken kavramları sorulmuş ve son bölümdeyse; firmaların uğradıkları saldırılar ve bu saldırı çeşitlerine karşı alınan tedbirlerin yeterliliği saptanmak istenmiştir.

Anketin temel problem konuları ile alakalı belirli sorular verilerek yapılan çalışma hakkında bilgilendirme yapılacaktır.

Şekil 1’ de katılımcılara çalıştıkları sektörler sorulmuş ve 38 kişiden 24 kişinin bilişim, 9 kişinin teknoloji, 3 kişinin eğitim ve 2 kişinin endüstri sektöründe çalıştığı tespit edilmiştir.



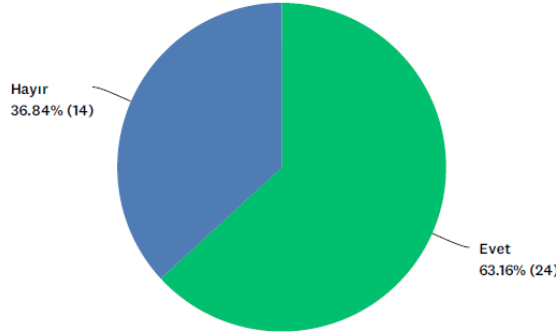
Şekil 1. Uygulanan Ankette Katılımcıların Sektör Tespiti

Şekil 2’de katılımcılara firmalarında bilgi güvenliğine yönelik eğitim, seminer gibi etkinliklerin düzenlenip düzenlenmediği sorulduğunda, 38 firmadan 24’ü evet cevabını verirken; 14 kişinin hayır dediği gözlemlenmiştir.

Verilen cevaplar doğrultusunda; 24 firmada bilgi güvenliğine yönelik eğitimlerin düzenlenmesi, KVKK ve GDPR uyum sürecinde firmaların aldığı tedbirlerin arasında, çalışanların farkındalıklarını arttırmaya yönelik faaliyet düzenlediği; hayır diyen 14 yetkili kişinin firmalarında çalışanların farkındalığına yönelik bir aksiyon almadıkları söylenebilir.

### S6 Kurumunuzda Bilgi Güvenliğine yönelik eğitim, seminer vs. düzenleniyor mu?

Yanıtlanan: 38 Atlanan: 0



YANIT SEÇENEKLERİ	YANITLAR	
Evet (1)	63.16%	24
Hayır (2)	36.84%	14
TOPLAM		38

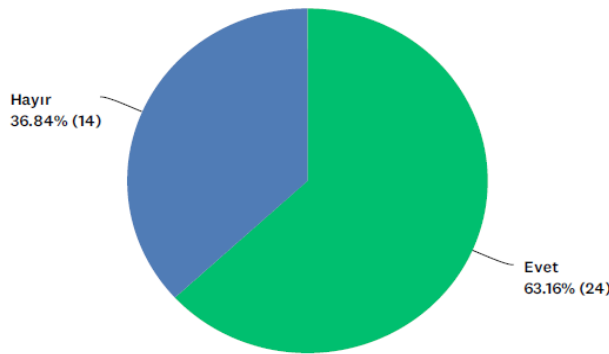
Şekil 2. Uygulanan Ankette Firmaların Eğitim Verme Oranı

Şekil 3’de katılımcılara firmalarında Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi mevcut mu diye sorulduğunda, 24 kişi evet derken; 14 kişinin hayır cevabını verdiği gözlenmiştir.

Verilen cevaplar doğrultusunda; BGYS bulunan firma sayısının azlığı KVKK ve GDPR uyum sürecinde firmaların etkin bir şekilde bu süreci disipline edemedikleri görülür. Çünkü bilgi varlıklarının güvenliğinin takibi, kompleks ve karmaşık bir yönetimsel sürece ihtiyaç duyar. Bu nedenle, BGYS 24 firmanın uyum sürecinin kolaylaştırırken, 14 firma bu kolaylıktan faydalanmadığı ifade edilebilir.

### S7 Kurumunuzda Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi (BGYS) mevcut mu?

Yanıtlanan: 38 Atlanan: 0



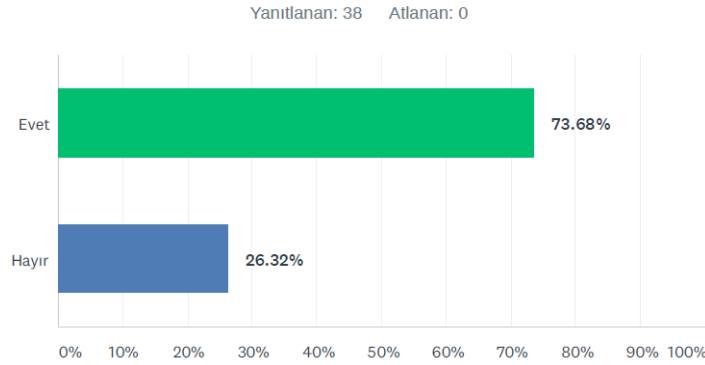
YANIT SEÇENEKLERİ	YANITLAR	
Evet (1)	63.16%	24
Hayır (2)	36.84%	14
TOPLAM		38

Şekil 3. Uygulanan Ankette Firmaların BGYS Bulundurma Oranı

Şekil 4’de katılımcılara firmalarında teknolojik altyapılarına uygun önlemler aldığınızı düşünüyor musunuz sorusu sorulduğunda, 38 firmadan yetkili kişilerin 28 evet, 10 hayır cevabı verildiği görülmüştür.

Verilen cevaplara istinaden, teknolojik altyapılarına uygun önlem almadığını düşünen 10 firmanın BGYS bulundurmeyen firmalar olduğu düşünülebilir. Çünkü BGYS yönetsel süreci disipline eden politikalar bütünüdür, bu sebeple yeterli önlem almadığını düşünen firmaların denetimsel bir sürece ihtiyaç duyduğu saptanmıştır.

#### S9 Kurumunuzda teknolojik altyapınıza uygun önlemler aldığınızı düşünüyor musunuz?



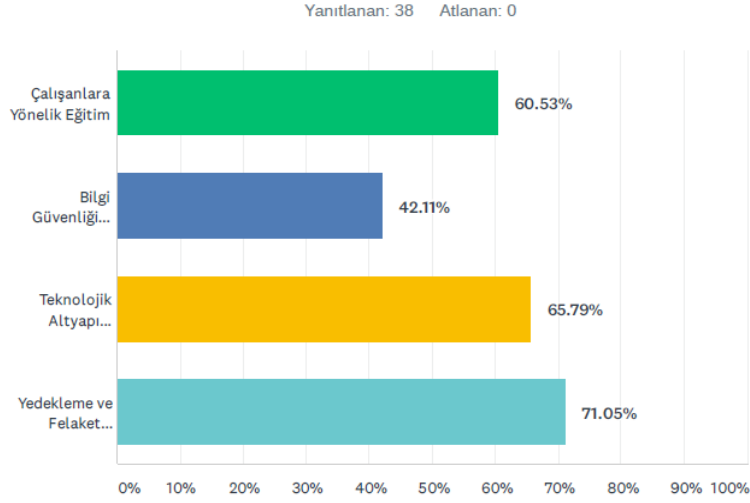
YANIT SEÇENEKLERİ	YANITLAR	
Evet (1)	73.68%	28
Hayır (2)	26.32%	10
TOPLAM		38

Şekil 4. Uygulanan Ankette Firmaların Teknolojik Altyapı Oranı

Şekil 5’de katılımcılara, firmalarında bilgi güvenliğini sağlamak için aldıkları önlemler sorulmuş ve 38 firmadan 23 yetkili kişinin çalışanlara yönelik eğitim cevabını verdiği, 16 yetkili kişinin bilgi güvenliği yönetim sistemi kullandığı, 25 kişinin teknolojik altyapı güçlendirme çalışmaları yaptığı ve 27 kişinin de yedekleme ve felaket kurtarma merkezi bulundurduğu tespit edilmiştir.

Verilen cevaplara istinaden, alınan önlemlere bakıldığında BGYS’yi önemli bir tedbir olarak görenlerin sayısının 16 olması, firmasında BGYS bulunduğunu ifade eden 24 firma olduğu düşünüldüğünde 8 firmanın aslında bu süreci yeteri derecede anlamadığı ifade edilebilir. Ayrıca teknolojik altyapı güçlendirme ve firmaların yedekleme ve felaket kurtarma merkezi bulundurması ise bilgi varlığı kaybı oranını azaltırken; firmaların somut önlemlere daha çok önem verdiği saptanmıştır.

S12 Kurumunuzda Bilgi Güvenliğinizi sağlamak için aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri aldığınız önlemler arasında bulunmaktadır?  
(Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz)



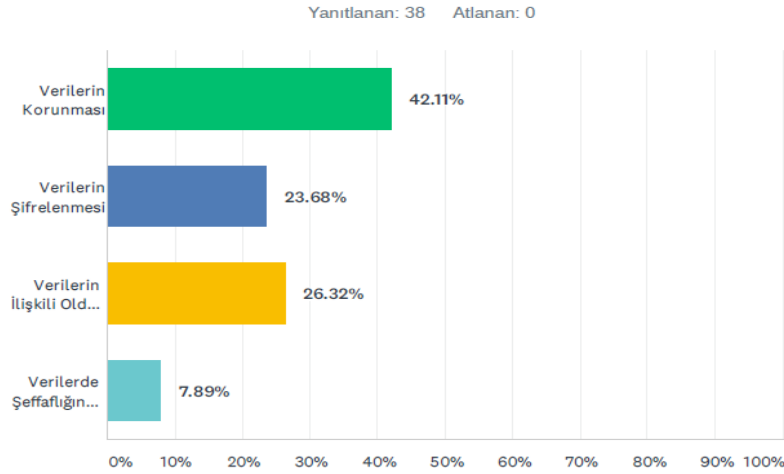
YANIT SEÇENEKLERİ	YANITLAR	
Çalışanlara Yönelik Eğitim (1)	60.53%	23
Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi (2)	42.11%	16
Teknolojik Altyapı Güçlendirme (3)	65.79%	25
Yedekleme ve Felaket Kurtarma Merkezi (4)	71.05%	27
Toplam Yanıtlayan: 38		

Şekil 5. Uygulanan Ankette Firmaların Aldıkları Güvenlik Önlemleri

Şekil 6'da firmaların kavramsal olarak KVKK ve GDPR kapsamında kişisel verilerin korunması ne anlama gelir sorusu sorulduğunda, 38 firmadan 16 kişinin kişisel verilerin korunması, 9 kişinin verilerin şifrenmesi, 10 kişinin verilerin ilişkili olduğu kişilerin korunması diyerek doğru cevap verdiği görülürken; 3 kişinin de verilerde şeffaflığın korunması cevabını verdiği saptanmıştır.

Verilen cevaplara istinaden, doğru cevap verenlerin sayısının 10 olması KVKK ve GDPR uyum sürecinde firmalarda kavramsal noktaları idrakte noksanlıklar olduğu, kişisel verilerin korunması kavramının anlamının ilgili düzenlemeleri anlama ve uygulama da önemli bir adım olduğu söylenebilir.

### S20 Aşağıdakilerden hangisi KVKK ve GDPR kapsamında Kişisel Verilerin Korunması anlamına gelmektedir?



YANIT SEÇENEKLERİ	YANITLAR	
Verilerin Korunması (1)	42.11%	16
Verilerin Şifrelenmesi (2)	23.68%	9
Verilerin İlişkili Olduğu Kişinin Korunması (3)	26.32%	10
Verilerde Şeffaflığın Korunması (4)	7.89%	3
TOPLAM		38

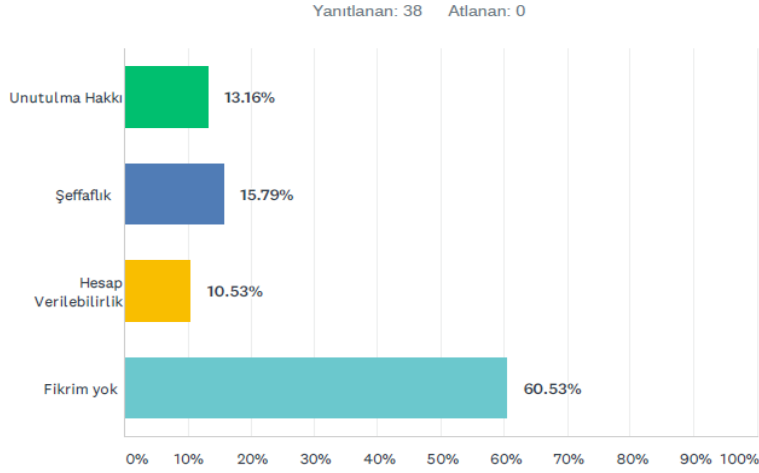
Şekil 6. Uygulanan Ankette Firmaların Kavramsal Bilgi Oranı

Şekil 7’de firmalara KVKK ve GDPR arasındaki temel farklar sorulmuş ve 38 firmadan 5 yetkili kişinin unutulma hakkı diyerek doğru cevap verdiği, 6 kişinin şeffaflık, 4 kişinin hesap verilebilirlik ve 23 kişinin fikrim yok cevabını verdiği görülmüştür.

Verilen cevaplara istinaden, KVKK ve GDPR sürecinde firmaların daha çok kavramsal noktada eksiklikleri olduğu; fikrim yok diyen 23 firmanın olması KVKK ve GDPR arasındaki temel kavramın bilinmediğini ve mantık yürütülemediği ifade edilmiştir. KVKK ve GDPR uyum sürecinde firmaların kavramsal noktalarda yetersiz olduğu düşünülürken, aynı zamanda aradaki temel farklardan birinin de bilinmediği söylenebilir.



### S22 Aşağıdakilerden hangisi KVKK ve GDPR arasındaki temel farklar olarak ifade edilebilir?



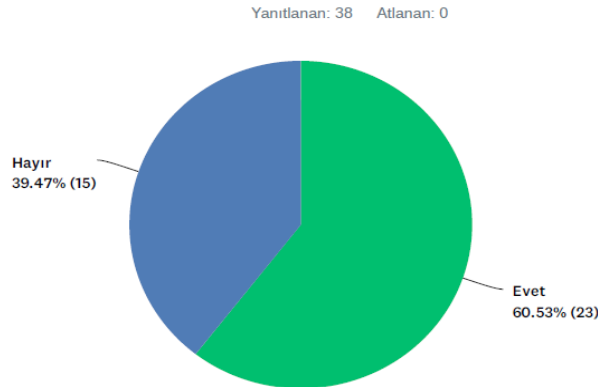
YANIT SEÇENEKLERİ	YANITLAR	Oran (%)
Unutulma Hakkı (1)	13.16%	5
Şeffaflık (2)	15.79%	6
Hesap Verilebilirlik (3)	10.53%	4
Fikrim yok (4)	60.53%	23
TOPLAM		38

Şekil 7. Uygulanan Ankette Firmaların Kavramsal Bilgi Grafiği

Şekil 8'de katılımcılara firmalarında bilgi varlıklarını koruma amacıyla sızma testleri yapılır mı diye sorulduğunda, 38 firmadan 23 kişinin evet, 1 kişinin hayır dediği görülmüştür.

Verilen cevaplara istinaden, kurumlarında BGYS olduğunu ifade eden 24 firmanın 23'ünde sızma testleri yapıldığı, kurumun ihtiyacı olan önlemi sağlamada önemli bir adım olan sızma testi, bu 23 firmanın da bilgi varlıklarını korumaya yönelik gerekli ve yeterli tedbirleri alabileceği söylenebilir.

### S31 Kurumunuzda düzenli olarak Bilgi Varlıklarınızın güvenliğini sağlamak amacıyla Sızma Testleri yapılır mı?



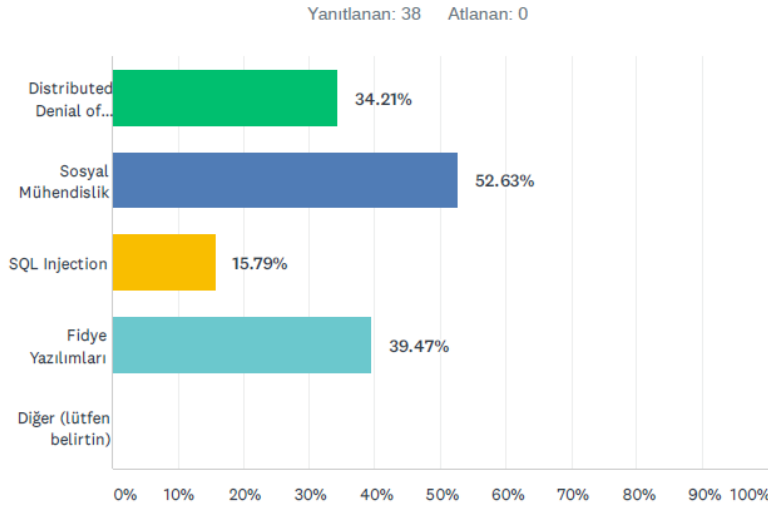
YANIT SEÇENEKLERİ	YANITLAR	Oran (%)
Evet (1)	60.53%	23
Hayır (2)	39.47%	15
TOPLAM		38

Şekil 8. Uygulanan Ankette Firmaların Sızma Testi Yaptırma Oranı

Şekil 9’da yetkili kişilere kurumlarında en çok karşılaştıkları atak türleri sorulduğunda 38 firmadan 13 yetkili kişinin DDoS saldırısı ile karşılaştığı, 20 kişinin sosyal mühendislik saldırısına uğradığı, 6 kişinin Sql Injection ve 15 firmanın fidye yazılımları ile karşılaştığı tespit edilmiştir.

Verilen cevaplara istinaden, en çok yapılan saldırının sosyal mühendislik saldırısı olması, kurum çalışanlarının aslında saldırıya uğramada en zayıf halka olduğu yapılan bu çalışmada tespit edilirken; kurumların çalışanlarına bilgi güvenliği farkındalığına dair eğitim gibi etkinliklerini vermesi bu saldırıya karşı alabilecekleri en önemli tedbir olduğu söylenebilir.

### S33 Kurumunuzda en çok karşılaştığınız atak türleri nelerdir?



YANIT SEÇENEKLERİ	YANITLAR	
Distributed Denial of Service (DDOS) (1)	34.21%	13
Sosyal Mühendislik (2)	52.63%	20
SQL Injection (3)	15.79%	6
Fidye Yazılımları (4)	39.47%	15
Diğer (lütfen belirtin) (5)	0.00%	0
<b>Toplam Yanıtlayan: 38</b>		

Şekil 9. Uygulanan Ankette Firmaların En Çok Karşılaştıkları Atak Türleri

## 7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yapılan anket çalışmasında elde edilen veriler sonucu;

- 38 firmadan sadece 24 firmada bilgi güvenliğine yönelik farkındalık eğitimleri verilirken 14 firmada verilmediği ve firmalara yapılan saldırıların belli bir çoğunluğunun zayıf halka olan insana yapıldığı göz önünde bulundurulduğunda bu oranın yetersiz olduğu,
- 38 firmadan 24 firmada Bilgi Güvenliği Sistemi bulunduğu ve 14 firmanın KVKK ve GDPR uyum süreci kapsamında yönetimsel bir süreç olan BGYS'yi kullanma oranının yetersiz olduğu,

- 38 firmadan 28 firmanın teknolojik altyapılarına güvendiği ve 10 firmanın firmanın yetersiz gördüğü tespit edilmiştir. Bu 10 firmada BGYS olmadığı varsayılırsa, yeterli önlem alınmama nedeninin bu sonuca bağlı olduğu,
- 38 firmaya aldıkları teknolojik önlemler sorulduğunda 16 firmanın BGYS'ye dikkat ettiği ve bunun yanında teknolojik önlemler, yedekleme ve felaket kurtarma merkezi ve çalışanlarına farkındalık eğitimleri vermeye de dikkat ettiği ve istenilen tablonun 16 firmada görüldüğü,
- 38 firmaya KVKK ve GDPR kapsamında kişisel verinin korunması nedir diye sorulduğunda, sadece 10 kişinin doğru cevap vermesi ve KVKK ve GDPR arasındaki temel farkın unutulma hakkı olduğu cevabını ise; sadece 5 kişinin doğru olarak cevap vermesi uyum sürecinde firmaların mevcut durumlarının zayıf olduğu,
- 38 firmadan sızma testi yaptıran 23 firma olması, BGYS olduğu cevabını veren 24 kişi olduğu düşünüldüğünde 1 firmanın BGYS gereklerini yerine getirmediği,
- 38 firmaya en çok karşılaştıkları atak türü sorulmuş ve 20 firmadan sosyal mühendislik cevabı alındığı görülmüştür böylece bilgi güvenliğine yönelik firmalarında farkındalık eğitimleri veren 24 firmanın yapılan bu saldırıya binaen kurumlarda eğitim veriliyor oluşu çalışanların farkındalıklarını arttırdığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; KVKK ve GDPR kapsamında firmaların mevcut durum analizi incelendiğinde, belirlenen 4 yaklaşımda bilişim sektörünün bu konuya daha çok önem verdiği, bilgi güvenliği yönetim sistemi bulunduran firmaların sayısının yetersiz fakat uyum sürecinde uyguladıkları sistemle daha disiplinli bir şekilde süreci ilerlettiği, kişisel veri korunması kavramının anlaşılma oranının düşük olduğu ve saldırılara karşı alınan önlemlerin daha işe yarar olmasını sağlayan sızma testleri yaptıran firmaların sayılarının yetersiz olduğu ve bu yüzden firmaların sistemlerinin ihtiyaç duydukları tedbirleri almada sayıca az oldukları tespit edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara bakılarak Kişisel Verileri Koruma Kurumu ve diğer ilgili kurumlar tarafından firmalara, kavramlar ve düzenlemeler hakkında eğitim vermeleri gerektiği, KVKK ve GDPR uyum sürecinde firmaların doğru bildikleri yanlışları görmeleri için uyguladıkları BGYS'nin yetkili kurumlar tarafından belirli periyotlarla denetlenmesi gerektiği ve bu denetlemenin ne şekilde gerçekleşmesi gerektiği gelecekteki çalışmaların arasında düşünülebilir.

Ülkemizde KVKK ve GDPR uyum sürecinde firmaların mevcut durum analizi üzerine yeterli çalışma olmadığı ve yapılan bu araştırmanın ileride yapılacak olan akademik çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

**Beyaznet**, (2019), Sızma Testlerinde Bilgi Toplama Araçları, 10.05.2020, [https://www.beyaz.net/tr/guvenlik/makaleler/sizma\\_testitlerinde\\_bilgi\\_toplama\\_araclari.html](https://www.beyaz.net/tr/guvenlik/makaleler/sizma_testitlerinde_bilgi_toplama_araclari.html).

**Can, Ö., Akbaş, M.**, (2014), “Kurumsal Ağ ve Sistem Güvenliği Politikalarının Önemi ve Bir Durum Çalışması”, TUBAV Bilim Dergisi, 7, 16-31.

**Canbek, G., Sağiroğlu, Ş.**, (2006), “Bilgi, Bilgi Güvenliği ve Süreçleri Üzerine Bir İnceleme”, Politeknik Dergisi, 9, 165-174.

**Gülmüş, G.**, (2010), Kurumsal Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Güvenliği, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 155, İstanbul.

**IAB**, (2020), 08.05.2020,

[https://www.iabturkiye.org/UploadFiles/Reports/iab\\_GDPR452018173051.pdf](https://www.iabturkiye.org/UploadFiles/Reports/iab_GDPR452018173051.pdf).

**Irmak, H., Baz, F.**, (2019), Kurumsal Bilgi Güvenliği Tehditler ve Alınması Gereken Önlemler Üzerine Bir İnceleme, 2. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Sosyal ve Beşerî Bilimler Kitabı, 333-341.

**KVKK**, (2020), 05.01.2020, <https://www.kvkk.gov.tr/SharedFolderServer/CMSFiles/7d5b0a2f-e0ea-41e0-bf0b-bc9e43dfb57a.pdf>.

**KVKP**, (2020), 10.05.2020, <https://www.kisiselverilerinkorunmasi.org/mevzuat/avrupa-birligi-genel-veri-koruma-tuzugu-gdpr-turkce-ceviri/>.

**Secops**, (2020), 08.05.2020, <https://seccops.com/hizmetler/sizma-testleri-penetrasyon-testi/>.

**Şen, Ş., Yerlikaya, T.**, (2013), ISO 27001 Kurumsal Bilgi Güvenliği Standardı, XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 719-723.

**Vural, Y., Sağiroğlu, Ş.**, (2008), “Kurumsal Bilgi Güvenliği ve Standartları Üzerine Bir İnceleme”, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 507-522.

**Yaşar, H., Çakır, H.**, (2015), “Kurumsal Siber Güvenliğe Yönelik Tehditler ve Önlemleri”, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3, 488-507.

**Yılmaz, H.**, (2014), “TS ISO/IEC 27001 Bilgi Güvenliği Yönetimi Standardı Kapsamında Bilgi Güvenliği Yönetim Sisteminin Kurulması Ve Bilgi Güvenliği Risk Analizi”, Dergipark, 45-59.

**Yılmaz, V.**, (2007), Kurumsal Bilgi Güvenliği ve Sızma (Penetrasyon) Testleri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 297, İstanbul.



# İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

*Istanbul Commerce University Journal of Science*

<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd>



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## İŞLETMELERİN İFLAS TAHMİNİNDE K- EN YAKIN KOMŞU ALGORİTMASI ÜZERİNDEN UZAKLIK ÖLÇÜTLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI\*

COMPARISON STUDY OF DISTANCE MEASURES USING K- NEAREST NEIGHBOR  
ALGORITHM ON BANKRUPTCY PREDICTION

Gizem DİLKİ<sup>1</sup>

Özlem DENİZ BAŞAR<sup>2</sup>

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author*  
gizemdilki2@gmail.com

*Geliş Tarihi / Received*  
20.11.2020

*Kabul Tarihi / Accepted*  
03.12.2020

### Öz

Makine öğrenmesi biyoteknoloji alanından eğitim bilimlerine, doğal dil işlemeden duygu analizine kadar medikal, eğitim, işletme gibi birçok alanda aktif olarak kullanılan bir disiplindir. Kullanım alanı genişledikçe regresyon, sınıflama, kümeleme gibi farklı problemlere çözüm arayan makine öğrenmesi, iflas tahmini probleminde de kullanılmaya başlamıştır. Makine öğrenmesi disiplininde algoritma sayısı arttıkça, parametreler değiştikçe farklı doğruluk oranlarına ulaşmak mümkündür. Bu amaçla, çalışmada k En Yakın Komşu algoritmasına yer verilmiş; farklı uzaklık ölçütleri (Euclidean, Manhattan, Chebysev, Minkowski) kullanılarak yapılan sınıflandırma işlemi sonucunda en yüksek doğruluk oranına sahip uzaklık ölçütü belirlenmiştir. Veri seti %70 eğitim- %30 test seti olarak bölünmüş; çeşitli performans ölçütleri kullanılarak algoritmalar birbiriyle karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İflas tahmini, k-en yakın komşu, makine öğrenmesi, uzaklık ölçütleri.

### Abstract

Machine learning is a discipline that is actively used in many areas such as medical, education and business management, from biotechnology to educational science, natural language processing to emotion analysis. As the area of use expanded, machine learning, which was looking for solutions to different problems such as regression, classing and clustering, also started to be used in the problem of bankruptcy prediction. As the number of algorithms increases in machine learning discipline, it is possible to achieve different accuracy rates as parameters change. For this purpose, the k Nearest Neighbor algorithm was involved in our study and the distance measure with the best accuracy were determined as a result of the classification process using different distance measures (Euclidean, Manhattan, Chebysev, Minkowski). The data set is divided into 70% training - 30% test; algorithms are compared using various performance criteria.

**Keywords:** Bankruptcy prediction, distance measures, k-nearest neighbor, machine learning.

\*Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "İŞLETMELERİN İFLAS TAHMİNİNDE MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye.  
gizemdilki2@gmail.com, Orcid.org/0000-0002-2316-8928.

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, İstatistik Bölümü, Sütluçe, İstanbul, Türkiye.  
odeniz@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-9430-8975.

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişmesi ve bilgisayar programlarının kullanımının yaygınlaşması ile birlikte birçok gerçek hayat problemine farklı çözümler aranmaya başlanmıştır. Bu problemleri çözmeye yardımcı dallardan biri makine öğrenmesidir. Makine öğrenmesi algoritmalarına, sağlık alanında çeşitli kanser hastalıklarının tanısında, Alzheimer gibi ölçümlemesi zor hastalıklarda, kronik rahatsızlarda ve kalp krizi gibi ani gerçekleşen vakalarda, pazarlama alanında müşteri sadakati ölçmede, bankacılık sektöründe kredi skoru belirlemede, sosyal medya alanında duygu analizleri çalışmalarında rastlanmaktadır. Algoritmalar, kullanıldığı veri tipine göre farklı sonuçlar üretmektedir. Bu nedenle, algoritmalar arası çeşitlilik sağlandıkça birden fazla yöntem kullanma, algoritma içi farklı metotlar kullanma ve bu yöntemleri karşılaştırma yoluna gidilmiştir.

Makine öğrenmesi algoritmalarının kullanıldığı problemlerden biri de iflas tahminidir. Şirketlerin iflas potansiyellerini ölçümlemeleri bu sürece girmelerini önlemeye yardımcı olabilir. Bu nedenle, tehditleri doğru zamanda fark etmek, değerlendirmek ve aksiyon almak için analitik faaliyetlerini düzenli olarak gerçekleştiren, riskliliklerini kontrol eden işletmelerde iflas süreçleri önceden tespit edilebilmekte ve iflas olasılığını azaltabilmek için makin öğrenmesi algoritmaları önem arz etmektedir.

## 2. MAKİNE ÖĞRENMESİ

Bilgisayarların hayatımıza girmesiyle birlikte işleri daha kısa sürede tamamlayabilen, objektif kararlar verebilen, beslenen fonksiyon dahilinde hata yapmayan, yorulmayan makineler ortaya çıkmıştır. Bu makinelerin, bahsi geçen özelliklere sahip olabilmeleri için arka planda bir program çalışması ve istenen fonksiyonların programa insan gücüyle öğretilmesi bilgisayar bilimcilerinin en temel uğraşlarından biri olmuştur. 1950’li yıllarda Alan Turing tarafından “düşünebilen makineler”, “kendi öğrenebilen makineler” tanımları ortaya atılmış, böylelikle bugünkü yapay zeka kavramının temelleri oluşmuştur. Yapay zeka, en yalın haliyle, hedef odaklı akıllı makineler, özellikle de bilgisayar programları geliştirmek için türetilmiş bir bilim ve mühendislik dalı şeklinde tanımlanabilir. Zaman içerisinde birçok alt dala ayrılan yapay zekanın bilgisayar bilimi ve istatistiği birleştiren dalı makine öğrenmesi olarak anılır. Makine öğrenmesi, örnek verileri veya geçmiş deneyimleri kullanarak bir performans ölçütü optimize etmek için bilgisayarları programlamaktır (Alpaydin, 2010). Bilgisayar biliminin “sorunlara çözüm getirecek program üretme” güdüsüyle, istatistik biliminin “eldeki verilerden çıkarım yapma” güdüsünü birleştiren makine öğrenmesi, yeni bir disiplin oluşturarak daha etkin sistemler yaratmayı amaçlamaktadır (Mitchell, 2006).

Makine öğrenmesi kavramı, zaman içerisinde daha sık kullanılmaya başlanmasıyla birlikte literatüre bir takım yeni alt başlıklar katmıştır. Kendi içerisinde farklı öğrenme türlerine göre denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme, yarı-denetimli öğrenme ve takviyeli öğrenme olarak ayrılmaktadır. Denetimli öğrenme, girdi değişkenlerinin ve sonuç değişkenlerinin algoritmaya aynı anda öğretildiği öğrenme şekli olarak açıklanabilir. Algoritmanın yapması gereken sadece girdiden çıktıya ulaşmak için gereken adımlar veya süreç üzerinde çalışmaktır. Burada eğitim setinin görevi, algoritmayı doğru şekilde yönlendirmektir.

Denetimsiz öğrenmenin denetimli öğrenmeden en büyük farkı, denetimli öğrenmede her girdi karşılığında bir çıktı bulunması, denetimsiz öğrenmede ise sadece girdilerin bulunup sistemin bu girdileri kendi içinde yorumlayarak bir algoritma ortaya çıkarmaya çalışmasıdır. Denetimli öğrenme, eğitim setindeki farklı sınıflar arasında doğrudan ayırıştırma yapmaya odaklıdır ve yeterli miktarda veri varsa, eğitim setinde tahmin edilen sınıflandırma hatası, bilinmeyen verilerde de tahmin edilebilir (Hastie vd., 2008). Denetimli ve denetimsiz öğrenmenin amaçları

arasındaki temel fark, denetimsiz öğrenmenin, sadece, eğitim verilerini mümkün olduğunda temsil etmeye odaklanmasıdır. Denetimsiz bir şekilde kümeleme gerçekleştirildiyse ve daha sonra bulunan kümelere dayalı bir sınıflandırıcı oluşturulmak isteniyorsa, bu sınıflandırıcının iyi performans göstermesini beklenir. Kesin bir referansa erişim bulunmadığından, sınıflandırıcıyı doğrulanamaz ya da performansı başka bir şekilde tahmin edilemez. Bu nedenle, kümeleme işleminin sonuçlarına güvenilebilmesi için, eğitim verilerini temsil etmek üzere kullanılan modelin doğru olması çok önemlidir (Weber, 2000).

Denetimli öğrenme algoritmalarında, meydana gelebilecek tüm durumları içeren eğitim setine sahip olmak oldukça maliyetlidir. Denetimsiz öğrenme algoritmalarında ise veri seti genelde çok geniş ve yorumlanması zordur. Yarı denetimli öğrenme, bu iki algoritmayı birleştirerek, büyük ölçekli gözlemlerin yalnızca küçük bir alt kümesine karşılık gelen sınıf etiketleri olduğunda sınıflandırma sorununu göz önünde bulundurur. Yarı denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenmeye göre daha az açıklamalı çabayla daha yüksek doğruluklar vaat eder. Takviyeli öğrenme ise, diğer öğrenme çeşitlerinden farklı olarak bir ödül mekanizması ile çalışır. Bu tip öğrenmede, bir ajan (agent) kullanılır ve ajan sisteme çeşitli girdilerde bulunur. Sistem gözlemlerini geri besleme mantığı ile makineye tekrar iletir ve bunun karşılığında bir ödül verir (Kotsiantis, 2007). Takviyeli öğrenme istatistiğin karar teorisi ile mühendisliğin kontrol teorisinin birleşimi bir öğrenme çeşididir. Ajanın amacı, aldığı ödülü maksimum düzeye çıkarmak; cezayı en aza indirmek üzerine kurulur ve bu amaçla aldığı her aksiyonu sisteme iletir. Denetimli öğrenmede ajana, verilen duruma nasıl tepki verileceğini öğretilir, takviyeli öğrenmede ise ajana nasıl tepki verileceğini öğretmez, daha çok "özgür seçim" yapma öğretilir.

## 2.1. İflas Tahmini

İflas, alacaklılara olan borçlarını ödenemediği durumlarda ortaya çıkan hukuki süreç olarak tanımlanabilir. İflas, gerçekleşme şeklinde göre ikiye ayrılır; ilk tip iflas, firmanın öz sermaye (toplam borç ile alacaklar arasındaki fark) durumuna göre değerlendirilir. İkinci tip iflas ise, şirketin resmi makamlara başvuru yapması üzerine, mal varlığını tasfiye etmek ya da bir kurtarma sürecine atılması olarak düşünülebilir (Altman ve Hotchkiss, 2006).

Firmalar, varlıklarını devam ettirebilmek ve piyasada uzun dönemler boyunca yer edinebilmek amacıyla birtakım stratejik çalışmalar yapmaktadır. Çalışmaların büyük bir bölümünü firmaların yaşam süresini direkt etkileyecek konulardan biri olan finansal konular oluşturmaktadır. Şirketlerin başarılı olmak ve uzun vadeli süreklilikleri sağlamak için mali durumlarını sürekli olarak değerlendirmesi gerekmektedir.

Organizasyonların iflas durumu ile ilgili ilk çalışmalar 1930'lu yıllarda başlamıştır. Bu dönemde yapılan çalışmalarda amaç, şirketlerin finansal oranlarını analiz ederek gidişat hakkında bilgi sahibi olmak; ilerleyen yıllarda ortaya çıkabilecek sorunları öngörebilmektedir. Teorik modeller olarak literatüre geçen bu çalışmalar genelde iflasın nedenini araştırmak yerine oranların şirketin finansal sağlığı konusunda verdiği cevaplara odaklanmaktadır (Thian Cheng Lim vd., 2012).

Teorik modellerin ardından 1967'de Beaver'in öncü çalışması tek değişkenli diskriminant analizi ile istatistiksel tahmin yöntemleri kullanılmaya başlamıştır. 1968'de Altman'ın çok değişkenli diskriminant analizi çalışması ve geliştirdiği Altman Z Skor ile çalışmalar hız kazanmıştır (Balcaen ve Ooghe, 2006). 1980'de Ohlson'ın Logit modeli çalışmalarında kullanılmasıyla model çeşitliliği artmıştır (Back vd., 1996).

İstatistiksel tahmin yöntemleri ile olumlu sonuçlar alınsa da bu tahmin yöntemlerinin doğrusallık, normallik, bağımsızlık gibi birtakım varsayımlarla ilgili dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle son yirmi yılda iflas tahmin yöntemlerinin popülaritesi istatistiksel

yöntemlerden sinir ağları, genetik algoritmalar, destek vektör makineleri, bulanık mantık gibi makine öğrenmesine dayalı yöntemlere kaymıştır (Korol, 2019).

## 2.2. k En Yakın Komşu

k En Yakın Komşu (kNN) algoritması, ilk olarak 1950'lerin başında ortaya atılmıştır. Bu yöntemde, büyük eğitim setleri verildiğinde öğrenme işlemi oldukça zaman kaybedilmektedir. Bu nedenle, bilgi işlem gücü kullanılabilir hale gelene kadar popülerlik kazanmamıştır (Han vd., 2011). 1960'lardan sonra ise, 1965'te N.J. Nilsson tarafından hazırlanan minimum uzaklık sınıflayıcı üzerine çalışmalarla geliştirilmiş; 1967'de T. Cover ve P. Hart'ın sunduğu "Yakın Komşular Örüntü Sınıflama" çalışmalarıyla netlik kazanmıştır (Hu vd., 2016).

Denetimli öğrenme yöntemlerinden biri olan k En Yakın Komşu algoritması hem sınıflama hem de regresyon ayağında kullanılabilen çok yönlü bir algoritmadır. En basit haliyle tanımlayacak olursak, sınıfı bilinmeyen veri, eğitim setindeki diğer veriler ile karşılaştırılır ve bir uzaklık ölçümü yapılır. Hesaplanan uzaklığa göre henüz bir sınıfa atanamamış veriye en optimal sınıf bulunur.

Hemen hemen her sınıflandırma modeli kendi içinde bir artık sınıflayıcı oluşturur ve gelen her yeni veride bu sınıflayıcı kullanılır. kNN algoritmasında ise bu tür bir artık sınıflayıcı bulunmaz, bunun yerine gelen her yeni örnek için en yakın komşu kümesi tekrardan aranır. En Yakın Komşu sınıflandırma yönteminde, önceden hiçbir sınıflandırıcı model oluşturulmadığı ve her yeni verinin sınıflandırılmasında ham eğitim verilerine geri dönüldüğünden, eğitim kümesi tamamı sınıflandırıcı olarak değerlendirilir. Bu özelliği bakımından tembel öğrenici olarak nitelendirilen k En Yakın Komşu algoritması, her bir örnekte tek tek tarama yaptığı için sınıflama süreci uzun olan bir algoritmadır (Khan vd., 2002). kNN algoritması, yeni verilerin hızla geldiği ve eğitim kümesinin hızla değiştiği durumlarda diğer algoritmalara göre daha iyi bir sınıflandırıcı olarak değerlendirilebilir.

kNN algoritmasında en önemli hususlardan biri optimal k sınıf değerini bulmaktır. Sınıf değeri k, önceden belirlenir. En uygun k değeri verilerin boyutuna ve yapısına bağlıdır; k=1'den gözlem sayısı n'e kadar sınıf yaratmak mümkündür. Sınıf değerini olması gerekenden büyük kullanmak, çok benzer olmayan verileri aynı gruba alacağından, sınıflamada doğruluk değerini aşağı çekecektir. Tam tersi gereğinden küçük bir k değeri kullanmak ise bazı olası sınıfları saf dışı bırakacaktır; bu durumda yine sınıf doğruluğu aşağı yönlü ivme kazanır.

kNN algoritmasında ana fikir, benzer nokta ya da değişken gruplarının büyük olasılıkla aynı sınıfa ait olmasıdır. Bu noktada, önceden seçilmiş bir mesafe ölçütü kullanılarak sınıfı bilinmeyen verinin yakınlığı hesaplanır. Mesafe hesaplamada en çok kullanılan uzaklık ölçüsü, Euclidean uzaklığıdır (Hu vd., 2016).

Euclidean uzaklığı, iki nokta arasında,  $x_1 = (x_{11}, x_{12} \dots x_{1n})$  ve  $x_2 = (x_{21}, x_{22} \dots x_{2n})$  olmak üzere,

$$dist_{euclidean}(x_1, x_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - x_{2i})^2} \quad (1)$$

Euclidean uzaklığı dışında Manhattan, Minkowski, Chebyshev gibi farklı uzaklık hesaplama ölçütleri de kullanılabilir (Prasath vd., 2019). İlgili uzaklık değerlerine ilişkin fonksiyonlar aşağıdaki eşitliklerde gösterilmiştir.



$$dist_{minkowski}(x_1x_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n |x_{1i} - x_{2i}|^2} \quad (2)$$

$$dist_{manhattan}(X_1X_2) = \sum_{i=1}^n |x_{1i} - x_{2i}| \quad (3)$$

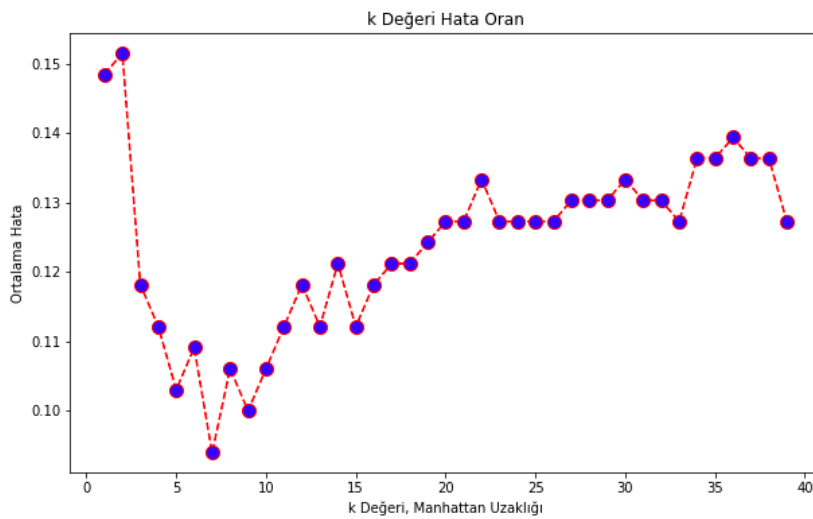
$$dist_{chebyshev}(X_1X_2) = \max_i |x_{1i} - x_{2i}| \quad (4)$$

İdeal olarak, kNN sınıflandırması için mesafe ölçümü çözülmekte olan soruna uyarlanmalıdır. Farklı uzaklık ölçütleri kullanılarak kNN algoritması özelinde daha doğru sınıflandırmalar yapılabildiğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Weinberger vd.,2006) .

### 3. VERİ, ANALİZ ve BULGULAR

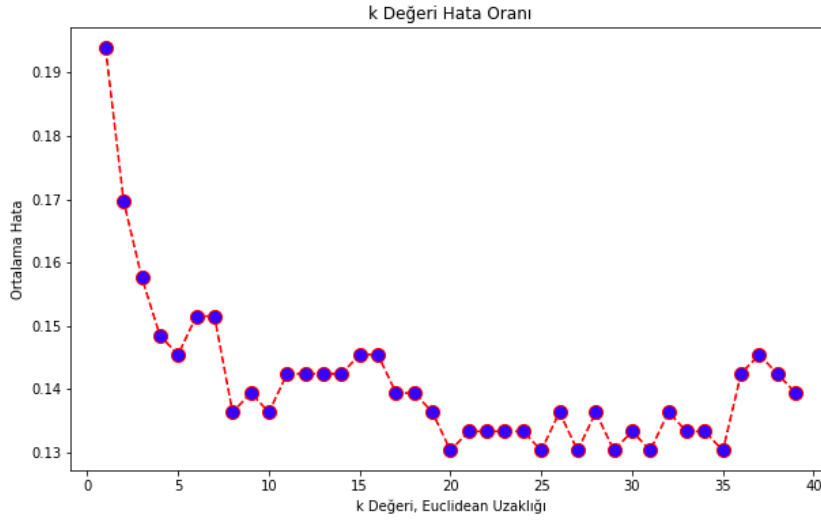
Sınıflandırma problemleri, denetimli öğrenme algoritmalarıyla çözülmektedir. Denetimli öğrenmede daha önce değinildiği gibi bir eğitim ve bir test sınıfı bulunmaktadır. Veri boyutu yeterliyse veri seti eğitim, test ve doğrulama setleri olarak ayrılabilir. Bu çalışmada, Kaliforniya Üniversitesi veri kütüphanesinde (UCI) bulunan Tayvan İflas Tahmini adlı veri setinden yararlanılmıştır. 1999-2009 yıllarını kapsayan veriler, Tayvan Ekonomi Dergisinden toplanmıştır. Yayımlanan verilerden elde edilen ana kütlede firmaların Tayvan Menkul Kıymetler Borsası'nda faaliyet gösteren firmalar olması kısıtı gözetilmiştir. İkinci olarak, firmaların iflas durumunun ortaya çıkmasından 3 yıl öncesine kadar kamuya açık şekilde finansal bilgilerini paylaşıyor olması gerekmektedir. Bu kısıtlara göre hazırlanan veri setinde benzer büyüklükte ve benzer sektörlerde (lojistik, hizmet, finans, imalat) faaliyet gösteren firmalar analize konu olmuştur (Liang vd., 2016). 1100 satır, 96 değişkenden oluşan veri seti içinde borçluluk, sermaye yeterliliği, karlılık, gelir, nakit akışı ve büyüme rasyoları bulunmaktadır. İflas etmiş sınıfa ait 220 veri bulunan veri seti, %70 eğitim verisi- %30 test verisi olarak ayrılmıştır.

Veriye kNN algoritması uygulanırken öncelikle optimum k değerinin bulunması gerekmektedir. Bu amaçla Python (3.7) üzerinde seçilen uzaklık ölçütüne göre k değerine karşılık ortalama hatayı hesaplayan bir döngü oluşturularak optimum k değerine aşağıdaki grafikler üzerinden karar verilmiştir.



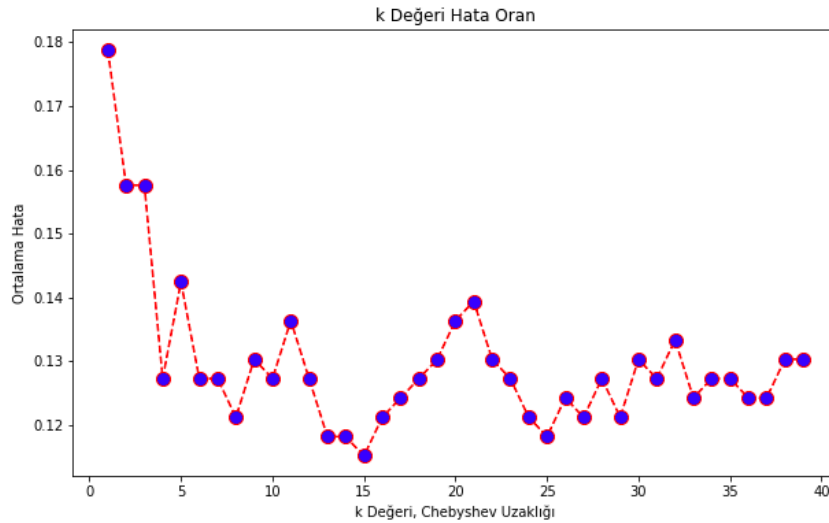
Şekil 1. Manhattan Uzaklığı İçin Optimal k Değeri

Şekil 1’de Manhattan uzaklığı için optimal k değeri verilmiştir. Gözlem sayısı 1’den n’e kadar iki nokta arasında farkın mutlak değerinin toplamı alınarak hesaplanan Manhattan uzaklığına göre optimal k değeri 7 olarak belirlenmiştir.



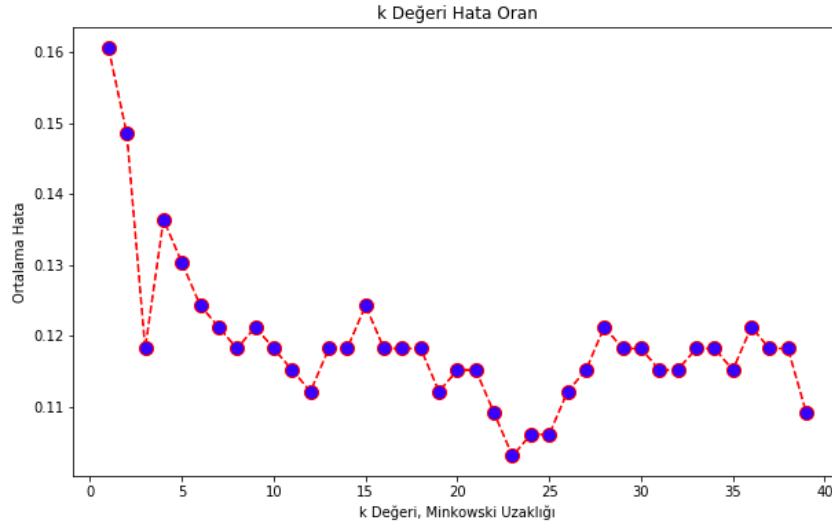
Şekil 2. Euclidean Uzaklığı İçin Optimal k Değeri

Şekil 2’de Euclidean uzaklığı için optimal k değeri belirlenmiştir. Kısaca iki nokta arasındaki farkın kareleri toplamının karekökü olarak ifade edilebilen Euclidean uzaklığına göre optimal k değeri çalışmaya göre 25 kabul edilir.



Şekil 3. Chebyshev Uzaklığı İçin Optimal k Değeri

Şekil 3’te Chebyshev uzaklığı için hesaplanan optimal k değeri verilmiştir. İki nokta arasındaki mutlak değer uzaklığın maksimum değerine göre hesaplanan bu uzaklık için optimal k değeri 15 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Minkowski Uzaklığı İçin Optimal k Değeri

Dördüncü uzaklık değeri olarak seçilen Minkowski uzaklığı için sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir. Hesaplama iki nokta arasındaki mutlak değer farkın kareleri toplamının karekökü dikkate alınan bu uzaklık ölçütü için optimal k değeri 23 olarak belirlenmiştir.

Algoritmaların performanslarını karşılaştırmak amacıyla Tablo 1'de verilen tahminlerin niteliklerini gösteren karmaşıklık matrisinden yararlanılarak Doğruluk, Keskinlik, Duyarlılık  $F_1$  Puanı değerleri ölçüt olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Karmaşıklık Matrisi

		Tahmini Sınıf	
		İflas Etti	İflas Etmedi
Gerçek Sınıf	İflas Etti	TP	FP
	İflas Etmedi	FN	TN

Doğruluk, doğru tahmin edilen sınıfların tüm veriye oranıdır. Keskinlik, tüm pozitif tahminler içinde gerçek pozitif durumların tahmin edilme oranını göstermektedir. Hassaslık, tüm veri seti içinde pozitif durumların tahmin edilme oranını ifade eder.  $F_1$  puanı ise Keskinlik ve Duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasıdır (Bulut ve Osmani, 2017).

$$\text{Keskinlik} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (5)$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (6)$$

$$F_1 \text{ Puanı} = 2 \frac{P \times R}{R+R} \quad (7)$$

Tablo 2: Model Performansları

	Euclidean Uzaklığı, k=25				Manhattan uzaklığı, k=7			
	Keskinlik	Duyalılık	F <sub>1</sub> Puanı	Doğruluk	Keskinlik	Duyalılık	F <sub>1</sub> Puanı	Doğruluk
<b>İflas Etti</b>	0,89	0,96	0,92		0,90	0,96	0,93	
<b>İflas Etmedi</b>	0,71	0,49	0,58		0,80	0,62	0,70	
<b>Ortalama</b>	0,86	0,87	0,86	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88
	Minkowski Uzaklığı, k=23				Chebyshev Uzaklığı, k=15			
	Keskinlik	Duyalılık	F <sub>1</sub> Puanı	Doğruluk	Keskinlik	Duyalılık	F <sub>1</sub> Puanı	Doğruluk
<b>İflas Etti</b>	0,91	0,67	0,94		0,85	0,97	0,9	
<b>İflas Etmedi</b>	0,83	0,64	0,72		0,71	0,33	0,45	
<b>Ortalama</b>	0,89	0,90	0,89	0,90	0,82	0,84	0,81	0,84

Modellere ait performans sonuçlarına Tablo 2’de yer verilmiştir. Euclidean uzaklığı kullanılan kNN algoritmasına göre, iflas edecek firmaların %96’sı, iflas etmeyecek firmaların da %49’u doğru tahmin edilmiştir. Gerçekte iflas eden firmalar arasından, sınıflama sonucu iflas edeceği belirlenen firmalardan %89’u, iflas etmeyecek firmalar arasından %71’i doğru tahmin edilmiştir. Modelin geneli ele alındığında doğru sınıflandırma oranı %87 kabul edilir.

Manhattan uzaklığı kullanılarak gerçekleştirilen kNN sınıflamasında, tüm test setinde yer alan firmalardan iflas edeceği tahmin edilen firmalardan %96’sı gerçekten iflas etmiştir. Sınıflandırma işlemi sonucu, gerçekte iflas eden firmalar arasından %80’i doğru olarak tespit edilmiştir. Algoritmanın genel sınıflandırma doğruluğu ise %88 oranındadır.

Minkowski uzaklığı ile firmanın iflas ettiği yönünde yapılan tahmin %67 doğruluk oranına sahiptir. Test veri setinde ürünü satın almış kişilerin sınıflandırma işlemi sonucunda aynı şekilde ürünü satın aldığı %91’i doğru tahmin edilmiştir. Sınıflandırma işleminin genel doğruluk oranı ise %90 olarak belirlenmiştir.

Chebyshev uzaklığının uygulandığı kNN sınıflandırmasında ise iflas edeceği tahmin edilen firmalardan %97’si gerçekten iflas etmiştir. Chebyshev-kNN analizi sonucunda, gerçekte iflas eden firmalar arasından %71’i doğru olarak tespit edilmiştir. Algoritmanın genel sınıflandırma doğruluğu ise %84 oranındadır.

#### 4. SONUÇ

İstatistik ve bilgisayar bilimlerinin birleşimiyle birçok alana katma değer sağlayan makine öğrenmesi, bu çalışmada firmaların iflas edip etmeyeceğini sınıflandırmak amacıyla kullanılmıştır. Firmaların finansal sağlıklarını düzenli olarak kontrol ederek iflas olasılığını ölçümlenmeleri gelecek yıllarda düşecekleri zor durumu önceden görmeleri ve önem almalarına yardımcı olur. Aynı zamanda, iflas tehdidini önceden belirlemek sadece iflasın önüne geçmek için değil, aynı zamanda şirketin durumunu iyileştirmek amacıyla stratejik çözümler bulmak için de bir itici güç olabilmektedir.

Çalışmada iflas tahmini bir sınıflama problemi olarak ele alınmıştır. Sınıflandırma problemini çözümlenmek amacıyla, denetimli öğrenme algoritmalarından o tembel öğrenici k En Yakın komşu algoritması kullanılmıştır. k En Yakın Komşu, kullanılan uzaklık ölçütüne göre farklı doğruluk oranları sağlayabilmektedir. Bu amaçla, Euclidean, Manhattan, Minkowski ve Chebysev uzaklıkları kullanılarak algoritmanın veri seti üzerinde sınıflama yapması sağlanmıştır. Uygulama sürecinde uzaklık ölçütlerine göre farklı optimal k değerleri elde edilmiştir.

Algoritmaların performansları karşılaştırıldığında, k En Yakın Komşu algoritması için en iyi tahminlemeyi yapan uzaklık ölçütü %90 doğruluğu k ile Minkowski uzaklığı olmuştur. Seçilen dört uzaklık ölçütü arasından görece en düşük doğruluk oranına sahip uzaklık ölçütü ise %84 ile Chebyshev uzaklığı olmuştur. Finansal metriklerini doğru biçimde kayıt altına alan şirketler için iflas etme potansiyellerini ölçümlemek amacıyla yapılan analizde, ileriki yıllarda çalışma seti boyutu artırılarak daha yüksek doğruluk oranları ile sınıflandırma yapmak mümkün olabilir.

### KAYNAKÇA

- Alpaydın, E.,** (2010), Introduction to Machine Learning (2nd ed). MIT Press, London.
- Altman, E.I., Hotchkiss, E.,** (2006), Corporate Financial Distress and Bankruptcy (Third Edition), John Wiley & Sons, New Jersey.
- Back, B., Latinen, T., Sere, K., Wezel, M.,** (1996), Choosing Bankruptcy Predictors Using Discriminant Analysis, Logit Analysis, and Genetic Algorithms. 20, Turku Centre for Computer Science Technical Report, No 40.
- Balcaen, S., Ooghe, H.,** (2006), "35 Years of Studies on Business Failure: An Overview of the Classic Statistical Methodologies and Their Related Problems". The British Accounting Review, 38(1), 63-93.
- Bulut, F., Osmani, S.,** (2017), "Scene Change Detection Using Different Color Palettes and Performance Comparison". Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, 66-72.
- Han, J., Kamber, M., Pei, J.,** (2011), Data Mining Concepts and Techniques Third Edition (Third Edition). Morgan Kaufmann, Massachusetts.
- Hastie, T., Friedman, J., Tibshirani, R.,** (2008), Unsupervised Learning. In: The Elements of Statistical Learning, Springer Series in Statistics. Springer, New York.
- Hu, L.Y., Huang, M.W., Ke, S.W., Tsai, C.F.,** (2016), "The Distance Function Effect on k-Nearest Neighbor Classification for Medical Datasets", Springer Plus, 5(1), 1-9.
- Khan, M., Ding, Q., Perrizo, W.,** (2002), "K-nearest Neighbor Classification on Spatial Data Streams Using P-trees", Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, 2336, 517-528.
- Korol, T.,** (2019), "Dynamic Bankruptcy Prediction Models for European Enterprises". Journal of Risk and Financial Management, 12(4), 1-15.
- Kotsiantis, S. B.,** (2007), "Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques", Informatica, 31, 249-268.

**Liang, D., Lu, C.C., Tsai, C.F., Shih, G.A.,** (2016), "Financial Ratios and Corporate Governance Indicators in Bankruptcy Prediction: A comprehensive Study", *European Journal of Operational Research*, 252(2), 561-572.

**Mitchell, T.M.,** (2006), *The Discipline of Machine Learning*, 10.11.2020,  
<http://ra.adm.cs.cmu.edu/anon/usr0/ftp/anon/ml/CMU-ML-06-108.pdf>

**Prasath, V.B.S., Alfeilat, H.A.A., Hassanat, A.B.A., Lasassmeh, O., Tarawneh, A.S., Alhasanat, M.B., Salman, H.S.E.,** (2019), "Distance and Similarity Measures Effect on the Performance of K-Nearest Neighbor Classifier—A Review", *Big Data*, 7(4), 221-248.

**Lim, T.C., Lim Xiu Yun, J., Siwei, G., Jiang, H.,** (2012), "Bankruptcy Prediction: Theoretical Framework Proposal", *International Journal of Management Sciences and Business Research*, 1(9), 69-74.

**UCI,** (2020), 25.08.2020,  
<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Taiwanese+Bankruptcy+Prediction>.

**Weber, M.,** (2000), *Unsupervised Learning of Models for Object Recognition*, California Institute of Technology, Pasadena, California.

**Weinberger, K.Q., Blitzer, J., Saul, L.K.,** (2006), *Distance Metric Learning for Large Margin Nearest Neighbor Classification*, 20.11.2020,  
<https://papers.nips.cc/paper/2005/file/a7f592cef8b130a6967a90617db5681b-Paper.pdf>



*Araştırma Makalesi / Research Article*

**NEW REPRODUCING KERNELS AND HOMOGENIZING  
TRANSFORMS FOR SOME BOUNDARY VALUE PROBLEMS**

**BAZI SINIR DEĞER PROBLEMLERİ İÇİN YENİ ÜRETİCİ ÇEKİRDEKLER VE  
HOMOJENLEŞTİRME DÖNÜŞÜMLERİ**

**Elif NURAY YILDIRIM<sup>1</sup>**

*Corresponding Author / Sorumlu Yazar*  
enuray@ticaret.edu.tr

*Received / Geliş Tarihi*  
22.12.2020

*Accepted / Kabul Tarihi*  
31.12.2020-

**Abstract**

Nonlinear boundary value problems have a significant role in the science. The solution approximations are also important as much as problems. In this study, new reproducing kernel spaces are constructed and reproducing kernel functions have been obtained for some boundary value problems. In the reproducing kernel theory, it is highly important to study with homogeneous differential equation with the homogeneous conditions. For this purpose, homogenizing transformation functions have been found and nonlinear nonhomogeneous problems transformed to the homogeneous form.

**Keywords:** Boundary value problems, nonhomogeneous ordinary differential equations, reproducing kernel functions, reproducing kernel method.

**Öz**

Lineer olmayan sınır değer problemleri fizikte ve matematikte önemli bir yer tutmaktadır. Problemlere dair çözüm yaklaşımları ise bir o kadar öneme sahiptir. Bu çalışmada, bazı yeni üretici çekirdekli uzaylar inşa edilerek bu uzaylara ait üretici çekirdek fonksiyonları elde edildi. Üretici çekirdek teorisi gereği çalışılan denklemin ve denkleme ait sınırsartlarının muhakkak suretle homojen olması önemli olduğundan, homojen olmayan sınır değer problemleri özel dönüşüm fonksiyonları kullanılarak homojen hale getirildi.

**Anahtar Kelimeler:** Homojen olmayan adi diferansiyel denklemler, sınır değer problemleri, üretici çekirdek fonksiyonları, üretici çekirdek metodu.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Matematik Bölümü, Sütüce, İstanbul, Türkiye.  
enuray@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-2934-892X

## 1. INTRODUCTION

In this study, by using reproducing kernel method we aim to find the reproducing kernel functions and homogenizing transforms the problems in the form :

$$(\mathbb{L}h)(x) = \rho(x)r^n(x) + \eta(x)r^{n-1}(x) = g(x), \quad a \leq x \leq b$$

The reproducing kernel functions have a vital role to solve different types of differential equations. The theory of reproducing kernel was begin with the research of Aronszajn and Bergman (Aronszajn, 1950; Bergman, 1950). Since the method is very powerful, many researcher used the reproducing kernel functions for several kind of problems. For example Cui et al. (Cui and Lin, 2009) published a book about numerical analysis in the reproducing kernel space which is a very important study. Syam et al. (Syam et al., 2017) studied a class of fractional Sturm-Liouville eigenvalue problems. Jiang and Tian (Jiang and Tian, 2015) examined the Volterra integro-differential equations of fractional order by the reproducing kernel method. Li et al. (Li and Wu, 2014) applied the method for numerical solutions of fractional Riccati differential equations. For more details see (Akram and Rehman, 2013; Alvandi and Paripour, 2016; Freihat et al. 2016).

In many models and problems, the equations need to be solved numerically. Therefore many approaches have been used and there have been lots of efforts for solving non-linear higher order ordinary differential equations in researches. For instance, Homotopy perturbation method (Abbasbandy, 2006), Adomian decomposition method (Hasan and Zhu, 2009), Chebyshev collocation method (Daşcıoğlu and Yaslan, 2011) used. Adomian decomposition method for solving initial value problems in second-order ordinary differential equations is given in (Wazwaz, 2002). Lu et al. Furthermore Runge- Kutta method (Wazwaz, 1983), Predictor-Corrector method (Fox and Mayers, 1987), decomposition method (Wazwaz, 2001), direct block method (Waeleh et al., 2012) have been used for solving IVP. For a further reading and more details one can see (Coddington and Levinson, 1971; Hoppensteadt, 1971; Sell, 1965; Yokuş and Kaya, 2020; Yokuş, 2020).

## 2. PRELIMINARIES

In this section, we present some essential definitions and theorems of reproducing kernel theory.

**Definition 2.1.** [*Reproducing Kernel*] (Bergman, 1950) Let  $X$  be a nonempty set. A function  $Q: X \times X \rightarrow \mathbb{F}$  is called a reproducing kernel of the Hilbert space  $\mathcal{H}$  if and only if

1.  $Q(\cdot, s) \in \mathcal{H}, \quad \forall s \in X,$
2.  $\langle \psi, Q(\cdot, s) \rangle = \psi(s).$

The item (b) is called "reproducing property" of kernel  $Q$ . The value of the function  $\psi$  at the point  $s$  is reproduced by the inner product of  $\gamma$  with  $Q(\cdot, s)$ .

**Definitin 2.1.** (Cui and Lin, 2009) The space  $U_2^m[a, b]$  consist of the functions  $r: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$  and define as follows:

$$U_2^m[a, b] = \{r(x) | r^{(m-1)}(x) \in AC[a, b], \quad r^{(m)}(x) \in L^2[a, b], \quad x \in [a, b]\}. \quad (1)$$

$U_2^m[a, b]$  equipped with the inner product



$$\langle r, k \rangle_{U_2^m} = \sum_{i=0}^{m-1} r^{(i)}(a)k^{(i)}(a) + \int_a^b r^{(m)}(x)k^{(m)}(x)dx. \tag{2}$$

Here we denote the vector space of absolutely continuous (real-valued) functions with  $AC[a, b]$  and the quadratically integrable functions on the interval  $[a, b]$  with  $L^2[a, b]$ .

**Lemma 2.1.** If a Hilbert space has a reproducing kernel, it is called a reproducing kernel Hilbert space (RKHS).

**Lemma 2.2.** (Cui and Lin, 2009)  $U_2^m[a, b]$  function space is a reproducing kernel space.

The reproducing kernel function of the space  $U_2^m$  can be written as:

$$Q_x(y) = \begin{cases} Q(x, y) = \sum_{i=1}^{2m} b_i(y)x^{i-1}, & x \leq y, \\ Q(y, x) = \sum_{i=1}^{2m} d_i(y)x^{i-1}, & x > y. \end{cases} \tag{3}$$

For the proof of Lemma 2 one can see (Cui and Lin, 2009).

### 2.1. $U_2^3[0, 1]$ Reproducing Kernel Space and Its Kernel Function

Let we define a function space for  $m = 3$

$$U_2^3[1,2] = \{k(x) | k''(x) \in AC[1,2], k'''(x) \in L^2[1,2], x \in [1,2]\}$$

with the inner product

$$\langle k, Q_y \rangle_{U_2^3[1,2]} = k(1)Q_y(1) + k'(1)Q'_y(1) + k''(1)Q''_y(1) + \int_1^2 k^{(3)}(x)Q_y^{(3)}(x)dx.$$

We use integration by parts and obtain

$$\begin{aligned} \langle k, Q_y \rangle_{U_2^3[1,2]} &= k(1)Q_y(1) + k'(1)Q'_y(1) + k''(1)Q''_y(1) + k''(2)Q_y^{(3)}(2) \\ &\quad - k''(1)Q_y^{(3)}(1) - k'(2)Q^{(4)}(2) + k'(1)Q^{(4)}(1) + k(2)Q^{(5)}(2) \\ &\quad - k(1)Q^{(5)}(2) - \int_1^2 k(x)Q^{(6)}(x)dx. \end{aligned}$$

We have  $Q_y(1) = 0 = Q_y(2)$  by the conditions in 3. Therefore we get,

$$\begin{aligned} \langle k, Q_y \rangle_{U_2^3[1,2]} &= k'(1)Q'_y(1) + k''(1)Q''_y(1) + k''(2)Q_y^{(3)}(2) - k''(1)Q_y^{(3)}(1) \\ &\quad - k'(2)Q_y^{(4)}(2) + k'(1)Q_y^{(4)}(1) - \int_1^2 k(x)Q_y^{(6)}(x)dx. \end{aligned}$$

If we have the following equations:

1.  $Q'_y(1) + Q_y^{(4)}(1) = 0.$
  2.  $Q''_y(1) - Q_y^{(3)}(1) = 0.$
  3.  $Q_y^{(3)}(2) = 0.$
  4.  $Q_y^{(4)}(2) = 0.$
- (4)

We will get

$$\langle k, Q_y \rangle_{U_2^3[1,2]} = - \int_1^2 k(x) Q_y^{(6)}(x) dx.$$

Note that property of the reproducing kernel is

$$\langle k, Q_y \rangle_{U_2^3[1,2]} = k(y).$$

Thus, we reach

$$- \int_1^2 k(x) Q_y^{(6)}(x) dx = k(y).$$

This gives us the Dirac-Delta function

$$-Q_y^{(6)}(x) dx = \delta(x - y).$$

When  $x \neq y$ , we get

$$Q_y^{(6)}(x) = 0.$$

Therefore, we obtain the reproducing kernel function  $Q_y$  as:

$$Q_y(x) = \begin{cases} \sum_{i=1}^6 b_i x^{i-1}, & x \leq y, \\ \sum_{i=1}^6 d_i x^{i-1}, & x > y. \end{cases}$$

There are twelve unknown coefficients. So we need twelve equations to find these unknown coefficients. By Dirac-Delta function:

5.  $Q_{y^+}(y) = Q_{y^-}(y).$
6.  $Q'_{y^+}(y) = Q'_{y^-}(y).$
7.  $Q''_{y^+}(y) = Q''_{y^-}(y).$
8.  $Q'''_{y^+}(y) = Q'''_{y^-}(y).$
9.  $Q_y^{(4)}(y) = Q_y^{(4)}(y).$
10.  $Q_y^{(5)}(y) = Q_y^{(5)}(y).$

We have the following equations:

$$11. Q_y(1) = 0 \quad , \quad 12. Q_y(2) = 0. \tag{5}$$

So we have twelve unknown coefficients and twelve equations. when we solve these equations by using Maple 17, we get the reproducing kernel function for  $x \leq y$  as:

$$\begin{aligned} Q_y(x) = & \frac{3}{13}xy - \frac{1}{156}xy^5 + \frac{5}{156}xy^4 - \frac{5}{78}xy^3 - \frac{5}{26}xy^2 + \frac{21}{104}x^2y^2 - \frac{1}{624}x^2y^5 \\ & + \frac{5}{624}x^2y^4 - \frac{5}{312}x^2y^3 - \frac{5}{26}x^2y + \frac{7}{104}x^3y^2 - \frac{1}{1872}x^3y^5 + \frac{5}{1872}x^3y^4 \\ & - \frac{5}{936}x^3y^3 - \frac{5}{78}x^3y - \frac{1}{104}x^4y + \frac{1}{3744}x^4y^5 - \frac{1}{3744}x^4y^4 + \frac{5}{1872}x^4y^3 \\ & + \frac{5}{624}x^4y^2 - \frac{1}{18720}x^5y^5 + \frac{1}{3744}x^5y^4 - \frac{1}{1872}x^5y^3 - \frac{1}{624}x^5y^2 - \frac{1}{156}x^5y \\ & + \frac{1}{120}x^5. \end{aligned}$$

### 2.2. $U_2^4[0, 1]$ Reproducing Kernel Space and Its Kernel Function

Because of the theory, in order to find the reproducing kernel function we first need to construct the space which is related to the derivative of the problem. If we choose  $m = 4$  in the equation (1) then we get space definition as follows:

$$U_2^4[0,1] = \{k(x) | k''(x) \in AC[0,1], \quad k'''(x) \in L^2[0,1], \quad x \in [0,1]\}$$

with the inner product

$$\begin{aligned} \langle k, Q_y \rangle_{U_2^4[0,1]} = & k(0)Q_y(0) + k'(0)Q'_y(0) + k''(0)Q''_y(0) - k^{(3)}(0)Q_y^{(3)}(0) \\ & + \int_0^1 (k(x)^{(4)}(x)Q_y^{(4)}(x))dx. \end{aligned}$$

Integrating this equation by parts for four times, we have

$$\begin{aligned} \langle k, Q_y \rangle_{U_2^4[0,1]} = & k(0)Q_y(0) + k'(0)Q'_y(0) + k''(0)Q''_y(0) - k^{(3)}(0)Q_y^{(3)}(0) \\ & + k^{(3)}(1)Q_y^{(4)}(1) - k^{(3)}(0)Q_y^{(4)}(0) - k''(1)Q_y^{(5)}(1) \\ & + k''(0)Q_y^{(5)}(0) + k'(1)Q_y^{(6)}(1) - k'(0)Q_y^{(6)}(0) \\ & - k(1)Q_y^{(7)}(1) + k(0)Q_y^{(7)}(0) + \int_0^1 k(x)Q_y^{(8)}(x)dx. \end{aligned}$$

Because of the conditions, we get the following equations:

$$1. Q_y(0) = 0, \quad 2. Q'_y(0) = 0, \quad 3. Q''_y(0) = 0. \tag{6}$$

With these three functions being zero we obtain:

$$\begin{aligned} \langle k, Q_y \rangle_{U_2^4[0,1]} = & k^{(3)}(0)Q_y^{(3)}(0) + k^{(3)}(1)Q_y^{(4)}(1) - k^{(3)}(0)Q_y^{(4)}(0) \\ & - k''(1)Q_y^{(5)}(1) + k'(1)Q_y^{(6)}(1) - k(1)Q_y^{(7)}(1) + \int_0^1 k(x)Q_y^{(8)}(x)dx. \end{aligned}$$

When the equation is rearranged we get the following equations:

$$\begin{aligned}
4. & Q_y^{(3)}(0) - Q_y^{(4)}(0) = 0. \\
5. & Q_y^{(4)}(1) = 0. \\
6. & Q_y^{(5)}(1) = 0. \\
7. & Q_y^{(6)}(1) = 0. \\
8. & Q_y^{(7)}(1) = 0.
\end{aligned} \tag{7}$$

Then we will get:

$$\langle k, Q_y \rangle_{U_2^4[0,1]} = \int_0^1 k(x) Q_y^{(8)}(x) dx$$

With the knowledge of reproducing kernel property, the function  $k(y)$  can be written in the form:

$$\langle k, Q_y \rangle_{U_2^4[0,1]} = k(y).$$

For this reason, we reach

$$\int_0^1 k(x) Q_y^{(8)}(x) dx = k(y). \tag{8}$$

Because of the definition of Dirac-Delta function, it is obvious that the equation (8) is equal to the  $\delta(x - y)$ . That gives us the following equation:

$$Q_y^{(8)}(x) = \delta(x - y).$$

When  $x \neq y$ , the reproducing kernel function  $Q_y$  can be written in the form as:

$$Q_y(x) = \begin{cases} \sum_{i=1}^8 b_i x^{i-1}, & x \leq y, \\ \sum_{i=1}^8 d_i x^{i-1}, & x > y. \end{cases}$$

By using the feature of Dirac-Delta function, the following equations can be written:

$$\begin{aligned}
9. & Q_{y^+}(y) = Q_{y^-}(y). \\
10. & Q'_{y^+}(y) = Q'_{y^-}(y). \\
11. & Q''_{y^+}(y) = Q''_{y^-}(y). \\
12. & Q'''_{y^+}(y) = Q'''_{y^-}(y). \\
13. & Q_{y^+}^{(4)}(y) = Q_{y^-}^{(4)}(y). \\
14. & Q_{y^+}^{(5)}(y) = Q_{y^-}^{(5)}(y). \\
15. & Q_{y^+}^{(6)}(y) = Q_{y^-}^{(6)}(y). \\
16. & Q_{y^+}^{(7)}(y) - R_{y^-}^{(7)}(y) = 1.
\end{aligned} \tag{9}$$

In order to find the reproducing kernel function of the given space, we need to solve the differential equation system above. For this purpose, we needed sixteen equation since the (2.2) has sixteen coefficients and we obtained them. If we solve the system thus we get the reproducing kernel function as:

$$\begin{aligned}
 Q_y(x) = & \frac{1}{288}x^3y^3 + \frac{1}{5760}x^3y^7 - \frac{7}{5760}x^3y^6 + \frac{7}{1920}x^3y^5 - \frac{7}{1152}x^3y^4 + \frac{1}{1152}x^4y^3 \\
 & + \frac{1}{23040}x^4y^7 - \frac{2}{23040}x^4y^6 + \frac{7}{7680}x^4y^5 - \frac{7}{4608}x^4y^4 - \frac{1}{240}x^5y^2 \\
 & - \frac{1}{38400}x^5y^7 + \frac{7}{38400}x^5y^6 - \frac{12800}{7}x^5y^5 + \frac{7}{7680}x^5y^4 + \frac{7}{1920}x^5y^3 \\
 & + \frac{1}{720}x^6y + \frac{1}{115200}x^6y^7 - \frac{115200}{7}x^6y^6 + \frac{38400}{7}x^6y^5 - \frac{23040}{7}x^6y^4 \\
 & - \frac{1}{5760}x^6y^3 - \frac{1}{806400}x^7y^7 + \frac{1}{115200}x^7y^6 - \frac{1}{38400}x^7y^5 + \frac{1}{5760}x^7y^3 \\
 & - \frac{1}{5040}x^7.
 \end{aligned}$$

### 3. BOUNDARY VALUE PROBLEMS AND HOMOGENIZING TRANSFORMS

In this section we will determine the homogenizing transforms of the given problems.

**Example 3.1.** Consider the nonlinear boundary value problem (Hasan and Zhu, 2009)

$$y''' - \frac{2}{x}y'' - y - y^2 = g(x) \quad (10)$$

$$y(0) = 0, y'(0) = 0, y(1) = 2,71828182, \quad (11)$$

where  $g(x) = 7x^2e^x + 6xe^x - 6e^x - x^6e^{2x}$ . The exact solution of the problem is  $y(x) = xe^x$ .

It is needed to transform the differential equation to the homogeneous type for reproducing kernel method. For this reason we seek the function  $y$  of the form  $y(x) = Y(x) + S(x)$ . This will provide new boundary conditions which are homogeneous. We call transformation function with  $Y(x)$  which satisfies the initial conditions and  $Y(x)$  will be the new homogeneous initial value problem. For the equation (3), let we use the transformation function given follow as:

$$S(x) = ax^2.$$

Here  $a = 2,71828182$ . Let we write  $y$  function as:

$$y(x) = Y(x) + ax^2$$

With the help of the deravative calculations we get

$$y'(x) = Y'(x) + 2ax,$$

$$y''(x) = Y''(x) + 2a,$$

$$y'''(x) = Y'''(x).$$

By substituting these equations into the (3), the equation will transform to

$$Y'''(x) - \frac{2}{x}Y''(x) - Y(x)(1 + 2ax^2) = Y^2(x) + g(x) + \frac{4}{x}a + ax^2 + a^2x^4, \quad x \in [0,1]$$

with the boundary conditions

$$Y(0) = Y'(0) = Y(1) = 0.$$

This is the new homogeneous boundary value problem.

**Example 3.2.** Consider the nonlinear boundary value problem (Hasan and Zhu, 2009):

$$\begin{aligned} y'' - \frac{1}{x}y' &= \frac{4x^2}{4+x^2}e^y, \\ y(0) &= \ln\left(\frac{1}{4}\right), y(1) = \ln\left(\frac{1}{5}\right) \end{aligned} \quad (12)$$

with the exact solution  $y(x) = \ln\left(\frac{1}{4+x^2}\right)$ .

Similar to the previous example we choose the transformation function as:

$$T(x) = \ln\left(\frac{4}{5}\right)x + \ln\left(\frac{1}{4}\right).$$

Hence, the  $y(x)$  will become

$$y(x) = Y(x) + \ln\left(\frac{4}{5}\right)x + \ln\left(\frac{1}{4}\right).$$

By calculating the necessary derivatives we obtain

$$\begin{aligned} y'(x) &= Y'(x) + \ln\left(\frac{4}{5}\right), \\ y''(x) &= Y''(x). \end{aligned}$$

If we put these functions into the 3 we arrive

$$\begin{aligned} Y''(x) - \frac{1}{4}\left(Y'(x) + \ln\left(\frac{4}{5}\right)\right) &= \frac{4x^2}{4+x^2}e^{[Y(x)+\ln(\frac{4}{5})x+\ln(\frac{1}{4})]} \\ Y''(x) - \frac{1}{4}Y'(x) &= \frac{x^2}{4+x^2}\left(\frac{4}{5}\right)^x e^{[Y(x)+\ln(\frac{4}{5})x+\ln(\frac{1}{4})]} + \frac{1}{4}\ln\left(\frac{4}{5}\right). \end{aligned}$$

The last equation is the new boundary value problem with homogeneous boundary conditions below

$$Y(0) = 0, \quad Y(1) = 0.$$

#### 4. CONCLUSION

In this study, we presented the new reproducing kernel functions and their special reproducing kernel Hilbert spaces which belongs to the problems given section 3 . By homogenizing the given problems we obtained new boundary conditions and new boundary value problems which

are ready to apply the reproducing kernel method. This study is important and opens a door for the further studies to apply the kernel method easily.

## REFERENCES

- Abbasbandy, S.**, (2006), “Homotopy Perturbation Method for Quadratic Riccati Differential Equation and Comparison with Adomian’s Decomposition Method”, *Appl. Math. Comput.*, 172, 485-490.
- Akram, G., Rehman, H.U.**, (2013), “Numerical Solution of Eighth Order Boundary Value Problems in Reproducing Kernel Space”, *Numer. Algor.*, 62(3), 527-540.
- Alvandi, A., Paripour, M.**, (2016), “The Combined Reproducing Kernel Method and Taylor Series to Solve Nonlinear Abel’s Integral Equations with Weakly Singular Kernel”, *Cogent Mathematics*, 3.
- Aronszajn, N.**, (1950), “Theory of Reproducing Kernels”, *Trans. Amer. Math. Soc.* 68, 337-404.
- Bergman, S.**, (1950), “The Kernel Function and Conformal Mapping”, *American Math. Soc.*, New York.
- Coddington, E.A., Levinson, N.**, (1972), “Theory of Ordinary Differential Equations”, *Tata McGraw-Hill Publishing*.
- Cui, M., Lin, Y.**, (2009), “Nonlinear Numerical Analysis in the Reproducing Kernel Space”, *New York: Nova Sci. Publ.*
- Daşcıoğlu, A., Yaslan, H.**, (2011), “The Solution of High-Order Nonlinear Ordinary Differential Equations by Chebyshev Series”, *Appl. Math. Comput.* 217 , 5658-5666.
- Fox, L., Mayers, D.F.**, (1987), “Numerical Solution of Ordinary Differential Equations”, *Chapman and Hall*.
- Freihat, A., Abu-Gdairi, R., Khalil, H., Abuteen, E., Al-Smadi, M., Khan, R.A.**, (2016), “Fitted Reproducing Kernel Method for Solving a Class of Third-Order Periodic Boundary Value Problems”, *American Jour. of App. Sci.*, 13, 501-510.
- Hasan, Y.Q., Zhu, L.M.**, ( 2009), “Solving Singular Boundary Value Problems of Higher-Order Ordinary Differential Equations by Modified Adomian Decomposition Method”, *Com. in Nonlinear Sci. and Num. Simul.*, 14(6), 2592-2596.
- Hoppensteadt, F.**, (1971), *Properties of Solutions of Ordinary Differential Equations with Small Parameters*, *Com. on Pure and App. Math.*, 24(6) 807-840.
- Horn, M.K.**, (1983), “Fourth- and Fifth-Order, Scaled Runge-Kutta Algorithms for Treating Dense Output”, *SI AM J. Numer. Analysis*, 20, 558-568.
- Jiang, W., Tian, T.**, (2015), “Numerical Solution of Nonlinear Volterra Integro-Differential Equations of Fractional Order by The Reproducing Kernel Method”, *App. Math. Mod.*, 39(16), 4871-4876.

**Li, X.Y., Wu, B.Y., Wan, R.T.**, (2014), “Reproducing Kernel Method for Fractional Riccati Differential Equations”, *Abst. and App. Ana.*, 1-6.

**Sell, G.R.**, (1965), “On The Fundamental Theory of Ordinary Differential Equations”, *Jour. of Diff. Equ.* 1, 370-392.

**Syam, M.I., Al-Mdallal, Q. Al-Refai, M.M.**, (2017), “A Numerical Method for Solving A Class of Fractional Sturm-Liouville Eigenvalue Problems”, *Com. in Num. Analy.*, 2, 217-232.

**Waeleh et al.**, (2012), “Numerical Solution of Higher Order Ordinary Differential Equations by Direct Block Code”, *J. of Math. and Sta.*, 8(1), 77-81.

**Wazwaz, A.M.**, (2001), “The Numerical Solution of Fifth-Order Boundary Value Problems by The Decomposition Method”, *J. Comput. Appl. Math.* 136, 259-270 .

**Wazwaz, A.M.**, (2002), “A New Method for Solving Initial Value Problems in Second-Order Ordinary Differential Equations”, *Appl. Math. Comput.* 128, 45-57.

**Yokuş A, Kaya, D.**, (2020), “Comparison exact and numerical simulation of the traveling wave solution in nonlinear dynamics”, *Int. J. Mod. Phys. B*, 34, 29.

**Yokuş, A.**, (2020), “On the exact and numerical solutions to the FitzHugh–Nagumo equation”, *Int. J. Mod. Phys. B*, 34, 17.