

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



**İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Yıl: 18 **Sayı: 35** **Bahar 2019**
Year: 18 Volume: 35 Spring 2019

Istanbul Commerce University
Journal of Science

İstanbul Ticaret Üniversitesi Adına Sahibi Owner on behalf of İstanbul Commerce University	Prof. Dr. Nazım EKREN İstanbul Ticaret Üniversitesi Rektörü
Yayın Kurulu <i>Editorial Board</i>	Prof. Dr. İbrahim BAZ İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Münevver TURANLI İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. A. Işık AYDEMİR İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK İstanbul Ticaret Üniversitesi
Editör <i>Editor</i>	Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü <i>Publishing Manager</i>	Selma DEMİREL İstanbul Ticaret Üniversitesi
Yönetim Yeri <i>Head Office</i>	İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yazışma Adresi <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: fendergi@ticaret.edu.tr
İnternet Adresi <i>Web Address</i>	http://dergipark.gov.tr/ticaretfdb
Yayın Türü <i>Publication Type</i>	Yerel Süreli / <i>Periodical</i> Yılda iki sayı yayımlanır: Bahar ve Güz <i>Published two issues per year: Spring and Fall</i> ISSN : 1305-7820 E-ISSN : 2587-165X
Asitsiz kağıda basılmaktadır <i>Printed on acid free paper</i>	Bu sayı 500 adet basılmıştır. This issue published as 500 pieces
Derginin Tarandığı Kaynaklar	 

Danışma Kurulu <i>Advisory Board</i>	Prof. Dr. Abdül Halim Zaim	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Adnan Çalık	Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta
	Prof. Dr. Aslan Gülcü	Atatürk Üniversitesi
	Prof. Dr. Ahmet Kara	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Ahmet Şükrü Özdemir	Marmara Üniversitesi, İstanbul
	Prof. Dr. Ali Farajzadeh	Razi University, Kermanshah, Iran
	Prof. Dr. Doğan Kaya	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Ekrem Savaş	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Fatih Nuray	Afyon Kocatepe Üniversitesi
	Prof. Dr. Hamdullah Şevli	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Heybet S. Mustafayev	Yüzüncü Yıl Üniversitesi
	Prof. Dr. Habip Dayıoğlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Halime Dicle Cengiz	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İdris Oğurlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail Demir	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail Ekmekçi	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail Kömbe	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail Küçük	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi
	Prof. Dr. Kemal Varol	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Mehmet Akbaba	Karabük Üniversitesi
	Prof. Dr. Mehmet Emin Özdemir	Uludağ Üniversitesi
	Prof. Dr. Metin Başarır	Sakarya Üniversitesi
	Prof. Dr. Metin Gümüş	Marmara Üniversitesi, İstanbul
	Prof. Dr. Mikail Et	Fırat Üniversitesi, Elazığ
	Prof. Dr. Mohammad Mursaleen	Aligarh Muslim University, India
	Prof. Dr. Muammer Kalyon	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Murat Koca	Adıyaman Üniversitesi
	Prof. Dr. Mustafa Köksal	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Mustafa Kurt	Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir
	Prof. Dr. Necip Şimşek	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Nour El Houda Bouzara	Univ. Sci. and Tech. H. Bou., Algeria
	Prof. Dr. Oğuz Borat	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Orhan İçelli	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
	Prof. Dr. Osman Yazıcıoğlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Rıfat Yazıcı	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. S. Ahmet Oymak	Harran Üniversitesi, Şanlıurfa
	Prof. Dr. Seyit Temir	Adıyaman Üniversitesi
	Prof. Dr. Sibkat Kaçtıoğlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Tuncay Toprak	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Ünal Halit Özden	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Prof. Dr. Vagif Guliyev	Academy of Science, Azerbaijan	
Prof. Dr. Vatan Karakaya	Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir	
Prof. Dr. Yasin Üst	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul	
Prof. Dr. Zeki Çizmecioglu	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Doç. Dr. Bayram Ali Ersoy	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul	
Doç. Dr. Emrah Evren Kara	Düzce Üniversitesi	
Doç. Dr. Erincik Edgü	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Doç. Dr. H. Haluk Selim	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Doç. Dr. Hasan Genç	Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van	
Doç. Dr. İdris Kabalıcı	Karabük Üniversitesi	
Doç. Dr. Murat Kirişçi	İstanbul Üniversitesi, İstanbul	
Doç. Dr. Murat Sarı	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul	
Doç. Dr. Murat Yalçıntaş	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Doç. Dr. N. Öykü İyigün	İstanbul Ticaret Üniversitesi	

Danışma Kurulu <i>Advisory Board</i>	Doç. Dr. Nigar Merdan	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Özlem Deniz Başar	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Serhan Yarkan	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Serkan Çankaya	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Ş. Taha İmeci	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Yusuf Zeren	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
	Yrd. Doç. Dr. Abdullah Demir	Marmara Üniversitesi, İstanbul
	Yrd. Doç. Dr. Ali Boyacı	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Aybike Öngel	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Başak Erdem Rena	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Berk Ayvaz	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Burhan Satıcı	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Bülent Alataş	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Elif Güneren Genç	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Elif Kısar Koramaz	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Erdiç Öztürk	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul Çetinsoy	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. F. Serab Onursal	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Fernaz Öncel	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Gül Aşlı Aksu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. İrmak Bayburtlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Leyla Suri	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. M. Alper Özpınar	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Metin Turan	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Muhammet Ceylan	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. M. Cem Kasapbaşı	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Nilgün Camkesen	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Özdemir Sönmez	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Sebahattin Eker	İstanbul Teknik Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Seda Bağdatlı Kalkan	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Yavuz İrmak	İstanbul Ticaret Üniversitesi	

35. Sayı HAKEM LİSTESİ / REVIEWER LIST

Prof. Dr. Mustafa KÖKSAL – İstanbul Ticaret Üniversitesi, Prof. Dr. Mustafa KURT – Marmara Üniversitesi, Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU – İstanbul Ticaret Üniversitesi, Prof. Dr. Tuncer TOPRAK - İstanbul Ticaret Üniversitesi, Doç. Dr. Ali Osman KUŞAKÇI – İbn Haldun Üniversitesi, Doç. Dr. Berk AYVAZ – İstanbul Ticaret Üniversitesi, Doç. Dr. Hüseyin Selçuk KILIÇ – Marmara Üniversitesi, Doç. Dr. Nezir AYDIN – Yıldız Teknik Üniversitesi, Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZTÜRK – İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Sinan YARDIM – Yıldız Teknik Üniversitesi.

AMAÇ VE KAPSAM

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid>), İstanbul Ticaret Üniversitesi'nin resmi yayın organıdır. Derginin amacı, Fen Bilimleri ve Mühendislik Bilimleri alanlarında yapılan özgün araştırma makaleleri, derlemeler, kısa makaleler, teknik not, kitap ve proje eleştirileri ve bilimsel nitelikli editöre mektupları yayınlayan uluslararası ve saygın bilimsel bir dergi olmaktır.

Dergide yayınlanacak makalelerin etik kurallara uygun hazırlanması, Ulusal ve uluslararası geçerli etik kurallarına uygun yazılmış olması ve ihtiyaç varsa etik kurul raporlarının alınmış olması gereklidir. Bu dergide yayınlanan makaleler bağımsız ve önyargısız çift körleme hakemlik (peer review) ilkeleri doğrultusunda bir danışma kurulu tarafından değerlendirilir. Makaleler başlıca altı kategoride yayınlanır: (1) "Araştırma Makaleleri", (2) Derleme Makaleler, (3) "Kısa Makaleler", (4) "Teknik Not ve Vaka Takdimleri", (5) "Kitap ve proje eleştirileri", (6) "Editöre mektup". Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca dillerinde yazılabilir; Türkçe, İngilizce ve makale yazım dilinde Öz ile Anahtar Kelimeler içermelidir. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Bahar ve Güz aylarında olmak üzere yılda iki kez yayınlanmaktadır ve <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid> internet adresi üzerinden takip edilebilir.

Yayın İzni

Bireysel kullanım dışında, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi'nde yayınlanan makaleler, şekiller ve çizelgeler yazılı izin olmaksızın çoğaltılamaz, bir sistemde arşivlenemez veya reklam ya da tanıtım amaçlı materyallerde kullanılamaz. Bilimsel makalelerde, uygun şekilde kaynak gösterilerek alıntılar yapılabilir.

Abone İşlemleri

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, belirlenen bazı kurum ve kuruluşlara, Üniversite Kütüphanesine ve çalışmaları yayımlanan bilim insanlarına düzenli olarak ulaştırılmaktadır. Yayınlanan makalelere çevrim-içi olarak <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid> adresinden ücretsiz olarak erişilebilmektedir.

Yazıların Bilimsel ve Hukuki Sorumluluğu

Yayımlanan yazıların bilimsel ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir. Yazıların içeriğinden ve kaynakların doğruluğundan yazarlar sorumludur. Editör, Yardımcı Editörler, Yayın ve Danışma Kurulu üyeleri ve Yayımcı, dergideki hatalardan veya bilgilerin kullanımından doğacak olan sonuçlardan dolayı sorumluluk kabul etmez.

AIMS and SCOPE

Istanbul Commerce University Journal of Science (<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid>), is the official journal of İstanbul Commerce University. The journal's aim is to be scientific journal publishing original research articles, short communications, reviews, technical notes, book and project criticisms and scientific editorial letters of science in the following areas: basic sciences and engineering fields.

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi

Istanbul Commerce University Journal of Science, 18(35), Spring 2019

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



The articles to be published in this journal should be prepared and written in accordance with the national and international ethical rules, and if necessary ethical commission reports should be taken. Articles submitted to this journal are evaluated in a double-blinded peer reviewed fashion by an advisory committee. Articles are published mainly in six categories: (1) “Research articles”, (2) “Review articles”, (3) “Short Communications” (4) “Technical notes and case reviews”, (5) “Book/Project reviews” (6) “Letters to the Editor. All articles may be written in Turkish, English, German or French and should include abstracts and key words. İstanbul Commerce University Journal of Science is published two issues per year in spring and autumn. The journal also been available on-line by a website <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd>.

Permission Requests

Manuscripts, figures and tables published in the İstanbul Commerce University Journal of Science cannot be reproduced, archived in a retrieval system, or used for advertising purposes, except personal use. Quotations may be used in scientific articles with proper referral.

Subscriptions

İstanbul Commerce University Journal of Science is delivered complimentary to some institutes and organizations, University Library and authors/scientists. Full texts of all articles published are accessible free of charge through the web site <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd>.

Material Disclaimer

Scientific and legal responsibilities pertaining to the papers belong to the authors. Contents of the manuscripts and accuracy of references are also at the authors' responsibility. Editor, Associate Editors, Aditorial and Advisory Board members and the Publisher decline responsibility for errors or any consequences arising from the use of information contained in this journal.

Değerli İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Okurları,

Dergimizin 18. yılında 35 sayımız olan Bahar 2019 baskısını siz değerli okurlarımızla paylaşmaktan onur duymaktayız.

Dergimizin bu sayısında Endüstri Mühendisliği ve Mühendislik Bilimleri alanlarından beş 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

Dear Readers, Istanbul Commerce University Journal of Science,

In the 18th year of our journal, we are honored to share with you our esteemed readers the 35nd issue of the Spring 2019 edition.

In this issue of our journal, we are pleased to present five articles from the fields of Industrial Engineering, Engineering Sciences 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 of Journal of Science

İÇİNDEKİLER/ CONTENTS

Araştırma Makaleleri/ Research Articles

Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering

**Türkiye’de Perakende Sektöründe Elektronik Ürünlere Olan Talebin
Yapay Sinir Ağı İle Modellenmesi** **1**

*Forecasting The Demand Of Electronic Products By Artificial Neural
Networks In Turkey Retail Sector*

Didem VURAL, Emel Şeyma KÜÇÜKAŞCI, Berk AYVAZ

Tekstil Sektöründe Metal Aksesuar Tedarikçilerinin Performans **17**

**Değerlendirme Sürecinde Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık
TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması**

*Performance Evaluation Of Metal Accessories Suppliers In Textile Sector
Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process And Fuzzy Topsis Methods*

Emine SANCAKLI, Sibkat KAÇTIOĞLU

Yapay Sinir Ağları İle Talep Tahmini: Perakende **43**
Sektöründe Bir Uygulama

*Demand Forecasting With Artificial Neural Network: A Case
Study In Retailing Sector*

Muhammed Resul AYDIN, Osman YAZICIOĞLU

Ülkelerin Lojistik Performanslarının Veri Zarflama Analizi İle Ölçümü **57**

*Measurement Of Logistics Performance Of Countries With Data
Envelopment Analysis*

Merve YILDIRIM, Berk AYVAZ

Mühendislik Bilimleri / Engineering Sciences

Çelik Tabliyeli Köprü Üstü Farklı Karışım Tiplerinin **75**
Performanslarının İncelenmesi

*Evaluation of Different Type of Pavement Performance For
Steel Bridge Deck*

Çağlar EREN, Halit ÖZEN, Mustafa ILICALI

Araştırma Makalesi

**TÜRKİYE’DE PERAKENDE SEKTÖRÜNDE ELEKTRONİK
ÜRÜNLERE OLAN TALEBİN YAPAY SINIR AĞI İLE
MODELENMESİ***

Didem VURAL¹ Emel Şeyma KÜÇÜKAŞÇI² Berk AYVAZ³

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükyalı,
İstanbul Türkiye, didemvurall@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7848-8315

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Küçükyalı,
İstanbul, Türkiye, eskucukasci@ticaret.edu.tr, orcid.org/0000-0002-4625-3535

³İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Küçükyalı,
İstanbul, Türkiye, bayvaz@ticaret.edu.tr, orcid.org/0000-0002-8098-3611

Öz

Şirketlerin rekabet piyasasındaki başarıları geleceklerini tahmin etme yeteneklerine bağlıdır. Bu yüzden talep tahmini şirketlerin kısa ve uzun dönemli hedeflerine ulaşmasında önemli bir rol oynar. Bu çalışmada yapay sinir ağları ile talep tahmin problemi ele alınmıştır. Bu bağlamda Türkiye'nin öncü elektronik perakende şirketlerinden birinin 'notebook' ürün grubu için geçmiş dönemlere ait satış verileri kullanılarak yapay sinir ağı ile gelecek dönemler için satış tahminlemesi yapılmıştır. Uygulama sonucunda yapay sinir ağı kullanılarak yapılan modellemenin tahmin hatalarının incelenmesiyle elde edilen sonuçlara ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Yapay sinir ağları, talep tahmini, perakende sektörü, elektronik ürünler.*

Research Article

**FORECASTING THE DEMAND OF ELECTRONIC PRODUCTS BY ARTIFICIAL
NEURAL NETWORKS IN TURKEY RETAIL SECTOR**

Abstract

The success of the companies in the competitive market depends on their capability of predicting their future. Therefore, demand forecasting plays an important role in achieving short and long term goals of companies. In this study, the problem of demand estimation with artificial neural networks is discussed. In this context, prediction of the future sales is performed using an artificial neural networks which takes as an input historical sales data of one of Turkey's leading electronic retail companies 'notebooks' product group sales data by using artificial neural network was carried past eras sales forecasting for future periods. As a result, we report the computational results and evaluations on our artificial neural network model including the forecasting errors.

Keywords: *Artificial neural networks, retail sector, electronic products, demand forecasting.*

* Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "Türkiye'de Perakende Sektöründe Elektronik Ürünlere Olan Talebin Yapay Sinir Ağı İle Modellenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Received / Geliş tarihi:07.01.2019
Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

Accepted / Kabul tarihi: 15.01.2019
didemvurall@gmail.com

1.GİRİŞ

Talebi tahmin etmenin ve doğruluğunun bir firmanın başarısı ve müşterisinin memnuniyeti ile doğrudan bağlantısı vardır. Talep tahmini yapılmak istenen ürünün değişebilirliği ve talebi etkileyen faktörlerin zaman içerisindeki dinamikliği, talep tahminini ve planlamayı güçleştirmektedir. Talebi tahmin etmenin bu zorluklarına karşılık doğru yapılabilen bir talep tahmini şirketi maksimum kâra taşırken, stratejik hedeflere eldeki kaynaklar ile ulaşmak daha kolay olacaktır.

Literatürde çok farklı talep tahmin yöntemleri bulunmaktadır. (Es,2014) çalışmalarında tahmin yöntemlerini nitel ve nicel tahmin yöntemleri olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Nitel tahmin yöntemi, alanında uzman olan kişinin görüş ve deneyimlerine dayanmaktadır. Nicel tahmin yöntemleri ise matematiksel modellere dayanan yöntemlerdir. Bununla birlikte talep tahmin yöntemlerini öznel ve nesnel yöntemler olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür (Bolt,1994). Öznel yöntemler, matematiksel verilerden daha çok tecrübenin uygulanmasına, yargılama ve zekâyaya dayanan yöntemlerdir. Nesnel yöntemler ise, istatistiksel ve matematiksel verilere dayanır. İdeal olan yöntem bu iki tip yöntemin birleşimidir (Tekin, 1996).

Son zamanlarda talep tahmininde yapay sinir ağları (YSA) sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında YSA ile talep tahmini yapılmıştır. Çalışmamızda Türkiye’nin perakende sektöründe önde gelen bir teknoloji şirketinin satış verilerinden yola çıkarak elektronik ürünler içinde önemli bir yeri olan notebook segmentli ürünler için talep tahmini yapılmıştır.

İkinci bölümde talep tahmini ile ilgili literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, biyolojik ve yapay sinir ağlarına genel bir giriş yapılmış, yapay sinir ağları tanımı, tarihsel gelişim süreci, kullanım alanları, temel yapısı, yapay sinir ağlarının genel özellikleri, öğrenme mekanizması ve çeşitlerinden bahsedilmiştir. Uygulama kapsamında yapılan çalışmalar ayrıntılandırılarak yapay sinir ağları yöntemiyle talep tahmini yapılmış ve hata değerlerine göre sonuçları incelenmiştir. Son bölümde ise uygulama aşamasında elde edilen sonuçlar değerlendirilerek gelecek çalışmalara yön verecek geliştirme önerileri sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Talep, tüketicinin belli bir ürün ya da hizmeti belirlenen bir fiyat karşılığında alabileceği miktardır (Tekin, 1996). Talep tahmini ise, gelecek bir dönemde bir kişi ya da şirketin satın alacağı bir ürünün veya ürünlerin satın alınacağı miktarını tahmin etmektir (Acar, 1989). Talep eş olarak satış olduğu için “talep tahmini” yerine “satış tahmini” de denilebilir.

Literatürde gelecek tahmini ile ilgili birçok çalışma yer almaktadır. Bu yaklaşımları 2 ana başlıkta toplamak mümkün olabilir. Bu başlıkları tahminlerin sayısal ya da sezgisel yaklaşımlarla yapılmasından yola çıkarak niceliksel modeller ve niteliksel

modeller olarak belirleyebiliriz. Niteliksel modeller, şahsi düşünce ve fikirleri de içinde barındırırken niceliksel modeller ise bunun aksine öznellikten uzak istatiki ve matematiksel yaklaşımlar ile problemlere çözüm arayan modellerdir. (Kobu, 1984).

(Matuyama vd, 2008), envanter seviyesinin belli olduğu ancak talebin kesinlik sağlamadığı vakalar için yaptıkları çalışmada iki farklı geribildirim politikasıyla iki farklı tahmin yaklaşımı kullanarak, envanter sistemine periyodik bir açıdan bakmışlardır. (Fildes vd, 2008), çalışmalarında herhangi bir bilgisayar tabanlı tahminlemenin sonuçlarının tahminleme ve planlama uzmanlarının eleştirel ve iyileştirici müdahaleleri ile hata oranının azalıp azalmadığını tespit etmeye çalışmışlar ve sonucun sektöre göre değiştiği kanısına ulaşmışlardır. (Carlson ve Umble, 1980) Amerika’da, standart ve lüks otomobil segmentinde 5 farklı çeşit otomobilin, gelecek beş senelik talep tahminini bulmak için yaptığı çalışmasında, tahminleme yöntemi olarak çoklu regresyon analizini seçmiştir. Çalışmada, benzin fiyatı, benzin kıtlığının piyasaya etkisi, taşıt fiyatları, tüketici gelirleri ve sektördeki işçi grevlerinin talebi etkileyen etkenler olduğunu belirlemişlerdir. (Gavcar vd, 1999) çalışmalarında “Türkiye’de Kullanılan Kağıt- Karton Türlerinin Talep Tahminlerinin Belirlenmesi” konulu araştırmalarında, SEKA kâğıt fabrikasının ürettiği 8 farklı kâğıt ürünün talep tahminini yapmışlardır. Çalışmada çoklu regresyon analizi kullanılmış ve değişkenlerin ilişkisi ise korelasyon analiziyle açıklanmıştır. (ZhoumcMahon vd, 2002), Avustralya su tedarik sisteminin Melbourne şehrindeki altı yıllık, günlük su tüketim verileri ile gelecek su talep tahminini zaman serileri analizi metodu ile açıklamışlardır. (Cahow, 2004) çalışmasında tedavisi evde yapılan kronik hastaların hemşire talebini çoklu regresyon ve Monte Carlo simülasyon yöntemleri ile tahmin etmişlerdir. Çalışmaya göre 2025’e kadar Amerika’da bu hizmete olan ihtiyacın artacağı sonucuna ulaşılmıştır. (Griffiths vd, 2010), çalışmalarında Regresyon modeli ile yerel buğday verimliliği tahmini yaparak belirsiz bazı verileri analiz etmişlerdir. (Sun vd, 2010) gemi turu endüstrisinin, müşteri talep tahmini üzerine çalışmışlardır.

Üretici ve perakendeci birçok satıcı kesin satışını tahmin etmek ister. Özellikle perakendeciler, geçmişe dair satış verileri ile stokları özelinde satış tutarlarını belirlemeyi hedefler. Bu ihtiyacı karşılamak için büyük veri tabanlarını analiz eden yapay sinir ağları kullanılır. (Thall, 1992) Yapay sinir ağları ile talep tahmini yapılırken de diğer matematiksel modellerde olduğu gibi geçmişe ait veriler kullanılır ve parametreler değerlendirilirken en küçük kare hatasına ulaşılmaya çalışılır. Uygun ağırlık değerini bulmak için sinir ağı eğitilir ve en uygunu bulunana kadar sinir ağı bir dizi iterasyona tabii tutulur. (Denton, 1995) Yapay sinir ağları, ideal koşulların olmadığı durumlarda talep tahmininde regresyon yöntemine göre daha sağlıklı sonuçlar sağlar. Regresyona göre daha sağlıklı sonuçların alındığı durumlar şöyle ifade edilir: (Denton, 1995) Matematiksel bir modelde tahmin yapan kişi değişkenler arası ilişkileri anlatan bir fonksiyon yapısını varsayım olarak kabul etmelidir. Yapay sinir ağları böyle bir yapıya ihtiyaç duymaz ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi kendisi öğrenir. Literatürde yapay sinir ağları kullanılarak yapılan birçok tahmin çalışması vardır. Bunlardan ilki hava durumunun tahmin çalışmasıdır. Sonrasında Hu tarafından 1964’te işletmelerde yapılan yapay

sinir ağları modeli çalışması ile model yaygınlaşmıştır. İşletmelerde yapay sinir ağları ile tahmini, öncelikle ekonomi ve finansta uygulanmış ve önemli sonuçlara ulaşılmıştır. 1997 yılında Wong vd. yapay sinir ağları temelli 1988-1995 seneleri arasındaki makalelerinde bir anket ile yapmış oldukları çalışmalarında yapay sinir

ağları uygulamalarının her geçen gün artarak işletme faaliyetlerinde yer aldığını tespit etmişlerdir. Bunun sebebi olarak ise yapay sinir ağlarının her geçen gün gelişen ve değişen teknolojiye hızlı uyum sağlayabiliyor olmalarını göstermişlerdir.

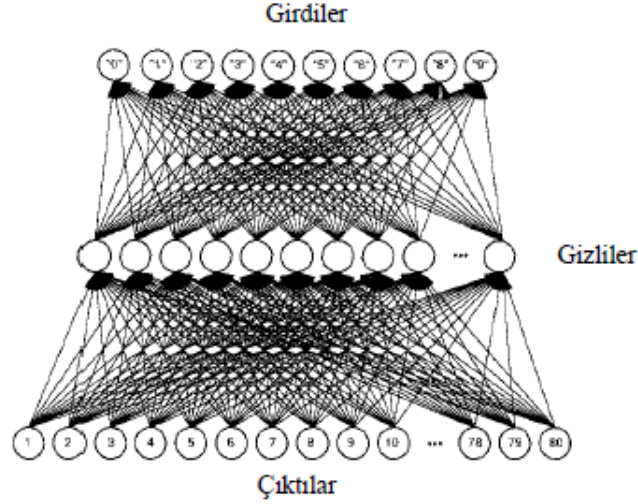
(Hu, 2002), iç turizm talebini ve (Çuhadar vd, 2009), dış turizm talebini tahminlerken; yapay sinir ağları yönteminin diğer geleneksel metotlara göre daha yaklaşık tahminlerde bulunduğunu ortaya koymuşlardır. (İnsel vd, 2010); (Ataseven, 2007; Çelik, 2008; Hajirezaie vd, 2010), yapay sinir ağlarının planlama ve kalite kontrol uygulamalarının performansını belirlemede güvenilir ve hızlı olduğunu söylemişlerdir. (Jones, 2008) hastanelerin ilk yardım departmanlarındaki talep tahmini modellemesi çalışmasında, gizli katmanlı, geri beslemeli yapay sinir ağı modeli oluşturmuştur. (Asilkan, 2009) çalışmasında, ikinci el otomobillerin gelecek fiyatlarını yapay sinir ağları ile tahminlemiştir. Araştırmada, yapay sinir ağları ve zaman serisi analizleri ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Sonuçlara göre yapay sinir ağları sonuçlarının daha başarılı olduğu görülmüştür.

(Aydoğan vd, 2010) İstanbul boğazındaki deniz suyu akıntı hızının, (Shamseldin, 2010) Sudan’daki mavi Nil nehrinin akış hızının, (Sahoo vd, 2009) sıcak su akıntı hızının tahmini üzerine yapay sinir ağı modeli tasarlamışlardır. (Avcı, 2009), IMKB-30 endeksinde seçilmiş birkaç hisse senedinin günlük getirilerinin tahmini üzerine yapay sinir ağı modeli tasarlamış ve başarılı sonuçlara ulaşmışlardır. (Serttaş, 2011) yılında Türkiye’de Perakende sektöründe talebi etkileyen etmenler ve yapay sinir ağlarıyla talep tahmini uygulaması üzerinde çalışmıştır.

Bu kapsamda, talep tahmininde yapay ağlarının kullanımı içeren bir yöntem kullanılmıştır. Önde gelen bir elektronik firmasının notebook türüne ait gerçek satış verileri kullanılarak ilgili yöntemin başarısı test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar satışlarla ilgili tahminlerin etkinliğini ortaya koymaktadır.

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları değişik katmanlarda toplanan yapay sinir hücreleri ve bu hücreler arasındaki bağlantılardan meydana gelir. (Arbib, 2003). Bir yapay sinir ağını meydana getiren sinir hücreleri tam olarak bağlantılarla bağlanabilir ya da bağlantılar seyrek/yemel olarak da kurulmuş olabilir. Katmanlar, bünyelerinde bulunan sinir hücrelerinin birbirleriyle bağlantılar vasıtasıyla ilişkilendirilmediği ancak diğer katmanlarla bağlantılı olan sinir hücresi kümeleridir. (Tebo, 1994). Yapay sinir ağlarının yapısı aşağıdaki şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Yapay Sinir Ağı Yapısı (Freeman ve Skapura, 1991)

Bir yapay sinir ağının büyüklüğü iki temel kriter ile ifade edilir: ağ oluşturulan katman sayısı ve gizli birimlerin sayısı (Fuente, 2004).

- Girdi katmanı, yapay sinir ağının problemine ait başlangıç verilerinin (girdilerin) ağa tanıtıldığı katmandır. Bu katmandaki sinir hücreleri sayısı problemin girdi parametrelerinin sayısına eşittir ve her sinir hücresi ilgili girdi ile ilgili veri barındırır (Veelenturf, 1995). Girdi hücrelerinde işlem yapılmaz. (Şahin, 2002).
- Gizli katman, yapay sinir ağının asıl işlendiği katmandır. Bu katmanı kullanıcı görmez. Girdi katmanından ağa alınan verilerin ilgili probleme uygun bir fonksiyonla işlendiği ve sonucun elde edilmesi amacıyla çıktı katmanına iletiildiği katmandır. Ağ içerisinde gizli katman bulunup bulunmayacağı ya da kaç tane bulunacağı ağ tasarımcısının kontrolindedir ve uğraşılan probleme göre belirlenir.
- Çıkış katmanı, girdi katmanından ağa girilen ve gizli katmanda işlenen verilerin ağın yapısına uygun bir fonksiyonla işlendiği ve sonucun sistemin çıktısı olarak sunulduğu katmandır. Girdi katmanındaki ilişkiye benzer şekilde, çıkış katmanındaki sinir hücresi sayısı ağdan beklenen çıktı sayısına eşittir.

Yapay sinir ağları örnekler üzerinde çalışarak çözümü öğrenen yapılardır. Sonraki süreçte ise bunlardan yola çıkarak daha önce karşılaşmadıkları problemler için

benzer şekilde çözüm üretebilirler. (Murray, 2003). Bu öğrenme sürecini iki maddede ele alınabilir (Tebo, 1994):

- Yapay sinir ağının problemlerin geçmiş verileriyle çalıştırılması ve çözüm yaklaşımı oluşturmaya (öğrenme aşaması),
- Eğitim sonrası yapay sinir ağı çıktılarının doğruluğunun değerlendirilmesi ve tutarlılık testi (test aşaması)

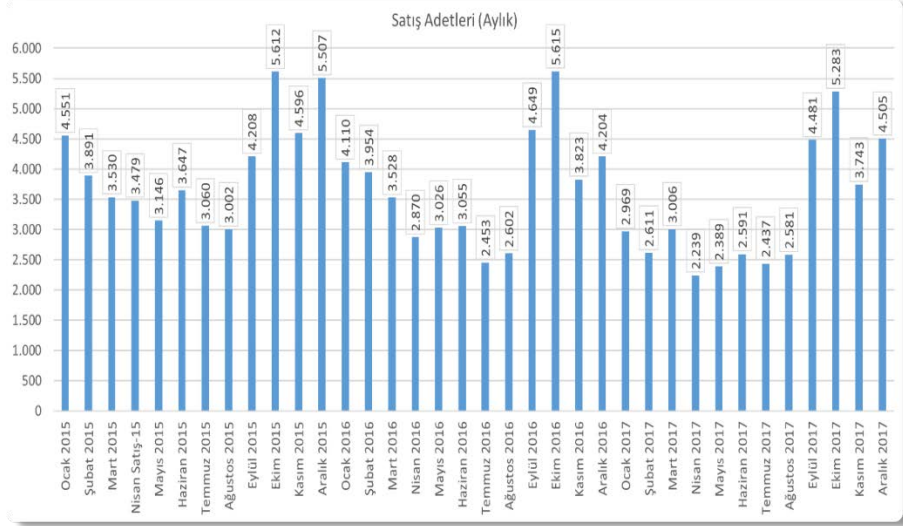
Bir yapay sinir ağında öğrenme, ağın sinir hücreleri arası bağlantı kuvvetlerini, probleme uygun çözümleri üretecek kombinasyona ulaştırmasıdır. (Barghash ve Santarisi, 2004). Yapay sinir ağı modeli tasarımından sonra, problemle ilgili olarak ağı eğitmek ve test etmek için problemin geçmiş verilerine ait birbirinden farklı iki grup oluşturulur. Eğitim ve test grubu ayrımının yapılmasında eğitim sırasında kendini probleme adapte etmeye çalışan yapay sinir ağı modelini, o zamana kadar karşısına hiç çıkmamış koşullarla sınamak ve genelleme yapmak esastır.

Yapay sinir ağı modeli ilk kurulduğunda yapay sinir hücrelerini birbirine bağlayan bağlantılara rassal kuvvetler verilir. Model, eğitim test grubu ile çalıştırılmaya başladığında veri kümelerine ilişkin sonuçlarla ilgili tahminlerde bulunur. Süreç ilerledikçe ağ bağlantı kuvvetlerini her adımda iyileştirir ve eğitim, modelin çıktılarının tutarlı olduğu düşünülen kararlı bir duruma ulaştığı ana kadar devam ettirilir. Kararlı bir hal aldığı düşünülen sistem için eğitim aşamasının tamamlandığı kabul edilir ve test aşamasına geçilir. Eğitime tabi tutulan ağ, daha önce karşılaşmadığı yeni verilerle çalıştırılır ve ürettiği sonuçların performansı değerlendirilir.

4. UYGULAMA

4.1. Yapay Sinir Ağı Mimarisi

Çalışmada talep tahmini yapılırken WEKA programı kullanılmıştır. WEKA’da yapay sinir ağları ile çözüm yoluna başvurulmuş ve Multilayer Perceptron algoritması çalıştırılmıştır. Ocak 2015 – Aralık 2017 yılları arasındaki 3 yıla ait 36 adet satış verisi kullanılarak tüm modeller giriş katmanı, çıkış katmanı ve gizli katmandan oluşmuştur. Girdi katmanı, aylık tarih rakamları olarak bir hücreden, çıktı katmanı ise satış verilerinden meydana gelen bir hücreden oluşmaktadır. Gizli katmanda ise farklı sayıda hücre yer alabilir, çalışmanın devam eden kısmında uygun gizli katman hücre sayısını bulmak adına denemeler yapılmıştır. Yapay sinir ağlarında gizli hücre sayısını bulmak için “geometrik piramit kuralı” yöntemi kullanılır. Bu kurala göre, girdi katmanından çıktı katmanına doğru hücre sayısının azalmasıdır. Bu çalışma kapsamında piramite göre gizli hücre sayısı, girdi hücre sayısının iki katı olan ikiyi geçemez. Ayrıca bu sayı, girdi hücre sayısı ile çıktı hücre sayısının çarpımının karekökünden de az olamaz. Bu koşullarda mevcut çalışmada toplam 500 farklı deneme yapılmıştır.

Grafik 4.1. Geçmiş Aylara Ait Satış Adetleri

Eğitim verileri ağı sunularak ağı öğrenmesi gerçekleştirilmiş ve bu beş yüz model arasında test verileri için, hata kareleri ortalaması (MSE), ortalama mutlak yüzde, hata (MAPE) ve ortalama mutlak hata (MAE) istatistiksel hata değerlerinden en küçük hata değerini veren YSA modeli seçilmiştir. Çalışma kapsamında ilk olarak çevrim sayısı sabit tutularak öğrenme ve momentum katsayılarının en uygun değerleri seçilmeye çalışılmıştır. Bu yüzden çevrim sayısı 500’ de sabit tutularak öğrenme ve momentum katsayıları değiştirilmiş, en uygun değerler tespit edilmiştir. Hücre sayısı, momentum katsayısı ve öğrenme katsayısındaki değişimler tahmin sonuçlarını doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden mümkün olduğunca fazla deneme yapıp sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.2. Yapay Sinir Ağı WEKA Uygulamaları

Çalışma kapsamında ilk olarak öğrenme katsayısını bulabilmek için 0.1-0.9 değerleri arasında deneme yapılmıştır. Sonraki adımda bulunan optimal öğrenme katsayısı dikkate alarak momentum katsayısı 0.1-0.9 değerleri arasında denenmiştir, belirlenen bu optimal aralıklardan hareket ile elde edilen sonuçlar çalışmada değerlendirilmiştir.

4.2.1. Öğrenme ve Momentum Katsayısının Belirlenmesi

Öğrenme katsayısının doğru seçilmesi ağı öğrenme performansında oldukça önem taşımaktadır. Bu katsayı ağı öğrenme hızını etkilemektedir. Küçük değerler, ağı öğrenme süresini arttırırken büyük değerler yerel çözümler arasında ağı dolaşmasına neden olmaktadır. Yapılan denemeler ile öğrenme katsayısının optimal değerinin 0.2 - 0.4 arasında olduğu üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışma kapsamında ise 0-1 değerleri arasında tüm öğrenme katsayıları için denemeler yapılmıştır.

Tablo 4.1. Öğrenme Katsayısı ve Momentum Katsayısı için Yapılan Denemeler

Deneme No	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı	37. Ay Tahmin	37. Ay MAE	37. Ay MAPE	37. Ay MSE
1	0,1	0,1	3.108,3	14,8	0,4	304,5
2	0,1	0,2	3.104,7	19,8	0,6	537,8
3	0,1	0,3	3.090,3	30,5	0,9	1.317,1
4	0,1	0,4	3.033,0	53,5	1,5	4.263,7
5	0,1	0,5	2.867,4	105,5	3,0	16.031,3
6	0,1	0,6	2.738,1	146,9	4,0	38.139,1
7	0,1	0,7	3.327,2	128,8	3,8	21.733,0
8	0,1	0,8	2.010,5	731,1	21,4	752.378,2
9	0,1	0,9	2.881,5	369,5	10,1	21.872,2
10	0,2	0,1	2.691,9	48,4	1,4	3.373,9
11	0,2	0,2	2.659,0	65,7	1,8	6.112,5
12	0,2	0,3	2.580,6	89,9	2,5	11.329,7
13	0,2	0,4	2.499,0	115,4	32.774,0	17.607,8
14	0,2	0,5	2.272,7	92,3	2,7	11.676,3
15	0,2	0,6	1.798,0	109,2	3,2	17.111,3
16	0,2	0,7	2.585,0	562,9	15,8	385.209,0
17	0,2	0,8	4.853,9	296,3	9,2	164.088,8
18	0,3	0,1	1.958,6	69,7	1,9	9.124,6
19	0,3	0,2	1.478,2	145,0	4,2	29.653,0
20	0,3	0,3	1.781,6	254,6	7,1	103.505,8
21	0,3	0,4	1.496,0	60,0	1,7	6.211,7
22	0,3	0,5	430,6	140,1	4,1	33.084,2
23	0,3	0,6	-159,3	275,8	8,0	109.177,0
24	0,3	0,7	-1.130,2	623,2	18,7	662.997,5
25	0,3	0,8	3.249,5	575,7	16,2	426.535,5
26	0,4	0,1	1.958,7	92,1	2,6	14.022,6
27	0,4	0,2	1.632,9	87,9	2,6	11.486,1
28	0,4	0,3	1.661,5	235,5	6,8	76.910,8
29	0,4	0,4	1.452,6	257,7	7,1	119.737,4
30	0,4	0,5	2.732,3	150,6	4,4	33.007,2
31	0,4	0,6	1.132,1	521,6	16,1	459.998,3
32	0,4	0,7	2.397,5	825,7	25,9	1.047.372,0
33	0,5	0,1	3.061,9	50,6	1,5	3.251,4
34	0,5	0,2	3.902,1	30,0	0,9	1.204,3
35	0,5	0,3	2.980,6	80,2	2,2	9.726,1

36	0,5	0,4	3.395,2	107,4	2,9	17.411,0
37	0,5	0,5	2.045,5	424,1	12,6	278.874,5
38	0,5	0,8	3.792,5	955,5	25,6	1.181.132,6
39	0,6	0,1	7.163,0	290,4	7,8	141.735,0
40	0,6	0,2	6.602,5	330,6	9,2	191.039,0
41	0,6	0,3	2.332,4	556,9	15,9	538.116,7
42	0,6	0,4	3.355,5	315,1	9,2	135.577,8
43	0,6	0,5	4.376,5	225,8	6,4	82.891,3
44	0,6	0,6	6.021,4	1.110,0	29,9	1.636.862,1
45	0,7	0,1	3.580,4	933,3	24,4	1.164.551,1
46	0,7	0,2	3.704,1	927,3	24,0	1.192.839,2
47	0,7	0,3	3.728,5	933,1	24,4	1.178.912,3

Uygun öğrenme katsayısı belirlendikten sonra bu değer sabit tutularak momentum katsayısı için denemeler yapılmıştır. Momentum katsayısı bir önceki iterasyona ait değişimin belirli bir oranının yeni değişime eklenmesi ile elde edilir. Bu değer in küçüklüğü yerel çözümlerden uzaklaşmayı zorlaştırırken, büyüklüğü ise tek bir çözüme ulaşmayı zorlaştırabilir. Momentum katsayısı öğrenme performansını değiştirmektedir. Momentum katsayısı, ağ yerel çözümlere takılırsa, sıçramayla daha uygun sonuçlar elde edilmesine yardımcı olur. Çok büyük değerler uygun sonuca ulaşırken sorunlar yaşatabilir. Bu değer in 0.6 - 0.8 arasında en optimal olduğu düşünülmektedir. Tablo 4.1.'de bu denemeler yer almaktadır.

4.2.2. Çevrim Sayısının Belirlenmesi

Belirli bir deneme sayısından sonra ağın öğrenmesinin sona erdiği düşünülür. Bunun sonucunda ağ artık öğrenemez ve daha uygun bir sonuç elde edilemez. Momentum katsayısı 0.1 ve 0.2 öğrenme katsayısı 0.1 ve 0.5 alınarak en uygun çevrim sayısı bulma denemeleri yapılmıştır. Aşağıdaki Tablo 4.2.'de bu denemeler yer almaktadır. 500 - 2000 arasında çevrim sayıları denenmiş ve en uygun çevrim sayısının 2000 olduğu belirlenmiştir. (Deneme 54)

Tablo 4.2. Uygun Çevrim Sayısının Belirlenmesi için Yapılan Denemeler

Deneme No	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı	Çevrim Sayısı	37. Ay Tahmin	37. Ay MAE	37. Ay MAPE	37. Ay MSE
48	0,1	0,1	500	3.108,3	14,82	0,43	304,54
49	0,1	0,1	750	3.086,4	4,59	0,13	35,25
50	0,1	0,1	1.000	3.094,0	1,49	0,04	3,47
51	0,1	0,1	1.250	3.092,3	0,39	0,01	0,23
52	0,1	0,1	1.500	3.092,5	0,09	0,00	0,01
53	0,1	0,1	1.750	3.092,5	0,02	0,00	0,00
54	0,1	0,1	2.000	3.092,5	0,01	0,00	0,00
55	0,1	0,2	500	3.104,7	19,83	0,58	537,79
56	0,1	0,2	750	3.083,7	6,96	0,20	71,67
57	0,1	0,2	1.000	3.095,8	2,53	0,07	10,94
58	0,1	0,2	1.250	3.091,1	0,96	0,03	1,49
59	0,1	0,2	1.500	3.092,6	0,33	0,01	0,17
60	0,1	0,2	1.750	3.092,2	0,10	0,00	0,02
61	0,1	0,2	2.000	3.092,2	0,03	0,00	0,00
62	0,5	0,2	500	3.902,1	30,04	0,87	1.204,33
63	0,5	0,2	750	3.828,2	15,40	0,42	362,17
64	0,5	0,2	1.000	3.853,1	4,34	0,12	29,70
65	0,5	0,2	1.250	3.857,3	1,80	0,05	4,18
66	0,5	0,2	1.500	3.852,8	0,70	0,02	0,85
67	0,5	0,2	1.750	3.853,3	0,19	0,01	0,05
68	0,5	0,2	2.000	3.853,8	0,10	0,00	0,01

4.2.3. Nöron Sayısının Belirlenmesi

Ağın yapısal niteliklerinden biri de her katmana ait nöron sayısıdır. Bir katmanda yer alacak nöron sayısının olabildiğince az olması uygundur. Nöron sayısının az olması YSA'nın genelleme yeteneğini yükseltmektedir. Gereğinden çok olması ağın verileri ezberlemesine neden olabilmektedir. Zaman serisi tahminlerine ait problemlerde nöron sayısı, gecikme sayısı ile doğrudan bağlantılıdır ve bu sayıyı tespit edebilmek için belirli bir yol yoktur.

4.2.4. Gizli hücre sayısının belirlenmesi

Momentum katsayısı 0.1, öğrenme katsayısı 0.1, çevrim sayısı 2000 alınarak sonrasında nöron sayısı ve gizli hücre sayısının hesaplanmasına geçilmiştir. Gizli hücre sayısı 1' den giriş hücre sayısının iki katı olan 2'ye kadar denemeler

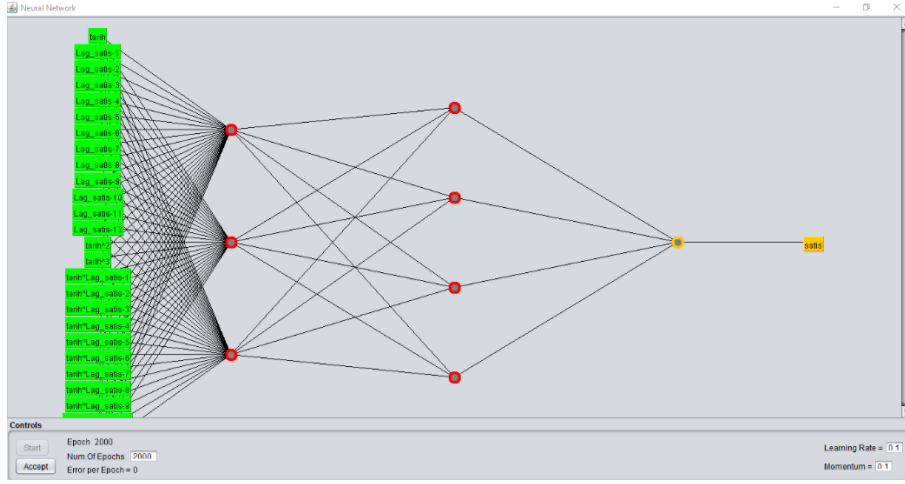
yapılmıştır. En iyi hücre sayısının 2, bu katmanlardaki nöron sayılarının ise sırasıyla 3 ve 4 olduğu belirlenmiştir. Aşağıdaki Tablo 4.3.'te bu denemeler yer almaktadır.

Tablo 4.3. Uygun Gizli Hücre Sayısının Belirlenmesi için Yapılan Denemeler

Deneme No	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı	Çevrim Sayısı	Gizli Katman Sayısı	Nöron Sayısı1	Nöron Sayısı2	37. Ay Tahmin	37. Ay MAE	37. Ay MAPE	37. Ay MSE
69	0,1	0,1	2000	1	1	-	3.477	226,5080	6,2945	64496,2688
70	0,1	0,1	2000	1	2	-	1.932	15,2215	0,5052	790,3527
71	0,1	0,1	2000	1	3	-	3.198	0,0001	0,0100	0,0000
72	0,1	0,1	2000	1	4	-	3.196	0,0001	0,0100	0,0000
73	0,1	0,1	2000	1	5	-	2.173	0,0001	0,0010	0,0000
74	0,1	0,1	2000	2	1	1	3.429	223,0734	6,2296	66896,2252
75	0,1	0,1	2000	2	2	1	3.017	2,4522	0,0615	17,3534
76	0,1	0,1	2000	2	3	1	4.054	0,0004	0,0000	0,0000
77	0,1	0,1	2000	2	4	1	3.177	0,0005	0,0000	0,0000
78	0,1	0,1	2000	2	5	1	4.003	0,0186	0,0006	0,0005
79	0,1	0,1	2000	2	1	2	3.509	222,7491	6,2227	65826,6053
80	0,1	0,1	2000	2	2	2	3.679	7,2134	0,1923	88,0237
81	0,1	0,1	2000	2	3	2	4.086	0,0045	0,0001	0,0000
82	0,1	0,1	2000	2	4	2	4.210	0,0002	0,0000	0,0000
83	0,1	0,1	2000	2	5	2	3.810	0,0004	0,0000	0,0000
84	0,1	0,1	2000	2	1	3	3.524	223,7323	6,2426	65571,3727
85	0,1	0,1	2000	2	2	3	3.493	2,2546	0,0604	12,1207
86	0,1	0,1	2000	2	3	3	3.179	0,0002	0,0000	0,0000
87	0,1	0,1	2000	2	4	3	3.729	0,0001	0,0000	0,0000
88	0,1	0,1	2000	2	5	3	4.191	0,0003	0,0000	0,0000
89	0,1	0,1	2000	2	1	4	3.535	225,1875	6,2743	65460,2876
90	0,1	0,1	2000	2	2	4	3.686	3,0401	0,0789	15,1569
91	0,1	0,1	2000	2	3	4	4.148	0,0000	0,0000	0,0000
92	0,1	0,1	2000	2	4	4	3.355	0,0001	0,0000	0,0000
93	0,1	0,1	2000	2	5	4	4.211	0,0003	0,0000	0,0000
94	0,1	0,1	2000	2	1	5	3.533	2226,2482	6,3023	660007,000
95	0,1	0,1	2000	2	2	5	3.696	7,6069	0,1876	237,0560
96	0,1	0,1	2000	2	3	5	4.046	0,0003	0,0000	0,0000
97	0,1	0,1	2000	2	4	5	3.308	0,0002	0,0000	0,0000
98	0,1	0,1	2000	2	5	5	4.177	0,0001	0,0000	0,0000

5.SONUÇ

Tahmin, gelecekte neyin nasıl olacağını öncesinde belirlemeye çalışmaktır. Hemen hemen tüm yönetsel kararlar geleceğe tahminlere dayanmaktadır. Bu sebeple tüm şirketler gelecekte yaşayabileceği belirsiz durumları öncesinde tahmin ederek, bunlara yönelik önlemler ve iyileştirmeler yapmalıdırlar. Bu sebeple uygulamasını yaptığımız şirket probleminin çözümünde bir tahmin aracı olarak yapay sinir ağıları kullanılmıştır. Optimal sonuca ait yapay sinir ağında 2 gizli katman ve bu katmanlarda sırasıyla 3 ve 4 nöron yer almaktadır.



Grafik 5.1. Optimal Sonuca Ait Yapay Sinir Ağı Yapısı

Uygulama çalışmamızda, 2015-2017 yılları arasında Türkiye'nin öncü elektronik perakende şirketlerinden birinin 'notebook' ürün grubu özelinde satış dataları adet cinsinden verilmiştir. 2015 (Ocak) - 2017 (Aralık) yılları arasındaki 36 adet veriden ilk 24'ü ağı eğitimi için, son 12'si ise ağı test edilmesi için kullanılmıştır. Yapılan tahmin sonucunda MAPE, MAE ve MSE = 0.00 lik bir hatayla tahmin sonucu elde edilmiştir.

İleriye yönelik yapılacak çalışmalarda, zaman serileri ve gri tahminleme gibi farklı yöntemler kullanılarak yapılan tahminler YSA sonuçları ile karşılaştırılabilir.

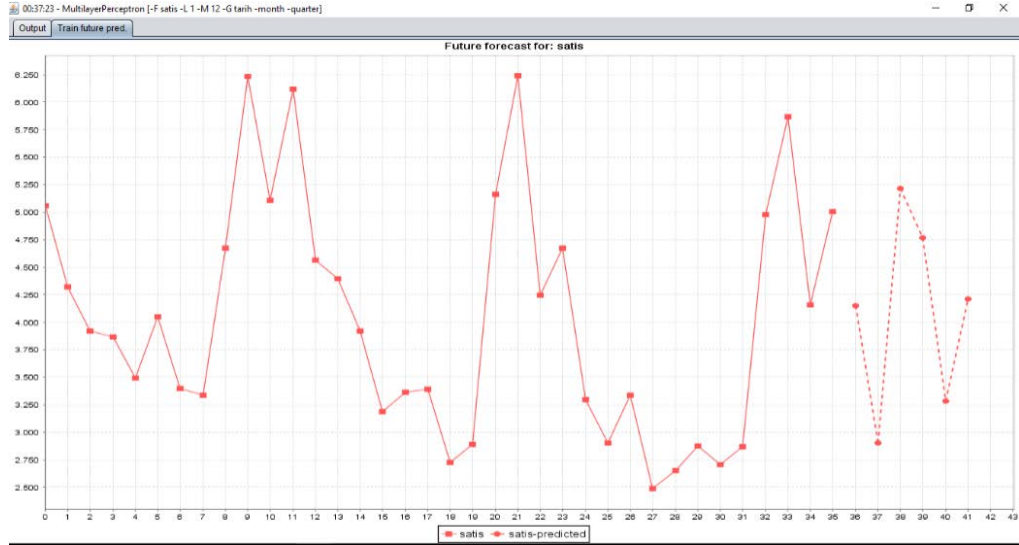
İlgili makale İstanbul Ticaret Üniversitesi "Türkiye’de Perakende Sektöründe Elektronik Ürünlere Olan Talebin Yapay Sinir Ağı İle Modellenmesi" başlıklı Yüksek Lisans tezinden uyarlanarak yayınlanmıştır.

Tablo 5.1. Optimal Sonuç Değerlerini İçeren Tablo

Deneme No	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı	Çevrim Sayısı	Gizli Katman Sayısı	Nöron Sayısı1	Nöron Sayısı2
91	0,1	0,1	2000	2	3	4

Tablo 5.2. Gelecek 6 Aylık Tahmin Değerlerini İçeren Tablo

Ay	Tahmin
37*	4.148
38*	2.901
39*	5.214
40*	4.765
41*	3.285
42*	4.209



Grafik 5.2. Gelecek 6 Aya Ait Tahminleri İçeren Grafik

KAYNAKLAR

- Acar, N.**, (1989), Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, Yeniçag, Ankara.
- Arbib, M.A.**, (2003), The handbook of brain theory and neural networks, second edition. Massachusetts Institute of Technology. USA.
- Asilkan, Ö. ve Irmak, S.**, (2009), “İkinci El Otomobillerin Gelecekteki Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(2) 2009: 375-391.
- Ataseven, B.**, (2007), Satış öngörü modellemesi olarak YSA’nın kullanımı: PETK_M’de Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Avcı, E.**, (2009), “Yapay Sinir Ağları Modelleri İle Hisse Senedi Getiri Tahminleri”, Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 26(1) 2009: 443-461.
- Aydoğan, B., Ayat, B., Öztürk, M., N.; Çevik, Ö. E., Yüksel, Y.**, (2010), Current velocity forecasting in straits with artificial neural networks, a case study: Strait of Istanbul, Ocean Engineering, 37 (2010) 443– 453.
- Barghash, M.A. ve Santarisi, N.S.**, (2004), “Pattern recognition of control charts using artificial neural networks – analysing the effect of the training parameters”, Journal of Intelligent Manufacturing, 15, 635-644.
- Bolt, G.**, (1994), Market and sales forecasting : a total approach, Kogan Page,Londra
- Cahow, E. E.**, (2004), Forecast of demand for chronic care nursing home services: 20052025, Doktora Tezi, Brandeis University, Waltham Massachusetts, USA.
- Carlson, RL and Umble, M.**, (1980),”Statistical demand functions for automobiles and their use for forecasting in an energy crisis” The Journal of Business, 53,2-10.
- Çelik, B.**, (2008), YSA Metodolojisi ile Zaman Serisi Analizi: Teori ve Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çuhadar, M., Güngör, İ. ve Göksu, A.**, (2009), “Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini ve Zaman Serisi Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Analizi: Antalya İline Yönelik Bir Uygulama”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(1) 2009: 99-114.
- Denton, J. W.**, (1995), How good are neural networks for casual forecasting The Journal of Business Forecasting Methods&Systems, 14, p.17

Es, H., (2013), Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Net Enerji Talep Tahmini, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,.

Fildes, R., (2006), The forecasting journals and their contribution to forecasting research: Citation analysis and expert opinion”, International Journal of Forecasting, 22(3):415– 432.

Freeman, J.A. ve Skapura, D.M., (1991), Neural networks algorithms, applications, and programming techniques. Addison-Wesley Publishing Company. USA.

Fuente, D.A., (2004), Artificial neural networks, the tutorial. Universidad Politecnica de Madrid. Erişim Adresi: <http://www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/ann1/anntutorial.html>. Erişim tarihi: Şubat 2005.

Gavcar, E., Sen, S., ve Aytekin, A., (1999), “Türkiye’de Kullanılan Kağıt- Karton Türlerinin Talep Tahminlerinin Belirlenmesi”, Tr. Journal of Agriculture and Forestry, TÜBİTAK, 23. 203-211.

Griffiths, W. E., Newton, L. S. and O’Donnell, C. J., (2010), “Predictive densities for models with stochastic regressors and inequality constraints: Forecasting local-area wheat yield”, International Journal of Forecasting, 26 (2010) 397–412.

Hajirezaie, M., Hussein, S., Barfouroush, A., and Karimi, B., (2010), “Modeling and evaluating the strategic effects of improvement programs on the manufacturing performance using neural Networks”, African Journal of Business Management, 4(4): 414-424.

Hu, C., (2002), Advanced Tourism Demand Forecasting: ANN and Box-Jenkins Modelling, Doktora Tezi, Purdue University, MI, USA.

İnsel, A., Sualp, M. N., ve Karakaş, M., (2010), A comparative analysis of the ARMA and neural network models: A case Turkish economy, İktisat İşletme ve Finans, 25(290)2010: 35-64.

Jones, S., S., (2008), Measuring, Modeling, and Forecasting Demand in The Emergency Department, Doktora Tezi, The University of Utah, USA.

Kobu B., (1984), Üretim yönetimi. İ.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul.

Matuyama, K., Sumita, T. ve Wakayama, D., (2009), “Periodic forecast and feedback to maintain target inventory levell”, International Journal of Production Economics, 118(1):298-304.

Murray, G., (2003), Artificial neural networks. Erişim adresi <http://www.swin.edu.au/bioscieleceng/ciscp/anns.html>. Erişim tarihi: Ocak 2005.

Sahoo, G.B., Schladow, S.G. and Reuter, J.E. (2009), “Forecasting stream water temperature using regression analysis, artificial neural network, and chaotic non-linear dynamic models”, *Journal of Hydrology*, 378 (2009) 325–342.

Serttaş, Z., (2011), Türkiye’ de Perakende Sektöründe Talebi Etkileyen Etmenler ve Yapay Sinir Ağlarıyla Talep Tahmini Uygulaması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.

Shamseldin, A. Y., (2010), “Artificial neural network model for river flow forecasting in a developing country”, *Journal of Hydro informatics*, 12 (1): 2235.

Sun, X., Gauri, D. and Webster, S., (2010), “Forecasting for cruise line revenue management”, *Journal of Revenue and Pricing Management*, 10(4),306-324.

Şahin, Ş.Ö., (2002), Yapay sinir ağları yardımı ile dinamik bir senaryo analizi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tebo, A., (1994), *Artificial neural networks: a developing science*. Erişim adresi : http://www.spie.org/app/publications/magazines/oerarchive/september/neural_net.html. Erişim Tarihi: Ocak 2005.

Tekin, M., (1996), *Üretim Yönetimi*, Arı Ofset Matbaacılık, Konya.

Thall, N., (1992), *Neural Forecasts: A Retail Sales Booster*, *Discount Merchandiser*, 32, p. 41.

Veelenturf, L.P.J., (1995), *Analysis and applications of artificial neural networks*. Prentice Hall International (UK) Limited. United Kingdom.

Wong, B., K., Bodnovich, T. A., Selvi, Y., (1997), *Neural network applications in business: A review and analysis of the literature (1988-95)*, *Decision Support Systems* 19 (1997): 301-320.

Zhoucmahon, S.L., Walton, T.A and Lewis, A (2002), *Forecasting operational demand for an urban water supply zone*. *Journal of Hydrology*, 259(1): 189-202.

Araştırma Makalesi

**TEKSTİL SEKTÖRÜNDE METAL AKSESUAR
TEDARİKÇİLERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRME
SÜRECİNDE BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ VE
BULANIK TOPSIS YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI***

Emine SANCAKLI¹

Sibkat KAÇTIOĞLU²

¹ İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükalyalı, İstanbul, Türkiye, emine_sancakli@windowslive.com orcid.org/0000-0002-1948-264X

² İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Küçükalyalı, İstanbul, Türkiye, skactioglu@ticaret.edu.tr, orcid.org/0000-0002-8529-3775

Öz

Tekstil ve hazır giyim sektörünü günümüzde değerlendirdiğimizde, gayri safi yurt içi hâsıla, imalat sanayi ve sanayi üretimindeki payı, ihracat, ekonomiye sağladığı net döviz girdisi, istihdam, yatırım gibi makroekonomik büyüklükler incelendiğinde Türkiye için önemli sektörlerindendir. Günümüzde işletmelerin gücünün sadece kendi performanslarının etkisi olmadığı, kendi performanslarının yanında tedarik zincirindeki tüm birimlerin performansı işletmenin başarıya ulaşmasını etkilemektedir. Tedarikçi firmaların performans değerlendirmesi sayısal ve sayısal olmayan kriterleri bulundurasının yanında kesin olmayan yargıların bulunması bulanık çok kriterli karar verme problemi özelliğidir. Yapılan çalışmada tekstil sektöründe faaliyet gösteren firmanın metal aksesuar tedarikçilerine ait performans değerlendirmesi Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) ve Bulanık TOPSIS kullanılarak incelenmiştir. Firmada konusunda uzman kişiler tarafından tedarikçi performansının değerlendirilmesinde kullanılacak ana kriterler Kalite, Maliyet, Teslimat ve Esneklik, Teknik Kapasite, Tecrübe ve İsteklilik olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Tedarikçi performans değerlendirme, bulanık analitik hiyerarşi süreci, bulanık TOPSIS, bulanık çok kriterli karar verme, tekstil sektörü.*

Research Article

**PERFORMANCE EVALUATION OF METAL ACCESSORIES SUPPLIERS IN
TEXTILE SECTOR USING FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS AND
FUZZY TOPSIS METHODS**

Abstract

This article explores the textile and garment sector, gross national product, manufacturing and the share of industrial production, exports, net foreign currency inflow to the economy, employment, macroeconomic aggregates such as investment in the important sector for Turkey is examined. Nowadays, the performance of all the units in the supply chain as well as their own performance and the performance of the enterprises affect the success of the enterprise. The performance evaluation of supplier firms is a feature of fuzzy multi-criteria decision making problem, besides having numerical and non-numerical criteria as well as uncertain judgments. In this study, the performance evaluation of the metal accessories suppliers of the company operating in the textile sector was examined by using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (BAHP) and Fuzzy TOPSIS. The main criteria to be used by the experts in the company to evaluate the supplier performance are Quality, Cost, Delivery and Flexibility, Technical Capacity, Experience and Willingness.

Key words: *Performance evaluation, fuzzy multi-criteria decision making, fuzzy analytic hierarchy process (FAHP), fuzzy TOPSIS, textile sector.*

* Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "Bulanık Karar Verme Yöntemi İle Tedarikçi Performans Değerlendirmesi: Tekstil Sektöründe Bir Uygulama" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Received / Geliş tarihi: 04/01/2019

Accepted / Kabul tarihi: 28.01.2019

¹Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

emine_sancakli@windowslive.com

1.GİRİŞ

Türkiye’de ve diğer gelişmekte olan ülkelerde tekstil ve hazır giyim sektörü öncü sektörler arasındadır. Tekstil ve hazır giyim sektörünü günümüzde değerlendirdiğimizde, gayri safi yurt içi hâsıla, imalat sanayi ve sanayi üretimindeki payı, ihracat, ekonomiye sağladığı net döviz girdisi, istihdam, yatırım gibi makroekonomik büyüklükler incelendiğinde Türkiye için önemli sektörlerdendir (Sevim ve Kuyumcu, 2008).

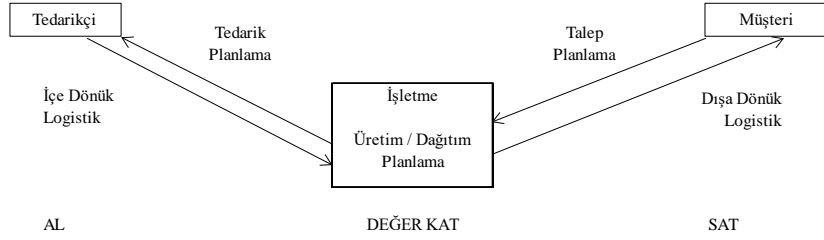
Türkiye giyim sanayicileri derneğinin Ufuk 2015 çalışmasında, gelişmiş ülkelerin en önemli beş imalat sanayi sektörü içinde hazır giyim-tekstil sektörünün yer aldığı belirtilmiştir. Diğer imalat sanayi sektörleri aynı zamanda tekstil sektörü için de dolaylı talepte yaratmaktadır (inşaat vb.). Piyasada gelişmiş ülkeler yapıcı rolüne geçmekte iken gelişmekte olan ülkeler tedarikçi konumlarını sürdürmektedir (Türkiye giyim sanayicileri derneği, 2004). Bunun için Japonya örneğini inceleysek; tekstil ve hazır giyim firmalarının üretim yatırımlarını, maliyetlerinin yükselmesi ve istihdamda görünen kısıtlar sebebiyle 1970’li yıllardan sonra Asya ülkelerine kaydırıldığı gözlenmiştir. Bu durumun sonucu ise Japonya’nın arkasından Hong Kong, Güney Kore ve Tayvan gibi Asya ülkelerin de tekstil ve hazır giyim sanayisi ihracatı yapılan ana sektörlerden biri haline gelmesi ve bu ülkelerin yeni sanayileşen ülkeler konumuna yükselmesidir (Au ve Chan, 2003). Düşük işgücü maliyetinin küresel Pazar için rekabet gücüne dönüşmesi sebebiyle bu Asya ülkeleri ile birlikte Bangladeş ve Endonezya gibi az gelişmiş ülkelerde pazarda yerlerini almaya başlamışlardır (Eraslan vd, 2008).

Günümüzde işletmelerin rekabetleri sadece kendi aralarında gerçekleşmemekte, bu süreçte artık tedarik zincirleri arasında olduğu gözlenmektedir. Bu durum işletmelerin gücünün sadece kendi performanslarının etkisi olmadığı, kendi performanslarının yanında tedarik zincirindeki tüm birimlerin performansı işletmenin başarıya ulaşmasını etkilemektedir. Şirketlerin başarıya ulaşmasında önemli faktörlerden bir tanesi ise tedarik zinciri içinde bulunan tedarikçi firmaların seçimi ve performans değerlendirmesidir (Arıkan ve Küçükçe, 2012).

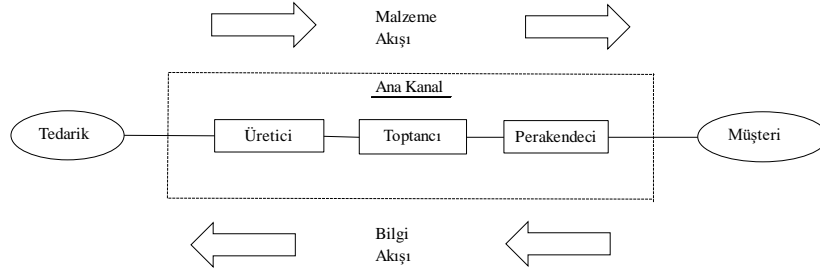
Tedarik zincirindeki tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar ve perakendeciler; müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmenin yanında tedarik zincirini bir bütün olarak düşünüp zincirin tamamına katkı sağlayabilmek için bütünleşik olmalı ve etkili şekilde yönetilmelidir. Bu nedenle tedarik zincirinde partner seçimi ve partnerlik ilişkisinin devamlığı tedarik zincirinin devamlılığı için oldukça önemlidir (Chen vd, 2005).

Tedarik zinciri yönetimi, hammadde temininden nihai müşteriye kadar üretim, dağıtım proseslerinden geçerek nihai ürüne ulaşılabilmesi için değer zincirinde bulunan tedarikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci ve müşteriler arasında malzeme/ürün, para ve bilginin yönetimidir. Şekil 1’de klasik tedarik zinciri

yönetimine yer verilirken (hammadde temininden, üretim, dağıtım) Şekil 2’de tedarik zincirindeki bilgi ve ürün akışına yer verilmiştir (Özdemir, 2004).



Şekil 1. Klasik tedarik zinciri yönetimi (Chuang and Shaw, 2000)



Şekil 2. Tedarik zinciri akış türü (Chuang and Shaw, 2000)

Tedarikçi firmaların performans değerlendirmesi sayısal ve sayısal olmayan kriterleri bulundurmasının yanında kesin olmayan yargıların bulunması bulanık çok kriterli karar verme problemi özelliğidir. Bu çalışmada tedarikçi performans değerlendirme problemi ele alınarak, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak firmanın metal aksesuar tedarikçilerinin performans değerlendirilmesi yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde tedarikçi performans değerlendirmesi, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) ve Bulanık TOPSIS yöntemine ait literatür çalışmasına yer verilmiştir. İkinci bölümde çalışmada kullanılan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) ve Bulanık TOPSIS yöntemlerine ait bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde tekstil sektöründe faaliyet gösteren firmada yapılan çalışmanın uygulamasına yer verilmiştir. Son bölümde ise çalışma sonuçları değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP)’ne ait ilk çalışma Von Laarhoven ve Pedrycz tarafından 1983 yılında Saaty’nin yöntemine üçgensel bulanık sayıları kullanarak uygulanmıştır. Buckley, 1985 yılında Klasik AHP yöntemiyle

karşılaştırma oranlarının bulanık yamuk sayılar ile belirlenmiştir. Chang (1996), Saaty'nin AHP yönteminde üçgensel bulanık sayılar kullanılarak, ikili karşılaştırmalarda uyguladığı genişletilmiş analiz yöntemi ile Bulanık Analitik Hiyerarşı Süreci (BAHP)'ne yeni bir yaklaşım getirmiştir.

Zhu, vd. (1999) Çin'de petrol bölgelerinde bölgesel aramalar sonucunda bir grup blokta bulunan 9 indekse ait petrol için olası sondaj yerleri bulmak için potansiyel sentetik arama yerine ait problemi değerlendirmiştir. Çalışmasında, üçgensel bulanık sayıların temel teorisini kanıtlarken, büyüklük karşılaştırma formülasyonuna değinmiştir. Kahraman vd. (2003) Bulanık Analitik Hiyerarşı Yöntemi kullanılarak firmanın tedarikçi seçimi problemi modellenmiştir. Çalışmada firmanın 3 tedarikçisi, 3 ana kriter ve 11 alt kriter ile çalışmada değerlendirilmiştir. Kahraman vd. (2004) Bulanık Analitik Hiyerarşı Yöntemi kullanılarak Türkiye'deki beyaz eşya üreticisi firmanın tedarikçi performans değerlendirme problemi modellenmiştir.

Lee vd. (2008) Tayvan'daki imalat sanayisindeki IT departmanının performansını değerlendirmek için Bulanık Analitik Hiyerarşı Yöntemi ve Kurumsal Karne ile problem ele alınmıştır. Performans değerlendirmesi için 4 ana kriter (finans, müşteri, iç iş süreçleri, öğreneme ve büyüme olarak) belirlenmiştir. Problemdeki belirsizlik sebebinden dolayı çalışmada Bulanık Analitik Hiyerarşı Yöntemi kullanılması uygun görülmüştür. Çalışmanın sonuç kısmında Tayvan'daki imalat sanayisindeki IT departmanlarının performansının iyileştirilmesine yön verecek bir çalışma olduğundan bahsedilmiştir.

Kocamaz (2014) çimento üretim yapan işletmede Bulanık Analitik Hiyerarşı Süreci yöntemini kullanarak en uygun proje portföy seçimi incelenmiştir. Seçme vd. (2015) Türk bankacılık sektöründe bulanık performans değerlendirmesini TOPSIS ve Bulanık Analitik Hiyerarşı Yöntemi kullanarak ele alınmıştır.

Modak vd. (2017) çalışmalarında, Hindistan kömür madenciliği kuruluşu için örgütsel performansa uygun olarak kurumun dış kaynak kullanımının stratejik kararının uygunluğunu analiz etmek için Kurumsal Karne ve Bulanık Analitik Hiyerarşı Yönteminden yararlanarak etkili performans değerlendirmesini 4 ana kriter ve 11 alt kriter ile geliştirmişlerdir.

Chen (2018) farklı şehirlerden altı kütüphanenin kişiselleştirilmiş hizmet değerlendirmesini Bulanık Analitik Hiyerarşı Yönteminden yararlanarak simülasyon analizi yapılmıştır. Venkatesh vd. (2018) sürekli insani yardım alabilmek için tedarik ortağı seçimi konusu Bulanık AHP – TOPSIS yaklaşımı ile ele alınmıştır.

İlk defa bulanık sayıların TOPSIS yönteminde kullanılması 1992 yılında Chen ve Hwang'ın yaptıkları çalışmada ile başlamıştır. Chen (2000)'in TOPSIS yönteminde üçgensel bulanık sayılar ile sözel değişkenler ifade edilirken bulanık pozitif ve negatif ideal çözümleri sırasıyla (1, 1, 1) ve (0, 0, 0) varsayılmıştır. Tsaur, vd. (2002) ağırlık merkezi yöntemiyle hava endüstrisinde servis kalitesinin değerlendirilmesi

incelenmiştir. Chu ve Lin (2003) bulanık TOPSIS yönteminde robot seçim problemini Kaufmann and Gupta'nın ortalama yöntemiyle incelenmiştir.

Wang ve Elhag (2006) çalışmada, alfa seviye kümesine dayalı köprü değerlendirmesine yönelik 3 farklı sayısal Bulanık TOPSIS örneği ile karşılaştırma yapılmıştır. Problem analiz edilirken 5 ana kriter ve 3 alternatiften yararlanılmıştır. Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2009) çalışmalarında İstanbul Menkul Kıymetler Borsası'nda bulunan on beş Türk çimento firmasının performansını değerlendirmek için finansallar tablolarından yararlanılmıştır. Çalışmada Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi, karar vericiler tarafından belirlenen kriter ağırlıkları hesaplanmasında kullanılmıştır. Yayınladıkları çalışmanın devamında firmaların sıralanması için TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır.

Özdemir ve Seçme (2009), Bulanık TOPSIS yöntemiyle Türkiye'de önde gelen mobilya fabrikasının değerlendirilmesi yapılmış ve üç tedarikçisi arasından en uygun olan belirlenmiştir. Ecer vd. (2009) İMKB'ye kote edilen çimento sektöründeki 26 firma arasından 10 firmanın 2006 yılındaki finansal verileri kullanarak optimal portföy oluşturulmasında Bulanık TOPSIS yönteminden yararlanılarak çalışmadaki alternatifler sıralanmıştır. Yükü ve Atağan (2010) Bir holdinge bağlı aynı sektörde faaliyet gösteren üç işletme (otel) farklı finansal performans ölçütlerine göre işletme performansı değerlendirilmiştir. Çalışmada performans ölçütü olarak dört yöntem kullanılmıştır. Performans ölçütlerinin tek bir değere indirgenmesi ve işletmenin farklı illerdeki otellerinin performansı karşılaştırılması aşamasında TOPSIS yöntemiyle incelenmiştir.

Yurdakul vd. (2014) çalışmalarında birden fazla sayıda Alışılmamış İmalat Yöntemlerinin bulunmasından dolayı bunlardan en iyisinin seçilmesi problemine ele almışlardır. Çalışmalarında 5 ana kriter belirlerken Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Özdemir (2016) çalışmasında limanlarda oluşan iş kazalarının nedenlerini ve bu kazaların önlenmesi problemini Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak bir model yaklaşımını ele almıştır. Problemi analiz ederken 7 ana kriter ve problemi çözümü olacak 7 alternatif tespit edilmiştir. Çalışkan ve Eren (2016) 17 bankanın 2010-2014 dönemi finansal performansları çok kriterli karar verme yöntemi ile incelemiştir. Çalışmalarında 2010-2014 dönemine ait 10 tane finansal performans göstergesi kullanmıştır.

Han ve Trimi (2018) sosyal ticaret platformlarında ters lojistik performansının değerlendirilmesini Bulanık TOPSIS yöntemi ile incelenmiştir. Çalışmalarında 4 ana kriter 16 alt kriter ile problemin çözümü için FLINTSTONES yazılımından yararlanılmıştır.

3. METADOLOJİ

3.1. Bulanık AHP Yöntemi

Çok kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşı Süreci (AHP)'i Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilmiştir. Analitik Hiyerarşı Süreci (AHP)'i bu kadar tercih edilmesine sebep olan üstün tarafları ise çok sayıda kriteri bir arada değerlendirebilmesi ve anlaşılması kolay bir yöntem olmasının yanında hem nitel hem de nicel kriterlerin değerlendirilmesine olanak vermektedir. AHP yöntemi uzman kişinin bilgisini almakla birlikte kişisel düşünme tarzını yansıtamazken, ikili karşılaştırma sürecinin belirsizliğinden karar vericiler ikili karşılaştırmaları sabit bir değer olarak belirlemektense, bir aralık üzerinde ifade etmeyi veya sözel olarak gerçekleştirmeyi tercih ederler. Bu yüzden, hiyerarşik problemleri çözmek için Bulanık Analitik Hiyerarşı Süreci (BAHP) geliştirilmiştir (Kargı, 2015).

Bulanık Analitik Hiyerarşı Süreci yöntemine ait literatürde birçok metod bulunmaktadır. Çalışmanın bu kısmında Chang'ın genişletilmiş analiz yöntemi kullanılarak bir tekstil firmasındaki aksesuar tedarikçilerin performans değerlendirilmesi yapılacaktır. Genişletilmiş Analiz Yöntemi, 1996 yılında Da-Yong Chang tarafından yazılan "Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP" makalesine dayanmaktadır.

Bulanık üçlü sayılara karşılık gelen sözel ifadeler Tablo1'de yer verilmiştir. Bulanık Analitik Hiyerarşı Süreci yönteminde bulanık değerlendirme yapılırken Tablo1'deki bulanık üçlü sayılar kullanılacaktır.

Tablo 1. İkili Karşılaştırmalar İçin Kullanılacak Bulanık Sayılar ve Sözel İfade (Tolga vd., 2005.)

Üçlü Bulanık sayılar	Sözel İfade
(7/2, 4, 9/2)	Kesinlikle daha önemli
(5/2, 3, 7/2)	Daha önemli
(3/2, 2, 5/2)	Önemli
(2/3, 1, 3/2)	Az önemli
(1, 1, 1)	Eşit öneme sahip
(2/3, 1, 3/2)	Az önemli
(2/5, 1/2, 2/3)	Önemli
(2/7, 1/3, 2/5)	Daha önemli
(2/9; 1/4; 2/7)	Kesinlikle daha önemli

$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ nesnelar kümesi iken $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$ de amaçlar kümesini ifade etmektedir.

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Yukarıdaki ifadedeki tüm M_{gi}^j ($j = 1, 2, 3, \dots, m$) değerleri üçlü bulanık sayılardır.

Genişletilmiş ifadesi nesnelar kümesine ait her bir nesnenin, amaçlar kümesindeki her bir amacı ne kadar yakın olduğunu ifade etmektedir. Tedarik zincirinde tedarikçi performans değerlendirmeye yukarıda verilen yaklaşımı uyarlandığında ise, tedarikçi kümesindeki her bir tedarikçinin kriterler kümesindeki her bir kritere ne derece yakın olduğunu olarak bahsedilebilir.

Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemine ait Genişletilmiş Analiz Yönteminin adımlarına aşağıda yer verilmiştir.

Adım1:

Bulanık değerler, i. nesneye göre aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \square \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad [1.1]$$

$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ ifadesinin elde etmek için aşağıda gösterilen bulanık toplam işlemi yapılmaktadır.

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad [1.2]$$

Buradaki $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ ifadesinin elde edilmesi için M_{gi}^j ($j = 1, 2, 3, \dots, m$) ifadesine aşağıdaki bulanık toplama işlemi yapılır.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{i=1}^n l_j, \sum_{i=1}^n m_j, \sum_{i=1}^n u_j) \quad [1.3]$$

Yukarıdaki ifadenin tersinin alınma işlemi aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n l_j}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_j}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_j} \right) \quad [1.4]$$

Yukarıdaki ifadelerde yer alan l değeri en düşük değer, u değeri en yüksek değeri, m değeri ise en olası değeri etmektedir.

Adım 2:

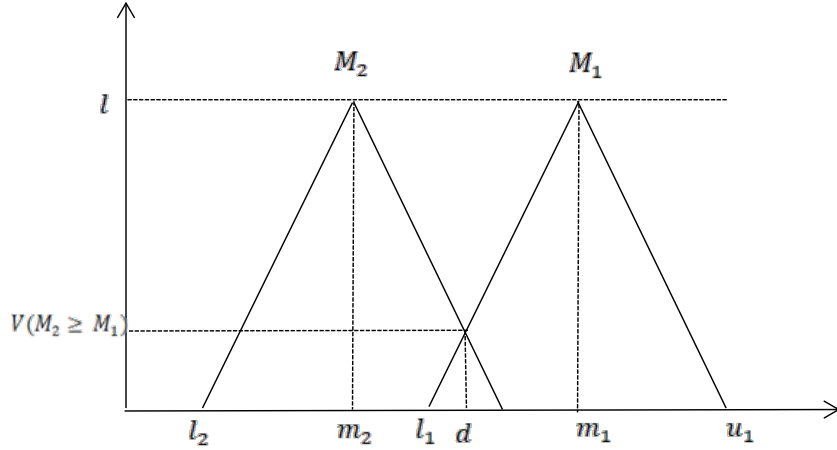
$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ olasılığı,

$$V(M_2 \geq M_1) = [\text{en küçük } (\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad [1.5]$$

$$V(M_2 \geq M_1) = (d) = \mu_{M_2} \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1 \\ 0, & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{aksi durumlar için} \end{cases} \quad [1.6]$$

şeklinde ifade elde edilmektedir.

M_1 ve M_2 değerlerini kıyaslayabilmemiz için $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerlerine de ihtiyacımız bulunmaktadır. Buradaki “d” değeri μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktasının ordinatıdır.



Şekil 3. M_1 ve M_2 sayılarının büyüklüklerinin karşılaştırılması (Chang, 1996.)

Adım 3: Konveks bir bulanık sayının, diğer bütün bulanık sayıdan M_i ($i = 1, 2, 3, \dots, k$) daha büyük sayı olma olasılığı aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ = \text{En küçük } V(M \geq M_i), \quad i=1, 2, 3, \dots, k \quad [1.7]$$

$k = 1, 2, 3, \dots, n$; $k \neq i$ için $d'(A_i) = \text{En küçük } V(S_i \geq S_k)$ varsayıldığında, ağırlık vektörü aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), d'(A_3), \dots, d'(A_n))^T \quad [1.8]$$

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörü elde edilir.

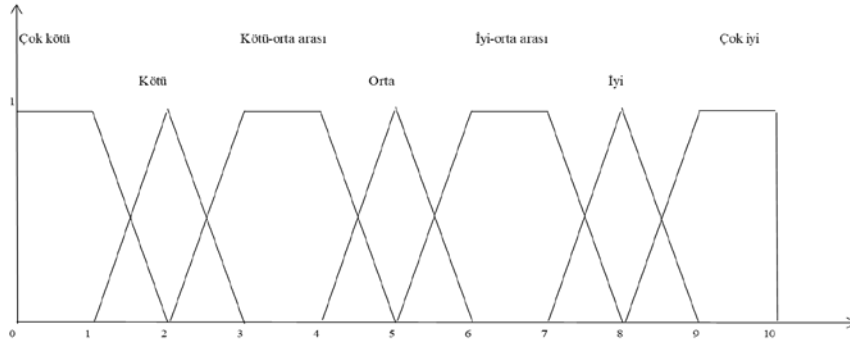
$$W = (d(A_1), d(A_2), d(A_3), \dots, d(A_n))^T \quad [1.9]$$

Elde edilen W ağırlık vektörü değeri artık bulanık bir sayı değildir.

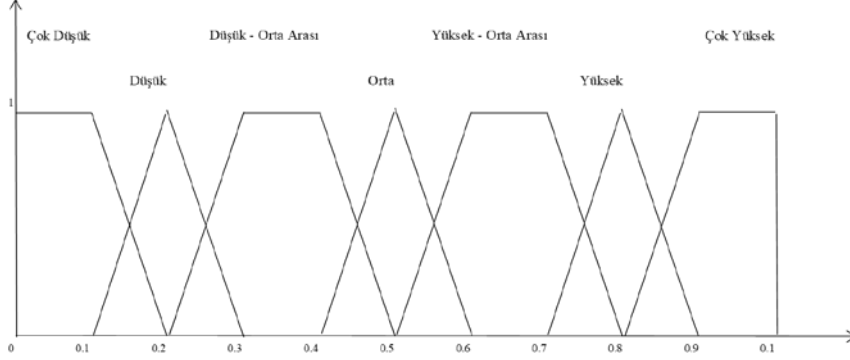
3.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi

Bulanık TOPSIS yöntemi, belirsizlik altında çok sayıda kriterin çok karar verici ile alternatifleri değerlendirerek sıralamasına yani doğru kararı vermesini sağlayan yöntemdir.

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon tarafından ilk olarak geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemidir. Literatürde Bulanık TOPSIS yöntemine ait farklı çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmada Chen vd. (2006) Bulanık TOPSIS yönteminin adımlarına yer verilecektir. Bulanık TOPSIS yönteminde bir önceki kısımda yer alan Bulanık AHP yönteminde kullanılan üçgensel bulanık sayılar kullanılabileceği gibi yamuk bulanık sayıların kullanımıyla da karşılaşılmaktadır. Bulanık sayılara ait sözel değişken ifadeler Şekil 4 ve Şekil 5 'de yer verilmiştir.



Şekil 4. Değerlendirmeler için sözel değişkenler (Chen vd., 2006)



Şekil 5. Değerlendirmeler için sözel değişkenler (Chen vd., 2006)

Yamuk bulanık sayılara karşılık gelen sözel ifadeler Tablo 2 ve Tablo 3’de yer verilmiştir. Bulanık TOPSIS yönteminde bulanık değerlendirme yapılırken Tablo 2 ve Tablo 3’deki yamuk bulanık sayılar kullanılacaktır.

Tablo 2. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan sözel ifadeler ve yamuk bulanık sayılar

Sözel ifade	Yamuk Bulanık Sayı
Çok Kötü	(0, 0, 1, 2)
Kötü	(1, 2, 2, 3)
Kötü - Orta Arası	(2, 3, 4, 5)
Orta	(4, 5, 5, 6)
İyi - Orta Arası	(5, 6, 7, 8)
İyi	(7, 8, 8, 9)
Çok iyi	(8, 9, 10, 10)

Tablo 3. Kriterlerinin önem düzeylerinin değerlendirilmesinde kullanılan sözel ifadeler ve yamuk bulanık sayılar

Sözel ifade	Yamuk Bulanık Sayı
Çok Düşük	(0.0, 0.0, 0.1, 0.2)
Düşük	(0.1, 0.2, 0.2, 0.3)
Düşük - Orta Arası	(0.2, 0.3, 0.4, 0.5)
Orta	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)
Yüksek - Orta Arası	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)
Yüksek	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)
Çok Yüksek	(0.8, 0.9, 0.1, 0.14)

Bulanık TOPSIS Yönteminin adımlarına aşağıda yer verilmiştir.
Bulanık TOPSIS yönteminde bir alternatifin bir ölçütü değerlendirirken ki sözel ifadesinin yamuk bulanık sayı karşılığı $r=(a; b; c; d)$ olarak tanımlanabilir.
Bulanık TOPSIS yöntemi ile bir grup oluşturularak karar mekanizması kurulacağı gibi tek kişilikte karar verilebilmektedir.

Adım1:

$k= (1, 2, \dots, K)$ karar vericileri göstermektedir. $i = (1, 2, \dots, m)$ tüm alternatifler iken $j= (1, 2, \dots, n)$ ise alternatifleri değerlendirmedeki tüm ölçütler için ifade edilmektedir.

$$a = \min_k \{a_k\} \quad [2.1]$$

$$b = \frac{\sum_{k=1}^K b_k}{k} \quad [2.2]$$

$$c = \frac{\sum_{k=1}^K c_k}{k} \quad [2.3]$$

$$d = \max_k \{d_k\} \quad [2.4]$$

W_j ise ölçütlerin önem ağırlıklarını ifade etmektedir.

Adım 2: Ölçütlerin ağırlıkları ile normalize edilmiş yamuk bulanık sayılar çarpılır. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi [2.5] ile gösterilmiştir.

$$V_{ij} = w_j * r_{ij} \quad [2.5]$$

V_{ij} aşağıda belirtilen 4 farklı değerden gösterilecektir.

V_{i1} = Yamuk bulanık sayının ilk noktası

V_{i2} = Yamuk bulanık sayıda üyelik derecesi 1 olan alanın ilk noktası

V_{i3} = Yamuk bulanık sayıda üyelik derecesi 1 olan alanın son noktası

V_{i4} = Yamuk bulanık sayının son noktası

Adım 3: Bulanık pozitif ideal çözüm A^+ olarak belirlenirken, bulanık negatif ideal çözüm A^- olarak belirlenir.

Bulanık pozitif ideal çözüm A^+ ait değerleri hesaplanması [2.6] ile gösterilmiştir.

$$V_j^+ = \max_i \{V_{ij}^+\} \quad [2.6]$$

Bulanık pozitif ideal çözüm A^+ elemanları aşağıdaki gibidir.

$$A^+ = (V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+)$$

Bulanık negatif ideal çözüm A^- ait değerleri hesaplanması [2.7] ile gösterilmiştir.

$$V_j^- = \min_i \{V_{ij1}\} \quad [2.7]$$

Bulanık negatif ideal çözüm A^- elemanları aşağıdaki gibidir.

$$A^- = (V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-)$$

Adım 4: Her alternatifin ölçütlere göre bulanık pozitif ideal çözümüne A^+ ve bulanık negatif ideal çözümüne A^- uzaklık değeri hesaplanır.

Bulanık pozitif ideal çözüm A^+ değerinin uzaklığının hesaplanması [2.8] ile gösterilmiştir.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n \sqrt{\frac{[(v_{ij1}-v_j^+)^2 + (v_{ij2}-v_j^+)^2 + (v_{ij3}-v_j^+)^2 + (v_{ij4}-v_j^+)^2]}{4}} \quad [2.8]$$

Bulanık negatif ideal çözüm A^- değerinin uzaklığının hesaplanması [2.9] ile gösterilmiştir.

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n \sqrt{\frac{[(v_{ij1}-v_j^-)^2 + (v_{ij2}-v_j^-)^2 + (v_{ij3}-v_j^-)^2 + (v_{ij4}-v_j^-)^2]}{4}} \quad [2.9]$$

Adım 5: Her alternatif için yakınlık katsayısı CC_i değerinin hesaplanması [2.10] ile gösterilmiştir.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad [2.10]$$

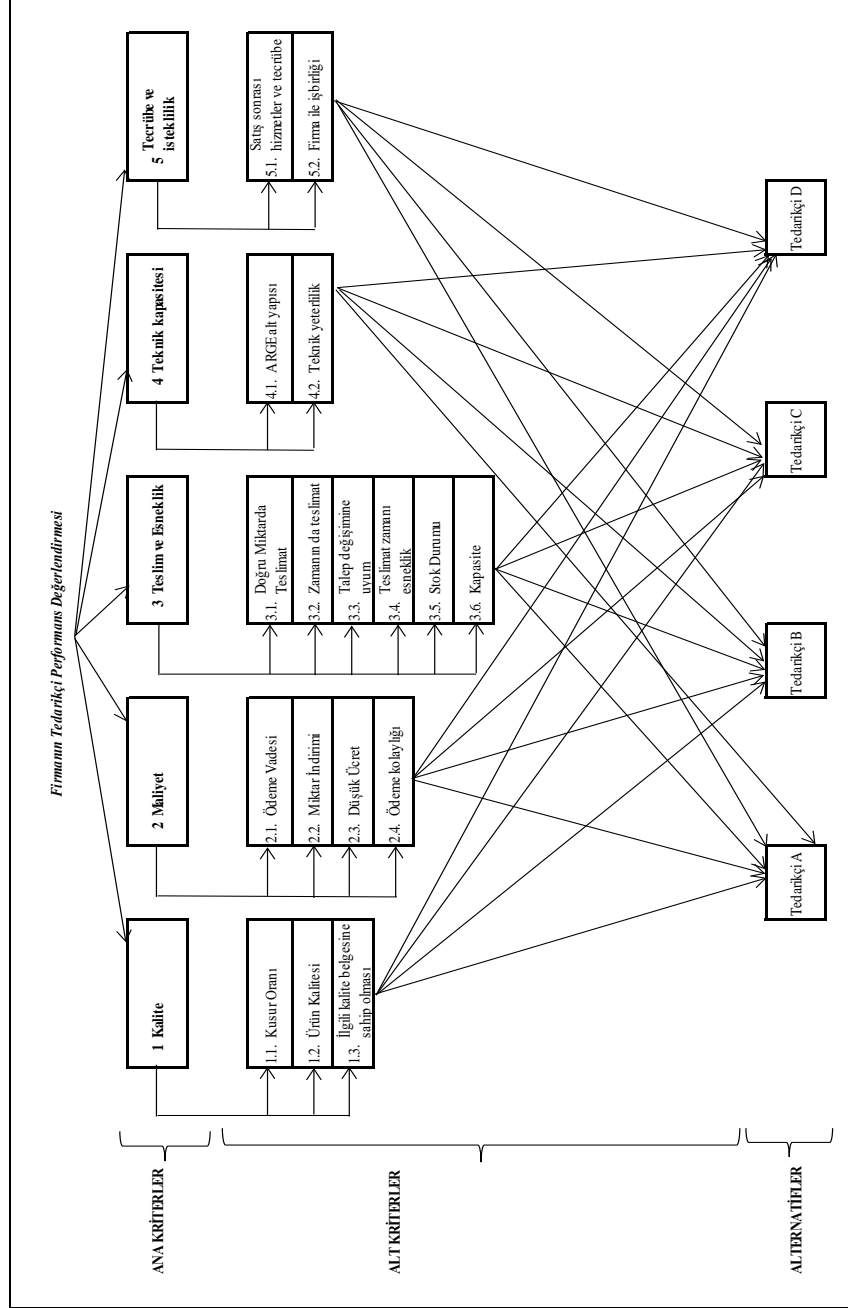
Tablo 4. Yakınlık katsayısı değerlendirmesi (Chen vd., 2006)

Yakınlık Katsayısı Değeri (CC_i)	Değerlendirme
$CC_i \in [0;0,2)$	Tavsiye edilmez.
$CC_i \in [0,2;0,4)$	Yüksek risk ile tavsiye edilir.
$CC_i \in [0,4;0,6)$	Düşük risk ile tavsiye edilir.
$CC_i \in [0,6;0,8)$	Onaylanır.
$CC_i \in [0,8;1,0)$	Onaylanır ve tercih edilir.

CC_i yakınlık katsayısı değeri $[0,1]$ sayı aralığında olmalıdır. Alternatif için yakınlık katsayısı CC_i değerinin 1'e yakın olması bulanık pozitif ideal çözüm A^+ değerine yakın olması demek iken Bulanık negatif ideal çözüm A^- değerine uzak olması demektir. Aynı zamanda alternatif için yakınlık katsayısı CC_i değerinin 0'a yakın iken bulanık negatif ideal çözüm A^- yakın olması demek iken bulanık pozitif ideal çözüm A^+ değerine uzak olması demektir. Alternatif için yakınlık katsayısı CC_i değerinin 1'e yakın olması bulanık pozitif ideal çözüm A^+ değerine yakın olmasından dolayı alternatifin tercih sebebidir.

4.UYGULAMA

Uygulama kısmında Türkiye’de faaliyet gösteren ve blue jeans üzerine uzmanlaşmış bir firmanın metal aksesuar tedarikçilerinin performans değerlendirme süreci bulanık karar verme teknikleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS kullanılarak tedarikçiler ait performans değerlendirme yapılacaktır. Firmanın imalatını yapacağı ürünler için tedarik ettiği tüm aksesuarlardan en uzun işlem süresine sahip aksesuar metal aksesuarlardır. Teslim tarihinde oluşacak bir gecikme ya da hatalı ürün gibi durumların telafisi diğer aksesuarlardan daha zordur.



Şekil 6. Performans değerlendirme probleminin hiyerarşik yapı

Firmanın metal aksesuar alımı yaptığı 10'dan fazla tedarikçisi bulunmaktadır. Fakat bu tedarikçiler arasından en çok çalışılan ve performans değerlendirilmesi yapılacak 4 firma bulunmaktadır. Çalışmanın amacı metal aksesuar tedarikçiler arasında en iyi performansa sahip tedarikçiyi bulmaktır. Metal aksesuar tedarikçilerine ait performans değerlendirme problemine ait hiyerarşik yapı Şekil 6'da verilmiştir. Firmada yetkili kişiler ile belirlenen ana ve alt kriterler Tablo 5'te yer verilmiştir. Yapılan çalışmada tedarikçi performansının değerlendirilmesinde kullanılacak ana kriterler Kalite, Maliyet, Teslimat ve Esneklik, Teknik kapasite tecrübe ve isteklilik olarak belirlenmiştir.

Tablo5. Tedarikçi performans değerlendirme yapısı

Ana Kriter	Alt Kriter	Kodlama	Açıklama
Kalite	Kusur Oranı	K1	K11 Kusurlu aksesuar miktarının gelen aksesuar miktarına oranı.
	Ürün Kalitesi		K12 Aksesuarın, istenen kalite özelliklerini taşıması.
	İlgili kalite belgesine sahip olması		K13 Tedarikçinin aksesuar üretimi için bulundurması gereken kalite belgeleri.
Maliyet	Ödeme Vadesi	K2	K21 Faturaya istinaden firma ile anlaşılan ödeme yapılacak zaman.
	Miktar İndirimi		K22 Yüksek miktarda alımlar için anlaşılan indirim
	Düşük Ücret		K23 Tedarikçinin verebileceği en uygun fiyat
	Ödeme kolaylığı		K24 Tedarikçi ile firma arasında ödeme esnekliği.
Teslim ve Esneklik	Doğru Miktarda Teslimat	K3	K31 Sipariş edilen miktarın tam adet teslim edilmesi.
	Zamanın da teslimat		K33 Siparişin belirtilen teslim tarihinde teslim edilmesi.
	Talep değişimine uyum		K34 Tedarikçinin değişen taleplere uyumu.
	Teslimat zamanı esneklik		K35 Tedarikçinin teslim tarihinde esnekliklere uyumu.
	Stok Durumu		K36 Tedarikçinin anlaşılan stoğu elinde bulundurması.
	Kapasite		K37 Tedarikçinin sahip olduğu üretim kapasitesi.
Teknik kapasitesi	ARGE alt yapısı	K4	K41 Tedarikçinin ARGE alt yapısının durumu.
	Teknik yeterlilik		K42 Tedarikçinin teknik yeterliği ve bunu kullanma durumu.
Tecrübe ve isteklilik	Satış sonrası hizmetler ve tecrübe	K5	K51 Tedarikçinin satış sonrası hizmetlerinin ve tecrübesinin değerlendirme durumu.
	Firma ile işbirliği		K52 Tedarikçinin firma ile olan işbirliği (Kalite, paketleme vb. projeler ile firma ile işbirliği göstermesi.).

Uygulamanın bu aşamasında Chang'ın genişletilmiş analiz yöntemi kullanılmıştır. Tedarikçi performans değerlendirme problemi çözümü için firmadaki yetkili kişiler tarafından belirlenen ana ve alt kriterleri dikkate alınmıştır. Bulanık AHP yaklaşımlarına ait yapılan çalışmada MS Excel programından yararlanılmıştır.

Yapılan tez çalışmasında firmanın konusunda tecrübeli 4 kişilik uzman kadrosu ile ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Tablo1'deki ikili karşılaştırmalar için kullanılacak bulanık sayılar ve sözel ifadeler kullanılarak uzman kadro ile firma ihtiyaçları doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır. Ana kriterler için önem skalasına göre ölçeklendirme yapılarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Ana kriterler için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 6. İkili karşılaştırma matrisi

	Kalite			Maliyet			Teslim ve Esneklik			Teknik kapasitesi			Tecrübe ve isteklilik		
Kalite	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00	1.50	0.40	0.50	0.67	0.40	0.50	0.67	0.29	0.33	0.40
Maliyet	0.67	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	0.40	0.50	0.67	0.40	0.50	0.67	0.67	1.00	1.50
Teslim ve Esneklik	1.50	2.00	2.50	1.50	2.00	2.50	1.00	1.00	1.00	0.40	0.50	0.67	0.40	0.50	0.67
Teknik kapasitesi	1.50	2.00	2.50	1.50	2.00	2.50	1.50	2.00	2.50	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00	1.50
Tecrübe ve isteklilik	2.50	3.00	3.50	0.67	1.00	1.50	1.50	2.00	2.50	0.67	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00

Ana kriterlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisi dikkate alınarak üçgensel vektör toplama işlemine ait değerlere aşağıda yer verilmiştir.

Tablo 7. Ana Kriterlere ait Üçgen Sütun Vektör Toplam Değeri

$\sum \mathbf{Mg}_1$	2.752	3.333	4.233
$\sum \mathbf{Mg}_2$	3.133	4	5.333
$\sum \mathbf{Mg}_3$	4.8	6	7.333
$\sum \mathbf{Mg}_4$	6.167	8	10
$\sum \mathbf{Mg}_5$	6.333	8	10
Toplam	23.19	29.33	36.9

Ana kriterlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisinden yola çıkarak BAHP Yönteminde Adım 1'de yer alan eşitlikler kullanılarak yapılan hesaplanmaya ilişkin ana kriterlere ait sentez değerleri aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 8. Ana Kriterlere ait Sentez Değerleri

	l	m	u
S_{K1}	0.075	0.114	0.183
S_{K2}	0.085	0.136	0.23
S_{K3}	0.13	0.205	0.316
S_{K4}	0.167	0.273	0.431
S_{K5}	0.172	0.273	0.431

Uzman kadro tarafından kararlaştırılan ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi baz alınarak Adım 1'deki eşitliklerden yararlanılarak ana kriterlere ait bulanık sentetik değerler hesaplandıktan sonra, ana kriterlerin önem ağırlıkları ait hesaplama ve karşılaştırmaya aşağıda yer verilmiştir.

Tablo 9. Ana Kriterlere ait Önem Ağırlık Değerleri

		m	m	l	u	V	
K1	K2	0.114	0.136	0.075	0.23	1.000	
	K3	0.114	0.205	0.075	0.316	1.000	
	K4	0.114	0.273	0.075	0.431	1.000	
	K5	0.114	0.273	0.075	0.431	1.000	
	K2	K1	0.136	0.114	0.085	0.183	0.811
K2	K3	0.136	0.205	0.085	0.316	1.000	
	K4	0.136	0.273	0.085	0.431	1.000	
	K5	0.136	0.273	0.085	0.431	1.000	
	K3	K1	0.205	0.114	0.13	0.183	0.366
	K2	0.205	0.136	0.13	0.23	0.594	
K3	K4	0.205	0.273	0.13	0.431	1.000	
	K5	0.205	0.273	0.13	0.431	1.000	
	K4	K1	0.273	0.114	0.167	0.183	0.089
	K2	0.273	0.136	0.167	0.23	0.316	
	K3	0.273	0.205	0.167	0.316	0.686	
K4	K5	0.273	0.273	0.167	0.431	1.000	
	K1	0.273	0.114	0.172	0.183	0.064	
	K2	0.273	0.136	0.172	0.23	0.300	
	K3	0.273	0.205	0.172	0.316	0.680	
	K4	0.273	0.273	0.172	0.431	1.000	

Ana kriterlere ait olabilirlik derecelerinin hesaplanması MS Excel programından yararlanılarak yapıldıktan sonra, ana kriterlere ait ağırlık vektörü değerlerine aşağıda yer verilmiştir.

Tablo 10. Ana Kriterlere ait Ağırlık Vektörü

K1	1.000
K2	0.811
K3	0.366
K4	0.089
K5	0.064
Toplam	2.330

Bir önceki aşamada bulunan ağırlık vektörü bulanık olması sebebiyle kesinlik göstermemektedir. Bundan dolayı ağırlık vektörüne normalizasyon işlemi yapılmıştır. Aşağıdaki tabloda ana kriterler ait normalizasyon işlemi yapılan ağırlık vektörüne yer verilmiştir.

Tablo 11. Ana Kriterlere ve Alt Kriterlere ait Normalize Edilmiş Ağırlık Vektörü

Kalite	K1	0.429	K11	Kusur Oranı	0.429	0.433	0.186
			K12	Ürün Kalitesi	0.429	0.351	0.151
			K13	İlgili kalite belgesine sahip olması	0.429	0.216	0.093
Maliyet	K2	0.348	K21	Ödeme Vadesi	0.348	0.371	0.129
			K22	Miktar İndirimi	0.348	0.261	0.091
			K23	Düşük Ücret	0.348	0.236	0.082
			K24	Ödeme kolaylığı	0.348	0.133	0.046
Teslim ve Esneklik	K3	0.157	K31	Doğru Miktarda Teslimat	0.157	0.096	0.015
			K33	Zamanın da teslimat	0.157	0.096	0.015
			K34	Talep değişimine uyum	0.157	0.000	0.000
			K35	Teslimat zamanı esneklik	0.157	0.000	0.000
			K36	Stok Durumu	0.157	0.000	0.000
			K37	Kapasite	0.157	0.808	0.127
Teknik kapasitesi	K4	0.038	K41	ARGE alt yapısı	0.038	0.500	0.019
			K42	Teknik yeterlilik	0.038	0.500	0.019
Tecrübe ve isteklilik	K5	0.028	K51	Satış sonrası hizmetler ve tecrübe	0.028	0.500	0.014
			K52	Firma ile işbirliği	0.028	0.500	0.014
Toplam					3.754	5.000	1.000

Çalışmanın bu kısmında Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinden elde edilen “ana faktörlerin ağırlıkları” ve firmadaki yetkili kişilerin görüşleri doğrultusunda tedarikçilere ait performans değerlendirmesine Bulanık TOPSIS metodu ile devam edilmiştir. Bulanık TOPSIS yöntemine ait bulanık karar matrisi Tablo 12 ‘de yer verilmiştir.

Tablo 12. Bulanık Karar matrisi

	Tedarikçi A				Tedarikçi B				Tedarikçi C				Tedarikçi D			
Kalite	5.0	6.5	7.3	9.0	7.0	8.0	8.0	9.0	7.0	8.0	8.0	9.0	5.0	6.0	7.0	8.0
Maliyet	8.0	9.0	10	10	5.0	7.5	7.8	9.0	4.0	6.8	7.0	9.0	4.0	5.8	6.5	8.0
Teslim ve Esneklik	4.0	6.3	6.8	9.0	4.0	6.3	6.8	9.0	4.0	5.5	6.0	8.0	5.0	6.5	7.3	9.0
Teknik kapasitesi	5.0	7.5	7.8	9.0	5.0	7.0	7.5	9.0	5.0	7.0	7.5	9.0	4.0	5.5	6.0	8.0
Tecrübe ve isteklilik	7.0	8.0	8.0	9.0	4.0	6.0	6.3	9.0	5.0	6.5	7.3	9.0	7.0	8.0	8.0	9.0

Tablo12’de verilen bulanık karar matrisine ait değerler $[0, 1]$ aralığına göre normalizasyon işlemi yapılır ve daha önceki kısımda yer alan BAHF yöntemi ile elde edilen ağırlık değerleri ile MS Excel üzerinden yapılan hesaplama işlemi çarpılarak ağırlıklı normalizasyon işlemi yapılmış olur. Tablo 13’te MS Excel üzerinden hesaplanan ağırlıklı bulanık normalizasyon matrisine yer verilmiştir.

Tablo 13. Ağırlıklı Bulanık Normalize Karar matrisi

	Tedarikçi A				Tedarikçi B				Tedarikçi C				Tedarikçi D			
Kalite	0.2 1	0.2 8	0.3 1	0.3 9	0.3 0	0.3 0.34	0.3 4	0.3 9	0.3 0	0.3 4	0.3 0.34	0.2 9	0.2 1	0.3 0.26	0.3 0	0.3 4
Maliyet	0.2 8	0.3 1	0.3 5	0.3 5	0.1 7	0.2 0.26	0.3 7	0.1 1	0.1 4	0.2 3	0.3 0.24	0.1 1	0.1 4	0.2 0.20	0.2 3	0.2 8
Teslim ve Esneklik	0.0 6	0.1 0	0.1 1	0.1 4	0.0 6	0.1 0.10	0.1 1	0.0 4	0.0 6	0.0 9	0.1 0.09	0.0 3	0.0 8	0.1 0.10	0.1 1	0.1 4
Teknik kapasitesi	0.0 2	0.0 3	0.0 3	0.0 3	0.0 2	0.0 0.03	0.0 3	0.0 3	0.0 2	0.0 3	0.0 0.03	0.0 3	0.0 2	0.0 0.02	0.0 2	0.0 3
Tecrübe ve isteklilik	0.0 2	0.0 2	0.0 2	0.0 2	0.0 1	0.0 0.02	0.0 2	0.0 2	0.0 1	0.0 2	0.0 0.02	0.0 2	0.0 2	0.0 0.02	0.0 2	0.0 2

Her alternatifin ölçütlere göre bulanık pozitif ideal çözümüne $A^+ (d_i^+)$ ve bulanık negatif ideal çözümüne $A^- (d_i^-)$ uzaklık değeri MS Excel programı ile hesaplanır.

Tablo 14. d_i^+ Değeri

	Kalite	Maliyet	Teslim ve Esneklik	Teknik kapasitesi	Tecrübe ve isteklilik	d+
Tedarikçi A	0.11	0.04	0.05	0.01	0.00	0.21
Tedarikçi B	0.05	0.11	0.05	0.01	0.01	0.22
Tedarikçi C	0.05	0.13	0.05	0.01	0.01	0.25
Tedarikçi D	0.12	0.15	0.04	0.01	0.00	0.32

Tablo 15. d_i^- Değeri

	Kalite	Maliyet	Teslim ve Esneklik	Teknik kapasitesi	Tecrübe ve isteklilik	d-
Tedarikçi A	0.10	0.19	0.05	0.01	0.01	0.36
Tedarikçi B	0.13	0.13	0.05	0.01	0.01	0.33
Tedarikçi C	0.13	0.11	0.04	0.01	0.01	0.30
Tedarikçi D	0.08	0.09	0.05	0.01	0.01	0.24

Son olarak her alternatif için yakınlık katsayısı CC_i değerinin MS Excel üzerinden hesaplanarak Tablo 16’da alternatifler arasındaki sıralamaya yer verilmiştir.

Tablo 16. Alternatiflere ait yakınlık katsayısı (CC_i) ve sıralama

	CCi	Sıralama
Tedarikçi A	0.63618	1
Tedarikçi B	0.59281	2
Tedarikçi C	0.54512	3
Tedarikçi D	0.42843	4

5. SONUÇ

Türkiye’nin güçlü sektörlerinden olan Tekstil sektöründe tedarikçi performans değerlendirmesi; kesin olmayan yargıları barındırmasının yanında hem sayısal hem de sayısal olmayan değişkenleri içinde barındıran bulanık çok kriterli bir karar verme problemidir. Tedarik zincirinin devamlılığını sağlanması için tedarik zincirinin tüm halkaların tedarik zincirinin tamamını dikkate almalıdır.

Yapılan çalışma ile metal aksesuar tedarikçilerinin performans değerlendirme probleminde bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanmıştır. İstanbul ve Çerkezköy'de faaliyet gösteren tekstil sektöründe uzmanlaşmış firmanın alanında yetkin 4 kişi ile yapılan çalışma sonucunda Kalite, Maliyet, Teslimat ve Esneklik, Teknik Kapasite, Tecrübe ve İsteklilik olmak üzere 5 ana kriter belirlenmiştir. Önerilen modelin çözümünde Microsoft Excel üzerinden yapılan çalışmada en yüksek değeri Tedarikçi A olarak, firma en yüksek performansına sahip metal aksesuar tedarikçisi olmuştur. Daha sonra sırasıyla Tedarikçi B, Tedarikçi C, Tedarikçi D en iyi tedarikçiler olarak belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışma, gelecek dönemlerde hangi metal aksesuar tedarikçisini ile devam edileceği ya da hangi yeni tedarikçiler ile çalışılması gerektiği konusunda bilimsel bir şekilde kanıtlayan ve geliştirilebilen esnek modeldir. Bu problemin çözümünde kullanılan BAHF ve BTOPSIS yöntemlerinin yanı sıra diğer bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı bir çalışmada literatüre katkı sağlayabilir. Problemin çözümü Microsoft Excel üzerinden yapılsa da Expert Choice, Super Decision, Decision lens gibi paket programlar ile de değerlendirilebilirdi.

KAYNAKLAR

Alehashem, M., Sheikholeslam, M., Emamian, S., Moghadam, S., (2013), "A Supplier Selection Case Study by Analytical Hierarchical Process in Textile Industry", *Advanced Engineering Technology and Application*, 3, 33-41.

Alp, S., ve Gündoğdu. C., (2012), "Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Uygulaması", *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14, 07-25.

Arıkan, F., ve Küçükçe, Y., (2012), "Satın Alma Faaliyeti İçin Bir Tedarikçi Seçimi Değerlendirme Problemi ve Çözümü", *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 27(2), 255-264.

Au, K. F., ve Chan, N. Y., (2003), *The World Textile and Apparel Trade: Globalization Versus Regionalization*, *Proceeding of the Seventh International Conference on Global Business and Economic Development*, 1063-1070.

Chang, D.Y., (1996), "Applications Of The Extent Analysis Method On Fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649-655.

Chen, S.J., ve Hwang, C.L., (1992), "Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Its Applications", *Lecture Notes in Economics and Maths.*, Springer-Verlag, Germany.

Chen, C. T., (2000), “Extensions Of The TOPSIS For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment” , Fuzzy Sets And Systems, 114(1), 1–9.

Chen, J., ve Chen, T., (2005), The Multi-İtem Replenishment Problem İn A Two-Echelon Supply Chain: The Effect Of Centralization Versus Decentralization, Computers & Operations Research, 32(12), 3191-3207.

Chen, K.L., Chen, K.S., Li, R.K., (2005), “Suppliers Capability and Price Analysis Chart”, Int. J. Production Economics, 98, 315–327.

Chen, H., Lee, H., Amy, H. I., Tong, Y., (2006), Analysis of New Product Mix Selection at TFT-LCD Technological Conglomerate Network Under Uncertainty, Technovation, 26, 1210–1221.

Chen, H., (2018), “Evaluation of Personalized Service Level for Library Information Management Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Proses”, Procedia Computer Science, 131,952–958.

Chu, T. C., Lin, Y. C., (2003), “A Fuzzy TOPSIS Method For Robot Selection”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 21(4), 284–290.

Chuang, M. L., Shaw, W. H., (2000), Distinguishing the Critical Success Factors Between E-Commerce, ERP and SCM, Proceeding of Int.Engineering Manag. Conference, New Mexico, 150.

Çalışkan, E., ve Eren, T., (2016), “Bankaların Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Değerlendirilmesi”, Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg., 6(2), 85-107.

Davras, G., ve Karaatlı, M., (2014), “Otel İşletmelerinde Tedarikçi Seçimi Sürecinde AHP Ve BAHP Yöntemlerinin Uygulanması”, H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 32, 87-112.

Eraslan, İ., Bakan, İ., Kuyucu, A., (2008), “Türk Tekstil Ve Hazır Giyim Sektörünün Uluslararası Rekabetçilik Düzeyinin Analizi”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 13, 265-300.

Ertuğrul, İ., ve Karakaşoğlu, N., (2009), “Performance Evaluation Of Turkish Cement Firms With Fuzzy Analytic Hierarchy Process And TOPSIS Methods”, Expert Systems With Applications, 36, 702–715.

<https://tgsd.org.tr> görünme tarihi: 01.12.2018.

Ecer, F., Vurur, N, S., Özdemir, L., (2009), “Bulanık Bir Modelle Firmaları Değerlendirme Ve Optimal Portföy Oluşturma: Çimento Sektöründe Bir Uygulama”, Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(11) 478-502.

Han, H., ve Trimi, S., (2018), “A Fuzzy TOPSIS Method for Performance Evaluation of Reverse Logistics in Social Commerce Platforms”, Expert Systems with Applications, 103, 133-145.

Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D., (2004), “Multi-Attribute Comparison Ofcatering Service Companies Using Fuzzy AHP: The case of Turkey”, Int. J. Production Economics, 87,71–184.

Kahraman, C., Cebeci, U., Ulukan, Z., (2003), “Multi-Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP”, Logistics Information Management, 16(6), 382 – 394.

Kargı, V., (2015), “Bir İmalat Şirketinin İyileştirme Projesi Seçiminde Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinin Uygulanması”, 20(3), 329-340.

Kocamaz, M., (2014), “Proje Portföyü Seçiminde Çok Boyutlu Sırt Çantası Modeli ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi”, Ege Akademik Bakış,14(3), 493-498.

Lee, A., Chen, W., Chang, C., (2008), “A Fuzzy AHP and BSC Approach For Evaluating Performance Of IT Department İn The Manufacturing İndustry İn Taiwan”, Expert Systems with Applications, 34 , 96–107

Modak, M., Pathak, K., Ghosha, K., (2017), “Performance Evaluation Of Outsourcing Decision Using a BSC and Fuzzy AHP Approach: A Case Of The Indian Coal Mining Organization”, Resources Policy, 52, 81–191.

Özdemir, A., (2004), “Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri Ve Yararları”, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 23(Temmuz-Aralık), 87-96.

Özdemir, Ü., (2016), “Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Limanlarda Yaşanan İş Kazalarının İncelenmesi”, Journal of ETA Maritime Science, 4(3), 235-247.

Özdemir, A.İ., ve Seçme, N. Y., (2009), “İki Aşamalı Stratejik Tedarikçi Seçiminin Bulanık TOPSIS Yöntemi İle Analizi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, 10(2), 79-112.

Özdemir, A., (2010), “Ürün Grupları Temelinde Tedarikçi Seçim Probleminin Ele Alınması Ve Analitik Hiyerarşı Süreci İle Çözülmesi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 2, 55-84.

Öztürk, A., Erdoğan, Ş., Arıka., V., (2011), “Analitik Hiyerarşı Süreci (AHS) Kullanılarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi: Bir Tekstil Firmasında Uygulama”, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 26, 93-112.

Özyörük, B., ve Özcan, E., (2008), “Analitik Hiyerarşı Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründen Bir Örnek”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13, 133-144.

Saaty, T. L., (2001), The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making, Managing Forest Ecosystems, Springer, Dordrecht, 3, 15-35.

Seçme, N., Bayraktaroğlu, A., Kahraman, C., (2009), “Fuzzy Performance Evaluation İn Turkish Banking Sector using Analytic Hierarchy Process and TOPSIS”, Expert Systems with Applications, 36, 11699–11709.

Şener, T., Güleş, H., Çağlıyan, V., (2014), “Hazır Giyim Sektöründe Analitik Hiyerarşı Prosesi Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi”, Selçuk University Journal of Institute of Social Sciences, Dr. Mehmet Yıldız Special Edition, 159-170.

Tahriri, F., Osman M., Ali, A., Yusuf, R., Esfandiary, A., (2008), “AHP Approach For Supplier Evaluation And Selection in A Steel Manufacturing Company”, Journal of Industrial Engineering and Management, 11, 54-76

Tolga, E., Demircan, M. L., Kahraman, C., (2005),” Operating System Selection Using Fuzzy Replacement Analysis and Analytic Hierarchy Process”, International Journal of Production Economic, 97, 1, 89-117.

Tsaur, S., Chang, T., Chang-Hua Y., (2002), “The Evaluation of Airline Service Quality by Fuzzy MCDM”, Tourism Management, 23, 107-115.

Venkatesh, V., Zhang, A., Deakins, E., Luthra, S., Mangla, S., (2018), “A Fuzzy AHP-TOPSIS approach to supply partner selection in continuous aid humanitarian supply chains”, *Applications Of or In Disaster Relief Operations*,2, 1-34.

Wang, Y. M., Elhag, S. M. T., (2006), “Fuzzy TOPSIS Method Based On Alpha Level Sets with An Application To Bridge Risk Assessment”, *Expert Systems with Applications*, 31(2), 309–319.

Yükçü, S., ve Atağan G., (2010), TOPSIS Yöntemine Göre Performans Değerleme Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF.45, 28 – 35.

Yurdakul, M., Kul, A., Şeker, A., (2014), “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Alışılmamış İmalat Yöntemlerinin Seçiminde Kullanılması”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29(3), 589-603.

Zhu, K., Jing, Y., Chang, D., (1999), “A Discussion On Extent Analysis Method And Applications Of Fuzzy AHP”, *European Journal of Operational Research*, 116, 450-456.

Araştırma Makalesi

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ: PERAKENDE SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA*

Muhammed Resul AYDIN¹, Osman YAZICIOĞLU²

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye, mresulaydin@outlook.com, orcid.org/0000-0002-7891-0480

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye, oyazicioglu@ticaret.edu.tr, orcid.org/0000-0002-0476-4376

Öz

Bu çalışmada; zaman serisi yöntemlerinden ARIMA ile yapay sinir ağı modellerinin tahmin sonuçları kıyas edilerek, reel değerlere en yakın değerleri sunan model yardımıyla bir süpermarketin kasap reyonu için müşteri talep tahmini yapılması hedeflenmiştir. Çalışmada Ocak 2017- Aralık 2018 döneminde gerçekleşen haftalık satış miktarlarından faydalanılmıştır. Yapılan denemeler neticesinde, haftalık satış miktarları kullanılarak oluşturulan modellerde yapay sinir ağıları modelinin optimal sonucu sunduğu görülerek 2019 yılı için haftalık bazda müşteri talep tahminleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Yapay sinir ağları, ARIMA, talep tahmini, perakende sektörü.*

Research Article

DEMAND FORECASTING WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK: A CASE STUDY IN RETAILING SECTOR

Abstract

In this study, artificial neural network and ARIMA which is one of the time series models, have been discussed to determine the optimal forecasting model. Research data has been collected from a supermarket's sales period which occurred in January 2017- December 2018. According to the results of the test, artificial neural network is more reliable and consistent to build appropriate model for the year 2019.

Keywords: *Artificial neural network, ARIMA, demand forecasting, retail industry.*

* Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "Perakende Sektöründe Talep Tahmini" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Received / Geliş tarihi: 14.05.2019

Accepted / Kabul tarihi: 28.05.2019

Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

mresulaydin@outlook.com

1. GİRİŞ

Günümüzde meydana gelen sert rekabet ortam ile birlikte, kurumlar doğru adımlar atabilmek için gelecek planlamasına ihtiyaç duymaktadır. Rekabetçi piyasa, ekonomik ve politik dalgalanmalar neticesinde geleceği öngörebilme zorlaşmakta bu sebeple doğru öngörmenin önemi artmaktadır. Bu sebeplerden ötürü birçok kurum ve araştırmacı, tahmin hakkında araştırmalar gerçekleştirmektedirler (Şen ve Kaba, 2009).

Günümüzde, talebi etkileyen etkenlerin çok olması ve bunların birbirleriyle ilişkilerinin karmaşık olması sebebiyle, tecrübe ve sezgi ile yapılan tahminler yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple istatistiksel yöntemlerle talep tahmini büyük önem arz etmektedir. Talep tahmin yöntemlerinde kullanılan teknikler, uygulamalı istatistiğin konuları içerisinde yer almaktadır (Kobu, 1994). Artan rekabet neticesinde, perakende sektörü oyuncularını da doğru zamanda, doğru yatırım yapmayı hedeflemektedir. Bu hedeflere paralel olarak firmalar talep tahmin modellerinden faydalanmaktadır.

Araştırmanın örneklemini İstanbul-Ümraniye sınırları içerisinde bulunan bir süpermarket oluşturmaktadır. Sistematik veri toplama yöntemine başvurulmuş 2017-2018 yılları arasında gerçekleşen 104 haftalık satış miktarları örneklem olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı; bir süpermarketten elde edilen veriler yardımıyla yapay sinir ağları ve zaman serisi tahmin yöntemlerinin uygulanması, uygulanan iki modelin geçmişe dönük tahmin doğruluklarının kıyas edilerek en uygun sonuç sağlayan modelin seçilmesi, seçilen bu model yardımıyla gelecek dönem taleplerinin haftalar itibarıyla tahmin edilmesidir. Uygulamada YSA modeli Weka paket programı ile ARIMA modeli ise EViews paket programıyla oluşturulmuştur.

Çalışmadan elde edilen bulguların, küçük ve orta ölçekli yerel perakende firmalarının talep tahmini metodlarından faydalanarak gelişim göstermesine ve gittikçe kızışan rekabet ortamında ayakta kalmasına ve literatüre katkı sunması beklenmektedir.

Talep tahmini, perakende sektöründe talep tahmini, yapay sinir ağları ve ARIMA modelleri ile literatürde mevcut birçok çalışma bulunmaktadır. Kandanand, (2011) çalışmasında Tayland ülkesine ait 1986-2000 yılları arasındaki elektrik tüketim değerlerinden faydalanarak, yapay sinir ağları, ARIMA ve çoklu lineer regresyon ile tahmin modelleri oluşturmuş, oluşturulan modellerin performanslarının kıyaslanması neticesinde en yüksek tahmin performansını yapay sinir ağları modelinin sunduğu sonucunu elde etmişlerdir.. Hamzaçebi ve Kutay, (2004) çalışmalarında yapay sinir ağları yardımıyla uzun dönemli elektrik enerjisi tüketimini tahmin etmişlerdir. Sun vd., (2008) çalışmalarında bir perakende mağazası için yapay sinir ağları yardımıyla en uygun talep modelini belirlemeye çalışmışlardır. Kızılaslan, (2008) çalışmasında geri beslemeli yapay sinir ağları modelleri ile doğalgaz tüketim talebini tahmin etmiştir. Karaatlı vd., (2012) çalışmasında otomobil satış miktarlarını yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin etmiş olup, otomotiv sektörü ile alakalı politikaların

belirlenmesine katkı sunmayı hedeflemişlerdir. Solak, (2013) çalışmasında Türkiye için 2012 yılı ile 2020 yılı arasındaki toplam petrol talebini ARIMA modeli ile tahmin etmişlerdir. Es , (2013) çalışmalarında yapay sinir ağları yardımıyla, 2011-2025 yılları arası Türkiye net enerji talebini tahmin etmişlerdir. Wongsathan ve Seedadan, (2006) çalışmalarında ARIMA ve yapay sinir ağları modelleri ile hava kirliliğini tahmin etmişlerdir. Amber ve Khan, (2018) çalışmasında ileri beslemeli yapay sinir ağları yardımıyla kısa dönemli yük tahmininde bulunmuşlardır. Wang vd., (2018) çalışmalarında ARIMA modeli ile Çin Halk Cumhuriyeti'ne ait geçmiş petrol tüketim verilerinden faydalanarak,2017-2030 yılları için tüketim tahmini yapmışlardır. Musaylh vd., (2018) çalışmalarında kısa dönemli elektrik talebi tahmini için ARIMA modelinden de faydalanarak ileriye dönük tahminler sunmuşlardır. Ekmekçi, (2016) çalışmasında 1970-2013 yılları arasındaki verilerden faydalanarak, 2013-2025 yılları arasındaki doğalgaz tüketimini ARIMA modeli ile tahmin etmişlerdir. Ohyver ve Pudjihastuti, (2018) çalışmalarında yapay sinir ağları da olmak üzere çeşitli tahmin metotlarını incelemişlerdir. Donselaar vd., (2016) çalışmalarında promosyon zamanlarında çürüyen besinler için analiz ve talep tahmini sunmuşlardır. Hareketli ortalamalar ile birlikte regresyon analizi ile de talep tahmin modeli oluşturulmuştur. Tanizaki vd., (2019) çalışmalarında makine öğrenmesi ve istatistiksel analiz kullanarak restoranlarda talep tahmini yapmışlardır. Mağaza konumu, hava durumu, grup organizasyonları gibi talebi etkileyen faktörler hesaba katılarak mağazaya özgü bilgiler ile talep tahmin modeli oluşturularak talep tahmini yapmışlardır.

2.METODOLOJİ

2.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks- ANN), insan beyninin çalışma prensibinden etkilenilerek, esinlenilerek geliştirilmiş, birbirleri ile paralel çalışan, bilgi alan ve bilgi gönderen bir yapıdan meydana gelmektedir. Problemleri çözme maksadıyla faydalanılan iş elemanları (yapay sinir hücreleri), bir ağ şeklinde birbirlerine bağlanmıştır. Hücreler arasında gerçekleşen bilgi akışı, bağlantı değerleri ve ilişkilerle gösterilmektedir. Sistemin öğrenme kabiliyeti ve zeki davranışı, bağlantı değerlerinin vasıtasıyla sunulmaktadır (Tekin, 2009). Yapay sinir ağları kendi kendine ilerleme, öğrenme ve uyum sağlama kabiliyetine sahiptir (Mo, Wang ve Niu, 2016; Pelusi vd., 2018).Yapay sinir ağları insan beyninin karakteristiklerinden olan, öğrenme yolu ile yeni bilgiler oluşturup, keşfedebilmektedir (Öztemel, 2012). Yapay sinir ağları girdi ve çıktı arasında direk ilişkinin bulunmadığı, açık tanımlamaların bulunmadığı lineer olmayan problemlerde en iyi sonuçları sunmaktadır (Masters, 1993).

Yapay sinir ağları ile sayısız uygulamalar yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Geniş bir uygulama alanına sahip yapay sinir ağları ile yapılan işlem alanları; tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri filtreleme, tanıma ve eşleştirme, teşhis, yorumlamadır (Duman, 2006). Yapay sinir ağları ayrıca ses tanıma, parmak izi tanıma, el yazısı tanıma, otomatik araç denetimi gibi alanlarda da uygulanmaktadır (Elmas, 2007).

Yapay sinir hücresi (YSH), insan sinir hücresini taklit edebilmeyi hedefleyen bir yapıdır. Bir yapay sinir hücresi genelde beş ana birimden meydana gelmektedir. Bunlar; girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı birimleridir. Girdiler ilk olarak sinir hücresine girerek ilgili bağlantı aralıkları ile çarpım işleme tabi tutulurlar, akabinde bir birleştirme fonksiyonu ile birleştirirler ve böylece nöronun net girdisi ortaya çıkar. Net girdi bir aktivasyon ile işlenir. Aktivasyon fonksiyonuna ait çıktı yardımıyla da nöronun net çıktısı belirlenir (Hamzaçebi, 2011).

Yapay sinir ağlarında mevcut olan bağlantıların ağırlık değerlerinin değiştirilmesiyle gerçekleşen işleme “ağın eğitilmesi” denir. Yapay sinir ağlarının eğitim süreci, belirli kurallara bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu kurallar ise öğrenme kuralları olarak isimlendirilmektedir. Ağırlıkların değiştirilme işlemi öğrenme kuralları çerçevesinde gerçekleştirilir. Yapay sinir ağlarında, ağırlıkların doğru değerlere ulaşması neticesinde, örneklerin temsilini gerçekleştirdiği problem konusunda ağın “genelleme” yapabilme yeteneğine ulaşması demektir. Bu yeteneğe ulaşma işlemine ise “ağın öğrenmesi” denmektedir (Es, 2013).



Şekil 1. YSA'ların sınıflandırılması (Hamzaçebi, 2011).

İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

İleri beslemeli ağlarda, genel olarak işlemci elemanlar katmanlar halinde bulunmaktadır. Akış, girdi katmanından çıktı katmanının doğru tek yönlü bağlantılar yardımıyla iletilir. Katmanlar arası bağlantı sırasında, aynı katman için bağlantı mevcut değildir. Çok katmanlı algılayıcılar (MLP) ve sayısallaştırılmış öğrenme vektörü (LVQ) ağları ileri beslemeli ağlara örnek olarak verilebilir (Saygılı, 2008).

İleri beslemeli sinir ağının giriş katmanında bulunan veriler hiçbir işleme tabi tutulmadan bir sonraki katmana iletilir. Gizli katmandaki işlemci eleman sayısının tayini, sistem veya kullanıcı tarafından uygulanan problemin giriş sayısı ile paralel olarak belirlenebilmektedir. Gizli katmandaki, ara katman sayısı ve ara katmanlarda

bulunan işlemci eleman sayısının belirlenmesi için diğer bir yöntem ise deneme-yanılma yöntemidir (Yüksek, 2007).

2.2. Box-Jenkins Yaklaşımı Ve ARIMA Modelleri

Box-Jenkins metodu, tek değişkene sahip zaman serileri için ileriye dönük tahmininde, tercih uygulanan metotlardan birisidir. Kısa dönem tahmin yöntem bilimine ait bu yeni ve başarılı metodu, kesikli ve durağan zaman serilerinin ileriye dönük tahmin modellerinin oluşturulmasında ve tahminlerin uygulanmasında sistematik yaklaşım sunmaktadır (Mabert ve Radeliffer, 1974). Box-Jenkins metodunun temel felsefesi cimrilik (tutumluluk) üzerine inşa edilmiştir. Cimrilik (az seyrekliğe sahip) felsefesi zaman serisi verilerine ait özellikleri sunan en uygun bir model oluşturmayı öngörür (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007). Box-Jenkins zaman serisi analizlerinde ve ön raporlama aşamasında uygulanan genel ARIMA modelleri ile eş anlama sahiptir (Erdoğan, 2006). Box-Jenkins ile ilintili modeller son 20 yıl içerisinde geliştirilmiştir. Box-Jenkins yönteminin önemli varsayımlarından birisi de eşit zaman aralıkları ile ulaşılan gözlem değerlerinden oluşan serinin kesikli ve durağan olmasıdır (Ekmekçi, 2016). Durağan olmayan zaman serilerinin Box-Jenkins metodu ile öngörülmesini sağlamak için birtakım dönüşüm yöntemleri yardımıyla durağan hale getirilmesi gerekmektedir (Kaynar ve Taştan, 2009).

Box-Jenkins Yöntemi ile tahmin dört aşamada meydana gelmektedir (Kaynar ve Taştan, 2009).

1. Model Belirleme: Zaman serisi için uygun Box-Jenkins modelinin belirlendiği aşamadır.
2. Parametre Tahmini: Model belirleme aşamasının akabinde belirlenen model ile ilgili parametrelerin öngörüldüğü aşamadır.
3. Uygunluğun Testi: Modelin veri setine uygunluğunun istatistiksel yöntemler ile teste tabi tutulduğu aşamadır. Bu aşamada modelin uygun bulunması durumunda son aşamaya geçiş yapılır. Aksi takdirde başka modelin tespit edilmesi için ilk aşamaya dönülür.
4. Tahmin: Belirlenen en uygun modelin tahmin için uygulandığı aşama, son aşamadır.

Box-Jenkins Yöntemi Vasıtasıyla Tahmin Edilebilen Zaman Serisi Modelleri; Otoregresif (AR) Modeli, Hareketli Ortalama (MA) Modeli, Otoregresif-Hareketli Ortalama (ARMA) Modeli Ve Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA) Modelidir (Kaynar ve Taştan, 2009).

Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalamalar modeli, zaman serileri temelli sayısal bir model olup; tek veya çok değişkenli olabilmektedir. Talep tahmini çalışmalarında çoğunlukla tek değişkenli Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalamalar yöntemi kullanılmaktadır (Clark, 2002). Modelin temel işlevi otoregresif süreçler içermesidir. Yani, geçmiş verilerden yararlanarak gelecekle ilgili istatistiksel tahminler yapabilmesi, süreçleri birleştirmesi ve hareketli ortalama süreçlerinin hepsini birlikte

içermesi olarak bilinmektedir (Chung, 2001).

Box ve Jenkins iki modeli birleştirerek Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalamalar modelini geliştirmiştir. Bu yaklaşım, zaman serilerinin durağan olduğu varsayımına dayanmaktadır. Zaman serilerinin durağan olmaması, belirli bir eğilim içermesi anlamına gelmektedir. Zaman serilerinin durağan olmaması durumunda, zaman serilerinin bir veya daha fazla kere farkının alınması ile durağanlaştırılarak Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalamalar yapısı oluşturulabilmektedir (Adıyaman, 2007).

ARIMA modelleri, durağan olmayan fakat fark alma işlemi neticesinde durağan hale getirilmiş serilerde kullanılan modellerdir. İlk başta durağan olmayan lakin fark alma işlemi neticesinde durağan hale gelmiş serilere kullanılan modeller “durağan olmayan doğrusal stokastik modeller” şeklinde isimlendirilmektedir. Bu modeller d dereceden fark uygulanmış serilere kullanılan, değişkenin t-dönemine ait değerinin belirli bir sayıdaki geri dönem değerleri ile aynı döneme ait hata teriminin doğrusal fonksiyonu şeklinde belirtildiği AR dönemidir. Değişkenin t- dönemindeki değerinin mevcut dönemdeki hata terimi ve belirli sayıda geri dönem hata terimlerinin doğrusal fonksiyonu olarak belirtildiği MA modellerinin bir araya gelmesidir. Modellerin genel olarak ARIMA (p, d, q) şeklindedir. Burada belirtilen p ve q harfleri sırasıyla Otoregresif (AR) Modelin ve Hareketli Ortalama (MA) Modelinin derecesi, d ise fark alma derecesi anlamına gelmektedir (Kaynar ve Taştan, 2009).

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \Phi_2 Z_{t-2} + \dots + \Phi_p Z_{t-p} + \delta + a_t - \Theta_1 a_{t-1} - \Theta_2 a_{t-2} - \dots - \Theta_q a_{t-q}$$

Eşitlikte; $Z_t, Z_{t-1}, \dots, Z_{t-p}$ d dereceden farkı alınmış gözlem değerlerini, $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p$ d dereceden farkı alınmış gözlem değerleri için katsayıları, δ sabit değeri, $a_t, a_{t-1}, \dots, a_{t-q}$ hata terimlerini ve $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_q$ hata terimleri ile ilgili katsayıları göstermektedir (Yükçü ve Gönen, 2009).

3. BULGULAR

Bu çalışmada bir süpermarketin kasap reyonuna ait talepler incelenmiştir. Kasap reyonu ise dana, kuzu ve tavuk olmak üzere 3 farklı et türüne göre incelenmiştir. 3 farklı et türüne olan talepler ve tahminler ayrı incelenip ayrı olarak analiz edilmiştir. 3 farklı et ürünü için yapay sinir ağları modelleri ve zaman serisi analizlerinden olan ARIMA modelleri ile tahmin modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan tahmin modellerinin doğruluğunun analizi için çıktı performansları karşılaştırılmış ayrıca MAPE ve MSE değerleri ile birlikte kıyas edilerek uygun model hakkında hüküm verilmiştir. Analizler sırasında yapay sinir ağları modelleri için WEKA 3.8 programından ve ARIMA modelleri için ise EViews 10 SV programından faydalanılmıştır.

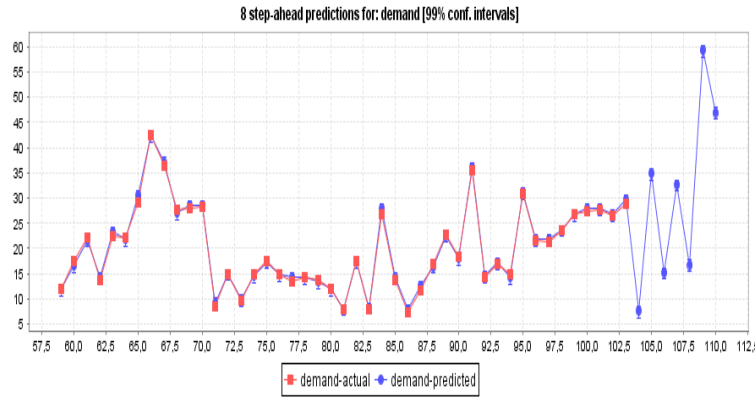
Çalışmada bir marketin kasap reyonuna ait 3 farklı et ürünü (dana, kuzu, tavuk) için talep tahmin çalışması hedeflenmiştir. Bu talep tahmin çalışması için ilgili kasap reyonuna ait 01.01.2017 tarihinden 31.12.2018 tarihine kadar olan verilerden

faýdalanılmıştır. Ürün siparişlerinin haftalık verilmesinden dolayı bu veriler haftalık olarak çekilmiş ve haftalık bazda talep tahmin çıktıları alınmıştır.

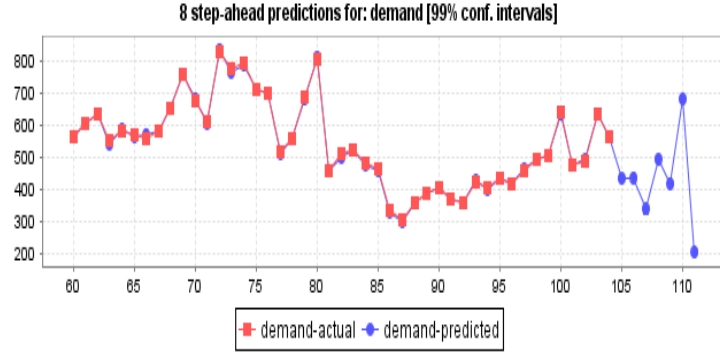
Çalışmada, yapay sinir ağları ile oluşturulan tüm modeller, çok katmanlı algılayıcı modellerden ileri beslemeli geri yayılım ağı ile kurulmuştur. ARIMA modeli ile oluşturulan tahmin modelleri ise dana eti için AR (2), kuzu eti için ARMA (4,2), tavuk eti için ise ARMA (2,4) modeli ile tahmin modelleri oluşturulmuştur.

Aşağıdaki verilen grafiklerde yapay sinir ağı ve ARIMA modelleri ile dana, kuzu, tavuk etlerine ait eğitim ve tahmin grafikleri gösterilmiş ardından tahmin hatalarının doğruluk ölçütleri kıyaslanmıştır.

Şekil 2. WEKA programında Yapay Sinir Ağlarında Dana Eti Talep Tahmini

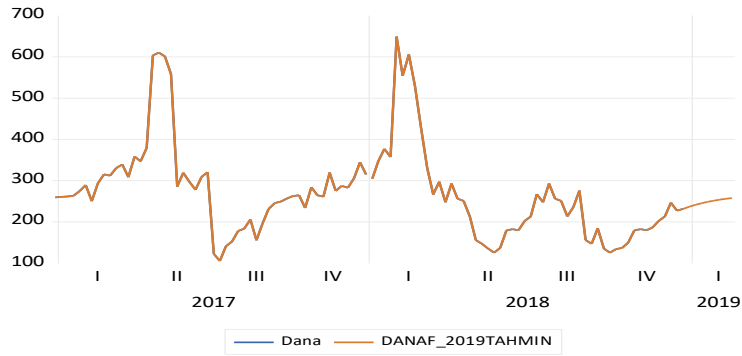


Şekil 3. WEKA programında Yapay Sinir Ağları ile Kuzu Eti Talep Tahmini

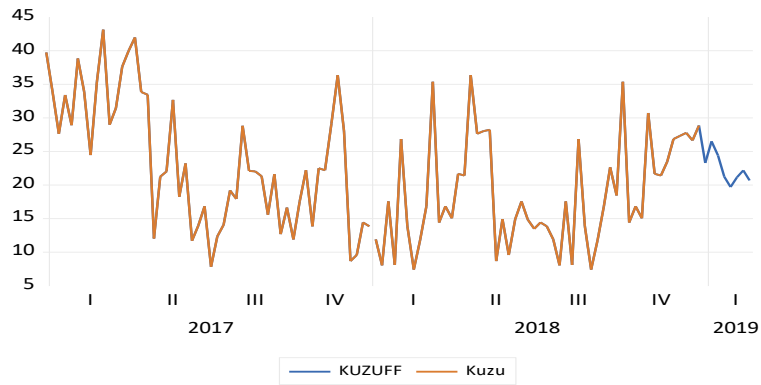


Şekil 4. WEKA programında Yapay Sinir Ağları ile Tavuk Eti Talep Tahmini

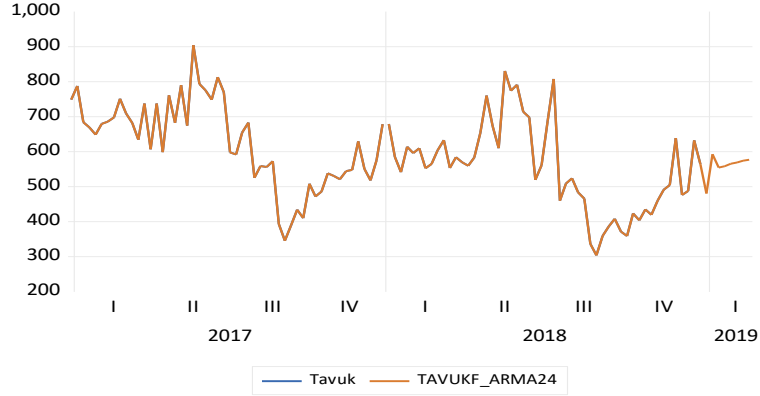
Yukarıda şekillerde, gerçekleşen dana, kuzu ve tavuk eti taleplerinin yapay sinir ağları ile tahmin grafiği incelendiğinde; gerçekleşen et talepleri ile yapay sinir ağı modeli vasıtasıyla yapılan tahmin değerlerinin yakınlığı görülmektedir.



Şekil 5. EViews Programında ARIMA ile Dana Eti Talep Tahmini



Şekil 6. EViews Programında ARIMA ile Kuzu Eti Talep Tahmini



Şekil 7. EViews Programında ARIMA ile Tavuk Eti Talep Tahmini

Dana, kuzu ve tavuk et taleplerinin değerleri ile ARIMA modelleri ile yapılan tahminlerin grafikleri incelenebilmektedir.

Tablo 1: YSA ve ARIMA Modellerinin Dana Eti Tahmin Hatasının Doğruluk Ölçütleri Karşılaştırması

TAHMİN ÇEŞİDİ	MAE	MAPE
YSA	9.876	4.0819
ARIMA	25.391	15.7521

Tablo 2: YSA ve ARIMA Modellerinin Kuzu Eti Tahmin Hatasının Doğruluk Ölçütleri Karşılaştırması

TAHMİN ÇEŞİDİ	MAE	MAPE
YSA	0.4341	2.539
ARIMA	5.8383	29.280

Tablo 3: YSA ve ARIMA Modellerinin Tavuk Eti Tahmin Hatasının Doğruluk Ölçütleri Karşılaştırması

TAHMİN ÇEŞİDİ	MAE	MAPE
YSA	28.6527	0.8231
ARIMA	48.26224	10.3951

İlgili yazıda, araştırmacılar MAPE değerinin %10'nun altında seyreden tahminlerin “yüksek doğruluk” seviyesinde, %10 ile %20 arasında seyreden modellerin “doğruluk” seviyesinde sınıflandırmışlardır (S.F. Witt ve C. Witt, 1992). Ayrıca Lewis, MAPE değeri %20 ile %50 arasında seyreden modelleri “kabul edilebilir” seviyede, son olarak ise %50 üzerinde MAPE değeri sunan modellerin ise “yanlış ve hatalı” olarak sınıflandırmıştır (Lewis, 1982; Çuhadar vd., 2009).

Uygulamalar neticesinde, yukarıdaki tabloların incelenmesiyle birlikte, yapay sinir ağı modellerinin ARIMA modellerinin tümünden daha az tahmin hatası gerçekleştirdiği saptanmıştır. Yukarıdaki tablolarda bulunan değerler kıyas edilerek, yapay sinir ağı modelleri ile kurulan tahmin modellerinin geçerli ve güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay sinir ağları ve ARIMA yöntemleri, son dönemlerde tahmin modellerinde en sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Yapılan işlemler neticesinde yapay sinir ağı modellerinin, üç et türü de dâhil olmak üzere, zaman serisi yöntemlerinden ARIMA modeline göre daha az tahmin hatası yaptığı ve daha iyi sonuçlar sunduğu görülmektedir. Bu nedenden ötürü, çalışma yapılan firmaya yapay sinir ağları ile talep tahmin modelleri kurması önerilmiştir. Bu çalışma sonunda perakende sektöründe bulunan bir firma için önceki dönem verileri ile ileriki dönemlere ait talep tahminlerinin ne değerler olabileceği görülmektedir.

Talebi dışarıdan etkileyen faktörlerin tespiti ve eklenmesinin ardından ARIMA ve yapay sinir ağları ile birlikte melez bir model ile daha iyi tahmin sonuçlarının alınacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Adıyaman, F., (2007),“Talep Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Amber, K.P., ve Khan, M.S., (2018), Intelligent Techniques for Forecasting Electricity Consumption of Buildings. Energy, 157, 886-893.

Chung, S., (2001), "Demand Modeling and Analysis for the Management of Underground Infrastructure Systems". Doktora Tezi. Purdue University. USA.

Çuhadar, M., Güngör, İ., Göksu, A., (2009). Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini ve Zaman Serisi Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Analizi: Antalya İline Yönelik Bir Uygulama. Süleyman Demirel İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14 (1): 99-114.

Dizdar, E.N., Koçar, O., (2016), Determination of Precautions Against Occupational Accidents Using Artificial Neural Networks, 8th Conference on Safety and Health, 8-11 May, 2016, İstanbul.

Donselaar, K.H., Peters, J., Jong, A., Broekmeulen, R.A.C.M., (2016), Analysis and Forecasting of Demand During Promotions for Perishable Items. International Journal of Production Economics, 172, 65-75.

Duman N., (2006), "Yapay Sinir Ağları ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.

Ekmekçi, H., (2006), "Türkiye'deki Doğalgaz Kullanımının ARIMA Metodu ile İstatistiksel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2006.

Elmas Ç., (2007), "Yapay Zekâ Uygulamaları", Seçkin Yayıncılık, Ankara, 25.

Erdoğan, E., (2006), "Zaman Serilerinde ARIMA Modelleri", Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 8-42.

Es, H. A., (2013), "Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Net Enerji Talep Tahmini", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Gilbert, D., (1996), Retail Marketing Management, Pearson Education Limited, Great Britain.

Hamzaçebi, C., (2011), "Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı Matlab ve Neurosolutions Uygulamalı", Ekin Yayınevi, Bursa, 1-105.

Hamzaçebi, C., Kutay, F., (2004), Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Derneği, 19(3), 227-233.

Hu, C., (2002), Advanced Tourism Demand Forecasting: ANN and Box-Jenkins Modelling, Doktora Tezi, Purdue University, MI, USA.

Kandananond, K., (2011), Forecasting Electricity Demand in Thailand with an Artificial Neural Network Approach. Energies, 4(8), 1246-1257.

Karaatlı, M., Helvacıoğlu, Ö.C., Ömürbek, N., Tokgöz, G., (2012), Yapay Sinir Ağları ile Otomobil Satış Tahmini. Uluslar arası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 8(17), 87-100.

Karahan, M., (2011), İstatistiksel Tahin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmini Uygulaması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.

Kaynar, O. Ve Taştan, S., (2009)“Zaman Serisi Analizinde MLP Yapay Sinir Ağları ve ARIMA Modelinin Karşılaştırılması”, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (33),161-172

Kızılaslan, R., (2008), Kısa ve Orta Vadeli İstanbul Doğalgaz Tüketiminin Yapay Sinir Algoritmaları ile Tahmin Edilmesi. Fatih Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Kobu, B., (1994), Üretim Yönetimi, Avcıol Basım-Yayım,8. Baskı, İstanbul.

Kaufmann, M., (1993), Practical Neural Network Recipes in C++, Masters T.

Lewis, Colin D., (1982), Industrial and Business Forecasting Methods. Butterworths Publishing: London, 1982, S.40.

Mo, H., Wang, J ve Niu,H., (2016), Exponent Back Propagation Neural Network Forecasting for Financial Cross-Correlation Relationship. Expert Systems With Applications, 53, 106-116.

Musaylı, M.S. Deo, R.C., Adamowski, J.F., Li, Y., (2018), Short-Term Electricity Demand Forecasting with MARS, SVR and ARIMA Models Using Aggregated Demand Data in Queensland, Australia. Advanced Engineering Informatics, 35, 1-16.

Ohyver, M., Pudjihastuti, H., (2018), Arima Model for Forecasting the Price of Medium Quality Rice to Anticipate Price Fluctuations. Procedia Computer Science, 135, 707-711.

Öztemel, E., (2012), Yapay Sinir Ağları, 2. Baskı, Papatya Yayıncılık, İstanbul.

Pelusi, D., Mascella, R., Talini, L., Nayak, J., Naik, B. ve Abraham, A. (2018), Neural Network And Fuzzy System For He Tuning Of Gravitational Search Algorithm Parameters. Expert Systems With Applications, 102, 234-244.

Saygılı, Y. S., (2008), İstatistiksel Yöntemlerle Yapay Sinir Ağları Uygulamalarının Karşılaştırılması: Millî Savunma Bakanlığı Bütçesinin Öngörülenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Sevüktekin, M., ve Nargeleçekenler, M., (2007), Ekonometrik Zaman Serileri Analizi Eviews Uygulamalı, 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Solak, A.O., (2013), Türkiye'nin Toplam Petrol Talebi ve Ulaştırma Sektörü Petrol Talebinin ARIMA Modeli ile Tahmin Edilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 18(3), 131-142.

Sun, Z., Choi, T., Au, K., Yu, Y., (2008), Sales Forecasting Using Extreme Learning Machine with Applications in Fashion Retailing. Decision Support Systems, 46 (1), 411-419.

Şen, A.B. ve Kaba, G. (2009), Öncü Göstergeler Kullanımının Tahmin Doğruluğuna Etkisi: Türk Otomotiv Pazarı Üzerine Bir Araştırma. Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 28, 2, 397-411.

Tanizaki, T., Hoshino, T., Shimmura, T., Takenaka, T., (2019), Demand Forecasting in Restaurants Using Machine Learning and Statistical Analysis. Procedia CIRP, 79, 679-683.

Tekin, M., (2009), Üretim Yönetimi Cilt 1, 6. Baskı, Günay Ofset, Konya.

Wang, Q., Li, S., Li, R., (2018), China's Dependency on Foreign Oil Will Exceed 80% by 2030: Developing a Novel NMGM-ARIMA to Forecast China's Foreign Oil Dependence from Two Dimensions. Energy, 163, 151-167.

Witt, S.F., ve Witt, C., (1992), Modeling Forecasting Demand in Tourism. Academic Press: London, S. 137.

Wongsathan, R., ve Seedadan, I., (2016), A Hybrid ARIMA and Neural Networks Model for PM-10 Pollution Estimation: The Case of Chiang Mai City Moat Area. Procedia Computer Science, 86, 273-276.

Yüksek, A. G., (2007), Hava Kirliliği Tahmininde Yapay Sinir Ağları ve Çoklu Regresyon, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.

Araştırma Makalesi

**ÜLKELERİN LOJİSTİK PERFORMANSLARININ VERİ
ZARFLAMA ANALİZİ İLE ÖLÇÜMÜ***

Merve YILDIRIM¹, Berk AYVAZ²

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye, yyildirimerve@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9712-1922

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

Öz

Lojistik sektörü her geçen yıl GSYİH içinde daha fazla önem kazanmaktadır. Ülkelerin lojistik sektöründe etkinlik ölçümü yapmaları, bu sektördeki düzeylerini ölçebilmeleri ve gerekli iyileştirmeleri yapabilmeleri için yol haritası sunmaktadır. Bu çalışmada ülkelerin rekabet avantajı sağlamalarında etkin rol oynayan lojistik sektörünün ülkeler bazında performansları veri zarflama analizi kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada, seçilen 15 ülkenin 2016 yılına ait gümrük prosedürleri, altyapıları ve enerji kullanımları girdi olarak ele alınır; CO₂ Emisyonu, Lojistik Hizmet Kalitesi ve İş gücü oranı çıktı olarak ele alınmıştır. Çalışmanın sonucuna göre 'etkin' ve 'etkinsiz' ülkeler belirlenmiş, 'etkinsiz' ülkeler için potansiyel iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Lojistik performans, veri zarflama analizi, BCC model, CCR model.*

Research Article

**MEASUREMENT OF LOGISTICS PERFORMANCE OF COUNTRIES WITH DATA
ENVELOPMENT ANALYSIS**

Abstract

Logistic sector is gaining more importance in GDP every year. It provides a road map for countries to measure efficiency in the logistics sector to measure their level in this sector and make necessary improvements. In this study, the performance of the logistics sector which plays an effective role in ensuring competitive advantage of countries is calculated by using Data Envelopment Analysis (DEA). In the study, custom's procedures, infrastructures and energy consumption of 15 selected countries were considered as input. CO₂ Emission, Logistics Service Quality and Labor Force Ratio are considered as output. According to the results of the study, effective and inefficient countries are identified and some potential improvements have been suggested for inefficient countries.

Keywords: *Logistic performance, data envelopment analysis, model BCC, model CCR.*

* Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "Şans Kısıtlı Veri Zarflama Analizi İle Ülkelerin Lojistik Etkinlik Ölçümü" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Received / Geliş tarihi: 14.05.2019

Accepted / Kabul tarihi: 23.05.2019

Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

yyildirimerve@gmail.com

1.GİRİŞ

Lojistik kavramı hem makro hem de mikro bakış açısıyla kilit rol oynamaktadır. Mikro bakış açısıyla kaliteli hizmeti ile müşteri memnuniyeti sağlamaktadır. Lojistik hizmetin, lojistik performansın çok iyi olması da makro bakış açısıyla bir ülkenin ekonomik kalkınmasını yönlendirebilmektedir.

Dünya ticaretindeki gelişmeler lojistik sektörüne büyük oranda etki etmektedir. Çoğunlukla bütün sektörlerle entegre çalışan lojistik sektörü, uluslararası rekabet avantajı sağlamakta önemli iş alanlarından biridir. (Kara vd.,2009)

Lojistik sektörü ticaretten beslenmektedir. Küreselleşmenin sonucu ortadan kalkan sınırlar taşımacılık sektöründe mesafeleri uzatmış ve zamanında teslimatı zorlaştırmıştır. Bu zorluklar lojistik sektörünün önemini hem ülkeler hem de işletmeler açısından arttırmıştır. Ülkeler altyapı, gümrük prosedürleri vb. çalışmalarla katkı sağlarken işletmeler etkili lojistik ağları oluşturmaya çalışmaktadır. Sektörün hızla büyümesi, taşımacılık sektöründeki iş gücünün, toplam iş gücüne oranını arttırmıştır. Avrupa'da Rotterdam Limanı lojistik faaliyetleriyle tek başına GSYİH'nın %10'nuna denk gelen katma değer oluşturmakta ve Hollanda işgücünün %4'ünü karşılamaktadır. Lojistik sektörü Avrupa'da %7-9, Amerika'da %15 ve Asya'da %20 'lik büyüme oranıyla en hızlı büyüyen sektörler arasındadır. (İş Sağlığı ve Güvenliği, Şubat 2014-Dünya Ekonomisinde Lojistiğin Yeri ve Önemi)

Literatürde verimlilik ile ilgili en çok kullanılan yöntem veri zarflama analizidir. Çalışma literatür araştırmasıyla başlamıştır. Metodoloji kısmında uygulamada kullanılan veri zarflama analizi ve modelleri anlatılmıştır. Uygula kısmında, uygulanan modelin içeriğinden bahsedilerek bulgular kısmında program sonuç ve yorumları yer almıştır. Genel olarak çalışmada 15 ülkenin lojistik performansları, gümrük prosedürleri, altyapıları ve enerji kullanımları girdi olarak, lojistik hizmet kalitesi, karbon emisyonu ve iş gücü oranı çıktı olarak ele alınmıştır ve veri zarflama analizi ile çözülmüştür. Çalışma sonucunda etkinsiz ülkeler için performans iyileştirme yapılmıştır.

2.LİTERATÜR TARAMASI

Atmaca, E. ve diğ.,2012 çalışmasında Ankara ilinde bulunan 21 özel hastanenin 2011 yılı verilerini kullanarak Veri Zarflama Analizi ile etkinlik ölçümü yapmıştır. Çalışmasında 6 adet girdi ve 7 adet çıktı kullanmıştır. VZA çözümünde EMS Version 1.3 paket programı kullanmıştır.

Aydemir, M.,2015 çalışmasında birden fazla girdi ve çıktı ile etkinlik ölçmeye olanak sağlayan veri zarflama analizinin deterministik ve bulanık modellerini Türkiye Büyükşehir Belediyelerinin mali etkinliğini ölçmek için kullanmıştır. Çalışmada 3 girdi,2çıkıtı değişkeni 2013 verileri kullanılarak kalsik veri zarflamanın CRS veVRS varsayımı altında, bulanık veri zarflama da ise (0.25,0.50,0.75) α -kesim kümelerinde

ölçümler yapılmıştır. Buna göre CRS varsayımı altında 8 belediye, VRS varsayımı 11, bulanık veri zarflama analizi ile de 11 belediye etkin bulunmuştur.

Bayazid, Y. ve diğ., 2019, çalışmasında Bangladeş'teki Taşkın ve Sukültürü Kurulu (FPA)'nın verimliliğini ölçmektedir. Çalışmada 4 girdi ve bir çıktı kullanılmıştır. Beş bölgeden 15 FBA seçilerek verimlilik analizi yapılmıştır. Sonuçlara göre 15 FBA'dan 11 tanesi teknik olarak verimli çıkmıştır.

Erkan B., 2014 çalışmasında Küresel Rekabet Gücü Endeksi ve alt bileşenlerinin Lojistik Performans Endeksine etkisini regresyon analizi ile tespit etmiştir. Çalışmasında 133 ülkeye özellikle Türkiye'ye ilişkin verilerle rekabet gücünün lojistik performansa etkisini incelemiştir.

Kıran, B., 2008 çalışmasında 1995-2000 yılları arasındaki dönemde Kalkınmada Öncelikli Yörelere kapsamında bulunan illerin ekonomik etkinliğini incelemiştir. Etkinlik ölçümünde Veri Zarflama Analizini kullanmıştır. Analizde ise girdi olarak GSYİH, teşviklerle yaratılan istihdam, açılan iş yeri sayısını ve çıktı olarak ise dış ticaret dengesini kullanmıştır. Analizini DEA Solver Pro 4.1 paket programlama ile yapmıştır.

Kurşun, S., 2016 çalışmasında bankacılık sektöründe yaşanan rekabetin, bankaların kaynaklarını etkin bir şekilde kullanması gerektiğini savunarak Türkiye'de faaliyet gösteren bir katılım bankasının 135 şubesinin etkinliklerini Veri Zarflama Analizi BCC-CCR yöntemi kullanarak ölçmüştür. Elde ettiği bulgular sonucunda verimliliği düşük şubelerde iyileştirmeler yapmıştır.

Liu W. ve Wang y., 2018, çalışmasında verimlilik ölçümü yaparken referans karar birimlerini, en iyi ve en kötü karar birimlerini kullandığı iki aşamalı bir veri zarflama modeli önermiştir. En iyi ve en kötü karar birimlerini karşılaştırarak elde ettiği verimliliği 'normalize verimlilik' ve karar birimleri arasında sıralama yapmak için 'aralık verimliliği' olarak önermiştir. Çalışmasında iki örnek sunmuştur.

Motroi, A., 2018 çalışmasında ısıcam üretimi yapan bir firmanın 2014 yılı verilerini kullanarak, imalat işletmesi üzerinde veri zarflama analizi ile verimlilik ölçümü yapmıştır. Çalışmasında personel sayısı, makinenin enerji üretimi ve teknik üretim olmak üzere 3 adet girdi, ısıcam üretimi olmak üzere 1 adet çıktı kullanmıştır. Verimlilik analizini aylara göre yapmıştır ve sonuç olarak gözlem altındaki firma için en verimli ayları Şubat ve Ağustos ayları olarak bulmuştur.

Önsoy, E., 2013 çalışmasında Veri Zarflama Analizini belirlediği 5 kargo şirketinin performanslarını değerlendirmek için kullanmıştır. Analizi Frontier Analyst programı ile yapmıştır. Girdi olarak personel, şube ve araç sayısını çıktı olarak ise müşteri sayısını kullanmıştır.

Özbek A. Ve Demirkol İ., 2018 çalışmasında Fortune 500 listesinde yer alan 8 lojistik firmasının 2016 yılındaki ekonomik performansını 8 ölçüte göre değerlendirmiştir.

Kullanılan ölçütler: Net Satış, Net Satış Değişimi, Faiz Vergi Öncesi Kar, FVÖK Değişimi, Aktif Toplam, Öz kaynak, İhracat ve Çalışan sayısıdır. Bu ölçütler Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden, Step-Wise Weight Assesment Ratio Analysis (SWARA) ve Gri İlişkisel Analiz (GIA) yöntemlerinde kullanılarak performans ölçümü yapılmıştır.

Özden, Ü.,2008 çalışmasında Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin görece toplam, teknik ve ölçek etkinliklerini Veri Zarflama Analizi ile hesaplamıştır. Toplam etkinliklerini CCR modeliyle, teknik etkinliklerini BCC modelleri ile hesaplamıştır. Hesaplamalar sonucunda etkin olmayan üniversitelerin etkin olması için gerçekleştirmeleri gereken hedef değerleri ve potansiyel iyileştirme oranlarını hesaplamıştır.

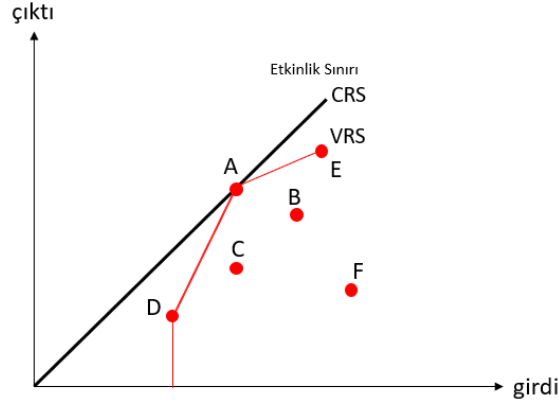
Tekin, M. ve diğ.,2005, çalışmasında Konya ilinde lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin bilişim teknolojileri kullanım düzeylerini incelemiştir ve bilişim teknolojilerinin işletme performansına etkisini araştırmıştır.

Yapraklı, T. ve Ünalın, M.,2017, çalışmasında Dünya Bankası tarafından yayınlanan Lojistik Performans Endeksi (LPI) 2007,2010,2012,2014,2016 yılları verileri ele alınarak Türkiye'nin lojistik sektöründeki yerinin küresel boyuttaki durumu incelenmiştir.

3.METODOLOJİ: VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri Zarflama Analizi; girdinin sonuca dönüşmesinde sorumlu birimlerin (karar verme birimi) doğrudan bir sınıra bağlı olarak deterministik yapıdaki çoklu girdi ve çıktı setleri ile etkinliğini veya etkisizliğini ölçen, temelde doğrusal (lineer) programlama modellenmiş yöntemdir. Farrell'in (1957) 'Üretken Verimlilik Ölçümü (The Measurement of Productive Efficiency)' isimli çalışmasından esinlenilerek Charnes-Cooper- Rhodes (1978-1981) tarafından geliştirilmiştir. Çok sayıda girdi ve çıktı setleri Charnes ve arkadaşları tarafından VZA'ya dahil edilmiştir ve toplam faktör verimliliği göz önünde bulundurulmuştur (Sahin vd.,2016).

VZA, homojen yapıdaki karar verme birimlerinin karşılaştırmalı etkinliğini ölçmektedir. (Örnek olarak; bir bankanın şubeleri, okullar, hastaneler, il bazında verimlilik ölçümü, ülke bazında verimlilik ölçümü vb.) Bu yöntem, her bir karar verme birimini kuşatarak (zaflayarak) tüm gözlemin üzerinden geçen doğrusal yüzeyin elde edilmesine dayanmaktadır. Ve etkinlik skoru bu yüzeye göre belirlenmektedir (Turgutlu, 2006).



Şekil 1. CRS-VRS Etkinlik Sınırı (Aydemir,2015)

Şekilde görüldüğü üzere VZA, sınır yaklaşımına dayalı bir yöntemdir. Belirlenen etkinlik sınırının üzerindeki karar birimi etkin diğerleri etkisiz sayılmaktadır. Etkinlik skoru 0-1 arasında bir değer almaktadır. (Özbek,2007)

Veri Zarflama Analizi'nin diğer geleneksel ekonometrik sınır yöntemlerine (örn:regresyon analizi) göre avantajı, önceden belirlenmiş bir analitik üretim fonksiyonuna ihtiyaç duymamasıdır. VZA, her karar birimini en iyi karar birimi ile kıyaslamaktadır. Veri zarflama analizindeki dezavantaj ise parametrik olmayan bir yöntem olduğu için ölçüme duyarlı bir yapıdadır. Karar birimine ait girdilerin veya çıktılarının büyük/küçük olması etkinlik sınırının bozulmasına ve denetim altındaki karar biriminin aykırı değer almasına neden olabilir. Çünkü veri zarflama analizi tek bir karar birimine ait değil örneklemin tamamını dikkate alarak ölçüm yapmaktadır. (Sarı,2015)

Veri zarflama analizinde göreceli etkinlik ölçümü iki aşamalı bir işlemdir.

1. En az girdiyle en fazla çıktı üreten en iyi performans gösteren karar biriminin belirlenmesi. (Etkinlik sınırında olan/lar)
2. Örneklemdaki diğer karar birimleri için performans endeksi değerini belirlemektir. Bu değerler daha az verimli karar birimlerinin etkinlik sınırına olan uzaklığını temsil etmektedir. (Kılıç, 2011)

Veri zarflama analizin kullanım oranı arttıkça VZA modelleri çeşitlenmiştir. VZA modellerine (Aydemir,2015) çalışmasında aşağıdaki gibi değinmiştir.

1.CCR MODELİ (Charnes-Cooper-Rhodes): Veri zarflama analizinde geliştirilen ilk modeldir. CRS varsayımı (ölçeğe göre sabit getiri) altında toplam etkinliği

ölçmektedir. Daha sonra geliştirilen modellerin temeli CCR Modeli'dir. Girdi ve çıktı odaklı olmak üzere iki yaklaşımı vardır.

a. Girdi Odaklı CCR Modeli: Sabit çıktı seviyesini en etkin şekilde elde edecek girdi bileşeninin, ne kadar azaltılması gerektiği sonucunu yani en az girdiyle maksimum çıktı üretmeye çalışmaktadır.

n = Karar birimi sayısı

s = Çıktı Sayısı

m = Girdi Sayısı

u_r = k . Karar birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık

v_i = k . Karar birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık

x_{ij} = j . Karar birimi tarafından kullanılan girdi miktarı

y_{rj} = j . Karar birimi tarafından üretilen çıktı miktarı

x_{ik} = k . Karar birimi tarafından kullanılan i . girdi miktarı

y_{rk} = k . Karar birimi tarafından kullanılan i . girdi miktarı, olmak üzere;

Girdiye Yönelik Primal Model	Girdiye Yönelik Dual Model
Amaç Fonksiyonu $\text{maks} \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}$	Amaç Fonksiyonu $\text{min } z_k = \theta$
Kısıtlar $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, m$	Kısıtlar $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{ik} - \theta x_{ik} \leq 0 \quad i = 1, \dots, m$
$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$	$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{rk} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$
$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$	$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, s$

Şekil:2 CCR Girdiye Yönelik Primal ve Dual Model Formülasyonları

θ^* = Etkinlik Skoru olmak üzere;

$\theta^* = 1$ ise ve artıklar sıfır ise karar birimi etkin

$\theta^* < 1$ ise karar birimi etkin değildir.

b. Çıktı Odaklı CCR Modeli: Sabit girdi seviyesinde elde edilebilecek en fazla çıktıyı elde etmeye odaklanmaktadır. Yani girdi düzeyi değişmeden çıktı bileşenini ne kadar artırılması gerektiğini araştırmaktadır.

Çıktı Odaklı Primal Model	Çıktı Odaklı Dual Model
<p>Amaç Fonksiyonu</p> $\min \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$	<p>Amaç Fonksiyonu</p> $\text{maks } z_k = \theta$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{jk} \leq x_{ik} \quad i = 1, \dots, m$ $\theta y_{rk} \leq \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_{jk} \quad r = 1, \dots, s$ $\lambda_{jk} \geq 0 \quad j = 1, \dots, s$
Şekil:3 CCR Çıktıya Yönelik Primal ve Dual Model Formülasyonları	

θ^* =Etkinlik Skoru olmak üzere;

$\theta^* = 1$ ise ve artıklar sıfır ise karar birimi etkin

$\theta^* > 1$ karar birimi etkin değildir. (Kıran,2008)

2.BCC MODELİ (Banker-Charnes- Rhodes)

1984 yılında Banker-Charnes-Rhodes tarafından geliştirilmiştir. VRS (ölçeğe göre değişken getiri) varsayımı altında benzer ölçekteki birimleri birbiriyle kıyaslayarak teknik etkinliği ölçmektedir. BCC modelini, CCR'dan ayıran özellik zarflama formunda $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \forall j \text{ için } \lambda_j \geq 0$ konvekslik kısıtının bulunmasıdır. (Kurşun,2016)

a. Girdi Odaklı BCC Modeli

Girdi odaklı BCC modeli, ölçeğe göre değişen getiri varsayımı altında girdileri minimize etmeye çalışmaktadır. Bu doğrultuda primal ve dual model formülasyonları Şekil 4'teki gibidir.

Girdi Odaklı Primal Model	Girdi Odaklı Dual Model
<p>Amaç Fonksiyonu</p> $\text{maks} \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$	<p>Amaç Fonksiyonu</p> $\text{maks} \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} - u_k$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m x_{ij} v_i - u_k$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$ $\lambda_{jk} \geq 0 \quad j = 1, \dots, s$ $i = 1, \dots, m \quad r = 1, \dots, s$
<p>Şekil:4 BCC Girdiye Yönelik Primal ve Dual Model Formülasyonları</p>	

θ^* = Etkinlik Skoru olmak üzere;

$\theta^* = 1$ ise ve artıklar sıfırsa karar birimi etkin

$\theta^* < 1$ ise karar birimi etkin değildir.

b. Çıktı Odaklı BCC Modeli

Çıktı odaklı BCC modelinde, CCR modelinde olduğu gibi maksimum çıktı üretmeyi hedeflemektedir.

Çıktı Odaklı Primal Model	Çıktı Odaklı Dual Model
<p>Amaç Fonksiyonu $\text{maks}\theta$</p> <p>Kısıtlar</p> $\sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_i - x_{ik} \leq 0 \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_i y_{rj} - \theta y_{rk} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $\sum_{j=1}^n \lambda_i = 1$ $\lambda_i \geq 0$	<p>Amaç Fonksiyonu</p> $\min \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - v_k$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m x_{ij} v_i - v_k$ $\sum_{i=1}^m u_r y_{rk} = 1$ $u_r, v_i \geq \varepsilon \quad j = 1, \dots, s$ $i = 1, \dots, m \quad r = 1, \dots, s$
Şekil:5 BCC Çıktıya Yönelik Primal ve Dual Model Formülasyonları	

θ^* = Etkinlik Skoru olmak üzere;

$\theta^* = 1$ ise ve artıklar sıfır ise karar birimi etkin

$\theta^* > 1$ ise karar birimi etkin değildir.

3.TOPLAMSAL MODEL:

1985 yılında Charnes ve arkadaşları tarafından geliştirilen VZA modelidir. Diğer veri zarflama analizi modelleri (CCR, BCC) girdi ve çıktıya yönelik ayrı ayrı değerlendirme yapmaktadır. Toplamsal model ise iki tür yönelimi beraber kullanmaktadır. Toplamsal modelin çeşitli versiyonları bulunmaktadır. Ancak temel olanı doğrusal programlama tabanlıdır. (Kıran,2008)

4.UYGULAMA

Çalışmanın uygulama kısmında Dünya Bankası tarafından iki yılda bir yayınlanan Lojistik Performans Endeksi'nden (Logistic Performance Index (LPI)) belirlenen 15 ülkenin lojistik performanslarına dayalı etkinlik analizi, Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. LPI'de kullanılan girdiler Gümrük, Altyapı, Lojistik Hizmet Kalitesi ve çıktılar Zamanlama, Uluslararası Sevkiyatlar ve Takip-İzleme şeklindedir. Endeks, lojistik firmalarında çalışan üst düzey yöneticilerden, kendilerine yönlendirilen sorulara 1-5 arasında değer verilmesi istenilerek daha sonra

da cevapların ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmıştır. (Yapraklı ve Ünal,2017) Çalışmanın uygulama kısmında Lojistik Performans Endeksi'nden de yararlanarak çeşitli girdi ve çıktılarla belirlenen 15 ülkenin etkinlik analizi yapılmıştır.

Metodoloji doğrultusunda uygulanması gereken adımlar aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

1.Karar Birimlerinin Belirlenmesi: Veri Zarflama Analizinde karar verme birimleri, amaca uygun olarak aynı girdi ve çıktıları kullanan homojen yapıdaki birimler olmalıdır. Aynı zamanda kullanılacak karar birimi sayısı, girdi sayısı m , çıktı sayısı n olmak üzere, KVB sayısı en az $(m+n+1)$ olmalıdır. (Motro,2018) Çalışmanın karar birimleri LPI'de bulunan 160 ülke içinden seçilen 15 ülkeyi kapsamaktadır.

2.Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Sonuçların güvenli ve anlamlı olması için VZA uygulamasında kullanılacak girdi ve çıktılar dikkatli seçilmelidir. Bu nedenle çalışmanın uygulama kısmında kullanılan girdi ve çıktılar literatür araştırmaları sonucu oluşturulmuştur.

Kullanılan Girdi Değişkenleri: 1.Gümrük Prosedürleri, 2.Altıyapı: Ülkelerin Demiryolu,Karayolu ve Denizyolu toplam kapasitelerinin oranlanmasıyla bulunmuştur.3. Enerji Kullanımı: Uluslararası Enerji Raporu'na göre ülkelerin taşımacılık sektöründe kullandıkları enerji toplamını ifade etmektedir.

Kullanılan Çıktı Değişkenleri: CO_2 Emisyonu: Ülkelerin taşımacılıkta ortaya çıkan karbon emisyon miktarını içermektedir. OECD verileri kullanılmıştır.Uygulama kısmında Kyoto Protokülü'ne göre ülkelerin hedef karbon emisyon miktarları hesaplanarak uygulanmıştır. İkinci çıktı İşgücü Oluşturma Oranı ve Lojistik Hizmet Kalitesi'dir.

3.Verilerin Toplanması

Veri Zarflama Analizinde etkinlikler görece hesaplandıkları için kullanılacak verilerin güvenilirliği analizin doğruluğu açısından önemlidir. Çalışmamızda veriler Dünya Bankası LPI, OECD Karbon Emisyonları Verileri, Uluslararası Enerji Raporu, (Rashidi ve Cullinane,2019) adlı çalışmadan, OECD Ulaştırma İstatistikleri gibi çeşitli uluslararası raporlardan ve akademik yayınlardan elde edilmiştir.

4.Modelin Kurulması

BCC-CCR modelleri Gams paket programında çözümlenmiştir.

CCR model örnek matematiksel formülasyon;

Amaç Fonksiyonu: $\min \theta$

Girdi Kısıtları: Her bir girdi için aşağıdaki örnek tekrarlanır.

Birinci karar birimi birinci girdi için;

$$(3.18*\lambda_1) + (3.83*\lambda_2) + (3.95*\lambda_3) + (3.82*\lambda_4) + (3.71*\lambda_5) + (4.12*\lambda_6) + (2.85*\lambda_7) \\ + (3.45*\lambda_8) + (3.85*\lambda_9) + (4.12*\lambda_{10}) + (3.02*\lambda_{11}) + (3.48*\lambda_{12}) + (3.54*\lambda_{13}) \\ + (3.98*\lambda_{14}) + (2.01*\lambda_{15}) \leq \theta*3.18$$

Çıktı Kısıtları: Her bir çıktı için aşağıdaki örnek tekrarlanır.

Birinci karar birimi ikinci çıktı için;

$$((3.31*\lambda_1) + (4.07*\lambda_2) + (3.90*\lambda_3) + (4.01*\lambda_4) + (3.82*\lambda_5) + (4.28*\lambda_6) + (2.91*\lambda_7) \\ + (3.77*\lambda_8) + (3.99*\lambda_9) + (4.12*\lambda_{10}) + (3.35*\lambda_{11}) + (3.73*\lambda_{12}) + (3.87*\lambda_{13}) + \\ (4.05*\lambda_{14}) + (2.76*\lambda_{15})) \geq 3.31$$

5.Etkinlik Sıralaması

Gams paket programın sonuçlarına göre ülkeler arasında etkinlik sıralaması yapılmıştır. Sonuç bire eşitse etkin, birden küçükse etkisiz gruba dahil edilmiştir.

6.Performans İyileştirme

Etkin olmayan karar birimlerinin etkin sınıra ulaşabilmeleri için girdilerini ne oranda azaltmaları gerektiğinin hesaplanmasıdır. Referans setinin yoğunluk değeri tüm girdi ve çıktı değerleri ile çarpıldığında hedef değerler elde edilmektedir.

$$\frac{\text{Hedef Değer} - \text{Gerçekleşen Değer}}{\text{Gerçekleşen Değer}} = \text{Potansiyel İyileştirme Katsayısı} \quad (1)$$

Etkin referans setlerinin belirlenmesinde destek sağlayan dual model;

<p>Amaç Fonksiyonu</p> $\min \theta$ <p>Kısıtlar</p> $\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - \theta x_{io} \leq 0 \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{ro} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, s$	<p>Bu modelde λ dual değişkeni etkin referans setlerini belirlemede kullanılmaktadır. Denetim altındaki karar biriminin primal modelinde pozitif değer verilen karar birimleri etkindir. Etkin karar birimlerinin oluşturduğu sete 'Referans Seti' denilmektedir. Genelde denetim altındaki kvb verimli ise o zaman referans setindeki tek karar birimi kendisi olacaktır ve dual değişken $\lambda_j = 1.0$ olacaktır. (Özden,2008)</p>
<p>Şekil 6: Referans Setinin Belirlenmesinde Destek Sağlayan Dual Model</p>	

5.BULGULAR

Çalışmada kullanılan girdi ve çıktı verileri Tablo1 'de verilmiştir.

Tablo 1: Kullanılan Girdi ve Çıktı Verileri

ÜLKELER	GİRDİLER			ÇIKTILAR		
	GÜMRÜK	ALTYAPI	ENERJİ KULLANIMI	CO2 EMİSYONU	LHK	İŞ GÜCÜ ORANI
Türkiye	3,18	274,163	33103	4092,06	3,31	0,0308
Belçika	3,83	37,176	11345	1979,255	4,07	0,0398
Kanada	3,95	407,879	76389	10460,23	3,90	0,0393
Danimarka	3,82	18,53	5200	1059,917	4,01	0,0261
Fransa	3,71	183,628	54786	10731,4	3,82	0,0382
Almanya	4,12	158,452	71059	35031,05	4,28	0,0402
Yunanistan	2,85	15,988	7378	1395,082	2,91	0,0202
İtalya	3,45	103,06	44769	6792,857	3,77	0,0354
Japonya	3,85	173,748	89460	12527,78	3,99	0,0572
Hollanda	4,12	122,456	13011	1830,524	4,12	0,0388
Macaristan	3,02	54,12	5406	748,8	3,35	0,0388
İspanya	3,48	223,554	38286	12919,61	3,73	0,0281
Avustralya	3,54	219,083	41150	7797,009	3,87	0,0409
Birleşik Krallık	3,98	17,053	51271	14935,54	4,05	0,0266
Rusya	2,01	2680,475	117866	12806,32	2,76	0,0155

Çalışmada 15 ülkenin CCR-BCC modelleriyle etkinlik çözümü yapılmıştır. Uygulama sonucunda CCR modelinde girdi yönelimli ve çıktı yönelimli olarak yapılan analizin sonucunda 15 ülkeden 6 tanesi etkin çıkmıştır. Girdi yönelimli model ele alındığında, bu ülkeler içerisinde Kanada 0,87'lik verimlilik puanı ile gözlem altındaki ülkeler içinde en düşük skoru elde etmiştir. Kanada'yı; 0,89 puanla Hollanda, 0,922 puanla Fransa, 0,927 puanla Türkiye ve 0,933 puanla Almanya takip etmiştir. İspanya 0,95, Avustralya 0,97 ve İtalya 0,982 puanla 'etkin' grubunda yer almasa da etkinliğe çok yakın bir skor elde etmişlerdir.

CCR çıktı yönelimli model ele alındığında, etkinlik skoru θ^* olmak üzere $\theta^* > 1$ sağlayan ülkeler 'etkinsiz' olarak nitelendirilmiştir. Bu ülkeler içerisinde 1,141'lik en yüksek puanla Kanada en etkinsiz ülke olmuştur. Kanada'dan sonra sırayla en yüksek puan alarak etkinsiz olan ülkeler; 1,111 puanla Hollanda, 1,08 puanla Fransa, 1,079 puanla Türkiye ve 1,072 puanla Almanya'dır.

CCR modelde kullanılan iki farklı yönelimin sonuçları aynı skorları vermese de aynı sıralamayı vermiştir.

BBC model ele alındığında gözlem altındaki 15 ülkeden ‘11 tanesi etkin’ sonuç vermiştir. Girdi yönelimli modelde 0,907 puanla Kanada en düşük skoru elde ederken, Türkiye 0,927, Fransa 0,942 ve İspanya 0,975 puanla etkinsiz grubunda yer almıştır. Çalışmanın sonuçları ile ilgili detaylı bilgi Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2: CCR-BCC Analiz Sonuçları

ÜLKELER	KVB	CCR MODELİ		BCC MODELİ	
		GİRDİYE YÖNELİK	ÇIKTIYA YÖNELİK	GİRDİYE YÖNELİK	ÇIKTIYA YÖNELİK
Türkiye	K1	0,927	1,079	0,927	1,067
Belçika	K2	1	1	1	1
Kanada	K3	0,876	1,141	0,907	1,056
Danimarka	K4	1	1	1	1
Fransa	K5	0,922	1,08	0,942	1,044
Almanya	K6	0,933	1,072	1	1
Yunanistan	K7	0,97	1,031	1	1
İtalya	K8	0,982	1,017	1	1
Japonya	K9	1	1	1	1
Hollanda	K10	0,89	1,111	1	1
Macaristan	K11	1	1	1	1
İspanya	K12	0,95	1,044	0,975	1,022
Avustralya	K13	0,97	1,023	1	1
Birleşik Krallık	K14	1	1	1	1
Rusya	K15	1	1	1	1

Çalışmanın sonucunda CCR yöntemine göre etkinsiz çıkan ülkeler için potansiyel iyileştirme yapılmıştır. Buna göre hedeflenen değerler bulunarak girdilerinde azaltmaları gereken miktarlar hesaplanmıştır.

Potansiyel İyileştirme Sonuçları

Potansiyel iyileştirme yapılırken, referans karar birimlerinin yoğunluk değeri tüm girdi ve çıktılarla çarpılarak hedef değerler ortaya çıkmaktadır. Daha sonra (1) numaralı formül uygulanarak potansiyel iyileştirme katsayısı bulunur.

Potansiyel iyileştirme katsayısının 100 ile çarpılmasıyla yüzde olarak potansiyel iyileştirme sonuçları çıkmaktadır. Çalışmada yapılacak potansiyel iyileştirme uygulamasında kullanılan referans karar birimleri ve yoğunluk değerleri Tablo3 'te verilmiştir.

Tablo 3: Referans Karar Birimleri ve Yoğunluk

ÜLKELER	Referans Kümesindeki Karar Birimleri	Yoğunluk Değerleri
Türkiye	K11, K15	(0,925), (0,076)
Kanada	K11, K15	(1,072), (0,112)
Fransa	K11, K15	(1,107), (0,041)
Almanya	K11, K15	(1,253), (0,030)
Yunanistan	K2, K4, K11	(0,067), (0,640), (0,022)
İtalya	K11, K15	(1,113), (0,015)
Hollanda	K11, K15	(1,216), (0,017)
İspanya	K11, K15	(1,065), (0,058)
Avustralya	K11, K15	(1,108), (0,058)

Potansiyel iyileştirme sonuçlarına göre 'etkinsiz' ülkelerden olan Türkiye'nin 'etkin' olabilmesi için Gümrük Prosedürlerinde %7,23, Altyapı çalışmalarında %7,43 ve Enerji kullanımında yaklaşık %58'lik bir azaltma yapması gerekmektedir. Diğer ülkelerin girdilerinde azaltması gereken miktarlar, Gümrük: Tablo 4, Altyapı Tablo 5 ve Enerji Kullanımı Tablo 6 'da verilmiştir.

Tablo 4: Etkinsiz Ülkelerin Gümrük Prosedürlerinde Azaltması Gereken Miktarlar

ÜLKELER	GUMRUK			
	Gerçekleşen	Hedef	Fark	PI(%)
Türkiye	3,18	2,95	-0,23	-7,2327
Kanada	3,95	3,46	-0,49	-12,4051
Fransa	3,71	3,43	-0,28	-7,54717
Almanya	4,12	3,84	-0,28	-6,79612
Yunanistan	2,85	2,77	-0,08	-2,80702
İtalya	3,45	3,39	-0,06	-1,73913
Hollanda	4,12	3,70	-0,42	-10,1942
İspanya	3,48	3,33	-0,15	-4,31034
Avustralya	3,54	3,46	-0,08	-2,25989

Tablo 5: Etkinsiz Ülkelerin Altyapı Çalışmalarında Azaltması Gereken Miktarlar

ÜLKELER	ALTYAPI			
	Gerçekleşen	Hedef	Fark	PI(%)
Türkiye	274,163	253,78	-20,383	-7,43463
Kanada	407,879	358,23	-49,649	-12,1725
Fransa	183,628	169,81	-13,818	-7,525
Almanya	158,452	148,23	-10,222	-6,45117
Yunanistan	15,988	15,54	-0,448	-2,8021
İtalya	103,06	100,44	-2,62	-2,54221
Hollanda	122,456	111,378	-11,078	-9,04651
İspanya	223,554	213,11	-10,444	-4,6718
Avustralya	219,083	215,43	-3,653	-1,6674

Tablo 6: Etkinsiz Ülkelerin Enerji Kullanımında Azaltması Gereken Miktarlar

ÜLKELER	ENERJİ KULLANIMI			
	Gerçekleşen	Hedef	Fark	PI(%)
Türkiye	33103	13968,38	-19134	-57,8026
Kanada	76389	18996,25	-57393	-75,1321
Fransa	54786	10816,96	-43969	-80,2561
Almanya	71059	10309,71	-60749	-85,4913
Yunanistan	7378	4207,05	-3170	-42,9746
İtalya	44769	7784,87	-36984	-82,6109
Hollanda	13011	8577,42	-4434	-34,0769
İspanya	38286	12593,63	-25693	-67,1067
Avustralya	41150	12826,09	-28324	-68,8309

6.SONUÇ

Küreselleşmenin etkisiyle ülkeler arasındaki sınırlar ortadan kalkmaktadır. İşletmelerin yanında ülkelerin de rekabet avantajı sağlayabilmeleri için kalite, maliyet ve yenilikçi yaklaşımlara önem vermeleri gerekmektedir. Bugün Dünya’da lojistik sektörü ve lojistik sektöründeki iş gücü yukarı yönlü hızlı bir ivme göstermektedir. Temelde doğru ürünün, doğru yere, zamanında ve hatasız teslimini ifade eden lojistik sektörü ülkeler için çeşitli girdiler içermektedir. Çeşitli literatür araştırmaları ve Dünya Bankası’nın ülkelerin lojistik performanslarını ölçmek için kullandığı girdiler baz alınarak bu çalışma yapılmıştır.

Çalışmada ilk olarak yerli-yabancı literatür araştırması yapılmıştır. Daha sonra veri güvenliği için resmi raporlardan veriler toplanarak metodoloji uygulanmıştır. Uygulama sonucunda etkinsiz çıkan ülkeler için CCR-Girdi Odaklı model sonuçlarına göre Potansiyel İyileştirme yapılmıştır. Potansiyel İyileştirme ile beraber etkinsiz ülkelerin girdilerinde azaltmaları gereken miktarlar hesaplanmıştır. Çalışmada girdi odaklı veri zarflama analizi (CCR) uygulandığında 15 ülkeden 6 ülkenin etkin, kalan 9 ülkenin ise etkinsiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır. BCC modelinin uygulanmasıyla etkin ülke sayısının 11 ülkeye çıktığı gözlenmiştir.

7.KAYNAKLAR

Aydemir, M.,(2015),”Veri Zarflama Analizi İle Türkiye’deki Büyükşehir Belediyelerinin Mali Etkinliğinin Ölçülmesi”,Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı İstatistik Bilim Dalı,Yüksek Lisans Tezi.

Kılıç, M.,(2011),”Croos-Border Bank Acquisitions and Banking Sector Performance: An Empirical Study of Turkish Banking Sector”,Procedia Social and BehavioralSciences, 24,946-959.

Kurşun, S.,(2016) Veri Zarflama Analizi İle Performans Değerlendirme: Katılım Bankacılığı Sektöründe Bir Uygulama, İstanbul Ticaret Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

Motroi, A.,(2018),”İmalat İşletmelerinde Veri Zarflama Analizi ile Verimlilik Ölçümü”, Bankacılık ve Finansal Araştırmalar Dergisi,5,1.

Özbek, S., (2007),”Sigorta Şirketlerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile İncelenmesi”, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı İstatistik Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

Özden, Ü.,(2008),”Veri Zarflama Analizi ile Türkiye’deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi,37,167-185.

Rashidi,K., Ve Cullinane,K., (2019),”Evaluating the sustainability of national logistics performance use Data Envelopment Analysis”, Transport Policy,74,35-46.

Sahin, G., Gökdemir, L., Öztürk, D., (2016),”Global Crisis and Its Effect on Turkish Banking Sector: A Study with Data Envelopment Analysis”, Procedia Economics and Finance,38,38-48.

Sarı, Z.,(2015),Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama, Hacettepe Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

Turgutlu, E.,(2006),Tam Bilgi ve Belirsizlik Altında Etkinlik Analizi: Türk Sigortacılık Endüstrisi Örneği, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Doktora Tezi.

Yapraklı, T. Ve Ünalın, M., (2017),“Küresel Lojistik Performans Endeksi ve Türkiye'nin Lojistik Performansının Analizi”, Atatürk Üniversitesi İBB Dergisi,31,3.

Araştırma Makalesi

ÇELİK TABLİYELİ KÖPRÜ ÜSTÜ FARKLI KARIŞIM TİPLERİNİN PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ*

Çağlar EREN¹

Halit ÖZEN²

Mustafa ILICALI³

¹Istanbul Ticaret Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi
Anabilim Dalı, Küçükalyalı, İstanbul, Türkiye, caglarxeren@gmail.com, orcid.org/0000-0003-4429-391X

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa, İstanbul,
Türkiye, ozen@yildiz.edu.tr, orcid.org/0000-0003-4031-7283

³Istanbul Ticaret Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümü, Sütluce,
İstanbul, Türkiye, milicali@ticaret.edu.tr, orcid.org/0000-0001-6453-7753

Öz

Ülkemiz dalgalı ve dağlık topografik bir yapıya sahip olmasından dolayı; vadi kesimlerinde iki yükselti arası ve su geçişlerinde ulaşımın sağlanması için viyadük ve köprüler gibi yapılar önemli role sahiptir. Karayolu projelerinde amaç; yüksek maliyetli sanat yapılarının özellikle çelik köprülerin hizmet ömrünün verimli olması, kaplama tabakasında oluşacak kalıcı ve elastik deformasyonlara karşı en uygun kaplama tipinin seçilmesi ile sürüş kalitesinin ve trafik güvenliğinin en üst seviyede tutulmasıdır.

Çelik köprülerde, trafik yüklerinin aşındırıcı etkileri ve tabliyedeki korozyona karşı korumak üzere genellikle mastik asfalt (harç) tipi kaplama tabakası kullanılmaktadır. Bu çalışmada; çelik köprülerde kullanılan üstyapı tiplerinin performanslarının değerlendirilmesi amacıyla; mastik asfalt kaplamalı, mastik asfalt üzeri taş mastik asfalt kaplamalı ve mastik asfalt üzeri modifiye bitümlü aşınma tabakası kaplamalı 3 farklı üstyapı tipinin performansları ölçülmüştür. Çelik tabliyeli köprü üstyapılarında kullanılan karışımlar, taş mastik ve modifiye aşınma tipi karışımlar için Marshall yöntemi ve mastik asfalt için ise ZTV Asphalt StB 07 yöntemi ile hazırlanmış ve karışımlara tekerlek izinde oturma ve yorulma deneyleri yapılarak performansları karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Köprü kaplamaları, mastik asfalt, taş mastik asfalt, tekerlek izi, yorulma.

Research Article

EVALUATION OF DIFFERENT TYPE OF PAVEMENT PERFORMANCE FOR STEEL BRIDGE DECK

Abstract

Our country has a rolling and mountainous terrain as topographically. The construction of viaduct and bridges play a significant role with regards to transportation for the route passing through two ridges and sea passages. The main purpose of road and bridge construction projects are to maximize the life expectancy of these high-cost structures and to ensure that the most suitable materials with high resistance against permanent deformations are chosen to improve quality of riding comfort and safety.

Steel deck bridge, the mastic asphalt (mortar) type coating layer is used to protect the bridge deck against corrosion by both the corrosive effects of the traffic loads and the corrosion. In this study, the design of the mastic asphalt, stone mastic asphalt and modified bituminous asphalt mixture types used as coating layer in steel bridges. This asphalt mixture were prepared by Marshall and ZTV Asphalt methods and the performances of different bituminous binder types were evaluated by using the wheel traction and fatigue tests.

Keywords: Bridge coatings, mastic asphalt, stone mastic asphalt, rutting, fatigue.

* Bu çalışma, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan "Çelik Köprü Üstü Kaplama Tabakası Uygulamaları" başlıklı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Received / Geliş tarihi: 08.05.2019

Accepted / Kabul tarihi: 17.05.2019

Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

caglarxeren@gmail.com

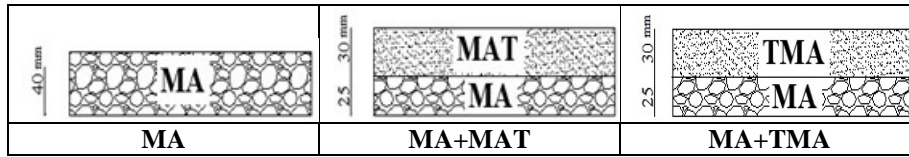
1. GİRİŞ

Ulaşım, günümüzde toplum yaşantısında insanları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen en önemli unsurdur. Bu nedenle ulaştırma hizmetlerinin kamu yararı açısından güvenli, hızlı, konforlu ve ekonomik olması gerekmektedir.

Ulaştırma sistemleri içerisinde karayolu ulaştırması erişilebilirliğinin yüksek olması nedeniyle ulaşım ağının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Özellikle karayolu ulaşım ağından şişe boynu olarak tanımlanan kesimler genellikle, büyük vadi, su ve köprü gibi boğaz geçişlerinde inşa edilmelerinden dolayı, ulaşım ağında trafik tıkanıklıklarının en fazla yaşandığı kesimleri oluşturmaktadır. Bu sebeple, uygun kaplama tipi ile yapılmayan çelik köprü kaplamalarının yapım ve bakım maliyetlerinin yüksek olması yanında, bakım faaliyetleri sırasında meydana gelen kapasite azalmasından dolayı ilave trafik tıkanıklıkları da oluşmaktadır. Trafik tıkanıklıklarından dolayı da zaman kaybı, yakıt tüketimi ve çevresel etkilerde artışlar oluşmaktadır. Bu olumsuzlukların en aza indirilmesi için çelik köprü kaplama tabakası uygulamalarında bakım çalışmalarını minimuma indirgeyen ve hizmet ömrünü arttıran kaplama tabakalarının araştırılması büyük önem taşımaktadır.

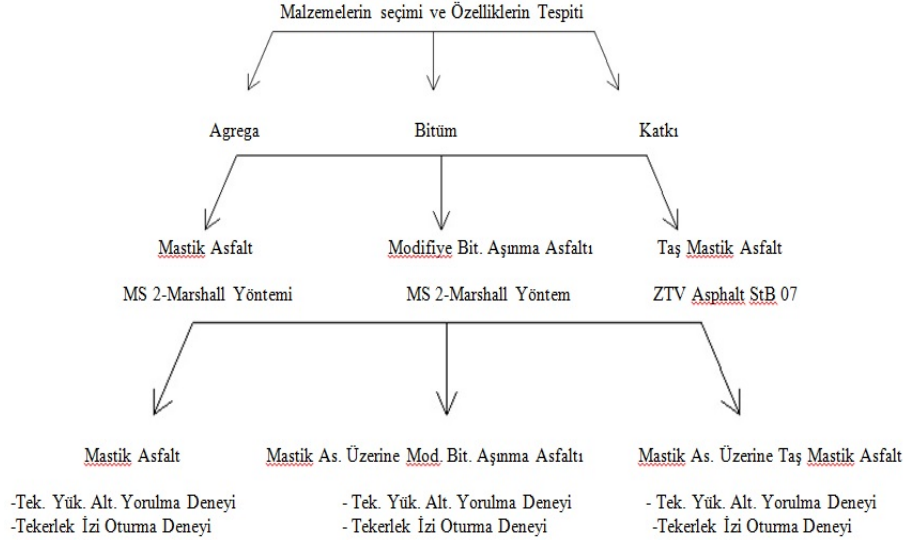
Çelik tabliyeli köprülerde, gerek trafik yüklerinin aşındırıcı etkileri gerekse köprü tabliyesini korozyona karşı korumak üzere genellikle mastik asfalt (MA-harç) tipi kaplama tabakası kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra çelik köprü tabliye üzeri üstyapı tabakası; sadece taş mastik asfalt (TMA), modifiye bağlayıcı aşınma (MAT) gibi farklı tipte karışıma sahip tabakalar ile de inşa edilmektedir.

Bu çalışmada; çelik tabliyeli köprülerde kullanılan üstyapı tiplerinin performanslarının değerlendirilmesi amacıyla Şekil 1’de verilen mastik asfalt kaplamalı (MA), mastik asfalt üzeri modifiye bitümlü aşınma tabakası kaplamalı (MA+MAT) ve mastik asfalt üzeri taş mastik asfalt kaplamalı (MA+TMA) 3 farklı üstyapı tipinin performansları ölçülmüştür.



Şekil 1. Çelik Köprü Tabliyesi BSK Kaplama Çeşitleri

Çalışmada izlenen yönteme ait akış şeması Şekil 2Şekil 2’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, çalışma kapsamında; öncelikli olarak malzeme seçimi, karışım tasarımı ve karışım performanslarının ölçülmesi amacıyla tekerlek izinde oturma ve tekrarlı yükler altında yorulma deneyleri uygulanmıştır.



Şekil 2. Çalışmanın Aşamaları

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çelik köprü tabliyeleri için kaplama saha testlerine ilk olarak 1949 yılında İngiltere’de Yol Araştırma Laboratuvarı tarafından başlanılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda 1½"lik mastik asfaltın ağır şartlarda 5 yıl iyi performans sergilediği tespit edilmiştir. Bu tarihten sonra ortotropik köprüler üzerinde asfalt karışımlarla elde edilen deneyimler 2. Dünya savaşı sonrasında başta Almanya olmak üzere, Hollanda ve Fransa’da geliştirilmiştir (Medani, 2001). Çelik köprü tabliyelerinin ana bileşenlerinden birisi de üstyapı kaplaması olup, iyi tasarlanmış bir üstyapı kaplamasının çelik köprünün hizmet ömrünün uzatılmasında çok önemli bir rolü vardır. (Cheng vd., 2019)

Jacobs (1995), Hollanda devlet yollarında yapmış olduğu deneylerle çelik köprü üzerindeki gerilmelerin normal yollara göre yaklaşık 8 kat daha fazla olduğunu gözlemlemiştir. Bundan dolayı da köprü üstü kaplama tabakası olarak geleneksel asfaltların diğer MA, TMA ve modifiye bağlayıcı kaplamalara nazaran hizmet ömrünün daha kısa olması sebebiyle farklı kaplamaların kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur.

Medani (2001, 2006), yapmış olduğu çalışmalarda geleneksel esnek yol üst yapısı ile çelik köprü kaplamaları arasındaki temel farklılıklardan bahsederek, asfalt malzemesinin çelik köprülerde daha farklı davranış gösterdiği, bunun sonucunda lineer olmayan bir malzeme modelinin gerekliliğinden söz etmektedir.

Pokorski vd. (2015), çalışmasında köprü tabliyelerinde kullanılan bitümlü sıcak asfalt karışımların (BSK) farklı sıcaklıklarda ve frekanslarda sertliklerini laboratuvar deneyleri ile inceleyerek karşılaştırmışlardır. Yüksek sıcaklıklarda karışımların sertliklerinin kaplamanın yorulması için bir avantaj oluşturduğu, ancak düşük sıcaklıklarda ise sertliğin yüksek olmasının dezavantaja dönüştüğünden bahsetmişlerdir. Yüksek oranda kum içerikli MA-SMA tipi karışımların ise asfaltın yapısının köprü tabliyeleri için uygun ürün olduğunu açıklamaktadırlar.

Wang vd. (2019), çelik tabliyeli köprülerin SPS (Sandwich Plate System) ve RPC (Reactive Powder Concrete) ile güçlendirilmesine yönelik bir araştırma yapmışlardır. Araştırma sonucuna göre, RPC ve SPS çözümlerinde sırasıyla boyuna doğrultudaki ortalama gerilmelerde %52 ve % 81'lik bir azalmanın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Ye vd. (2019), çelik köprü tabliyelerinde kullanılan mastik asfaltın düşük sıcaklık performanslarını incelemiş ve bir değerlendirme indeksi geliştirmişlerdir. Mastik içerisindeki doğal göl asfaltı miktarının artmasının düşük sıcaklık performansını azalttığı, ince agregaya gradasyonunun kaba agregaya gradasyonuna göre daha iyi performans gösterdiği sonucuna varmışlardır.

EAPA (2016) tarafından yayınlanan “Köprü Tabliyelerinde Asfalt Kaplamalar Durum Tespit Dokümanın’ da çelik ve beton köprü tabliyelerinde kullanılan bitümlü sıcak karışım tabakalarına yer verilmiş, her iki köprü tipinin de yapısal farklılıklarından bahsedilmiştir. Aynı dokümanda, köprü üzerinde aşınma asfaltı, taş mastik asfalt, mastik asfalt gibi asfalt kaplama tiplerinin bulunduğu bahsedilmektedir.

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ

Çalışma kapsamında malzeme olarak bitüm, agregaya, modifiye bitüm kullanılmış ve bu malzemelere ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir. MA ve TMA karışımlarında kaba agregaya olarak bazalt, ince agregaya olarak ise kalker kullanılmıştır. MAT karışımları ise kalker kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan bazalt ve kalker malzemesi üzerine Karayolları Teknik Şartnamesi (KTS) Aşınma Tip 2 ve TMA kriterleri esas alınarak yapılan deneylerin sonucu ve şartname sınır değerleri Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Agregâ Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Deney Adı	Deney Sonucu		KTŞ 2013 Şartname Limitleri		Deney Yöntemi
	Bazalt	Kalker	TMA	AŞINMA	
Kaba Agregâ Özellikleri					
Parçalanma Direnci (Los Angeles), % Kayıp	15	21	≤ 25	≤ 27	TS EN 1097-2
Hava Tesirlerine Karşı dayanıklılık (MgSO4 ile kayıp), %	1,0	2,0	≤ 14	≤ 16	TS EN 1367-2
Cıalanma Değeri, %	53,4	48	≥ 50	≥ 50	TS EN 1097-8
Yassılık İndeksi, %	13,0	18,0	≤ 20	≤ 20	TS EN 933
Soyulma Mukavemeti, % Bitümle kaplanmış yüzey	80	60	≥ 60	≥ 60	TS EN 12697-11
Kaba Agregalarda Tane Yoğunluğu, (Hacim özgül ağırlığı-kuru), g/cm ³	2,646	2,710	-	-	TS EN 1097-6
Su Emme, % (Absorbsiyon)	0,35	0,43	≤ 2	≤ 2	TS EN 1097-6
Kil Topakları ve Ufalanabilir Daneler, %	-	-	bulunmayacak		ASTM C 142
İnce Agregâ Özellikleri					
İnce Agregalarda Tane Yoğunluğu, (Hacim özgül ağırlığı-kuru), g/cm ³	-	2,699	-	-	TS EN 1097-6
Metilen Mavisi, g/kg (İnce agreganın 0/2 mm kısmına)	-	1,25	≤ 1,5	≤ 1,5	TS EN 933-9
İnce Agregalarda Su Emme, %	-	0,77	≤ 2	≤ 2	TS EN 1097-6
Plastisite İndeksi, %	-	NP	NP	NP	TS EN 1900-1
Filler Tane Yoğunluğu Tayini, g/cm ³	-	2,701	-	-	TS EN 1097-7

Karışımlarda temel bağlayıcı olarak TÜPRAŞ A.Ş. İzmit Rafinerisi'nden temin edilen 50/70 penetrasyonlu bitüm, modifiye edici katkı olarak ise Trinidad ve SBS (KRATON D 0243) kullanılmıştır.

MA karışımında bağlayıcı olarak %50 oranında B 50/70 bitüm ve % 50 oranında TNAC bitüm içeren bağlayıcı, MAT ve TMA karışımlarında % 5 SBS ile modifiye edilmiş bağlayıcı kullanılmıştır. B 50/70 bitüm özellikleri Tablo 2, MA karışımlarında kullanılan bağlayıcı özellikleri Tablo 3, MAT ve TMA karışımlarında kullanılan bağlayıcı özellikleri Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 2. B 50/70 Bitüm Özellikleri

Deney Adı	Birimi	Değeri	KTŞ 2013	Deney Yöntemi
Penetrasyon 25 °C, 100 gr, 5 sn	0,1 mm	60	50-70	TS EN 1426
Yumuşama Noktası	°C	67	≥ 65	TS EN 1427
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	1,014	1,0-1,1	TS EN 15326

Tablo 3. %50 B 50/70 ve % 50 TNAC İçeren Bağlayıcı Özellikleri

Deney Adı	Birimi	Değeri	Deney Yöntemi
Penetrasyon 25 °C, 100 gr, 5 sn	0,1 mm	16,1	TS EN 1426
Yumuşama Noktası	°C	67,0	TS EN 1427

Yapılan deneyler sonucunda modifiye edilmiş bitümün, KTŞ-2013 PMB 76-16 şartname sınırları içerisinde girdiği görülmektedir.

Tablo 4. % 5 SBS İçeren Bağlayıcı Özellikleri

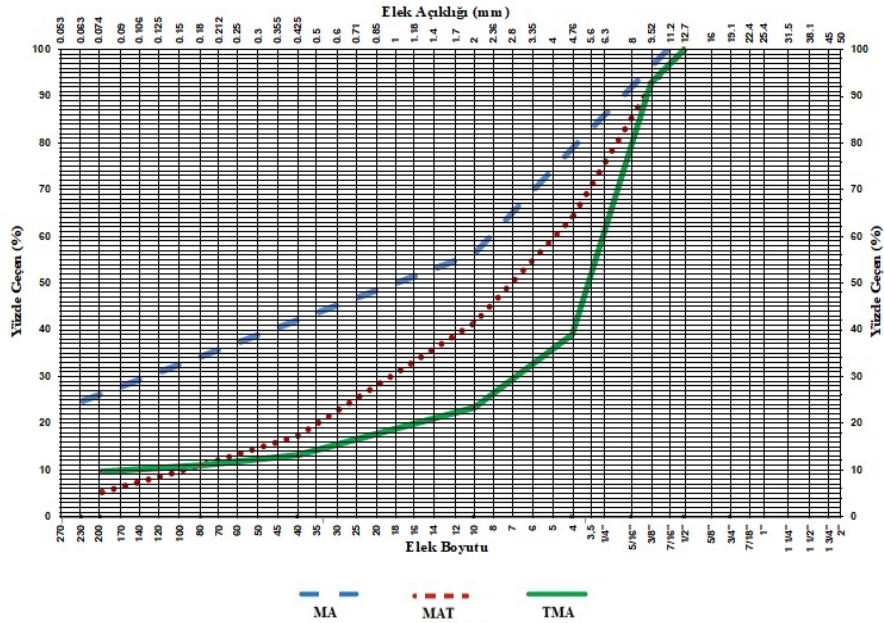
Deney Adı	Birimi	Değeri	KTŞ 2013 PMB 76-16	Deney Yöntemi
Penetrasyon (25 °C, 100 gr, 5 sn)	0,1 mm	44,5	25-55	TS EN 1426
Yumuşama Noktası	°C	82,5	≥ 65	TS EN 1427
Özgül Ağırlık	gr/ cm ³	1,013	1,0-1,1	TS EN 15326
Parlama Noktası	°C	320	≥ 220	TS EN ISO 2592
Elastik Geri Dönme, 25 °C	%	92,5	≥ 60	TS EN 13398
Dinamik Kesme Reometresi-(DSR)(G/sinδ>1kPa)	°C	76	≥ 76	TS EN 14770
RTFOT-Etüvde Hareket Halinde İnce Film Deneyi				
Kütle Kaybı	%	0,1	≤ 0,8	TS EN 12607-1
Yumuşama Noktasındaki Artma	°C	3,8	≤ 8	TS EN 1427
Kalıcı Penetrasyon	%	69	≥ 45	TS EN 1426
Dinamik Kesme Reometresi-(DSR) (G/sinδ>2,2 kPa)	°C	76	≥ 76	TS EN 14770
RTFOT+PAV ile Yaşlandırılmış Modifiye Bitüme Yapılan Deneyler				
DSR(G/sinδ<5000kPa)	°C	25	≤ 34	TS EN 14770
Kiriş Eğme Remetresi (BBR) (S≤300MPa, m≥0,300) Eğilme-Sünme Sertliği	°C	-6	≤ -6	TS EN 14771
Force Düktilite	j/ cm ²	4,8547		TS EN 13589
Force Düktilite Oranı	-	1,97		TS EN 13589

MAT ve TMA kaplama tabakası için KTŞ Aşınma Tip-2, MA için ise Almanya' ya ait ZTV Asphalt StB 07 karışım dizaynı gradasyonu kullanılmıştır. MAT, TMA ve MA agrega karışım gradasyonları Tablo 5 ve Şekil 3' de gösterilmiş olup, sınır değerler içinde kalmaktadır.

Tablo 5. Agrega Gradasyonları

Elek Boyutu		Aşınma Tip 2 Dizayn	KTŞ 2013 Aşınma Tip 2 Şartnamesi		TMA Tip 2 Dizayn	KTŞ 2013 TMA Tip 2 Şartnamesi	
inc	mm						
1/2 "	12,7	100,0	100		100,0	100	
3/8 "	9,5	92,3	80	100	93,0	90	100
No 4	4,75	64,1	55	72	39,3	25	45
No 10	2,0	41,8	36	53	23,7	20	30
No 40	0,425	17,5	16	28	13,5	12	22
No 80	0,180	11,2	8	16	11,3	9	17
No 200	0,075	5,5	4	8	10,0	8	12

Elek Boyutu mm	Mastik 8 Dizayn	ZTV Asphalt StB 07 Şartname	
11	100	100	
8	92	90	100
5	78,8	75	90
2	56,4	50	60
0,063	24,9	22	30



Şekil 3. Karışımların Gradasyon Eğrileri

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Hazırlanan karışımların performanslarını karşılaştırmak amacıyla tekrarlı yükler altında yorulma deneyi ve tekerlek izinde oturma deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen bulgular ve deneylerin değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

4.1. Karışım Dizaynı

Seçilen agrega gradasyonları esas alınarak Asphalt Institute MS-2 Marshall metoduna göre MAT ve TMA karışım dizaynları, ZTV Asphalt StB 07 şartnamesi esas alınarak MA karışım dizaynı hazırlanmıştır. Her bir karışım için hazırlanan dizayn değerleri Tablo 6 ve Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 6. MA Karışım Dizayn Değerleri

	Birim	Deney Sonucu	ZTV Asphalt StB 07 Şartname MA 8	Deney Yöntemi
Bitüm %' si (ağırlıkça, 100' e)	%	8,70 ± 0,5	min 7	TS EN 12697-1
Küp Numunelerin 40 °C' de Mastik Penetrasyon derinliği - 30 dakikada batma (mm) - 60 dakikada batma (mm)	mm	1,70 1,83	1-3 mm	TS EN 12697-20
Mastik penetrasyon artışı - 30 dakika sonraki artış	mm	0,13	≤ 0,4	TS EN 12697-20

Tablo 7. MAT ve TMA Karışım Dizayn Değerleri

ÖZELLİK	MAT		TMA		Deney Yöntemi
	Dizayn	KTŞ 2013	Dizayn	KTŞ 2013	
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	75	75	50	50	TS EN 12697-30
Bitüm %' si (ağırlıkça, 100' e)	4,90±0,2	4,0-7,0	6,65 ± 0,2	≥ 6,5	TS EN 12697-1
Pratik Özgül Ağırlık, gr/cm ³	2,421	-	2,354	-	TS EN 12697-6
Marshall Stabilitesi, kg	1410	≥ 900	-	-	TS EN 12697-34
Boşluk, %	4	3- 5	3,0	2-4	TS EN 12697-8
Asfaltta Dolu Boşluk (VFA), %	72	65-75	-	-	TS EN 12697-8
Agregalar Arası Boşluk (VMA), %	14,52	14-16	17,2	≥ 17	TS EN 12697-8
Akma, mm	2,95	2-4	-	-	TS EN 12697-34
Filler/Bitüm Oranı	1,12	≤ 1,5	-	-	
Tekerlek İzinde Oturma (HWT 20.000 geçiş 5 cm kalınlık, 60° C) maks. mm)	4,0	≤ 4,5	2,5	≤ 3,5	TS EN 12697-22
Elyaf Miktarı, %	-	-	0,3	0,3-1,0	
İndirekt Çekme Mukavemeti Oranı (İÇM), %	84,9	≥ 80	93,1	≥ 80	AASHTO T 283
Schellenberg Bitüm Süzülme, %	-	-	0,11	≤ 0,3	TS EN 12697-18

4.2. Tekrarlı Yükler Altında Yorulma Deneyi

Yorulma deneyi “TS EN 12697- 24” standardına göre yapılmıştır. Bu deney sayesinde belirlenen sabit tekrarlı yükler altında kaplama tabakasının göstermiş olduğu davranış incelenmektedir.

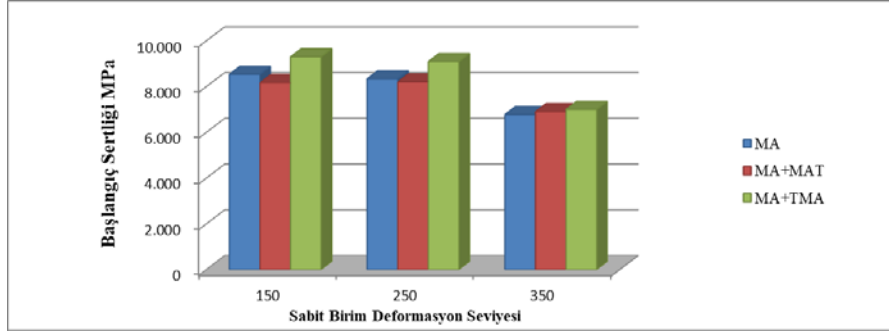
Yorulma deneyi sabit 10 Hz frekansta, sabit 150, 200 ve 350 birim deformasyon (strain) seviyelerinde yapılmış ve numunenin deney başlangıcındaki ölçülen rijitlik değerinin yarı değerine düştüğü anda deney sonlandırılmıştır.

MA için 20 adet 410x50x40 (mm) (L x d x h), çift tabakalı kaplama çeşitleri için 40 adet 410x50x55 (mm) boyutlarında olmak üzere toplam 60 adet yorulma deneyi numunesi hazırlanmıştır. Şekil 4’ de deney sonucunda oluşan çatlak gelişimini göstermek amacıyla örnek olmak üzere MA+TMA tipi üstyapı kesiti için hazırlanan numunenin röntgen cihazında çekilmiş görüntüsü verilmiştir.

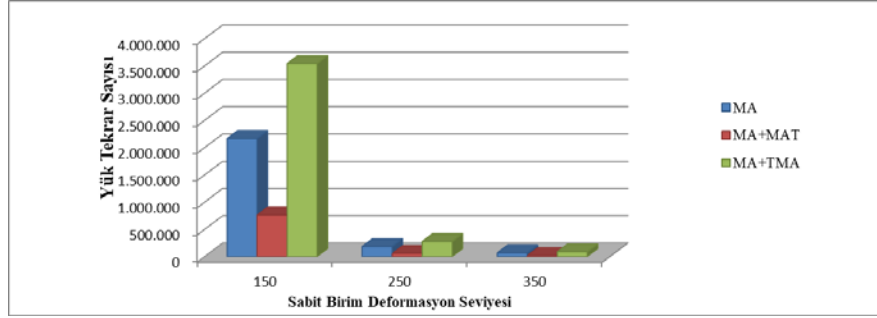


Şekil 4. MA+TMA Numunesinin Çatlak Görüntüsü

Şekil 5’ de numunelerin başlangıç sertlik değerleri ve Şekil 6’ da ise sertlik değerlerinin %50 azalmasına sebep olan yük tekrar sayıları grafikler üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5. Numunelerin Birim Deformasyonlarda Başlangıç Sertlikleri



Şekil 6. Numunelerin Birim Deformasyondaki Yük Tekrar Sayıları

Yapılan deneyler sonucunda, sertlik modülünün yarısı kadar azaldığı yük tekrar sayıları sabit 250 birim deformasyonda MA için 186.421, MA+MAT için 59.955, MA+TMA için 278.718 değerleri elde edilmiştir.

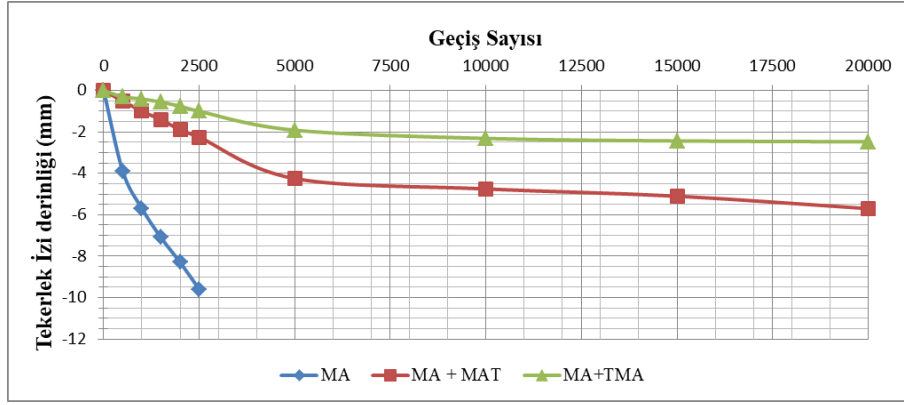
4.3. Tekerlek İzinde Oturma Deneyi

Tekerlik izi deneyi, bitümlü sıcak kaplamaların tekerlek yükleri altında kalıcı deformasyonlara karşı gösterdiği dayanımı ölçmek için uygulanmaktadır. TS EN 12697-22 standardında tanımlanan bu deney laboratuvar ve sahada alınan numuneler üzerinde uygulanabilmektedir. Tekerlek izi deneyi; Hamburg tekerlek izi cihazı kullanılarak, 60 °C' de ve 70 kN sabit yükte uygulanmıştır. Deney sonucunda oluşan tekerlek izi derinliği bitümlü sıcak karışımların deformasyon oluşumuna karşı dayanımını göstermektedir. Her bir farklı üstyapı tipi için tekerlek izinde oturma deneyi sonu numune kesitleri Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Karışım Numunelerinin Deney Sonu Görüntüsü

Tek tabaka MA 2500 tekerlek geçişinde sonlandırılırken, MA+TMA ve MA+MAT olarak çift tabaka halinde hazırlanan numuneler 20.000 tekerlek geçişinden sonra sonlandırılmıştır. Geçiş sayısı ve tekerlek izi derinliği arası ilişki Şekil 8’ de çizilmiştir.



Şekil 8. Tekerlek İzinde Oturma Değerleri

Her bir karışım deney sonu tekerlek izi derinliği Şekil 9’ da gösterildiği gibi ölçülerek deformasyonlar hesaplanmıştır. Tablo 8’ de deney sonu tekerlek izi derinlikleri ve hesaplanan deformasyonlar yer almaktadır.



Şekil 9. Karışımların Kesit Ölçümleri

Tablo 8. Karışımların Deformasyon Miktarları

		Numune Kalınlığı (mm) L	Orta Ölçüm (mm)	Çökme Miktarı (mm) ΔL	Ortalama Çökme Miktarı (mm)	Deformasyon (ΔL/L) (%)	Ortalama Deformasyon (ΔL/L) (%)	(ΔL/L) (%)
MA	SOL	41,19	30,88	10,31	10,34	25,03	25,09	23,66
		41,20	30,89	10,31		25,02		
		41,35	30,88	10,47		25,32		
		41,21	30,91	10,30		24,99		
	SAĞ	40,03	31,18	8,85	8,93	22,11	22,23	
		40,43	31,43	9,00		22,26		
		40,04	31,08	8,96		22,38		
		40,31	31,38	8,93		22,15		
MA + MAT	SOL	59,94	53,72	6,22	6,43	10,38	10,78	9,48
		58,62	52,16	6,46		11,02		
		60,30	53,68	6,62		10,98		
		60,08	53,63	6,45		10,74		
	SAĞ	60,85	55,88	4,97	4,92	8,17	8,18	
		60,69	55,59	5,10		8,40		
		59,04	54,04	5,00		8,47		
		60,00	55,39	4,61		7,68		
MA + TMA	SOL	57,38	54,95	2,43	2,59	4,23	4,49	4,21
		57,94	55,24	2,70		4,66		
		58,03	55,15	2,88		4,96		
		57,55	55,19	2,36		4,10		
	SAĞ	57,32	55,21	2,11	2,25	3,68	3,92	
		57,49	55,13	2,36		4,11		
		57,57	55,32	2,25		3,91		
		57,53	55,25	2,28		3,96		

5. SONUÇ

Yapılan çalışmalarda varılan sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

Karışımların tekrarlı yükler altında yorulma deneyi sonuçlarına göre MA+TMA karışım numunelerinin başlangıç sertliği 9.000 MPa, MA+MAT başlangıç sertliği 8.000 MPa, MA başlangıç sertliği 8.500 MPa mertebelerinde bulunmuştur. Her birim deformasyonda karışımların başlangıç sertlik değerinin % 50 azalmasına sebep olan yük tekrar sayısı MA+TMA' nın daha fazladır (Şekil 5).

Tekerlek izinde oturma deneyinde tek tabaka mastik asfaltın diğer karışımlara göre daha düşük sayıda geçiş sayısında bile en fazla deformasyona uğramaktadır. Deformasyon değerlerine bakıldığında MA+TMA' nın, MA' ya göre 5,6 kat, MA+MAT' ya göre 2,2 kat daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 8).

Geçiş sayılarındaki tekerlek izi derinliklerine bakıldığında MA+MAT' nin % 75' i, MA+TMA' nın % 77' si ilk 5000 devirde, MA için ise %60'ı ilk 1000 devirde oluşmuştur.

Yapılan deneylerle özellikle çelik köprü tabliyelerinde MA' nın elastik davranması ve su yalıtım sistemine katkısı ile TMA' nın kalıcı deformasyona direnci birleştiğinde kaplamadan beklenen yüksek performans ve hizmet ömrünün karşılanacağı anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, gerek yorulma ve gerekse tekerlek izi oluşumu açısından en avantajlı üstyapı tipinin MA+TMA olduğu görülmektedir. MA+MAT kaplama tipinin tekerlek izi oluşumu açısından performansı yüksek iken yorulma açısından dezavantajlı olduğu sonucu elde edilmektedir. Tek başına MA tipi kaplamaların uygulanmasının özellikle ağır taşıt trafiğinin yoğun olduğu durumlarda tekerlek izi oluşumu açısından kullanımının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

Cheng, H., Liu L., Sun L., (2019), "Determination of Layer Modulus Master Curve for Steel Deck Pavement using Field-Measured Strain Data" Transportation Research Record 2019, 2673 (2), 617-627.

European Asphalt Pavement Association, (2013), Köprü Tabliyelerinde Asfalt Kaplamalar, EAPA Durum Tespit Dökümanı, Çev. Temren Z., 36, Brüksel.

Jacobs, M.M.J., (1995), Crack Growth in Asphaltic Mixes. Delft University of Technology, PhD Thesis, Netherlands.

Medani, T.O., (2001), Towards a New Design Philosophy for Asphalt Surfacing On Orthotropic Steel Decks, Report: 7-01-127-2, 65s.

Medani, T.O., (2006), Design Principles of Surfacing on Orthotropic Steel Bridge Decks, 300s.

Pokorski, P., Sarnowski, M., Radziszewski, P., (2015), " Rheological Propertise of Asphalt Mixtures for Bridge Pavements", Procedia Engineering, 111, 637-644

TS EN 12697-22, Bitümlü karışımlar- Sıcak asfalt karışımlar- Deney yöntemleri- Bölüm 22: Tekerlek izi, 2008.

TS EN 12697-24, Bitümlü karışımlar- Sıcak asfalt karışımlar- Deney yöntemleri- Bölüm 24: Yorulma direnci, 2018.

TS EN 13108-6, Bitümlü karışımlar- Malzeme özellikleri- Bölüm 6: Mastik asfalt, 2016.

Wang, S., Ke, Z., Zhang, Y., (2019), “Long-Term In Situ Performance Investigation of Orthotropic Steel Bridge Deck Strengthened by SPS and RPC Solutions” J. Bridge Eng. 2019, 24 (6).

Ye, H., Wang, X., Fang, N., Su, Z., (2019), “Low-Temperature Performance and Evaluation Index of Gussasphalt for Steel Bridge Decks” Hindawi Advances in Materials Science and Engineering, 2019(9), 1-11

ZTV Asphalt-StB 07, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, 2007.

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

YAYIN KOŞULLARI VE YAZIM KURALLARI

- İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi hakemli bir dergidir.
- Dergi her akademik yılın Güz ve Bahar Dönemlerinde, en az iki sayı yayımlanır.
- Dergimizde yayımlanacak yazılara ilişkin koşullar aşağıdır.

YAYIN KOŞULLARI

1. Dergide Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca yazılmış yazılar yayımlanır.
2. Dergiye basılmak üzere gönderilen araştırma makalesi, tarama makalesi ve bildiri niteliğindeki yazılar daha önce başka bir yerde yayımlanmamış olmalıdır.
3. Dergide yayımlanacak yazıların yazım ve dilbilgisi kurallarına uygun olması şarttır.
Bu kuralara uygun olan yazılar iki ayrı hakem tarafından değerlendirilir. Hakemlerden birinin olumlu, diğerinin olumsuz görüş bildirmesi halinde üçüncü bir hakeme başvurulur.
Yazıların yayımlanması için en az iki hakemin olumlu görüş bildirmesi şarttır.
Hakem görüşü doğrultusunda yazarlardan kısaltma ve/veya düzeltme yapmaları istenebilir.
Yazılar olumlu hakem görüşleri alındıktan sonra sıraya konularak yayımlanır.
Dergide yayımlanan yazılar ayrıca elektronik ortamda aşağıdaki adreste de yayımlanır.
<http://ticaret.edu.tr/tr/Sayfa/Akademik/IstanbulTicaretUniversitesiYayinlari/IstanbulTicaretUniversitesiFenBilimleriDergisi>
4. Dergide yayımlanan yazıların telif hakları yazarı veya yazarları tarafından karşılıksız olarak İstanbul Ticaret Üniversitesine devredilir. Yazarlar başvuru dilekçesine ekledikleri Makale Sunum Formu'nu doldurmak ve imzalayarak telif haklarını devrettiklerini beyan etmek zorundadır.
5. Dergiye basılmak üzere gönderilen yazılar, disketler ve CD'ler yayımlansın veya yayımlanmasın yazarına geri gönderilmez.
6. Dergide yayımlanan yazılardaki görüşler ve bu konudaki sorumluluk yazarına veya yazarlarına aittir.
7. Dergide yayımlanacak çeviri yazılarda çevirmen eserin yazarından ve/veya yayın hakkına sahip kişi veya kurumdan yazılı yayım izni almak ve bu izin belgesini yayın kuruluna iletme zorundadır.

8. Derginin bir sayısında bir yazarın birden fazla yazısı yayınlanmaz. Ancak ortak çalışma ürünü olan ve birden çok yazarlı çalışmalarda bu koşul aranmaz.

YAZIM KURALLARI

1. Yazılar Microsoft Windows Word 6.0 veya daha üst programda yazılmalıdır.
2. Yazılar “Times New Roman” 10 punto ile tek aralıklı yazılmalıdır. Sayfa düzeni için üst 6 cm, alt 5 cm ve kenarlarda sağ 4,5 cm, sol 4,5 cm boşluk bırakılmalı ve her sayfa numaralandırılmalıdır.
3. Yazının ilk sayfasında
 - Yazının başlığı sola dayanık, 12 punto koyu yazılmalıdır (Büyük harf).
 - Başlığın alt ve sol tarafında yazarın ismi 10 punto koyu verilmelidir.
 - Yazarın bağlı bulunduğu kuruluş ve unvanı birinci sayfanın en altında 8 punto italik olarak verilmelidir.
 - Türkçe ve İngilizce olarak yazılmış 100-150 kelimelik özetler 8 punto olarak verilmelidir. Özetler 2. sayfaya taşmamalıdır.
 - Özetin üzerindeki başlık özetin hemen üstünde, özet dilinde ve 10 punto olarak verilmelidir.
 - Özetlerin altlarında anahtar kelimeler (keywords) 8 punto koyu ve italik olarak belirtilmelidir
4. Makale metni 2. sayfadan başlamalıdır.
5. Giriş ve Sonuç kısımları da dahil olmak üzere yazının tüm bölümleri ve başlıkları numaralandırılmalı ve koyu yazılmalıdır.

Örneğin,

1. GİRİŞ

2. YÖNETİM VE ORGANİZASYON

2.1. Yönetim Kavramı

2.2. Organizasyon Kavramı

2.3.....

6. Yazılarda yer alan tablo içermeyen bütün görüntüler (fotograf, çizim, diyagram, grafik , harita vb.) “şekil” olarak adlandırılmalıdır. Tablo ve şekillere başlık (sıra numarası ve ad) verilmelidir. Tablolarda başlıklar üstte, şekillerde ise başlık altta yazılmalıdır. Tablo ve şekil başlıkları ortalanarak koyu yazılmalıdır. Başlıkta yer alan kelimelerin baş harfleri büyük yazılmalıdır. Tablo başlığından sonra 6 pt boşluk bırakılmalıdır. Tablo veya Şekillere ilişkin olası kaynak bilgileri de tablo veya şeklin altında gösterilmelidir. Denklemlerde verilecek sıra numaraları parantez içinde ve sağ tarafta yer almalıdır.

7. Kaynaklara göndermelerin (atıfların) gösterilmesinde yayın bilgileri, metinde parantez içinde (yazar soyadı, yayın tarihi ve sayfa numarası) sırasıyla verilmelidir. Örneğin;
 - Tek yazar; (Smith, 1989),
 - İki yazarlı; (Coleman ve Berrie, 1990)
 - Çok yazarlı; (Smith vd., 1993)
 - Bir yazarın aynı yıl içinde yapmış olduğu birden fazla çalışması kaynak olarak kullanılıyorsa; (Smith, 1992 / a), (Smith, 1992 / b)
 - Aynı soyadına sahip ilk adları farklı yazarlar (R. D. Luce, 1959), (P. A. Luce, 1986)
 - Gönderme yapılan kaynaklar birden fazla olduğunda alfabetik olarak (Dinçkol, 1986; Lalik, 1998; Oğuz, 1997)
 - Bir Kurum'un veya Grup'un eseri olan yayınlara ilk defa yapılacak bir atıf için (Türk Psikologlar Derneği [TPD], 1997); bu kaynağın sonraki tekrarlarında (TPD, 1997)
 - Tarihsiz Çalışmalar'da "bilinmeyen tarih" bt olarak (Eflatun, bt)
 - Anonim yazılarda (Anonim, 1976)olarak verilmelidir.
8. Yazının sonuna eklenecek Kaynakça'da yazarlar soyadlarına göre alfabetik sıralanmalıdır.
9. Çalışmanın içeriğinde gösterilmemiş bir kaynak esere kaynakçada yer verilmemelidir.
10. Bir yazarın aynı yıl içinde yapmış olduğu birden fazla çalışması kaynakçada yer alacaksa, yayım tarihinden sonra "a,b,c" gibi ibareler konulmalıdır. (1992 / a) (1992 / b)
11. Kaynakça'da
 - Kitaplar
Yazar(lar)ın Soyadı, ve Adının Baş harfi., (yıl), Kitabın Adı, Basım Yeri, Yayımevi.

Sevilengül, O., (2004), Genel Muhasebe, Ankara, Gazi Kitabevi.
 - Editörlü Kitap
Editör(ler) in Soyadı ve Adının Baş harfi., (edt.), (Yıl), Kitabın Adı, Basım Yeri, Yayımevi.

Şenyüz, K., (edt.), (2004), Takı Tasarımı, İstanbul, Urart Yayın ve Dağıtım.
 - Editörlü Kitaptan Bölüm
Yazar(lar)ın Soyadı ve Adının Baş harfi., (Yıl), Bölümün Başlığı, Editör(ler) in Soyadı ve Adının Baş harfi.,(edt.), Kitabın Adı, (Sayfa Aralığı), Basım Yeri, Yayımevi.

Arens, A., and Loebbecke, J., (2000), The Audit Process, Elder. R., Beasley. M., (eds), Auditing-An Integrated Approach, (141- 217), New Jersey, Prentice Hall,

- Dergilerdeki Makaleler
Yazar(lar)ın Soyadı, Adının Baş harfi., (Yıl), “Makalenin Başlığı”, Derginin Adı, Cilt Sayı, sayfa aralığı.

Ertuna, Ö., (2004), “Osmanlı ve Türkiye Ekonomilerinin Borç Bunalımı”, Muhasebe ve Finansman Dergisi, 24, 6-22.

- Web Sitesinden Doküman
[http://www.\(sitenin_adi\).\[Gün, Ay, Yıl, WEB;\]](http://www.(sitenin_adi).[Gün, Ay, Yıl, WEB;])

olarak verilmelidir.

NOT : Dergimize yayımlanmak üzere makale gönderecek Sayın yazarların bu gösterilen yazım kurallarına uymaları zorunludur. Ancak, bu kurallar arasında yer verilmemiş bir kaynaktan alıntı yapmak ve yaptıkları alıntıyı paragraf içinde göstermek zorunda olan yazarlar; kaynak gösterme yordamlarını aşağıdaki sitede veya kitapta bulabilirler.

* www.elyadal.org (Akademik Yazım Kuralları Kitapçığı)

* Halil Seyidoğlu, (2003) **Bilimsel Araştırma ve Yazma El kitabı**, 9.Baskı, İstanbul: Güzem Can Yayınları (7. ve 8. Bölüm)

12. Yazının sonuna yazar ya da yazarların e-posta adresi eklenmelidir.

13. Yazının bir kopyası (hard copy) ve yazıyı içeren CD elden veya posta ile aşağıdaki adrese gönderilmelidir.

Adres

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi
Küçükyalı E-5 Kavşağı İnönü Cad. No:4
34840 Küçükyalı/İstanbul
[Tel:444 0 413](tel:4440413)
Fax: 0216 489 02 69

Yazılar dergi adresine elektronik postayla “.doc” ve “.pdf” uzantılı olarak da gönderilmek zorundadır.

Dergi e-mail adresi: fendergi@ticaret.edu.tr

Yazarlar kendilerine ait haberleşme adreslerini veya diğer iletişim bilgilerini yayın kuruluna bildirmelidir.