



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Yasin COŞKUN

ZAMAN SERİSİ ve BULANIK TAHMİN YÖNTEMLERİ TEMELLİ STOK
PLANLAMASI: YAY SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

İşletme Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2025



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Yasin COŞKUN

ZAMAN SERİSİ ve BULANIK TAHMİN YÖNTEMLERİ TEMELLİ STOK
PLANLAMASI: YAY SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Danışman

Prof. Dr. Gökhan AKYÜZ

İşletme Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2025

T.C.
Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Yasin Coşkun'un bu çalışması, jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa Zihni TUNCA (İmza)

Üye (Danışman) : Prof. Dr. Gökhan AKYÜZ (İmza)

Üye : Prof. Dr. Ömür TOSUN (İmza)

Tez Başlığı: Zaman Serisi ve Bulanık Tahmin Yöntemleri Temelli Stok Planlaması: Yay
Sektöründe Bir Uygulama

Onay: Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : 03 /07 / 2025

Mezuniyet Tarihi : 24/07/2025

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Zaman Serisi ve Bulanık Tahmin Yöntemleri Temelli Stok Planlaması: Yay Sektöründe Bir Uygulama” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

(İmza)

Yasin COŞKUN





T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



14 / 07 / 2025

TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU BEYAN BELGESİ

Öğrenci Bilgileri	
Adı-Soyadı	Yasin COŞKUN
Öğrenci Numarası	202352012502
Anabilim Dalı	İşletme Anabilim Dalı
Programı	İşletme Tezli Yüksek Lisans
Danışman Öğretim Üyesi Bilgileri	
Unvanı, Adı-Soyadı	Prof. Dr. Gökhan AKYÜZ
Yüksek Lisans Tez Başlığı	Zaman Serisi ve Bulanık Tahmin Yöntemleri Temelli Stok Planlaması: Yay Sektöründe Bir Uygulama
Turnitin Bilgileri	
Ödev Numarası	2688264190
Rapor Tarihi	14.07.2025
Benzerlik Oranı	Alıntılar hariç: % 7 Alıntılar dahil: % 7
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,	
Yukarıda bilgileri bulunan öğrenciye ait tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 85 sayfalık kısmına ilişkin olarak Turnitin adlı intihal tespit programından Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esaslarında belirlenen filtrelemeler uygulanarak yukarıdaki detayları verilen ve ekte sunulan rapor alınmıştır. Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir: (X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylarım. () Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise: Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporunun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esaslarında öngörülen yüzdeler sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.	
Gerekçe:	
Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlere uygun olarak tarafımda yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim. Danışman Öğretim Üyesi Prof. Dr. Gökhan AKYÜZ İmza	

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
TABLolar LİSTESİ	v
KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TALEP TAHMİNİ ve TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

1.1. Talep ve Talep Tahmini.....	3
1.2. Talep Tahmin Yöntemleri	4
1.2.1. Nitel Tahmin Yöntemleri.....	4
1.2.1.1. Senaryo Analizi Yöntemi	5
1.2.1.2. Uzman Panelleri	6
1.2.1.3. Delphi Tekniği.....	6
1.2.2. Nicel Tahmin Yöntemleri.....	7
1.2.2.1. Nedensel Yöntemler	7
1.2.2.1.1. Regresyon Analizi	7
1.2.2.1.2. Ekonometrik Modeller.....	9
1.2.2.2. Zaman Serisi Analizleri.....	10
1.2.2.2.1. Naive Yöntemi.....	13
1.2.2.2.2. Hareketli Ortalamalar Yöntemleri.....	13
1.2.2.2.2.1. Basit Aritmetik Hareketli Ortalama Yöntemi.....	13
1.2.2.2.2.2. Hareketli Ortalama Yöntemi	14
1.2.2.2.2.3. Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi.....	15

1.2.2.2.3. Üstel Düzleştirme Yöntemi	15
1.2.2.2.4. Box-Jenkins Yöntemi	16
1.2.2.2.4.1. Durağan Stokastik Modeller	18
1.2.2.2.4.2. Durağan Olmayan Stokastik Modeller	20
1.2.2.2.5. Zaman Serisi Analizleri ile İlgili Literatür Taraması	23
1.2.3. Bulanık Mantık ve Bulanık Zaman Serisi Tahmin Yöntemleri.....	26
1.2.3.1. Bulanık Mantık	27
1.2.3.1.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları.....	29
1.2.3.1.2. Bulanık Mantığın Aşamaları	30
1.2.3.2. Bulanık Zaman Serisi Tahmin Yöntemleri.....	36
1.2.3.2.1. Chen (1996) Tarafından Önerilen Yöntem.....	37
1.2.3.2.2. Hwang vd. (1998) Tarafından Önerilen Yöntem.....	39
1.2.3.2.3. Chen (2002) Tarafından Önerilen Yüksek Mertebeli Yöntem.....	40
1.2.3.2.4. Bulanık Zaman Serisi ile İlgili Literatür Taraması.....	42
1.3. Tahmin Doğruluğunun Sınanması.....	43

İKİNCİ BÖLÜM

STOK YÖNETİMİ ve STOK MODELLERİ

2.1. Stok Kavramı	45
2.2. Stok Türleri	46
2.3. Stok Maliyetleri	47
2.4. Stok Kontrolü	48
2.4.1. Stok Kontrol Yöntemleri	49
2.4.1.1. Gözle Kontrol Yöntemi	49
2.4.1.2. Çift Kutu Yöntemi	49
2.4.1.3. Sabit Sipariş Dönemi Yöntemi	50
2.4.1.4. Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi	50
2.4.1.5. ABC Yöntemi	51
2.4.2. Stok Kontrol Modelleri.....	52

2.4.2.1. Deterministik Stok Modelleri	52
2.4.2.2. Stokastik Stok Modelleri	56

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ZAMAN SERİSİ ve BULANIK TAHMİN YÖNTEMLERİ TEMELLİ STOK PLANLAMASI: YAY SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

3.1. İşletme Hakkında Genel Bilgi	57
3.2. Metodolojik Adımlar	58
3.2.1. Verilerin Toplanması ve Düzenlenmesi	59
3.2.2. Talep Tahmin Yöntemlerinin Uygulanması	62
3.2.2.1. Ekonometrik Zaman Serisi Modelinin Uygulanması	62
3.2.2.2. Bulanık Zaman Serisi Modelleri.....	70
3.2.3. Talep Tahmin Yöntemlerinin Sonuçlarının Değerlendirilmesi	80
3.2.4. Talep Tahmini.....	81
3.2.5. Ekonomik Sipariş Miktarının Hesaplanması.....	82
SONUÇ	84
KAYNAKÇA	87
ÖZGEÇMİŞ	100

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Box-Jenkins Yöntemlerinde Model Seçimi	17
Şekil 1.2 Klasik Mantık Küme Teorisi	28
Şekil 1.3 Bulanık Küme Teorisi	29
Şekil 1.4 Şişman Öğrenciler Bulanık Kümesi Üyelik Fonksiyonu	30
Şekil 1.5 Bulanık Mantık Süreci.....	31
Şekil 1.6 Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....	32
Şekil 1.7 Yamuk Üyelik Fonksiyonu	32
Şekil 1.8 Gauss Üyelik Fonksiyonu	32
Şekil 1.9 Maksimum Üyelik Fonksiyonu	35
Şekil 1.10 Ağırlık Merkezi (Sentroid) Fonksiyonu	35
Şekil 1.11 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi Fonksiyonu	35
Şekil 1.12 Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi Fonksiyonu	36
Şekil 2.1 Sabit Sipariş Dönemi Yöntemi Grafiği	50
Şekil 2.2 Sabit Sipariş Dönemi Yöntemi Grafiği	51
Şekil 2.3 Temel Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi Grafiği	53
Şekil 2.4 Temel ESM Modelinde Maliyetler Grafiği	54
Şekil 2.5 Sürekli Tedarikte ESM Modeli Grafiği.....	55
Şekil 2.6 Elde Bulundurmama Halinde ESM Modeli Grafiği.....	56
Şekil 3.1 Çalışmanın Metodolojik Süreci.....	59
Şekil 3.2 B 1,20 Çap Veri Setindeki Sarf Miktarları.....	62
Şekil 3.3 B 1,20 Logaritmik Sarf Miktar Grafiği	63
Şekil 3.4 B 1,20 Logaritmik Fark Grafiği	64
Şekil 3.5 Automatic ARIMA Forecasting (Otomatik ARIMA Tahmin) Penceresi	65
Şekil 3.6 Options (Seçenekler) Penceresi.....	66
Şekil 3.7 Gerçekleşen ve Tahmin Grafiği	67
Şekil 3.8 Equation Estimation (Denklem Tahmini) Penceresi	68

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Regresyon Modellerinde Kullanılan Terimsel İfadeler.....	8
Tablo 1.2 πk Katsayı, Frekans ve Hipotez Tablosu	22
Tablo 1.3 Hata Ölçütleri Matematiksel Gösterim Tablosu.....	43
Tablo 2.1 Stok Bulundurma ve Bulundurmama Gerekçeleri	46
Tablo 3.1 Hammaddelerin Sarfiyatları ve Yüzdesel Dağılım Tablosu	60
Tablo 3.2 Hammaddelerin Sarfiyatları ve Yüzdesel Dağılım Tablosu	61
Tablo 3.3 EViews Tarafından Önerilen Modeller Tablosu	66
Tablo 3.4 Chen (1996) / Bulanıklaştırılmış Değerler Tablosu	71
Tablo 3.5 Chen (1996) / Bulanıklaştırılmış İlişkiler Tablosu.....	72
Tablo 3.6 Chen (1996) / Bulanık İlişki Grupları	72
Tablo 3.7 Chen (1996) / Yöntemine Göre Gerçekleştirilen Tahmin Sonuçları.....	73
Tablo 3.8 Hwang vd. (1998) / Bulanıklaştırılmış Farklar Tablosu	74
Tablo 3.9 Chen (2002) / Bulanıklaştırılmış Değerler Tablosu	76
Tablo 3.10 Chen (2002) / 2. Mertebeden Bulanık İlişkiler Tablosu.....	76
Tablo 3.11 Chen (2002) / 3. Mertebeden Bulanık İlişkiler Tablosu.....	78
Tablo 3.12 Chen (2002) / 8. Mertebeden Bulanık İlişkiler Tablosu.....	79
Tablo 3.13 Uygulanan Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırma Tablosu	80
Tablo 3.14 Belirlenen Chen (2002) Modelinin Tahmin Sonuçları.....	81
Tablo 3.15 Hizmet Düzeylerine Göre Emniyet Stoku Miktarları ve Maliyetleri.....	83

KISALTMALAR LİSTESİ

USD	Amerikan Doları
kg	Kilogram
YEBM	Yıllık Elde Bulundurma Maliyeti
YSM	Yıllık Sipariş Maliyeti
OSM	Ortalama Sipariş Maliyeti
EBM	Elde Bulundurma Maliyeti
ESM	Ekonomik Sipariş Miktarı
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average (Otokorelasyonlu Entegre Hareketli Ortalama)
OH	Ortalama Hata
OMS	Ortalama Mutlak Sapma
OMHO	Ortalama Mutlak Hata Oranı
HKO	Hata Kareleri Ortalaması
OMHY	Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi

ÖZET

Pazar kavramının daha küçük bir hal aldığı günümüz koşullarında, geleceğe hazır olabilmek işletmeler açısından önemlidir. Bu hazırlık taleplerin karşılanmasının yanı sıra rakiplerle mücadele etmede de önemli bir araçtır. İşletmeler, rol aldıkları pazarın durumunu iyi analiz edip; bu analiz sonucunda ortaya çıkan problemleri kendi tecrübe ve kabiliyetleri ile aşabilmek için çözümler üretmeleri gerekmektedir. Bu problemlerden biri gelecekte talebin ne olacağı ve uygun stok planlamasının nasıl yapılacağıdır. Bu çalışmada, yay sektöründe üretim yapan bir işletmenin talep tahmini, ekonometrik modeller ve bulanık zaman serisi modelleri kullanılarak yapılmıştır. Çeşitli hammaddelerden çeşitli ürünler üretme kabiliyetine sahip işletmelerin talep tahmini neticesinde elde edilen sonuçlara dayanan stok politikalarının uygulanması sonucunda yaratılabilecek maliyet avantajlarını yay sektörü özelinde uygulayan çalışmalara rastlanmamıştır. Bu sebeple çalışma yay sektöründe yapılmıştır. Box-Jenkins zaman serisi modelleri EViews 13, bulanık zaman serileri ise MS Excel programları kullanılarak uygulanmıştır. İşletme farklı hammaddelerden farklı çapta yay üretme kabiliyetine sahip olduğundan önce hammaddeler arasında, sonra seçilen hammaddenin çapları arasında ABC Analizi uygulanmıştır. Hammadde belirlendikten sonra çalışma iki kola ayrılarak ARIMA modeli ve bulanık zaman serisi modelleriyle talep tahminleri yapılmıştır. ARIMA(1,1,8) modeli, diğer modeller arasında en düşük ortalama mutlak hata yüzdesine sahip olmuştur. Bulanık zaman serisi modellerinin de uygulanmasının ardından ortalama mutlak hata yüzdelere göre Chen (2002) tarafından önerilen yöntem tahminde en düşük hataya sahip olan yöntem olarak belirlenmiştir. Tahmin, bu model kullanılarak gerçekleştirilmiş ve sonraki 12 aylık dönem için aylık tahminler yapılmıştır. Tahminlerden hareketle işletmenin maliyetlerini minimize edecek ekonomik sipariş miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan ekonomik sipariş miktarı işletmenin uygulamakta olduğu stok politikasına nazaran maliyet avantajı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Talep Tahmini; Stok Planlaması; Box-Jenkins Modelleri; Bulanık Zaman Serisi Modelleri

ABSTRACT

**STOCK PLANNING BASED ON TIME SERIES AND FUZZY FORECASTING
METHODS: AN APPLICATION IN THE SPRING INDUSTRY**

In today's environment, where the concept of the market has become more localized and fragmented, being prepared for the future is of critical importance for businesses. Such preparedness is not only essential for meeting customer demands but also serves as a vital tool in competing with rivals. Businesses must analyze the market in which they operate thoroughly and develop solutions that enable them to overcome emerging problems using their own experience and capabilities. One of these problems is forecasting future demand and planning appropriate inventory levels. In this study, demand forecasting for a company operating in the spring manufacturing sector was conducted using econometric models and fuzzy time series models. Despite the existence of companies capable of producing a variety of products from various raw materials, there is a lack of studies in the spring industry that apply stock policies—based on the results of demand forecasts—to achieve cost advantages. For this reason, the study was conducted in the spring manufacturing sector. Box-Jenkins time series models were implemented using the EViews 13 software, while fuzzy time series models were applied via Microsoft Excel. Since the company has the capability to produce springs of various diameters from different raw materials, an ABC analysis was first applied among the raw materials and then among the diameters of the selected material. Once the raw material was identified, the study proceeded along two paths: demand forecasting was performed using both the ARIMA model and fuzzy time series models. Among all the models, the ARIMA(1,1,8) model yielded the lowest Mean Absolute Percentage Error. Following the application of fuzzy time series models, the method proposed by Chen (2002) was found to have the lowest forecast error based on MAPE. Forecasting was carried out using this model, and monthly forecasts were made for the following 12-month period. Based on these forecasts, the Economic Order Quantity that would minimize the company's costs was calculated. The calculated Economic Order Quantity provided a cost advantage compared to the current stock policy implemented by the company.

Key Words: Demand Forecasting; Inventory Planning; Box-Jenkins Models; Fuzzy Time Series Models

TEŞEKKÜR

Tez çalışması ile sınırlı kalmaksızın, akademik hayatımın başladığı günden bugüne desteğini esirgemeyen; bilgi ve tecrübeleriyle her daim ufkumu aydınlatan kıymetli tez danışmanım Prof. Dr. Gökhan AKYÜZ’e; tez jürisinde yer alarak kıymetli yorumları ile katkıda bulunan Prof. Dr. Mustafa Zihni TUNCA ve Prof. Dr. Ömür TOSUN’a; tez süresince değerli bilgilerini benimle paylaşan Prof. Dr. Mehmet MERT’e ve Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımda hatırladığım ilk anımdan bu yana her kararımda yanımda olan, bana her zaman inanan, kendimi onların evladı olduğum için şanslı hissettiren kıymetli annem ve babama; “kardeş” kelimesinin ne kadar anlamlı olduğunu bana hissettiren kardeşime teşekkürlerimi ve minnetimi sunmayı bir borç bilirim.

Güzel eşim Damla’ya; benimle attığı her adım, aldığı her nefes, gülüşüyle verdiği tarifsiz destek, bana olan inancı ve hayallerime koştuğum yolda yol arkadaşı olduğu için teşekkür ederim.

Asel Duru... Seni çok seviyorum benim güzel kızım...

GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin değişme hızı, ihtiyaç ve talepleri -geçmişe nazaran- daha hızlı değiştirmekte ve şekillendirmektedir. Bu hızlı değişim; bireyler, toplumlar ya da devletler tarafından talep edilen mal ve hizmetlerde çeşitliliği beraberinde getirmektedir. Üreticilerin talep değişkenliği karşısında hazırlıklı olabilmesi üretim sistemlerinin devamlılığı açısından önem arz etmektedir.

Teknolojinin ilerlemesine paralel olarak bilgiye erişimin kolaylaşmasıyla dünya daha küçük bir hal almış ve global pazar kavramı ortaya çıkmıştır. Bu pazar, işletmelerin rekabet etmek durumunda olduğu işletme ölçeğini globale taşımıştır (Alkan, 2021: 190). Ayrıca bu oluşan pazar, beraberinde daha karmaşık bir yapıyı getirmiş ve dolayısıyla alınan kararlardan doğacak risk ve belirsizlikleri arttırmıştır. Böylesine büyük bir pazarda mücadele edebilmek ve hayatta kalabilmek için işletmelerin farklı faktörlere odaklanması ve çok yönlü karar problemlerine çözüm getirmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, özenle yürütülmesi gereken çalışmalardan biri de talep tahmini ve stok planlamasıdır.

Bu çalışmada yay sektöründe faaliyet gösteren işletmenin gelecek 12 aylık dönemi için talep tahmini; bu tahminden hareketle stok planlamasının yapılması amaçlanmıştır. Farklı hammaddelerden çeşitli ürünler üretebilen işletmeler için talep tahmini, stok planlaması yapılması literatürde sıklıkla çalışılan konulardır. Ancak yay sektörü özelinde yapılan çalışmaya rastlanılmadığından bu sektörde çalışma yürütülmüştür. Bu doğrultuda önce işletmenin geçmiş verileri değerlendirilerek hammaddeler arasında tüketim odaklı ABC analizi yapılmış ve en çok tüketilen hammadde saptanmıştır. Akabinde, saptanan hammadde içerisinde farklı çaplara göre sınıflandırma yapılmış ve bu çaplar için tekrar ABC analizi yapılarak hammadde grubu içerisinde en çok tüketilen çap belirlenmiş ve talep tahmini bu çap hammadde üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Talep tahmini yapılırken oluşturulan veri setinin ham hali, farkı alınmış seri ve logaritmik seriler kullanılmıştır. Talep tahmini süreci, ARIMA modeli ve bulanık zaman serisi yöntemleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Yapılan tahminlerin sonucunda mutlak hata yüzdelerinin ortalaması arasında kıyaslama yapılarak en küçük oranı veren sonuç üzerinden 12 aylık tahmin yapılmıştır. Tahminden elde edilen sonuçlar esas alınarak stok planlaması adımına geçilmiştir. Stok planlaması yapılırken deterministik stok kontrol modellerinden ekonomik sipariş modeli kullanılmıştır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde, talep, talep tahmini, talep tahmin yöntemleri, nitel tahmin yöntemleri, nicel tahmin yöntemleri, bulanık

mantık, bulanık zaman serisi modelleri ve tahmin sonuçlarının kıyaslama parametreleri anlatılmıştır. İkinci bölümünde stok kavramı ve türleri, stokların maliyetleri, stok kontrol yöntemleri ve modelleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde uygulama adımları anlatılmış, yapılan tahmin faaliyetinde kullanılan yöntemler verilere uygulanmıştır. Tahmin sonuçlarının elde edilmesi akabinde sonuçlar karşılaştırılarak uygun model belirlenmiş; belirlenen model ile yapılan tahmin ve tahmin sonuçları kullanılarak ekonomik sipariş miktarı hesaplanmıştır. Sonuç bölümünde ise çalışma kapsamında elde edilen bulgular genel olarak değerlendirilmiştir.



BİRİNCİ BÖLÜM

TALEP TAHMİNİ VE TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

İşletmelerde devamlılığın sağlanması adına mevcut durum ve gelecek üzerine önemli kararlar alınmaktadır. Gelecek hakkındaki kararların önemli ayaklarından biri tahminlemedir. Bu bölüm altında talep ve talep tahmininde kullanılan yöntemler incelenmiştir.

1.1. Talep ve Talep Tahmini

Genel bir ifadeyle talep, ihtiyaçların tatmini amacıyla mallara duyulan satın alma isteğidir (Ülgen, 2012: 58). Daha detaylı olarak talep bir miktardır ve bu miktar, belirli bir zaman zarfında ve belirli bir pazarda satılan; tüketicilerin belirli bir fiyat düzeyinde satın almaya istekli bulundukları ürün ve hizmet miktarını ifade eder (Gülmez ve Dört Yol, 2013: 327).

İşletmelerin içinde bulundukları ekonomik sistemler birçok belirsizlik ve risk barındırmaktadır. Piyasalardaki genel koşullar işletmeler tarafından değiştirilememektedir. Bu durumda işletmeler riskleri azaltmak ve belirsizlikten kaynaklanabilecek maliyetleri en aza indirebilmek için mevcut düzen ve durumdan hareketle bazı öngörü faaliyetlerinde bulunmaktadır. Bu öngörü faaliyetleri kapsamında talebin tahmin edilmesi işletme açısından önemli konuların başında gelmektedir. İşletmeler talebi karşılayacak arzı yaratabilme kabiliyetine sahip olsalar bile bu kabiliyetin talebin olduğu dönemlerde kullanılabilmesi önem arz etmektedir. Burada zaman faktörü devreye girmekte ve doğru zamanda talebin karşılanabilmesi tahmin faaliyetinin önemini arttırmaktadır.

Tahmin, altında planlama amacı yatan öngörme faaliyetidir (Krajewski vd., 2020: 464). Buna paralel olarak talep tahminini mal ve hizmetlere olacak talebin miktarının öngörülmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Bulut, 2006: 6). Tahmin faaliyeti kuralları ve belirli düzeyde hata barındıran; her bir evresinin önemli olduğu bir süreçtir (Doğan, 2023: 39). Talebi tahmin ederken hata oranının artması ve öngörülerin gerçeklikten uzaklaşması işletmeler için kritik sonuçlar doğuracaktır. Talep tahmin performansının düşük olması durumunda sorunlu bir tedarik planlaması ortaya çıkacak ve eksik ya da fazla stok planlaması ile sırasıyla müşteri kaybı ya da aşırı indirimler sonucu zararlar ile işletmeler karşı karşıya kalabilecektir (Souza vd., 2020: 1390).

Küreselleşme ile artan rekabet koşulları tahmin faaliyetlerini zorunlu kılmıştır. Geçmişte piyasa koşullarındaki değişim aylar öncesinden öngörülerek gerekli önlemler alınabilirken, günümüz piyasa koşullarında tahmin faaliyetleri ile ani değişimleri öngörmek çok

zor hale gelmiştir (Ervural vd., 2018: 83). Günümüzde işletmelerin devamlılıklarını sağlayabilmelerinde, talep tahmin becerilerinin önemli bir yeri vardır (Güven ve Şimşir, 2020: 1). İşletmelerin geleceğini bu denli ilgilendiren talep tahmininin yapılmasında kullanılacak farklı yöntemler bulunmaktadır.

1.2. Talep Tahmin Yöntemleri

Talep tahmin yöntemleri çalışmalarda birçok farklı sınıflandırmaya tabi tutulmuştur (Ervural vd., 2018; Doğan, 2023; Bulut, 2006; Çapraz vd., 2023; Akgül 2013). Literatürde, çalışmanın doğası ve vurgulanmak istenen konu bağlamında talep tahmin yöntemlerinin klasik sınıflandırılmasına ek olarak farklı sınıflar ilave edilmiştir. Örneğin, Akgül (2013), yapay sinir ağlarını kullandığı çalışmasında klasik sınıflandırmaya ek olarak Destek Vektör Makineleri ve Genetik Algoritmalar'ı; Doğan (2023) ise Yapay Sinir Ağları tahmin yöntemlerini anlatmıştır. Bu tez çalışmasında talep tahmin yöntemleri İlhan (2015) ve Kuru (2017)'nin çalışmalarına paralel olarak aşağıdaki başlıklar altında incelenecektir;

- Nitel tahmin yöntemleri
- Nicel tahmin yöntemleri
 - Nedensel Yöntemler
 - Zaman Serisi Analizleri
- Bulanık tahmin yöntemleri

1.2.1. Nitel Tahmin Yöntemleri

Tahmin faaliyeti yapılırken başlangıçta sayısal ve/veya istatistikî veri bulunmayabilir veya istenilen düzeyde olmayabilir. Verinin bulunmadığı ya da eksik olduğu durumlarda talep tahmininde subjektif yorumlara ve fikirlere başvurulabilmektedir. Nitel tahmin yöntemleri bu noktada devreye girmektedir. Nitel tahmin yöntemlerinde faydalanılan bilgiler, çalışan veya yöneticilerin daha geniş bir ifadeyle konu hakkında uzmanlığı olan kişilerin tecrübelerine, sezgilerine ve kişisel yargılarına dayanmaktadır (Kobu, 2010: 114; Çapraz vd., 2023: 1353; Yiğit, 2016: 211). Geçmiş verilere erişimin yetersiz olması, mevcut zaman serilerinin güvenilirlik veya geçerlilik açısından sorunlu olması, makro çevredeki hızlı değişimler, çevresel faktörlerin büyük belirsizlikler yaratması ve uzun vadeli tahmin gereksinimleri gibi etkenler, nitel yöntemlerin kullanılmasını kaçınılmaz kılmaktadır (Çuhadar, 2006: 64; Akgül, 2013: 95). Nitel tahmin yöntemleri için literatürde farklı sınıflandırmalar yapıldığı görülmüştür (Akgül, 2013; Bulut, 2006; Kuru, 2017). Bu çalışmada Çuhadar (2006), Ulucan ve Kızıllırmak

(2017) ve Şahin ve Taşkesen (2022) çalışmalarına paralel; Senaryo Analizi, Uzman Panelleri ve Delphi Tekniği olarak üç başlıkta incelenecektir.

1.2.1.1. Senaryo Analizi Yöntemi

Senaryo analizinin kökeni 1950'lerdeki yöneylem araştırmasına dayansa da, tahmin aracı olarak kullanımı 1967'den sonra Herman Kahn'ın çalışmalarıyla yaygınlaşmış ve Kahn yöntemi, nedensel süreçler ile kararlara odaklanan varsayımsal olaylar dizisi şeklinde tanımlanmıştır (Olgun, 2009: 12). Senaryo analizi, olası gelecekleri keşfetmeye yönelik bir yaklaşımdır, ancak tahmin veya öngörü değildir. Senaryo analizi karar vericilere belirsizlikle başa çıkmaları için farklı olasılıklar sunar (Dyner vd., 2019: 58). Başka bir ifadeyle senaryo analizinin odak noktası geleceği tahmin etmek veya belirsizliğini tam olarak tanımlamak değil, belirsizliği sınırlandırmaktır (Schoemaker, 1991: 550).

Senaryo analizi alternatif gelecekleri ele almakta, ekonometrik modellerin dışladığı konuları ve niteliksel görüşleri de içermektedir. Alternatif gelecekler üzerine oluşturulan senaryolar sayesinde olası tehditler önlenilmekte; ani değişikliklere uyum kolaylaşmakta ve daha sistematik tepki verilebilmektedir (Sarı, 2016: 9).

Şahin vd. (2002) çalışmalarında senaryo analizi yaklaşımlarını sezgisel yaklaşım, eğilim-etki analizi ve çapraz-etki olarak üç başlıkta incelemişlerdir;

Sezgisel Yaklaşım: Esnek ve iç tutarlılığa sahip senaryolar ortaya koymaktadır ve yaklaşım özenli bir hazırlık süreci sonucunda organizasyonların özel gereksinimlerine ve makro çevresine uyumlu senaryolar üretebilmektedir.

Eğitim-Etki Analizi: Geleneksel tahmin yöntemleri ve nitel faktörler arası bağlantı kurarak genel eğilimleri etki gücüne sahip özel olayların dikkate alınması için istatistiksel bir tahmin modeli ve çeşitli olasılıkları değerlendirmeyi gerektirir.

Çapraz-Etki: Senaryoların oluşturulmasında hesaba katılan olayların birbiriyle olan ilişkilerini analize dahil eder.

Schoemaker (1991: 550), senaryo analizinin kullanılma gerekçelerini aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- Yüksek belirsizlik,
- Geçmişte yaşanan yüksek maliyetli şoklar,
- Algılanan ve üretilen fırsatların yetersizliği,
- Fazla sayıda yapılan stratejik plan sebebiyle oluşturulan stratejik planların kalitesinin düşmesi,
- Faaliyet gösterilen sektörün yaşadığı ya da yaşayacağı önemli değişiklik,

- Farklılıkların dikkate alındığı ortak bir dil ve çerçeve oluşturma niyeti,
- Her birinin değerli olduğu güçlü fikir ayrılıkları
- Rakiplerin de senaryo analizi kullandığının bilinmesi.

1.2.1.2. Uzman Panelleri

Araştırma konusu hakkında bilgi sahibi olan üyeler tarafından oluşturulan grubun bir toplantı ortamında bulunduğu; üyeler arası etkileşimi ve fikir alışverişini esas alan; üyelerin görüş birliği sağlaması ile sona eren çalışmalardır (Çuhadar, 2006: 68; Akgül, 2013: 98). Literatürde uzman panellerinin en önemli özelliği olarak grup üyelerinin etkileşim halinde olmaları vurgulanmıştır (Olgun, 2009: 14; Çağlar, 2007: 24).

1.2.1.3. Delphi Tekniği

Delphi tekniği 1960'larda Olaf Helmer ve Norman Dalkey isimli araştırmacılar tarafından RAND isimli işletme bünyesinde geliştirilmiştir (Çuhadar, 2006: 64; Çağlar, 2007: 18; Olgun, 2009: 11). Helmer ve Dalkey (1962)'in çalışmalarında bahsettikleri üzere araştırma askeri bir proje olan RAND projesi kapsamında desteklenmiştir ve araştırmanın temeli 1951'de yayımlanan ancak gizlilik sebebiyle 1960'larda açıklanabilen "Bombalama İhtiyaçlarının Tahmini için Uzmanların Kullanımı" isimli RAND belgesine dayanmaktadır. Bu çalışmada Delphi tekniğinin amacı, bir grup uzmanın en güvenilir görüş birliğini elde etmektir. Bunu, kontrollü görüş geri bildirimi içeren bir dizi yoğun anketle başarmaya çalışır. Buradan görüleceği üzere uzman panellerinden farkı Delphi tekniğinde anketlerin kullanılması, uzman panellerinde ise uzmanların bir araya gelmeleridir.

Delphi tekniği fiziksel olarak bir araya gelemeyen çok sayıda uzmanın yargılarını birleştiren, aynı zamanda geri bildirim, tartışma ve yorum yapmayı kolaylaştıran bir teknik olarak tanımlanmıştır ve bu tekniğin genel amacı, farklı katılımcılardan oluşan bir grup arasında fikir birliği sağlamak olarak belirtilmiştir (Czinkota ve Ronkainen, 2005: 113). Delphi tekniğinde araştırmacılar aynı anketi çok sayıda katılımcıya tekrar tekrar gönderir ve her bir gönderim öncesinde bir önceki anketin sonuçları katılımcılarla paylaşılır. Böylece katılımcıların verdikleri yanıtları genel görüş eğilimi doğrultusunda yeniden değerlendirebilir ve sonunda bir görüş üzerine mutabakat sağlanır (Çeliktaş ve Koçar, 2010: 1974; Daniel ve Hernandez, 2024: 4).

Araştırmacıların niş ya da genel bir konu fark etmeksizin her konuda tam bilgi sahibi olmaları ve dolayısıyla tüm olasılıkları gözden geçirme yetilerinin olması beklenmemelidir. Bu durumlarda konunun uzmanı kişi ya da kişilere başvurulması sıklıkla gözlemlenen bir

durumdur. Ancak sistemler canlı işleyişe sahip olduğundan bir durum özelinde uzmanların yorum çeşitliliğinden dolayı farklı doğruları savundukları görülebilir. İşte bu görüş ayrılıklarının olduğu durumlarda Delphi tekniği mutabakat sağlama aracı olarak kullanılabilir (Şahin, 2001: 215).

1.2.2. Nicel Tahmin Yöntemleri

Nicel tahmin yöntemlerini, nitel tahmin yöntemlerinden ayıran unsur, sayısal verileri temel alan istatistiksel metotların sonuçlarına dayanmasıdır (Akgül, 2013: 100). Başka bir deyişle, nicel tahmin yöntemleri tahmine konu olan verinin işlenmesi ve sonucunda matematiksel modellemeyle temellendirilen yöntemlerdir (Kocatepe ve Yıldız, 2016: 928). Nicel tahmin yöntemleri, yapılacak olan tahminlerde geçmiş verilere dayanmaktadır (Çapraz vd., 2023, 1353). Nicel tahmin yöntemlerini uygulayabilmek için aşağıdaki üç koşulun sağlanması gereklidir (Bahar, 1994: 1):

- Daha öncesinde tecrübe edilen, gerçekleşen durumlar hakkında bilgi
- Geçmişte edinilen bilginin veri haline dönüştürülebilmesi
- Geçmiş koşulların gelecekte de devam edeceğinin kabul edilmesi.

1.2.2.1. Nedensel Yöntemler

Nedensel yöntemler tahmin edilmek istenen ve tahmin için alınan veriler arasında ilişkiden beslenir (Kuru, 2017:12). İki değişkenden birinde meydana gelen değişim diğer değişkeni aynı ya da zıt yönde etkiliyorsa bu iki değişken arasında neden-sonuç ilişkisi var denebilir (İlhan, 2015: 38). Meydan (2007: 24), nedensel yöntemlerle yapılan tahmin faaliyetini ürünün geçmiş talep verisinin yanı sıra bu veride etkisi olabilecek değişkenlere ait verilerin kullanılması olarak tanımlamıştır.

Nedensel yöntemlerin literatürde birçok farklı sınıflandırmaya tabi tutulduğu görülmüştür (Şener: 2015; Türk ve Kıan; 2019: 33). Bu çalışmada nedensel yöntemler *regresyon analizi ve ekonometrik modeller* başlıkları altında incelenecektir.

1.2.2.1.1. Regresyon Analizi

Değişkenler arası ilişkinin istatistiki verilerinden hareketle tahminler yapılmasında kullanılan regresyon analizi ilk olarak 19. yüzyılda Sir F. Galton tarafından yapılan aileler ve çocukların boyları arasındaki ilişkiyi konu alan araştırmada kullanılmıştır (Çapraz vd., 2023: 1353). Regresyon analizi bağımlı değişken ile bağımsız değişken ya da değişkenler arasında bağıntıyı inceleyen bir yöntemdir (Yazıcıoğlu, 2010: 41; Şahin ve Taşkesen, 2022: 150). Regresyon analizinde amaç belirlenen bağımlı değişkenin o değişkeni etki gücüne sahip olan

yani bağımsız değişkenlerden yararlanarak tahminine imkân sağlayacak bir fonksiyon ortaya koymaktır (Fırat, 2012: 101).

Değişkenler arası ilişkinin incelenmesi ve tahmini sonucunda bağımlı değişkeni etkileme gücüne sahip olan bağımsız değişkenler arasında hangi değişken üzerinde nasıl bir yol izleneceği konusunda fikir edinilmesine yardımcı olmaktadır (Çağlar, 2007: 25). Bu durum organizasyonlara alacağı kararlar sonucunda dolaylı etkileme gücüne sahip değişkenlerin tespiti ve etkilenecek olan değişkenlerin nasıl ve ne derecede etkileneceği hakkında öngörü sahibi olma becerisi sağlayacaktır.

Regresyon analizi için yapılan tanımlarda çoğunlukla bağımlı değişken ve bağımsız değişken terimleri kullanılsa da literatürde farklı isimlendirmeler de bulunmaktadır. Bu durum Tablo 1.1’de gösterilmiştir:

Tablo 1.1 Regresyon Modellerinde Kullanılan Terimsel İfadeler

Y	X
Bağımlı değişken	Bağımsız değişken
Açıklanan değişken	Açıklayıcı değişken
Tepki değişkeni	Kontrol değişkeni
Öngörülen değişken	Öngören değişken
Bağlanan	Açıklayıcı

Kaynak: Wooldridge, 2002: 70.

Y, bağımsız değişken olan X’in -değişken sayısının artmasına bağlı olarak X’lerin-alacağı değerlere göre farklı değerler alır. Regresyon analizinde temelde üstel regresyon, eğrisel regresyon, basit doğrusal regresyon, çoklu doğrusal regresyon denklemleri bulunmaktadır (Çağlar, 2007: 25; Can, 2023: 16). Denklemlerin matematiksel gösterimleri şu şekildedir;

Basit Doğrusal Regresyon : $Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$

Çoklu Doğrusal Regresyon : $Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$

Üstel Regresyon : $Y = \alpha \cdot \beta_1^X$

Eğrisel Regresyon : $Y = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_n X^n$

Denklemlerdeki notasyon aşağıdaki gibidir;

Y: Bağımlı değişken,

X: Bağımsız değişken,

α : Tahmin edilecek parametre

β : Tahmin edilecek parametre

ε : Hata terimidir.

Burada ε modelin stokastik yapıda olduğunu ifade eder ve model içerisinde yer almayan değişkenleri kapsar (Yavuz, 2009: 126).

Basit doğrusal regresyonda iki değişken arası ilişkinin doğrusal olduğu varsayılırsa denklem $Y_i = \alpha + \beta X_i$ olarak gösterilir; denklemdeki α ve β değerlerini bulmak için En Küçük Kareler yöntemi kullanılabilir ve sonrasında bağımsız değişken değeri hesaplamada kullanılarak bağımlı değişkenin değeri elde edilir (Newbold vd., 2019: 399). En Küçük Kareler Yöntemi'ne göre α ve β değerleri için tahmin edilen değerler sonucunda hata kareler toplamı en küçük olmalıdır (Yavuz, 2009: 125).

Basit doğrusal regresyon modelinin hata terimleri (ε) için aşağıdaki varsayımlardan söz etmek gerekir (Gamgam ve Altunkaynak, (2021: 25);

- ε bir rastgele değişkendir ve hata terimleri ortalaması 0, varyansı σ^2 'dir
- Hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.
- Hata terimlerinin varyansları arası fark yoktur.

Çoklu doğrusal regresyonda bağımlı değişkende meydana gelen ya da gelebilecek değişiklikleri açıklayacak bir model kurulur ve bu modelde yer alan bağımsız değişkenlerin eş zamanlı ve değişkenlerin münferit etkileri ölçülmesi beklenir (Newbold vd., 2019: 457). Çoklu regresyonu açıklayan $Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$ denkleminde görüleceği üzere bir bağımlı değişken (Y) ve birden çok bağımsız değişken ($X_1, X_2, \dots, X_n$) bulunmaktadır. Denklemdeki ε gösterimi burada da hata terimini ifade eder ve Y bağımlı değişkenini etkileyebilecek diğer değişkenlerin de varlığını kabul eder.

Çoklu doğrusal regresyon modelinin bazı varsayımları bulunmaktadır ve bunlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Kalaycı, 2006'dan akt. Yavuz, 2009: 126):

- Dağılımın normal olması beklenir
- Doğrusal bir yapı olmalıdır
- Hata terimleri ortalamasının 0 olması gerekir
- Varyansın sabit olması gerekir
- Otokorelasyon olmamalıdır
- Bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı olmamalıdır.

1.2.2.1.2. Ekonometrik Modeller

Ekonometri, ekonomik teorileri istatistiksel yöntemlerle doğrulamak amacıyla matematiksel terimlerle ifade etmeye çalışır ve bir ekonomik değişkenin diğerine olan etkisini ölçerek gelecekteki olayları tahmin etmek için kullanılır (Pehlivanoğlu, 2023: 25). Ekonometrik modeller içerisinde birden çok bağımsız değişken içeren doğrusal denklem sistemlerince

oluşturulan modellerdir (Bahar, 1994: 51). Bu modellerde verilerin toplanması, hesaplamaların yapılmasında ve denklemlerin kurulmasında gereken uzmanlık; sistemin oluşturulmasının oldukça karmaşık ve yüksek maliyetli olması sebebiyle maliyetli ve zor bir süreçtir (Pehlivanoglu, 2023: 25; Çağlar, 2007: 28; Bahar, 1994: 51).

1.2.2.2. Zaman Serisi Analizleri

Zaman serileri en geniş ifadeyle bir bağımsız değişkenin –ki bu değişken daima değerler arasında eşit aralık olan bir zaman ölçütüdür- aldığı eş aralıklı ve birbirini takip eden değerlerinden oluşan bir küme olarak tanımlanabilir (Kobu, 2010: 122). Zaman serisi analizlerinde belirli ve birbirini takip eden zaman aralıklarında gözlemlenen verilerin süreç içerisindeki değişimleri araştırılır ve bu değişimleri temsilen bir model ile geleceğe yönelik tahminleme yapılır (Sarı, 2016: 10).

Zaman serilerini oluşturan gözlemleri etkileyen faktörler vardır. Bunlar gözlemlerin olduğu yapının içinde bulunduğu sosyal, siyasal, ekonomik, kendiliğinden gelişen ve öngörülemeyen bazı rastgele olayların seriyi etkileme gücüne sahip faktörlerdir. Zaman serileri, sayılan bu faktörler tarafından oluşturulur ve bu faktörler trend, mevsimsel, konjonktürel ve düzensiz (rassal) hareketler olarak sıralanabilir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 9).

Trend: Zaman serisinin ortalamasında gözlemlenen sürekli artış ya da azalışa trend adı verilir (Mert ve Çağlar, 2023: 8).

Mevsimsel Değişim: Zaman serisinde belirli zaman aralıklarında kendini düzenli olarak tekrar eden döngülere mevsimsel değişim adı verilmektedir (Mert ve Çağlar, 2023: 8). Mevsimsel değişimde zaman serisinin gözlem değerleri belirli aralıklarda ve kendini düzenli tekrar eden bir yapıda trendin altında veya üzerinde değer almaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 10).

Konjonktürel (Çevrimsel) Dalgalanmalar: Zaman serisinde gözlemlenen değişimlerin, mevsimsel değişimlere nazaran daha uzun zaman aralığında meydana gelen dalgalanmalarıdır (Akgün, 2001: 7; Savcı Baştuğ, 2017: 9). Bu dalgalanmalar genellikle ekonominin durumuna bağlı zaman serisinde görülen değişimlerdir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 10; Ecemiş, 2022: 12)

Düzensiz (Rassal) Hareketler: Trend, mevsimsel değişim ve konjonktürel dalgalanmalar dışında kalan (Yeşilyayla, 2013: 10); belirli bir yapıya sahip olmayan ve dolayısıyla önceden tahmin edilemeyen hareketlerdir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 10).

Zaman serilerinde seriye ait gözlemleri etkileyen unsurlar toplamsal ve çarpımsal olarak ifade edilmektedir (Kurtcu, 1996: 4). Bu ifadeler zaman serisi (Y_t) ile zaman serisini etkileyen ve yukarıda açıklanan trend (T), mevsimsel değişim (M), konjonktürel dalgalanmalar (K) ve düzensiz hareketler (R) ile toplamsal model veya çarpımsal model olarak gösterilebilen ilişki olduğunu varsaymaktadır (Akgün, 2001: 9; Yeşilyayla, 2013: 12).

$$\text{Toplamsal Model: } Y_t = T + M + K + R$$

$$\text{Çarpımsal Model: } Y_t = T \times M \times K \times R$$

Zaman serilerinde yapılan çalışmalarda kontrol edilmesi gereken önemli bir husus serinin durağan olup olmadığıdır. Bir serinin durağan olup olmadığının belirlenmesi çalışmanın gidişatını etkilemektedir (Mert ve Çağlar, 2023: 103). Hatta çalışılan serilerin durağan olmaları ekonometrik analizler vasıtasıyla bulunan sonucun doğruluğu için kritik öneme sahiptir (Mert ve Demir, 2014: 12). Durağan olmayan bir zaman serisinde oluşturulan regresyon, regresyondaki değişkenler arasında sahte ilişkiye neden olarak regresyon sonucunu gerçekçilikten uzaklaştırmaktadır (Torun, 2015: 48).

Durağanlık analizi genel olarak üç farklı şekilde yapılabilmektedir:

- i. **Grafiksel Analiz:** Bir zaman serisinin grafiğinin gidişatı kontrol edilerek seri hakkında ön fikir elde edilebilir (Torun, 2015: 52).
- ii. **Korelogram Testi:** Bir zaman serisinin, cari ve önceki dönemleri arasındaki korelasyona otokorelasyon adı verilmektedir ve korelasyon katsayısı $[-1, +1]$ arasında değerler alır (Mert ve Çağlar, 2023: 10). Tanımdan hareketle bir zaman serisinin cari dönemini y_t olarak ve kaç dönem gecikmeli olarak bakılacağı da k. dönem ile tanımlanırsa zaman serisinin k. gecikmedeki otokorelasyon y_t ile y_{t-k} arasındaki korelasyon olacaktır. Kısmi otokorelasyon ise gecikmeli diğer değişkenlerin etkisinin sabit olması koşuluyla, bugünkü değeri x_t olarak gösterilen değişken ile bu değişkenin k. gecikmesi ile bulunan x_{t+k} değişkeni arasındaki ilişkiyi inceler (Bircan ve Karagöz, 2003: 53; Bölük, 2012: 20) ve $[-1, +1]$ arası değer olarak korelasyon katsayısı gibi yorumlanır (Akgün, 2001: 25). Korelogram, örneklem otokorelasyonların, kısmi otokorelasyonların ve Q-istatistiklerinin seri özelliklerine bağlı yaklaşık olarak k sayıda gecikmeye göre işaretlenmesi sonucu çizilen grafiğe denir. Seçilen gecikmedeki otokorelasyonun sıfıra yaklaşmasına bağlı olarak serinin temiz dizi (white noise) veya durağanlığı artmaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 271). Temiz dizi farklı şekillerde incelenebilmektedir. Bir dizinin temiz dizi özelliği göstermesi için; korelogram grafiğinin rassal bir dağılım sergilemesi, otokorelasyon (AC) ve kısmi otokorelasyon (PAC) katsayılarının istatistiksel olarak anlamsız olması beklenmektedir (Kozaklı vd., 2021: 561).

- iii. **Birim Kök Testi:** Zaman serileri ile yapılan çalışmaların ilk aşamasında serilere uygulanan birim kök testleri sonucunda serinin durağan olup olmaması hakkında yapılan yorum analizin önemli bir parçasıdır ve seride birim kökün olmayışı serinin durağan olduğu anlamına gelmektedir (Mert ve Çağlar, 2023: 103).

Birim kök testinin önem atfedilmesinin bazı nedenleri aşağıda sıralanmıştır (Teymur Erdem, 2024: 152);

- Birçok zaman serisi modellerinin (VAR, ARIMA gibi) varsayımlarından biri verilerin durağan olmasıdır. Verilerde durağanlık yok ise model sonuçları yanlış; tahminler hatalı olabilir.
- Durağan olmayan değişkenler arası uzun vadeli ilişkiyi inceleyen eşbütünleşme analizinde birim kök testi ön koşuldur. Eğer birim kök var ise değişkenler eşbütünleşik olabilir ve bu durum modelleme ve tahmin amaçları doğrultusunda kullanılabilecek istikrarlı bir uzun vadeli ilişkiye işaret eder.
- Zaman serilerinde birim köklerin olması durumunda kurulan regresyonlar sahte sonuçlar üretebilir. Bu durum değişkenler arasında olmayan ilişkinin varmış gibi görünmesine yol açabilir.

Birim kök testlerinde sıkça başvurulan yöntemler Dickey-Fuller (DF) testi, Augmented Dickey-Fuller (ADF) testi, Phillips-Perron (PP) testi ve Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (KPSS) testidir (Torun, 2015: 54).

Zaman serilerinin durağan olup olmadığı devamında yapılacak matematiksel işlem ve yöntemler için önem arz etmektedir. Yukarıda sayılan analiz ve değerlendirmeler sonucu zaman serileri durağan değilse, durağanlığın sağlanması için iki tür işlem yapılır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 236):

- 1) Serinin farkının/farklarının alınması,
- 2) Deterministik trendin ortadan kaldırılması. Bunun iki yolu vardır:
 - a) Zaman serisine regresyon uygulayıp kalıntılarla çalışılması ya da
 - b) Modele bir zaman trendi ilave edilmesi.

Zaman serileri analizlerinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Zaman serileri analizleri bu tez çalışmasında; Naive Yöntemi, Hareketli Ortalamalar Yöntemi, Üstel Düzleştirme Yöntemi ve Box-Jenkins Yöntemleri olarak sınıflandırılmıştır.

1.2.2.2.1. Naive Yöntemi

Naive yöntemi kullanılarak yapılan tahminlerde, son gözlem değeri ya da gözlem değerine eklenecek/çıkarılacak bir yüzdelik oran ile tahmin edilecek dönem değerine ulaşılır (Çakır Aydın, 2017: 11; Meydan, 2007: 51).

Bir dönem önceki değeri kullanan metot için formülasyon aşağıdaki gibidir:

$$y_t = y_{t-1}$$

y_t : Tahmin değeri

y_{t-1} : Tahmin değerinden bir önceki dönem değeri.

1.2.2.2.2. Hareketli Ortalamalar Yöntemleri

Bir zaman serisinin içinde barındırdığı düzensiz değişkenin etkisi bazen diğer değişkenlerin etkilerinden daha büyük olabilir ve zaman serisinin grafiğinde aşağı veya yukarı yönlü aşırı salınımlara sebebiyet verebilir. Bu durumda serilerin grafiklerini daha düzleyebilmek için hareketli ortalamalar yöntemi kullanılır (Newbold vd., 2019: 669). Hareketli ortalamalar yöntemi ile yapılan tahminde serideki en eski veri çıkarılarak yeni veri eklenir; böylece belirlenen dönem sayısına ait verilerin ortalaması alınarak tahmin sonuçları elde edilir. Hareketli ortalamalar verilerdeki dalgalanmaları düzeltirken genel veri düzenini korurlar ve ortalamalar ne kadar uzun süreleri kapsıyorsa o kadar fazla düzeltme etkisi yaparlar (Monks, 1996: 42).

1.2.2.2.2.1. Basit Aritmetik Hareketli Ortalama Yöntemi

Bu yöntemde tahmin edilmek istenen verinin gelecek dönemdeki değeri geçmişteki değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanır (Çağlar, 2007: 34; Bulut, 2006: 42; Çuhadar, 2006: 76). Basit aritmetik hareketli ortalamalar yöntemi aşağıdaki gibi formüle edilebilir;

$$y_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^t y_i}{t}$$

y_{t+1} : t+1. dönem için tahmini talep değeri

y_i : tahmin edilmek istenen verinin i. dönem değeri

t : Basit aritmetik hareketli ortalama göz önüne alınacak dönem sayısını ifade etmektedir.

Yukarıdaki formülde tahmin edilmek istenen değer olarak ifade edilen y_{t+1} değeri gerçekleştiğinde y_{t+2} değerinin tahmini için aşağıdaki formülasyon kullanılır;

$$y_{t+2} = \frac{\sum_{i=1}^{t+1} y_i}{t+1}$$

Bu model ilgili zaman serisinin, zaman serisi bileşenlerinden trend, konjonktürel etki ve mevsimsel dalgalanmalardan etkilenmediği varsayımı ve daha az uzunlukta bir zaman serisiyle çalışıldığında iyi sonuçlar verirken; veri sayısı artmasına bağlı olarak bir trend yakalayamamaktadır (Bulut, 2006: 43).

1.2.2.2.2. Hareketli Ortalama Yöntemi

Hareketli ortalama yöntemi, basit aritmetik hareketli ortalama yöntemindeki gibi tahmin edilmek istenen değere kendinden önce gerçekleşen değerlerin ortalamasını alarak ulaşır. Hareketli ortalama yönteminin farkı serideki tüm geçmiş dönemlere değil tahmin döneminden n dönem öncesine kadar bakmaktadır (Yanık, 2019: 22). Modelde kullanılan ve karar verici tarafından modele eklenen n sabitinin bir özelliği sayısal bir zaman serisi yöntemi olan hareketli ortalamalar yöntemine yargısal bir sabitin eklenmesidir (Soysal ve Ömürgönülşen, 2010: 131). Örneğin; karar verici tarafından n=4 olarak belirlendiği varsayımında;

t Değerleri	$t_{geçmiş\ yıllar}$	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
y Değerleri	$y_{geçmiş\ yıllar}$	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6

Karar verici y_5 'in tahmininde y_1, y_2, y_3 ve y_4 'ü kullanır. Bu yöntemde seçilen n değeri kadar öncesine bakılır ve daha geçmişe bakılmaz. y_5 gerçekleştiğinde y_6 değerini tahmin etmek için y_1 'i denklemden çıkarır ve y_2, y_3, y_4, y_5 'i kullanır. Bu yöntemin formülasyonu aşağıdaki gibidir:

$$Y_t^* = \frac{\sum_{i=1}^n y_{t-i}}{n}$$

Y_t^* : t. dönem için tahmini talep değeri

y_{t-i} : t. dönemden i. dönem öncesinin gerçekleşen talep değeri

n : Hareketli ortalama göz önüne alınacak dönem sayısını ifade etmektedir.

Hareketli ortalamalar yönteminde bir tahmin denklemi oluşmaz ve zaman serilerinin son dönem tahmin değerlerinin elde edilmesini sağlamazlar (Monks, 1996: 42). Bu yöntemin amacı çalışılan zaman serisine etki eden tesadüfi etkenlerce -başka bir deyişle kontrol edilemeyen değişkenlerce- ortaya çıkan değişimleri bir ölçüde ayırarak karar vericilerin kaynağı bilinen değişimler üzerinde dikkatlerini toplamasını sağlamaktır (Kobu, 2010: 122). Hareketli ortalamalar yönteminde tahmin edilmek istenen değişken, o değişkenin yakın dönemindeki değerlerden etkileniyorsa iyi sonuçlar verebilir ancak böyle bir etki durumu yok ise uzak dönemi -her yeni değer geldikçe- göz ardı ettiğinden bu yöntemin kullanılması elverişli olmayacaktır (Yanık, 2019: 23).

1.2.2.2.3. Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi

Basit aritmetik hareketli ortalama ve hareketli ortalama yöntemlerinde geçmiş dönem verilerinin tahmin verisine etkilerinin aynı oranda olduğu konu içeriklerinde anlatılmıştır. Ancak ağırlıklı hareketli ortalama yönteminde geçmişteki verilere bir ağırlık atanarak tahminleme yapılabilir ve bu ağırlıklar deneme, yanılma ve tecrübeler ile belirlenir (Kuru, 2017: 11). Ağırlıklı hareketli ortalamalar yöntemi eğer geçmiş bazı veriler, kendinden sonraki veriler için kesin bir yargı veriyorsa kullanılabilir (Ervural, 2018: 85). Bu şekilde yöntemde geçmiş verilerin tahmine etkisinin şiddeti ayrı olarak derecelendirilebilir.

Yöntemin uygulanışında tahmin değerine en yakın veriye en fazla ağırlık verilir (Çağlar, 2007: 38; Yanık, 2019: 24; Bulut, 2006: 45). Yöntem için kullanılan matematiksel gösterim aşağıdaki gibidir:

$$y_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^t y_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

y_{t+1} : t+1. dönemin tahmin değeri

y_i : i. dönem gerçekleşen talep değeri

w_i : i. dönem gerçekleşen talep katsayısı (ağırlığı)

1.2.2.2.3. Üstel Düzleştirme Yöntemi

Üstel düzeltme yöntemi tahmin sürecine veri setinde son dönemlerde meydana gelen ani değişimlerin dahil edilerek hesaplamaların yapılmasını sağlayan bir tür ağırlıklı ortalama yöntemidir (Bilgin ve Ulusoy, 2021: 1417). Yöntem zaman serisi veri setindeki gözlem sayısı küçükse ya da zaman serisinde gözlemlenen trendin stokastik veya deterministik olması halinde kullanılabilir (Bowerman ve O'Connel, 1979'dan akt. Mert ve Çağlar, 2023: 79).

Üstel düzeltme yönteminde tüm gerçekleşen verilerle ya da tahmin dönemine yakın belirli sayıdaki gerçekleşen veriyle tahmin yapılabilir (Doğan, 2012: 18). Üstel düzeltmenin genel fikri, son gözlemlerin eski gözlemlere göre tahmin için daha uygun olduğu, yani daha fazla ağırlıklandırılması gerektiğidir (Bergmeir vd., 2016: 304).

Üstel düzeltme yöntemleri aşağıdaki sınıflandırmaya tabii tutulabilir (Mert ve Çağlar, 2023);

- Basit Üstel Düzleştirme
 - Tek Üstel Düzleştirme
 - Çift Üstel Düzleştirme
 - Holt-Winters Çarpımsal Düzleştirme
 - Holt-Winters Toplamsal Düzleştirme
 - Holt-Winters Mevsimsel Olmayan Düzleştirme

- ETS (Error-Trend-Seasonal)(Hata-Trend-Mevsimsel) Üstel Düzleştirme

1.2.2.2.4. Box-Jenkins Yöntemi

Box-Jenkins yöntemi tek değişkenden oluşan bir tahmin yöntemidir (Bircan ve Karagöz, 2023: 50; Can, 2023: 18; Çağlar, 2007: 46). Bu yöntem zaman içerisinde gerçekleşen olayların rassal; bu olaylarca oluşturulan zaman serilerinin ise stokastik süreçler olduğu düşünceler geliştirilmiştir (Duru, 2007: 16). Yöntemin temel varsayımları uygulandığı serideki gözlemlerin eşit zaman aralıklarında elde edilmiş olması (Bircan ve Karagöz, 2023: 50), serinin durağan olması (Yeşilyayla, 2013: 14) ve kesikli olması (Duru, 2007: 15) gerektirir. Gözlemlerin eşit zaman aralıklarında elde edilmiş olmasından kasıt zaman serisini oluşturan gözlemlerin belirli periyotlarda elde edilmiş olmasıdır. Durağanlık kavramı, zaman serilerinde trend ve varyansın zaman içerisinde sistematik bir değişim göstermemesi ve düzenli periyodik hareketlerin bulunmaması durumunda serinin durağan olarak tanımlanmasını ifade eder (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 57). Burada dikkate alınan durağanlık kovaryans durağanlığıdır (Çuhadar, 2006: 85). Bir diğer varsayım olan gözlemlerin kesikli olması gözlem değerlerinin ancak sayılabilen değerleri almasıdır (Newbold vd., 2019: 127).

Ortalama, varyans, otokovaryans, otokorelasyon, kısmi otokorelasyon ve korelogram gibi istatistiksel araçlar, Box-Jenkins tahmin modellerinin temel niteliklerini ortaya koymak için kullanılabilir. Bu yöntemler stokastik yapıda olmaları sebebiyle ortalama ve varyansları sabittir. Burada ortalama serinin gösterdiği dalgalanma düzeyi, varyans ise değerlerin ortalama ne kadar saptığının ölçüsü olup aşağıdaki şekilde formüle edilir (Çağlar, 2007: 53);

$$\text{Ortalama} = E(Y_t) = E(Y_{t+k}) = \mu$$

$$\text{Varyans} = \sigma_y^2 = E(Y_t - \mu)^2$$

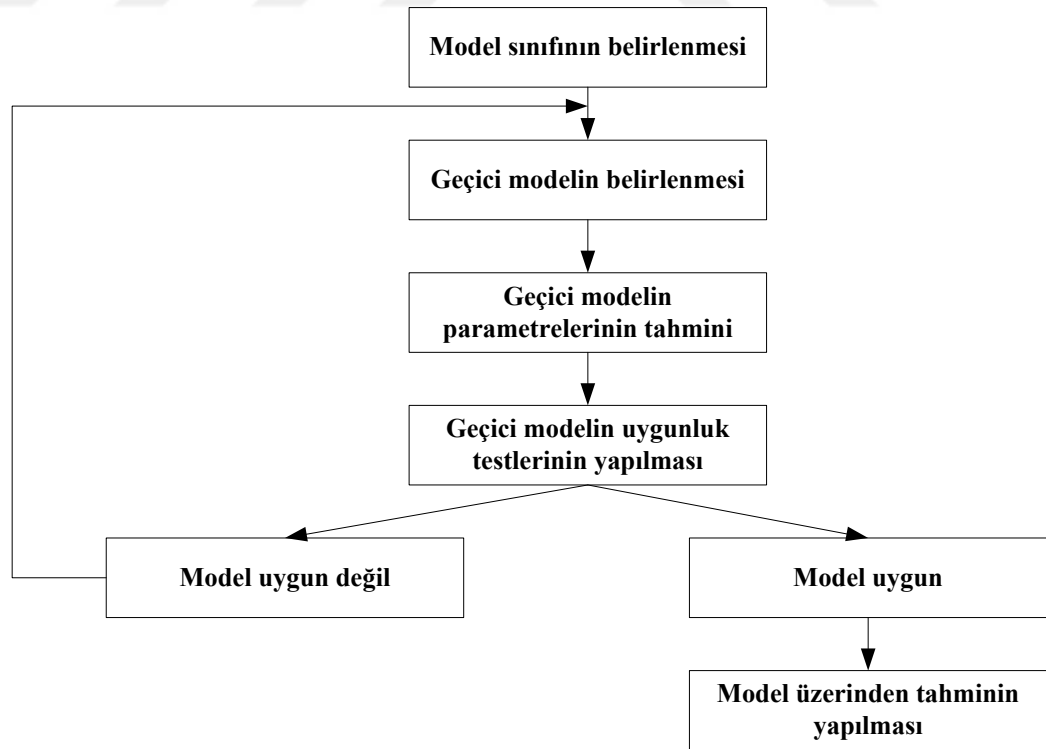
Zaman serilerinin durağan olup olmadığının kontrolü, dolayısıyla birim kök analizlerinin yapılarak birim kök olup olmadığının tespit edilmesi Box-Jenkins yöntemlerinin ilk adımını oluşturmaktadır (Mert ve Çağlar, 2023: 207). Seride birim kökün olup olmaması karar ve uygulama açısından kritik öneme sahiptir. Seride birim kökün bulunması o serinin durağan olmadığı anlamına gelmektedir (Mert ve Çağlar, 2023: 103). Durağan olmayan bir serinin ortalama ve/veya varyansı zamanla bağımsız bir eğilim gösterirken; durağan bir serinin uzun dönem analizleri seri ortalamasına yaklaşır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 305). Bir serinin uzun dönemde birçok şoka maruz kalacağı varsayımında; eğer seri bu şoklar karşısında dirençli ise seri durağan, şoklar seride kalıcı etki bırakıyorsa seri durağan olmayan yani birim kök içeren seridir yorumu yapılabilir (Mert ve Çağlar, 2023: 103).

Box-Jenkins yöntemlerinin temelinde otoregresyon ve hareketli ortalama yöntemlerinin bir kombinasyonu yatmaktadır (Çuhadar, 2006: 85). Bu ikili kombinasyon sadece durağan serilerde görülür ve ARMA (Auto Regressive Moving Averages) olarak gösterilebilir. Seriler durağan değilse burada entegrasyon (tümleşme) derecesi denkleme dahil edilecektir. Entegrasyon (tümleşme derecesi) I olarak modelde yer alır ve ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) olarak gösterilir. Eğer seri düzeyde durağan bir seri ise $I=0$ olarak gösterilebilir. Bu durum ARMA modellemesinde geçerli olan durumdur. Ancak seri düzeyde durağan değil ve d . derecede entegre (tümleşik) bir seri ise $I(d)$ olarak gösterilir ve ARIMA (p, d, q) modeli ortaya çıkar (Mert ve Çağlar, 2023: 211).

Box-Jenkins yöntemlerinde yer alan AR, MA, ARMA, ARIMA kombinasyonlarından uygun modeli seçmek dört basamaktan oluşan tekrarlı bir dizi yaklaşımdan oluşur ve bunlar (Ataseven, 2013: 107):

- Belirleme
- Parametre tahminleri
- Uygunluk testleri
- Öngörü aşamalarıdır.

Model belirleme aşamaları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Box-Jenkins Yöntemlerinde Model Seçimi (Yaman vd., 2001: 27)

Box-Jenkins yöntemlerinin doğrusal stokastik modelleri temelinde geliştiğinden yukarıda bahsedilmişti. Bu durumda Box-Jenkins yöntemlerini genel olarak 2 ana başlık

halinde ayırabilmek mümkündür. Bu, serilerin durağan olup olmamasına bağlı yapılan bir sınıflandırmadır ve doğrusal durağan stokastik modeller ve durağan olmayan doğrusal stokastik modeller olarak başlıklandırılabilir (Duru, 2007: 16; Bölük, 2012; Akgün, 2001: 39). Box-Jenkins yöntemleri, Mevsimsel etkinin gözlemlenmesine bağlı olarak Mevsimsel ARIMA (SARIMA-Seasonal Auto Regressive Integrated Moving Average) olarak modellenebilir. Bu modele karar verilebilmesi için mevsimsel birim kök kontrolü yapılır (Mert ve Çağlar, 2023: 207).

1.2.2.2.4.1. Durağan Stokastik Modeller

Stokastik süreçler kesikli ya da sürekli rastgele değişkenler topluluğudur (Bölük, 2012: 23). Stokastik yapıdaki bir sürecin durağan olabilmesi, o sürecin ortalama, varyans ve kovaryansının zamanla değişmediği anlamına gelmektedir (Polat, 2009: 48). Durağan stokastik modeller otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modelleridir (Duru, 2017: 16).

Otoregresif (AR) Modeli

Bir serinin otoregresif seri olması, kendi gecikmeli değerlerinden etkilenmesi anlamına gelmektedir (Mert ve Çağlar, 2023: 207). Başka bir ifadeyle otoregresif süreç bir zaman serisindeki herhangi bir gözlem değerini, aynı serinin gözlem değerinden önce meydana gelmiş gözlem değerinin ve hata teriminin doğrusal bir birleşimi olarak ifade eden modeldir (Duru, 2007: 17). AR süreçlerinde ne kadarlık geçmişe gidildiği isimlendirmede önemlidir. Durağan bir zaman serisi geçmiş bir dönem gecikmesinden etkileniyorsa birinci dereceden otoregresif; hem bir hem ikinci dönem gecikme değerlerinden etkileniyorsa ikinci dereceden otoregresif; p. dönem gecikme değerinden etkileniyorsa p dereceden otoregresif olarak ifade edilir ve sırasıyla AR(1), AR(2), AR(p) olarak gösterilir (Çağlar, 2007: 56; Kurtcu, 1996: 24).

AR(p) sürecinin gösterimi aşağıdaki gibidir (Mert ve Çağlar, 2023: 208):

$$y_t = c + \rho_1 y_{t-1} + \rho_2 y_{t-2} + \dots + \rho_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Gösterimdeki notasyon;

y_t : Değişkenin cari dönem değeri

y_{t-p} : Değişkenin p dönem önceki değerleri

c : Sabit terimdir ($c = \mu - \sum_{j=1}^p \rho_j \mu$ olarak gösterilir. μ sabit terimdir. AR(1)

modelinde model sabiti olan c , $\mu(1 - \rho_1)$ 'ye; AR(2) modelinde $\mu(1 - \rho_1 - \rho_2)$ 'ye eşittir.)

ε_t : Beyaz gürültü* özelliğini gösteren hata terimi ($N(0, \sigma^2)$)

ρ : Gecikme uzunluğu

*Beyaz gürültü; ortalaması sıfır, sabit bir varyansla bağımsız özdeş dağılan rassal değişkenler anlamına gelmektedir.

Modeldeki hata teriminin ortalaması sıfır, sabit varyanslı ve korelasyonu olmayan rassal bir değişken olduğu varsayılır (Polat, 2009: 48).

Hareketli Ortalama (MA) Modeli

Bir zaman serisi AR modelindeki gibi kendi değişkenlerinden değil de rassal şoklardan etkilendiği serilere hareketli ortalama serileri denir (Mert ve Çağlar, 2023: 209). Başka bir ifadeyle hareketli ortalama modeli zaman serisinin herhangi bir t dönemindeki değerini, t dönemindeki hata terimi ve daha önceki belirli sayıda hata terimine bağlı açıklayan modeldir (Ersen 2016: 32). Hareketli ortalama modeli, modelde yer alan geçmiş dönem hata terimi sayısına göre isim alır (Özdemir, 2008: 11). Bir y_t zaman serisi birinci dereceden ise AR(1), ikinci dereceden ise AR(2) ve q . dereceden ise MA(q) olarak isimlendirilir. MA(q) için genel gösterim aşağıdaki gibidir ve formülasyondaki θ_q , $q=1,2,3,\dots,q$ MA katsayılarıdır ve (Mert ve Çağlar, 2023: 209);

$$y_t = \mu + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

Gösterimdeki notasyon;

y_t : Değişkenin bugünkü değeri

θ_q : MA(q) katsayısı

μ : Sabit terimdir

ε_t : Beyaz gürültü* özelliğini gösteren hata terimi ($N(0, \sigma^2)$)

q : Gecikme uzunluğu

Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA) Modeli

Durağan stokastik modellerden sonuncusu otoregresif (AR) ve hareketli ortalama (MA) modellerinin kombinasyonu olan ARMA modelidir. Bu modeldeki kombinasyonun tanımı bir zaman serisi hem otoregresif hem de hareketli ortalama yapısında olabilmesi kaynaklıdır (Mert ve Çağlar, 2023: 210). Bu tanımdan ve yukarıda anlatılan süreçlerden anlaşılacağı üzere zaman serisindeki gözlem değeri hem kendi geçmiş değerlerinden (AR) hem de önceki hata terimlerinden (MA) etkilendiğinde kullanılan yöntemdir. Gösterimleri de yine yukarıda anlatılan AR ve MA model gösterimlerinin bir kombinasyonudur. Gösterimdeki p ve q değerleri zaman serisinin kaç dönem önceki geçmiş değerlerinden ve hata terimlerinden etkilendiğine göre değer alır. Bir Y zaman serisinin y_t gözlemi için $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}$ gibi p sayıda geçmiş dönem gözlem değerleri ve $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ gibi q sayıda geçmiş dönem hata terimlerinin doğrusal bir bileşimi olarak ifade ediliyorsa bu model $p+q$ sayıda terim içerdiğinden (p,q)'uncu

dereceden ARMA modeli olarak isimlendirilir (Özdemir, 2008: 12). ARMA(p, q) için gösterim aşağıdaki gibidir (Mert ve Çağlar, 2023: 211);

$$y_t = c + \rho_1 y_{t-1} + \dots + \rho_p y_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

Gösterimdeki notasyon;

y_t : Değişkenin bugünkü değeri

y_{t-p} : Değişkenin geçmiş değerleri

c : Sabit terimdir (Matematiksel gösterimi $c = \mu - \sum_{j=1}^p p_j \mu$ 'dir. μ sabit terimdir.

Örneğin ARMA(2, 2) için $c = \mu - p_1 \mu - p_2 \mu$ olarak gösterilir)

ε_t : Beyaz gürültü özelliğini gösteren hata terimi ($N(0, \sigma^2)$)

ρ_p : AR katsayılar

θ_q : MA katsayıları

q : Gecikme uzunluğudur.

1.2.2.2.4.2. Durağan Olmayan Stokastik Modeller

Uygulamada karşılaşılan zaman serilerinin çoğu (Bölük, 2012: 55), örneğin ekonomik zaman serileri -hisse senedi vb.- durağan değildir (Özdemir, 2008: 13; Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 174). Zaman serilerinin durağan olmadığı durumda ARIMA ve SARIMA modelleri kullanılmaktadır.

Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA) Modeli

Bir zaman serisi durağan değilse seriyi durağan hale getirmek için serinin farkı alınır ve d ile gösterilir (Bircan ve Karagöz, 2003: 51). AR, MA ve ARMA süreçlerinin tamamında I(0)'dır yani seriler durağan olduğundan farkları alınmamıştır. Ancak seriler durağan değil ve d. derecede tümleşik bir seri ise ARIMA modeli kullanılır (Mert ve Çağlar, 2023: 211). Başka bir deyişle zaman serisi düzeyde durağan değilken farkı alınarak durağanlaşıyorsa bu serilere ARIMA modeli uygulanır (Bozkurt vd., 2022: 80). Durağan olmayan bir zaman serisinde durağanlığın sağlanması için d kez farkı alındıktan sonra ARMA(p, q) modeli uygulanırsa ARIMA(p, d, q) modeline ulaşılmaktadır (Akgül, 2013: 112). Dolayısıyla düzeyde durağan bir zaman serisine uygulanan ARMA(p, q) modelinin ARIMA(p, 0, q) modeline eşit olduğu söylenebilir.

Zaman serilerinde durağanlık kontrolünde kullanılabilecek olan yöntemler Bölüm 1.2.2.2.'de anlatıldığı üzere grafiksel analiz, korelogram analizi ve birim kök analizleridir. Birim kökün varlığı durumunda serilerin durağan olmadığı yorumu yapılabilir. Bu durumda serinin bir ya da birden fazla (d) farkı alınarak durağan olması sağlanabilir ve bu serilere entegre süreç denilmektedir (Kaya vd., 2015: 405).

ARIMA(p, d, q) modelinin gösterimi I=1 ve I=2 için sırasıyla aşağıdaki gibidir (Mert ve Çağlar, 2023: 212):

$$\Delta y_t = \rho_1 y_{t-1} + \dots + \rho_p y_{t-p} - \rho_1 y_{t-2} - \dots - \rho_p y_{t-p-1} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

$$\Delta^2 y_t = \rho_1 y_{t-1} + \dots + \rho_p y_{t-p} - 2\rho_1 y_{t-2} - \dots - 2\rho_p y_{t-p-1} + \rho_1 y_{t-3} + \dots + \rho_p y_{t-p-2} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

Mevsimsel Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (SARIMA) Modeli

SARIMA modelinden önce yukarıda anlatılan tüm Box-Jenkins modelleri serilerin durağan olduğu yani birim köke sahip olmadıkları (AR, MA, ARMA) ve durağan olmadıkları yani birim kök barındırdıkları (ARIMA) temelindeydi. Ancak mevsimsel etkilerin görüldüğü, başka bir ifadeyle mevsimsel birim köke sahip zaman serilerinde yapılacak olan tahminlemelerde mevsimselliğin hesaba katılması gerekmektedir ve anlatılan modeller doğru sonucu vermemektedir. SARIMA modelinin kurulabilmesi için serinin ortalaması ve varyansının durağan olması gerekmektedir (Zayat ve Sennaroğlu, 2020: 67).

Zaman serilerinde mevsimselliğin hangi tür olduğu önemli bir konudur. Mevsimsellik deterministik veya stokastik bir yapıda olabilir ve bu işlemler sistematigi için önemli bir husustur. Bir serideki mevsimsellik deterministik ise mevsimsel etki uzun dönemde geçerli ve geçici iken; mevsimsellik stokastik bir yapıda ise mevsimsel etki kalıcı olup gelecek dönemlere etki gücü bulunmaktadır (Mert ve Çağlar, 2023: 461; Ayvaz, 2006: 71). Bir zaman serisi mevsimsel birim köke sahipse ve aynı zamanda hem otoregresif hem de hareketli ortalama yapısında ise o seride mevsimselliği içerisinde barındıran SARIMA modeli kullanılması uygundur ve SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s olarak ifade edilir (Çuhadar, 2006: 102; Mert ve Çağlar, 2023: 481). Gösterimde s periyodu, d tümleşme derecesini, D mevsimsel tümleşme derecesini, p AR gecikme uzunluğunu, q MA gecikme uzunluğunu, P mevsimsel AR (SAR) gecikme uzunluğunu ve Q ise mevsimsel MA (SMA) gecikme uzunluğunu ifade eder.

AR, MA ve ARMA süreçlerinin anlatıldığı bölümlerde bu modellerin matematiksel gösterimlerinden bahsedilmişti. ARMA modeli üzerinden mevsimsel birim kökü olduğu varsayılan Y zaman serisindeki y_t değişkeni için SARIMA(1,0,1)(1,0,1)₄ modelinin gösterimi aşağıdaki gibidir (Mert ve Çağlar, 2023: 484):

$$y_t = a + \rho y_{t-1} + \phi_4 y_{t-4} - \rho \phi_4 y_{t-5} + \theta \varepsilon_{t-1} + w_4 \varepsilon_{t-4} + \theta w_4 \varepsilon_{t-5} + \varepsilon_t$$

Bir seride mevsimsel etkinin olup olmadığı mevsimsel birim kök testleri ile test edilebilir. Mevsimsel birim kök testlerinin çalışma prensibi yıllık bir seriyi aylık frekansına bölmeyi, sonrasında her ay için birim kök analizi yapmayı gerektirir (Yaşar, 2008: 178). Mevsimsel etkilerin tespiti için çeyreklik veriler için Hylleberg, Engle, Granger ve Yoo'nun

(HEGY) (1990) mevsimsel birim kök testi, HEGY yönteminin aylık verilere kullanılabilir hale getiren Beaulieu ve Miron (BM) (1993) mevsimsel birim kök testi kullanılabilir (Yıldırım vd., 2015: 95). Bu iki test çeyreklik ve aylık ADF (Augmented Dickey-Fuller) tipi testler olup; çeyreklik, aylık veya diğer tüm frekanslardaki mevsimsel serilere uygulanabilen, KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin) birim kök test mantığıyla çalışan Canova-Hansen (CH) birim kök testi de mevsimselliğin tespitinde kullanılabilir (Mert ve Çağlar, 2023: 477). Bu tez çalışmasının verileri aylık olduğundan Beaulieu ve Miron (BM) (1993) mevsimsel birim kök testi kullanılmıştır.

Beaulieu ve Miron (BM) (1993) Mevsimsel Birim Kök Testi

BM mevsimsel birim kök testinde alternatif hipotez durağanlık iken sıfır hipotezi mevsimsel birim kökün varlığı ve bu varlığın sıfır ve belirli frekanslarda olduğudur (Yıldırım vd., 2015: 95). BM mevsimsel birim kök testinde kullanılan test denklemi aşağıdaki gibidir (Beaulieu ve Miron, 1993: 309):

$$\varphi(B)y_{13t} = \sum_{k=1}^{12} \pi_k y_{k,t-1} + m_0 t + m_1 + \sum_{k=2}^{12} m_k S_{kt} + \varepsilon_t$$

Modelde $\varphi(B)$ gecikme operatöründeki polinomial olup; deterministik bileşenler (trend, sabit terim, mevsimsel kukla değişkenler) de model içerisindedir ve π_k notasyonu k için 1’den 12’ye kadar değer alarak π_1 Aralık, π_2 Ocak, ..., π_{12} Kasım ayları birim kök testlerinde kullanılan katsayılarıdır (Demir ve Mert, 2015: 421). π_k katsayıları, frekans ve hipotez bilgileri Tablo 1.2’de yer almaktadır.

Tablo 1.2 π_k Katsayı, Frekans ve Hipotez Tablosu

Hipotezler	π_k katsayıları	Frekans	Sıfır Hipotezi*	Alternatif Hipotez**
1. Hipotez	π_1	0 (yıllık)	$\pi_1 = 0$	$\pi_1 < 0$
2. Hipotez	π_2	π (6 aylık)	$\pi_2 = 0$	$\pi_2 < 0$
3. Hipotez	π_3, π_4	$\pi/2$ ($3\pi/2$)	$\pi_3 = 0$ $\pi_4 = 0$	$\pi_3 \neq 0$ $\pi_4 \neq 0$
4. Hipotez	π_5, π_6	$2\pi/3$ ($4\pi/3$)	$\pi_5 = 0$ $\pi_6 = 0$	$\pi_5 \neq 0$ $\pi_6 \neq 0$
5. Hipotez	π_7, π_8	$\pi/3$ ($5\pi/3$)	$\pi_7 = 0$ $\pi_8 = 0$	$\pi_7 \neq 0$ $\pi_8 \neq 0$
6. Hipotez	π_9, π_{10}	$5\pi/6$ ($7\pi/6$)	$\pi_9 = 0$ $\pi_{10} = 0$	$\pi_9 \neq 0$ $\pi_{10} \neq 0$
7. Hipotez	π_{11}, π_{12}	$\pi/6$ ($11\pi/6$)	$\pi_{11} = 0$ $\pi_{12} = 0$	$\pi_{11} \neq 0$ $\pi_{12} \neq 0$

* İkili gösterim olan hücre içi eşitlikler arası “veya” bağlacı vardır.

** İkili gösterim olan hücre içi eşitlikler ve eşitsizlikler arası “veya” bağlacı vardır.

Hipotezlerden birinci ve ikinci hipotez t istatistiği, üçüncü hipotez ise F testi ile test edilmektedir (Mert ve Çağlar, 2023: 471; Mert ve Demir, 2014: 15). Herhangi bir mevsimsel frekansta birim kökün olmadığını söyleyebilmek için aşağıdaki iki durumun sağlanması gerekir (Beaulieu ve Miron, 1993: 309):

1. $\pi_2 \neq 0$
 2. $\{\pi_3, \pi_4\}$ veya $\{\pi_5, \pi_6\}$ veya $\{\pi_7, \pi_8\}$ veya $\{\pi_9, \pi_{10}\}$ veya $\{\pi_{11}, \pi_{12}\} \neq 0$
- Matematiksel olarak anlatılmak istenen durum;

1. 2. hipotezde sıfır hipotezinin reddedilmesi,
2. 3, 4, 5, 6, ve 7. Hipotezlerden en az birinde sıfır hipotezinin reddedilmesi gerektiğidir.

y_{kt} değişkenleri mevsimsel filtreler kullanılmasıyla elde edilir (Yaşar, 2008: 181; Demir ve Mert, 2015: 421) ve bu seriler x_t analiz edilecek seriyi, L gecikme operatörü ifade etmek üzere aşağıdaki gibi gösterilmiştir (Beaulieu ve Miron, 1993: 308):

$$\begin{aligned}
 y_{1t} &= (1 + L + L^2 + L^3 + L^4 + L^5 + L^6 + L^7 + L^8 + L^9 + L^{10} + L^{11})x_t \\
 y_{2t} &= -(1 - L + L^2 - L^3 + L^4 - L^5 + L^6 - L^7 + L^8 - L^9 + L^{10} - L^{11})x_t \\
 y_{3t} &= -(1 - L^3 + L^5 - L^7 + L^9 - L^{11})x_t \\
 y_{4t} &= -(1 - L^2 + L^4 - L^6 + L^8 - L^{10})x_t \\
 y_{5t} &= -\frac{1}{2}(1 + L - 2L^2 + L^3 + L^4 - 2L^5 + L^6 + L^7 - 2L^8 + L^9 + L^{10} - 2L^{11})x_t \\
 y_{6t} &= \frac{\sqrt{3}}{2}(1 - L + L^3 - L^4 + L^6 - L^7 + L^9 - L^{10})x_t \\
 y_{7t} &= \frac{1}{2}(1 - L - 2L^2 - L^3 + L^4 + 2L^5 + L^6 - L^7 - 2L^8 - L^9 + L^{10} + 2L^{11})x_t \\
 y_{8t} &= -\frac{\sqrt{3}}{2}(1 + L - L^3 - L^4 + L^6 + L^7 - L^9 - L^{10})x_t \\
 y_{9t} &= -\frac{1}{2}(\sqrt{3} - L + L^3 - \sqrt{3}L^4 + 2L^5 - \sqrt{3}L^6 + L^7 - L^9 + \sqrt{3}L^{10} - 2L^{11})x_t \\
 y_{10t} &= \frac{1}{2}(1 - \sqrt{3}L + 2L^2 - \sqrt{3}L^3 + L^4 - L^6 + \sqrt{3}L^7 - 2L^8 + \sqrt{3}L^9 - L^{10})x_t \\
 y_{11t} &= \frac{1}{2}(\sqrt{3} + L - L^3 + \sqrt{3}L^4 - 2L^5 - \sqrt{3}L^6 - L^7 + L^9 + \sqrt{3}L^{10} + 2L^{11})x_t \\
 y_{12t} &= -\frac{1}{2}(1 + \sqrt{3}L + 2L^2 + \sqrt{3}L^3 + L^4 - L^6 - \sqrt{3}L^7 - 2L^8 - \sqrt{3}L^9 - L^{10})x_t \\
 y_{13t} &= (1 - L^{12})
 \end{aligned}$$

1.2.2.2.5. Zaman Serisi Analizleri ile İlgili Literatür Taraması

Literatürde zaman serileri yöntemlerini kullanılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan Kulkarini vd. (2018) R yazılım programını kullanarak Hindistan'ın Nanded kentinin iki farklı bölgesindeki hava kirlilik seviyesini ARIMA yöntemi ile tahmin etmişlerdir.

Maharashtra Kirlilik Kontrol Kurulu'ndan 2011-2016 yılları arasında, haftada 2 gün olacak şekilde elde etmişlerdir. Araştırma sonuçlarında hava kirliliklerinde mevsimsel etkinin olduğu; iki bölgenin farklı kirlilik seviyesine sahip olduğu ve bu durumun trafik ve ticari hareketlilikten olduğu; gelecek 5 yıl için elde edilen tahmin sonuçlarına göre her iki bölgede de izin verilen sınırı aşan kirlilik olasılığı bulunduğu gözlemlenmiştir.

Fattah vd. (2018) tarafından, toplam üretim maliyetini en aza indirecek optimal üretim planı geliştirmek amacıyla talep tahmini gerçekleştirilmişlerdir. Veri seti Ocak 2010-Aralık 2015 aralığındadır. ARIMA(1,0,1) modeli kullanılarak tahminler gerçekleştirilmiştir.

Karakaş (2019), çocuk yoğun bakım ünitesinde yaptığı çalışmada 2015-2018 yılları arası veriyi kullanarak talep tahmini çalışması yapmıştır. Çalışmada ARIMA(1,0,1), 3 ve 5 aylık hareketli ortalama ve üstel düzeltme yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda uygulanan yöntemler kıyaslanmıştır.

Hossain vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada üç farklı ürün için tarihsel, ex-post ve ex-ante olmak üzere üç farklı fiyat tahmini yapılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda 1978–1997 dönemine ait aylık fiyat verileri kullanılarak ARIMA ve SARIMA modelleri ile talep tahmini yapılmıştır.

Erdem ve Shi (2011) çalışmalarını rüzgar türbinlerinin kısa vadeli rüzgar hızı ve yönünü, türbinlerin daha verimli çalışması ve enerji üretiminin iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada ARMA ve (Vektör Otoregresif Model) VAR modelleri kullanılmıştır. Rüzgâr hızı tahmininde en iyi sonucu ARMA vermiştir.

Fan vd. (2010) çalışmalarında inşaat iş yükü talebini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Tahmin, inşaat iş yükünün ekonominin durgunluk (Asya ekonomik krizi ve SARS salgını) döneminde nasıl olacağı üzerine yapılmıştır. Çalışmada inşaatlar üç gruba ayrılmıştır. Bu gruplar ticari, endüstriyel depo ve konutlardan oluşmaktadır. Çalışmanın sonuçlarında Box-Jenkins modelinin ekonominin durgunluk döneminde toplam ve konut talebi için başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Farimani vd. (2022) otomotiv yedek parça sektöründe 6 yıllık veriyi kullanılmıştır. 187-Y adı verilen ürün ailesine ait veriler üzerinden çalışma yürütülmüştür. Box-Jenkins yöntemi ile eğitilmiş Yapay Sinir Ağı (YSA) yöntemlerini karşılaştırmıştır. Çalışmada doğrusal olmayan (YSA) ve doğrusal (Box-Jenkins) yöntemlerinin dolaylı olarak kıyaslandığına da vurgu yapılmıştır. Çalışmanın sonunda 187-Y bileşik ürün ailesinin talep tahmini için en uygun model olarak Box-Jenkins yöntemi seçilmiştir. Ayrıca çalışmada doğrusal modelin, doğrusal olmayan modele göre daha başarılı olmasından dolayı yapay sinir ağının, kısa vadeli talep tahmininde daha iyi bir model olarak kullanılamayacağını belirtmişlerdir.

Lam ve Oshodi (2016), 1981 ve 2014 yılları arasında çeyrek yıllık inşaat verileri üzerinde çalışmışlardır. İnşaat yapıları kamu, özel ve diğerleri olarak sınıflandırılmıştır. Bu verileri kullanılarak ARIMA ve Yapay Sinir Ağı Otoregresif modellerinin tahmin sonuçlarını kıyaslanması amaçlanmıştır. Araştırmanın sonuçlarında Yapay Sinir Ağı Otoregresif modelinin özel sektör, diğer ve toplam inşaat üretimini yedi çeyrek sonrasına kadar güvenilir şekilde tahmin edebileceğini saptanmıştır. Ancak, Yapay Sinir Ağı Otoregresif modeli kamu inşaat üretimi için uygun olmadığını; bunun, verilerin aşırı dalgalı doğasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Nihan ve Holmesland (1980) tarafından yapılan çalışmada 1968 ve 1976 yılları arasında bir otoyolun bir kesitine ait aylık trafik hacmi verilerini kullanarak bir zaman serisi oluşturmuşlardır. Modelin amacı 1977 yılı için trafik hacmini tahmin etmektir. Çalışma sonuçları, zaman serisi tekniklerinin oldukça doğru ve düşük maliyetli kısa vadeli tahminler üretmekte kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Seçmen ve Patır (2024), çalışmalarında Türkiye’de otomobil üretimi ve satışı gerçekleştiren önde gelen altı firmanın (OYAK Renault, Tofaş, Toyota, Ford, Honda ve Hyundai) 2014–2024 yılları arasındaki aylık satış verileri kullanılarak Çoklu Regresyon Analizi, NARX (Nonlinear Autoregressive with Exogenous Inputs) modeli ve yapay sinir ağı modelleri ile satış tahminleri gerçekleştirilmiştir. Tahmin modellerinin oluşturulmasında, otomobil talebini etkileyebileceği öngörülen bağımsız değişkenler olarak Brent petrol fiyatı, döviz kuru, taşıt kredisi faiz oranları, Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE), araç satın alma düzeyi ve otomobil üretim miktarı dikkate alınmıştır. Bağımlı değişken ise, bu altı firmanın toplam otomobil satış adedi olarak tanımlanmıştır. Model sonuçlarına göre en düşük hataya sahip olan model yapay sinir ağları kullanılarak kurulan model olduğu sonucuna varılmıştır.

Çoban ve Demir (2021), gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin 4 farklı ürününe ait 52 aylık verilerini yapay sinir ağları ve destek vektör regresyonu yöntemlerinde kullanarak talep tahmini yapılması ve yöntemlerden elde edilen sonuçların ortalama mutlak hata yüzdeleri kıyaslanarak en düşük hataya sahip tahmin yöntemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem sonuçlarının sağlıklı bir şekilde kıyaslanabilmesi ve genelleştirici yorumlar yapılabilmesi için veri sayısının artırılması gerektiği vurgulanmıştır. Bu duruma rağmen yapay sinir ağları kullanılarak elde edilen sonuçların destek vektör regresyonundan elde edilen sonuçlara nazaran daha başarılı olduğu yorumu yapılmıştır.

Acı ve Doğanşoy (2022), yerel bir marketten elde edilen iki yıllık e-ticaret verileri ve ürün satışlarını etkileyen; tatil günleri, TÜFE değeri ve işsizlik oranı verileri ile Derin Öğrenme, Yapay Sinir Ağları, Gauss Süreç Regresyonu, Regresyon Ağacı, Destek Vektör Regresyonu ve

Topluluk Öğrenme olmak üzere 6 farklı yapay zekâ algoritmasına ait 24 farklı yöntem kullanarak talep tahmini yapmayı amaçlamışlardır. Sonuçlar, korelasyon katsayısı, kök ortalama kare hata ve ortalama mutlak hata kriterlerine göre değerlerine göre kıyaslanmış ve Uzun/Kısa Süreli Bellek Ağları kullanılarak alınmıştır.

Karaman ve Bektaş (2023), çalışmalarında Türkiye'nin 2020-2040 yılları arası enerji talebini, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Lineer Regresyon ve Gauss Süreç Regresyonu makine öğrenmesi algoritmaları ile tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda Türkiye'nin sosyoekonomik koşulları ile geçmiş dönem enerji tüketim verileri dikkate alınarak bir temel senaryo geliştirilmiştir. Bu senaryoya dayanarak modelin giriş veri setleri oluşturulmuştur. Tahminlerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla, 1980–2019 yılları arasındaki nüfus, ihracat, ithalat ve gayri safi yurt içi hasıla (GSYH) verileri giriş değişkenleri olarak; aynı döneme ait enerji tüketimi verisi ise çıkış (bağımlı) değişken olarak kullanılmıştır. Parçacık Sürü Optimizasyonu, Lineer Regresyon yöntemlerinin hata ölçütleri Gauss Süreç Regresyonu'na göre daha düşüktür. Bu sebeple Parçacık Sürü Optimizasyonu, Lineer Regresyon yöntemlerinin tahmin performansının Gauss Süreç Regresyonu'ndan daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

1.2.3. Bulanık Mantık ve Bulanık Zaman Serisi Tahmin Yöntemleri

Bir meyvenin elma veya elma olmamasını sınırları açıkça tanımlanabilen olasılık modeli ile açıklamak mümkünken; bir elmanın kırmızı olup olmadığı sorusunda kırmızı ve kırmızımsı renk kümesi net olarak belirlenemeyeceği için olasılık kuramı bu modellemeyi açıklamakta güçsüz kalmaktadır (Paksoy vd., 2013: 1). Bulanık mantık burada devreye girmektedir. Bulanık mantık ilerleyen bölümlerde detaylı olarak ele alınacaktır ancak öncesinde bulanık mantık dışındaki mantık sistemlerine aşağıda değinilmiştir.

Klasik Mantık: Aristoteles mantığı olarak da adlandırılan klasik mantık temelinde doğru-yanlış karşılığını içermekte ve bunların kesin suretle birbirinden ayrıldığı; özdeşlik, çelişmezlik ve üçüncünün olmazlığı ilkelerine uyan akıl yürütmelerinin yapıldığı mantık sistemidir (Bolayır ve Ergülen, 2019: 1).

Sembolik Mantık: Klasik mantığın matematiksel olarak şekil almış yani 1 ve 0'lardan oluşan halidir (Bolayır ve Ergülen, 2019: 2). Sembolik mantıkta, klasik mantıktaki sözel önermelerin yerini p, q, r, s, ..., z gibi harflendirmeler almıştır (Karataş, 2018: 154). Klasik ve sembolik mantığın temelini belirlilik ilkesi oluşturmakta ve belirsizlik göz ardı edilmektedir (Erdin, 2007: 18).

Çok Değerli Mantık: Çok değerli mantığın temeli klasik ve sembolik mantığın kabul ettiği üçüncü halin imkansızlığı ilkesini reddeden J.Lukasiewicz tarafından “üç değerli mantık”

olarak ortaya atılmış ve bu mantık sisteminde, klasik ve sembolik mantıktaki doğru ve yanlış durumlarının arasına “belki” değerini eklenmiştir (Kanat, 2016: 56). Buradaki belki değeri 1 ve 0’ın arasında $\frac{1}{2}$ şeklinde nötr olarak değerlendirilebilir (Karataş, 2018: 150). Ondan hemen sonra ve bağımsız olarak E.L.Post m değerli mantık üzerine çalışmış $m > 2$ durumu çok değerli mantık olarak literatüre girmiştir (Çetinkaya, 2002: 27). Bulanık mantığın öncüsü olarak kabul edilmektedir (Birgili vd., 2013: 135).

1.2.3.1. Bulanık Mantık

İnsanoğlu sadece siyah ve beyazların olduğu bir sistemi kendi yaşantısıyla kıyasladığında bu keskin sistemin yetersizliğinin farkına varmış ve bu yetersizliğin çözümünü kendini taklit ettiği bir sistemi oluşturarak aramıştır (Paksoy vd., 2013:11). Bu tür sorunların çözümünde Bulanık Mantık yaklaşımı kullanılabilir ve Bulanık Mantık, bilgilerin kesinlik içermeyen ve eksik olmaları durumunda kararların tutarlı ve doğru olmasını amaçlayan karar verme mekanizmasının modelidir ve bunu yaparken de uzman/uzmanların bilgi ve deneyimlerinden faydalanır (Türkbey, 2003: 64).

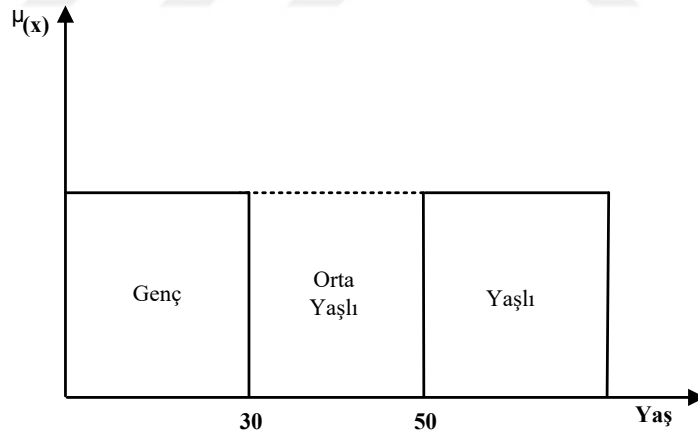
Bulanık Mantık, Aristotelesçi düşüncüyü temeline alan; değerleri 0, 1; doğru ya da yanlış olarak kabul eden düşüncenin aksine; değerleri 0 ve 1 aralığında kabul eder ve değerler kısmen doğru ya da kısmen yanlış olabilir (Souza vd., 2020). Başka bir deyişle Klasik Mantık bir şeyin var ya da yok olması ile ilgilenmekteyken Bulanık Mantık bir şeyin var olup olmama durumundan ziyade ne kadar var olduğuna yoğunlaşmaktadır (Çevik ve Yıldırım, 2010). Bu durum günlük yaşantımızda aldığımız karar mekanizmasına daha yakın bir durumdur. Çoğu problem kesinlikle doğru ya da yanlış olmamaktadır. Kısmi doğruluk ya da yanlışlık durumları mevcuttur.

Bulanık Küme Teorisi’ni 1965 yılında “Fuzzy Sets” adlı makalesinde Lotfi A. Zadeh ortaya koymuştur. Bulanık küme, elemanlarına kısmi üyelik olanağı -üyelerin 1 ve 0 arasında farklı üyelik dereceleri alabilmelerini- sağlayan kümeler olarak tanımlanabilmektedir.

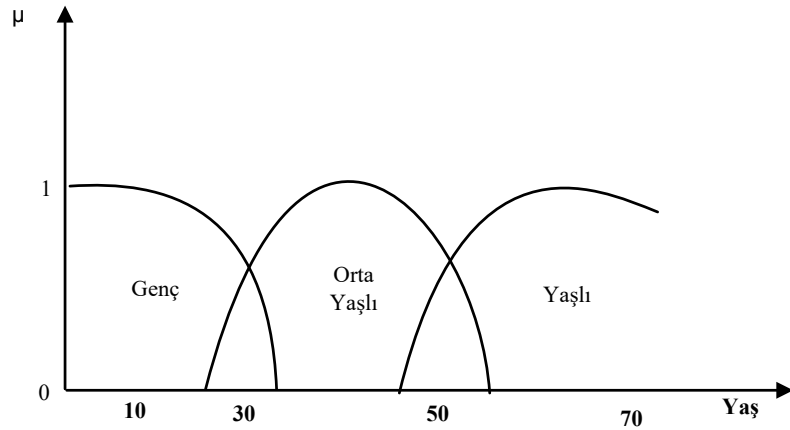
Klasik sistemler dış etkilere arındırılmış ve karmaşık olmayan sistemlerde iyi sonuç verirken; daha karmaşık, birbiri ile iletişim halinde ve kendine has özellikleri olan sistemlerde karşılaşılan sorunların çözümünde o denli iyi sonuçlar vermeyebilirler (Aytaç, 2006: 44). Günümüzde giderek artan bilgi kaynakları ve bilgilerin alındığı birimlerin etkileşimi sonucunda karmaşıklık artmakta ve sonucunda ortaya çıkan problemlerle mücadele etmek daha zor bir hale gelmektedir. Sorunlar karmaşıktıkça çözümlerine giden yolda sadece doğru-yanlış mantığı yetersiz kalmakta, farkında olmadan ihmal edilen değer ve durumların hesaba katılması gerekmektedir. Zadeh (1965), bu arada kalan ve klasik mantığa göre belirsiz olan ve kesinlik

ifade etmeyen durumların matematiksel bir şekilde ele alınmasına imkân vermektedir (Keleş, 2024: 11). Aslında bulanık küme teorisindeki bulanıklık derecelendirme ile ilişkilidir. Zadeh, konu olan varlık ve nesnelerin özelliklerin iki değer -ki bunlar 0 ve 1 olarak keskin şekilde ayrılmıştır- ile betimlenmesinin yeterli olmadığını öngörmüştür (Karataş, 2018: 157).

Aşırı karmaşıklık karşısında kesinlikten uzaklaşıldığında, dilsel değişkenler olarak adlandırılabilir, yani değerleri sayılar yerine doğal veya yapay bir dildeki kelimeler ya da cümleler olan değişkenlerin kullanımını incelemek doğaldır. Sayılar yerine sözcükler ya da cümlelerin tercih edilmesinin nedeni, dilsel nitelendirmelerin genellikle sayısal nitelendirmelerden daha az spesifik olmasıdır (Zadeh, 1975: 201). Böylece spesifikliğin azalması ile karmaşık problemlerde açıklama gücünün artırılacağı anlaşılmaktadır. Bu karmaşıklığa örnek olarak literatürde çokça yer alan (Bolayır ve Ergülen, 2019: 12; Erdin, 2007: 28; Doğan, 2018: 75) yaş ve yaşa göre sınıflandırma verilebilir. Referans yaş olarak 40'ın orta yaş olduğu kabulünde genç, orta yaşlı, yaşlı sınıflandırması sırasıyla 30 yaş altı, 30-50, 50 yaş üstü sınıflandırması yapıldığında klasik mantık 29,5 yaşındaki kişiye genç derken 30,5 yaşındaki kişiye orta yaşlı olarak tanımlarken bulanık mantık az, çok, biraz gibi ek tanımlamalarla keskinliği yumuşatır ve daha anlaşılır ifade edilmesini sağlar. Bu kıyaslamanın grafiksel anlatımı Şekil 1.2. ve 1.3.'de yer almaktadır.



Şekil 1.2 Klasik Mantık Küme Teorisi (Özek ve Sinecen, 2004, 354)



Şekil 1.3 Bulanık Küme Teorisi (Özek ve Sinecen, 2004, 354)

1.2.3.1.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları

Klasik kümeler bir elemanın o kümeye aitlik durumuyla ilgilenir ve bunun sonucunda eleman o kümeye aittir ya da değildir (Doğan, 2012: 31). Yani bir elemanın bir kümeye ait olmasında ne kadarlık bir aidiyet sorusu sorulmaz, biraz aittir gibi bir cevap aranmaz. Bunun matematiksel gösterimi $\mu_A(x): X \rightarrow \{0,1\}$ şeklindedir ve X evrensel kümesine ait bir x elemanın A kümesine ait olma derecesini belirtir. 1 ve 0 sırasıyla aitliği ve ait olmama durumunu belirtir. $\mu_A(x) = 1$ ise x elemanı A kümesine aittir yorumu yapılır.

Gündelik hayatımıza baktığımızda birçok sorunun cevabı bu kadar net ve belirgin değildir. İnsanların olayları anlatımlarında veya verdiği cevaplarda kullandıkları sözel ifadeler, net bir şekilde anlatılamayan durumların yaklaşık veya muhtemel olarak nitelendirilebilmelerini sağlar (Paksoy vd., 2013: 21). Bulanık mantık sisteminin temelinde de bu durum yatmaktadır. Bulanık kümelerde bir elemanın ait olduğu kümeye olan aitlik durumu sürekli aralık olarak $[0,1]$ şeklinde gösterilir ve bu elemanın kümeye aitliğinin karakteristik değerinin büyüklüğü ile açıklanır. Oluşturulan fonksiyonlar bulanık kümelerin işlevselliği hakkında bilgi verir. Oluşturulan fonksiyonlardaki üyelik dereceleri ne kadar farklı kavramı kapsıyorsa, bulanık küme o kadar kullanışlıdır denilebilir (Aslangiray, 2011: 50).

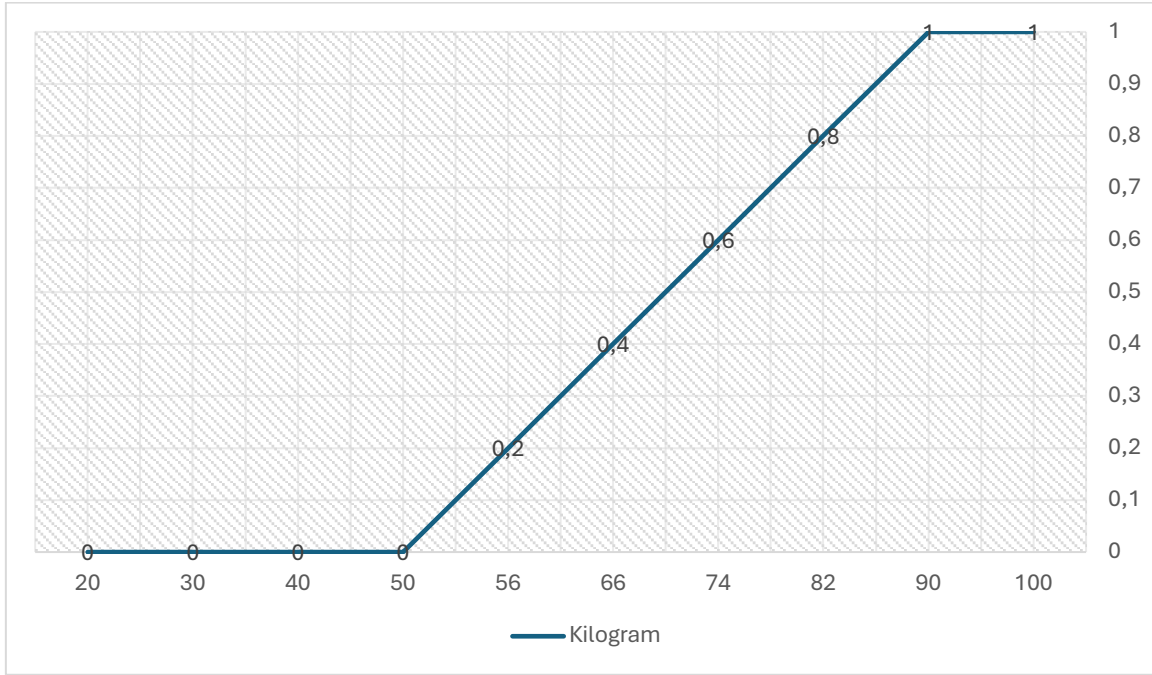
Bulanık kümelerde $\mu_A(x)$, x elemanının üyelik fonksiyonu olarak adlandırılır, bu fonksiyon $[0,1]$ aralığında değer alabilir; aldığı değer x elemanının üyelik derecesini gösterir (Özdağoğlu, 2016: 7). $\bar{A}$, A bulanık kümesi, $\mu(x_i)$ x elemanının üyelik derecesi olarak nitelenirse bulanık küme aşağıdaki gibi gösterilir (Özdağoğlu, 2016: 7; Paksoy vd., 2013: 25);

$$\bar{A} = \left\{ \frac{\mu(x_1)}{x_1}, \frac{\mu(x_2)}{x_2}, \frac{\mu(x_3)}{x_3}, \dots, \frac{\mu(x_n)}{x_n} \right\}$$

Gösterimin şişman bulanık kavramı üzerinden örneklendirmesi aşağıdaki gibidir (Paksoy vd., 2013: 25):

- Dört öğrenciden oluşan uzay tanımlanırsa $U = \{Asel, Duru, Damla, Yasemin\}$

- Öğrencilerin ağırlıkları sırasıyla 56, 66, 74, 82 kg olduğu varsayımında şişman öğrenciler önermesi için keyfi bir değerlendirme sonucunda öğrencilerin şişman öğrenciler kümesine aitlik derecesi;
 - $\bar{B} = \frac{0.2}{Asel}, \frac{0.4}{Duru}, \frac{0.6}{Damla}, \frac{0.8}{Yasemin}$ şeklinde ya da,
 - $\bar{B} = \{(Asel, 0.2), (Duru, 0.4), (Damla, 0.6), (Yasemin, 0.8)\}$ şeklinde olacaktır.
- Verilen örneğin grafiksel gösterimi ise aşağıdaki gibidir;

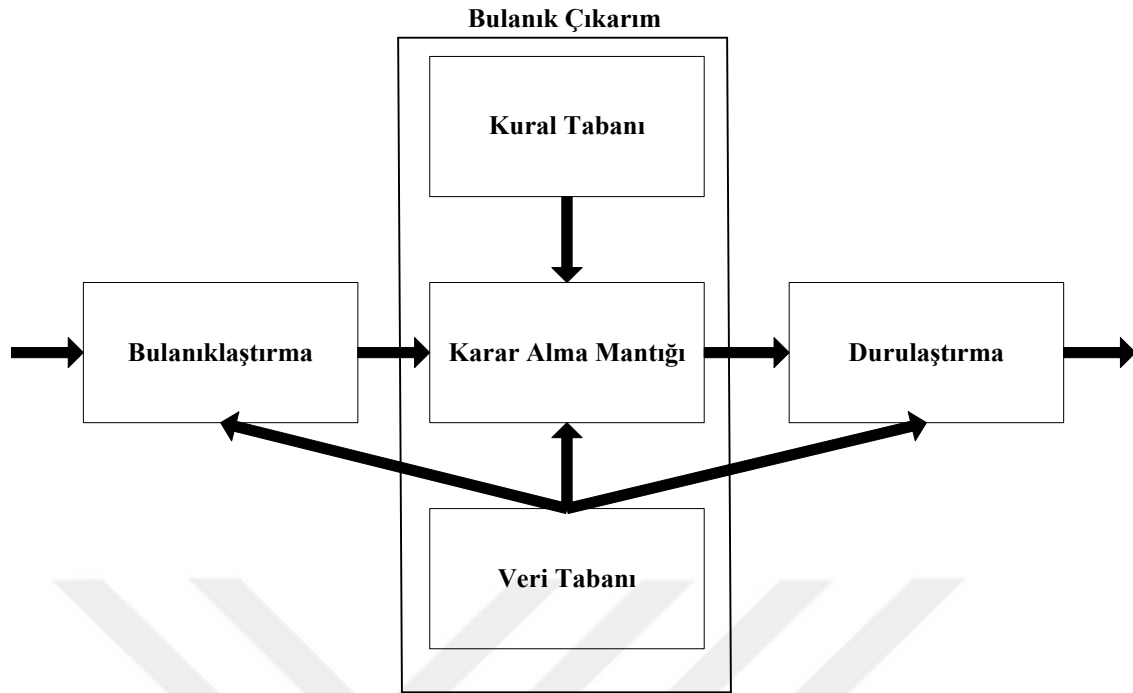


Şekil 1.4 Şişman Öğrenciler Bulanık Kümesi Üyelik Fonksiyonu

Bulanık mantığın dilsel terimleri çoğunlukla Eğer-İse kuralları gibi mantıksal çıkarımlar şeklinde ifade edilir. Bu kurallar, bulanık üyelik fonksiyonları olarak bilinen bir değer aralığı tanımlar (Akçayol vd., 2004: 127). Üyelik fonksiyonları bulanık kümelerin temsil edilmesine (Cırrık, 2025: 24) ve giriş değişkenlerinin davranışına bağlı olarak (Erenler, 2023: 47) üçgen, yamuk, gauss, sigmoidal, gbell, iki parçalı gauss, çan eğrisi, S şekli, Z şekli gibi üyelik fonksiyonları kullanılabilir (Çiğdem, 2022: 42; Çakmak, 2023: 42).

1.2.3.1.2. Bulanık Mantığın Aşamaları

Bulanık mantık, EĞER-İSE kuralları biçiminde inşa edilen, bilgiye ve kurala dayalı sistemlerdir. Bulanık mantık süreci, gözlem serilerinin bulanıklaştırılması, bulanık çıkarım, bulanık serinin durulaştırma ve sayılan üç birimi besleyen veri tabanı bölümü olmak üzere dört kısımdan oluşmaktadır (Demirci, 2020: 7).

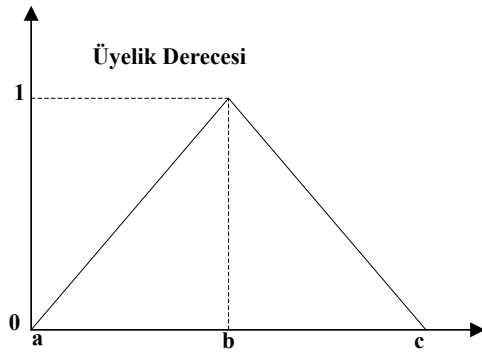


Şekil 1.5 Bulanık Mantık Süreci (Akçayol vd., 2004: 127)

Bulanıklaştırma

Bulanık mantık sisteminin birinci adımıdır. En geniş ifadeyle giriş gözlemlerini sözel değişkenlere dönüştürme işlemidir (Keleş, 2024: 13). Gözlemlenen araç hızlarının olduğu bir gözlem kümesinde bir aracın hızının 100 km/saat olarak kaydedildiği varsayımında; bu hızın bulanıklaştırma işlemiyle “biraz hızlı” ve “çok hızlı” gibi ara değerlerle de ifade edilebilmesidir (Cırrık, 2025: 27).

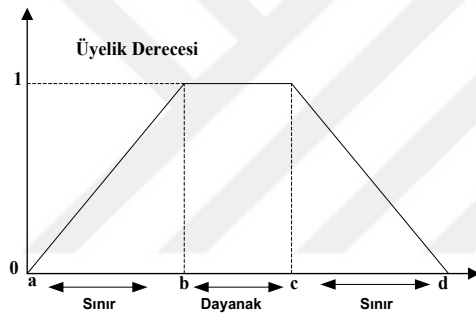
Her bir giriş gözleminin üyelik derecesi $[0, 1]$ aralığında değerler alır. Bulanıklaştırma işleminde her eleman kendi üyelik derecesiyle ifade edilir ve 0, kümeye dahil olmadığı; 1 ise kümeye tam üyeliği olduğunu belirtir. Bir bulanık küme, elemanların üyelik derecesini belirlemek için üyelik fonksiyonu olarak adlandırılan üçgen, yamuk, Gauss (çan eğrisi) gibi fonksiyonları kullanır (Keleş, 2024: 14). Bazı üyelik fonksiyonlarının grafik gösterimleri sırasıyla Şekil 1.6, Şekil 1.7 ve Şekil 1.8’de ve matematiksel ifadeleri şekil altlarında yer almaktadır.



Şekil 1.6 Üçgen Üyelik Fonksiyonu (Aslangiray, 2011: 51; Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 65-66; Özdağoğlu, 2016: 8)

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c)$$

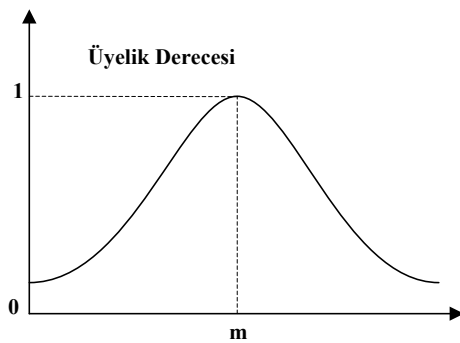
$$= \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{eğer } a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{eğer } b \leq x < c \\ 0 & \text{eğer } x > c \text{ veya } x < a \end{cases}$$



Şekil 1.7 Yamuk Üyelik Fonksiyonu (Aslangiray, 2011: 51; Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 65-66; Özdağoğlu, 2016: 16)

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c)$$

$$= \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{eğer } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{eğer } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{eğer } c \leq x \leq d \\ 0 & \text{eğer } x > d \text{ veya } x < a \end{cases}$$



Şekil 1.8 Gauss Üyelik Fonksiyonu (Aslangiray, 2011: 51; Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 65-66)

$$\mu_A(x) = e^{-a(x-m)^2}, \quad a > 0, \quad m \in R$$

Bulanık Çıkarım

Sisteme ilk adımda dahil edilen bulanık bilgilerin, bir kural sistematığıyla değerlendirilmesi ve sonucunda bulanık sonuçların elde edilmesidir (Keleş, 2024: 17). Bulanık çıkarım, bulanık mantık kullanılarak işleme sokulan girdilerin sonucu elde edilen çıktıların eşlenmesi yolunu sağlamaktadır (Erenler, 2023: 51; Çiğdem, 2022: 46).

Bulanık çıkarımda önceden tanımlanmış kurallar bulunur ve bulanıklaştırma sonucu elde edilen bilgiler buna göre değerlendirilir. *Bulanık Mantığın Aşamaları* başlığında değinilen Eğer-İse yapısının/kurallarının kullanıldığı ve uygulandığı bölüm bulanık çıkarım bölümüdür. “Eğer” bölümünde belirli durumlara karşın “İse” bölümünde olay gerçekleşmesi akabinde sistemin buna nasıl tepki vereceği ifade edilmektedir (Cırrık, 2025: 29).

Bulanık çıkarım, kümeleme ve düzen olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Kuralların “Eğer” bölümleri kümeleme; “İse” bölümleri düzen bileşeninde hesaplanır. “Eğer $X=A$ ise, $Y=B$ ” örneğinde, A ve B sözel kelimelerdir ve bulanık kümelerde X ve Y değerlerinin, hangi duruma ait olduğunu gösterirler (Kıyak ve Kahvecioğlu: 2003: 67). Günlük hayattan bir örnek olarak “Eğer araba çok hızlı giderse o halde verilecek ceza yüksek olur” cümlesi verilebilir.

Literatürde bulanık mantıkta kullanılabilecek çeşitli çıkarım metotları bulunmaktadır (Özdağoğlu, 2016; Çakmak, 2023; Akçayol vd., 2004). Önemli çıkarım yöntemlerinden başlıca ikisi Mamdani ve Takagi-Sugeno-Kang (TSK) metotlarıdır (Çiğdem, 2022: 46).

Mamdani Çıkarım Metodu

Bu yöntem, Mamdani (1974) tarafından buhar makinesinin kontrolünü bulanık mantık ile modellediği çalışmada kullanılmıştır. Mamdani çıkarım metodunda gözlemler üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık kümelere, sonrasında bulanık kurallar min-maks yöntemi ile bulanıklaştırılan gözlemlere uygulanır ve sonucunda sayısal değerler elde edilir (Mamdani, 1974: 1586). Mamdani çıkarım yönteminde “ve” ifadesi $- \wedge$ matematiksel gösterimi- minimumu; “veya” ifadesi $- \vee$ matematiksel gösterimi- maksimumu ifade eder (Kanat, 2016: 73). Mamdani yöntemi için iki kurallı bir bulanık model örneği aşağıdaki gibidir (Keleş, 2024: 17)

Kural 1: Eğer $x = A1$ ve $y = B1$ ise $z = C1$

Kural 2: Eğer $x = A2$ ve $y = B2$ ise $z = C2$

Mamdani çıkarım metodu bulanık mantıkta yaygın kullanım alanına sahip olan, farklı problemlerin çözümünde kullanıma elverişli, uzman görüşü ve bilgisi gerektiren bir çıkarım metodudur (Demirci, 2020: 30). Mamdani çıkarım metodu temelindeki bulanık model beş adımda oluşur (Yılmaz ve Arslan, 2005: 516):

- Girdilerin bulanıklaştırılması
- Bulanık mantık işlemleri ile kural ağırlıklarının belirlenmesi
- Mantıksal işlemciler (ve, veya) uygulanması
- Sonuçların toplanması
- Durulaştırma

Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Çıkarım Metodu

TSK modeli Mamdani çıkarım metodunun bir uyarlamasıdır ve işlemler iki modelde de aynı olmasına rağmen aralarındaki farkı oluşturan nokta çıktı üyelik fonksiyonlarıdır (Çiğdem, 2022). Bu metodun sonuç kısmında her kural sayısal bir fonksiyon olarak elde edilir (Danish, 2019: 75; Demirci, 2020: 12). Bu mantığa göre, her kuralın çıktısı, girdi değişkenlerinin doğrusal bir birleşimidir ve son çıktı her kural çıktısının ağırlıklı ortalamasıdır (Souza vd., 2020: 1398; Akçayol vd., 2004: 129).

TSK çıkarım metodunda çıktı üyelik fonksiyonları doğrusal ya da sabittir (Yılmaz ve Arslan, 2005: 516).

Durulaştırma

Bulanık mantık sisteminin son aşamasıdır. Burada çıkarım adımında elde edilen bulanık değerlerin uygulamada kullanılmasına imkân verecek reel değerlere dönüştürülmesi işlemleri yapılır. Yani bulanıklaştırma işleminin tam tersidir. Çıkarım işlemi sonucunda elde edilen bulanık çıktıların sayılara dönüştürülme işlemidir (Paksoy vd., 2013: 65). Özetle elde edilen bulanık bilgilerin kesin sonuçlara dönüştürülmesi işlemine durulaştırma denir (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 67).

Şekil 1.9., Şekil 1.10., Şekil 1.11. ve Şekil 1.12.'de uygulamada kullanılan birkaç durulaştırma metoduna ait bilgiler mevcuttur.

Yöntem	Grafik
Maksimum Üyelik Yöntemi	
Formülasyon	$\mu(z^*) \geq \max\{\mu(z), z \in Z\}$
Açıklama	Tepe çıkış fonksiyonları ile sınırlıdır. En yüksek üyelik derecesine sahip üye değerini verir.

Şekil 1.9 Maksimum Üyelik Fonksiyonu (Ross, 2010: 98-101; Paksoy vd., 2013: 67-71; Özdağoğlu, 2016: 108-123)

Yöntem	Grafik
Ağırlık Merkezi (Sentroid) Yöntemi	
Formülasyon	$z^* = \frac{\int \mu(z)zdz}{\int \mu(z)dz}$
Açıklama	Sugeno tarafından 1995 yılında geliştirilen yöntemdir. Tüm durulaştırma yöntemleri arasında en yaygın kullanılan yöntemdir.

Şekil 1.10 Ağırlık Merkezi (Sentroid) Fonksiyonu (Ross, 2010: 98-101; Paksoy vd., 2013: 67-71; Özdağoğlu, 2016: 108-123)

Yöntem	Grafik
Ağırlıklı Ortalama Yöntemi	
Formülasyon	$z^* = \frac{\sum_i \mu_i z_i}{\sum_i \mu_i}$
Açıklama	Kullanılabilmesi için simetrik üyelik fonksiyonunun bulunması gerekir. μ_i , i . bulanık kümenin en büyük üyelik fonksiyonu değerini gösterir.

Şekil 1.11 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi Fonksiyonu (Ross, 2010: 98-101; Paksoy vd., 2013: 67-71; Özdağoğlu, 2016: 108-123)

Yöntem	Grafik
Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi	
Formülasyon	$z^* = \frac{a + b}{2}$
Açıklama	Birden fazla tepe noktasının bulunması durumunda kullanılabilen yöntemdir.

Şekil 1.12 Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi Fonksiyonu (Ross, 2010: 98-101; Paksoy vd., 2013: 67-71; Özdağoğlu, 2016: 108-123)

1.2.3.2. Bulanık Zaman Serisi Tahmin Yöntemleri

Tahmin faaliyeti daha önce anlatıldığı gibi işletmeler açısından birçok noktada kritik öneme sahiptir. Tahmine konu başlık işletmelerde bağlantılı departmanları -kapasite, personel sayısı, genel maliyetler, stoklar, vb.- etkilediğinden domino etkisine sahiptir. Etki gücü böylesine yüksek bir konu, dolaylı ya da doğrudan fark etmeksizin birçok alanda iyileştirme yapabilme potansiyeline sahip olduğundan işletmeler için önemli bir başlık olması değerlendirilmektedir.

Bir olaya ya da duruma ait çıktıların, belirli bir zaman diliminde ve aralıklarında ölçülmüş sonuçlarıyla elde edilen zaman serisinin bulanık mantık perspektifiyle yorumlanması ve ele alınmasıyla bulanık zaman serileri kavramı ortaya çıkmaktadır (Ertuğrul ve Öztaş, 2016: 135). Bulanık zaman serisi kavramını ilk kez ortaya atılarak literatüre kazandırılması Song ve Chissom (1993)'ın Alabama Üniversitesi'nin kayıtlarını tahmin amacıyla yaptıkları çalışmada gerçekleşmiştir. Geçmişteki tahmin çalışmalarında kullanılan metodoloji ve modellerinin dilsel değerlerle birleştiklerinde başarısız olduğunu tespit etmişler ve bulanık zaman serileri ile orta vadeli bir tahmin çalışması yapmışlardır. Bulanık zaman serileri geçmiş verilerin dilsel değerler olduğu tahmin problemleriyle başa çıkmak için önerilen kavramdır (Song ve Chissom, 1993: 2). Song ve Chissom (1993) üniversite kayıtları üzerinden yaptıkları çalışmada Y_t zaman serisinin bulanık zaman serisi olan $F_t, F_{(t-1)}$ 'den etkileniyorsa bunun birinci dereceden bulanık zaman serisi olduğunu ifade etmişlerdir (Song ve Chissom, 1993: 2). Bu yöntemde tahmin edilen i. yılın tahmin değeri formülü aşağıdaki gibidir:

$$F_i = F_{(i-1)} \circ R(t, t - 1)$$

Notasyon açıklamaları ise aşağıdaki gibidir;

F_i : i. yılın tahmin değeri

$F_{(i-1)}$: (i-1). yılın kayıt değeri

R : Bulanık ilişkiler kümesi

$\circ$: Max-Min operatörü

$R(t, t - 1)$: F_i ve $F_{(i-1)}$ arasındaki bulanık ilişki

Çalışmanın adımları ise şu şekildedir;

1. Geçmiş değerlerin minimum ve maksimum değerleri aralığında çalışma evreninin tanımlanması
2. Tanımlanan evrenin eşit aralıklara bölünmesi (çalışmada 7'ye bölünmüştür)
3. Bulanık kümelerin tanımlanması ve belirlenen dilsel değerlerin belirlenmesi
4. Geçmiş kayıtların bulanıklaştırılması ve bulanık ilişkilerin belirlenmesi
5. Bulanık ifadelerin maksimum üyeliklerine göre tasnif edilmesi ve bulanık ilişkilerin kurulması
6. Tahminin yapılması
7. Tahminlerin durulaştırılması ve yorumlanması

Bulanık zaman serisinin kavramsal olarak ortaya atılması sonrasında literatürde farklı bulanık zaman serisi yöntemleri araştırmacılar tarafından önerilmiştir. Ancak, Chen (1996), Hwang vd. (1998) ve Chen (2002) tarafından önerilen yöntemler diğer çalışmalara temel oluşturmuştur (Ertuğrul ve Öztaş, 2016: 141).

1.2.3.2.1. Chen (1996) Tarafından Önerilen Yöntem

Chen (1996), yaptığı çalışmada Song ve Crissom (1993)'ün ortaya koydukları modelde yer alan bulanık ilişkilerin hesaplanmasındaki zorluk ve işlem fazlalığını eleştirerek yeni bir yöntem önerisinde bulunmuştur (Ertuğrul ve Öztaş, 2016: 137). Sunulan yöntem, Song ve Crissom (1993)'ün önerdiği modelin min-maks işlemleri yerine basit aritmetik işlemler kullanılması temelinde değiştirilmiş halidir. Çalışmada Chen, Song ve Crissom (1993)'ün modelindeki R bulanık ilişkiler kümesi çok büyük olduğunda min-maks işlemlerinin uzun zaman alacağını belirtmiştir. Chen (1996) çalışmasında Song ve Crissom (1993)'ün kullandığı Alabama Üniversitesi kayıtlarını kullanmıştır. Önerilen yöntemin adımları aşağıdaki gibidir (Chen, 1996: 312-317):

1. Verilerdeki minimum (D_{min}) ve maksimum (D_{max}) değerdeki kayıtların belirlenmesi akabinde D_1 - D_2 keyfi pozitif sayılarıyla U evreninin belirlenmesi. U 'nun formülasyonu şu şekildedir: $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$
2. Minimum ve maksimum değerleri belirlenen evrenin eşit aralıklara bölünmesi ve u aralıklarının oluşturulması. Çalışmada U 7 eşit parçaya bölünmüş ve $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$ ve u_7 aralıkları belirlenmiştir.
3. Kayıtlar dilsel değişkenlerinin bulanık kümelerinin tanımlanması.
 $A_1 = a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \dots + a_{1m}/u_m$ (Çok çok az)
 $A_2 = a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \dots + a_{2m}/u_m$ (Çok az)
 $\dots$
 $A_k = a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \dots + a_{km}/u_m$ (Çok çok fazla)
 Formülasyonda $A_{1,2,\dots,k}$ değerleri dilsel değerleri oluşturmaktadır. a_{ij} değerleri ise u_j 'nin A bulanık kümesine üyelik derecesini gösterir.
4. Yıllara göre kayıt sayıları bulanıklaştırılmış değerlere yani $A_{1,2,\dots,k}$ kayıtlarına dönüştürülür. Sonrasında sırasıyla kayıt yılındaki değer ve bu değerden bir sonraki yıl kayıt değeri esas alınarak bulanık mantık ilişkileri grupları oluşturulur. Örneğin i yılındaki bulanık değer A_j , $i + 1$ yılındaki kayıt değeri A_k ise $A_j \rightarrow A_k$ ilişkisi yazılır. İlişkiler yazılırken tekrar eden ilişkiler tek sefere mahsus yazılarak tekrarlar göz ardı edilir. Tüm kayıtlar için bu yapıldıktan sonra gruplar oluşturulur. Gruplar mevcut yıl A değeri temel alınarak oluşturulur.
5. Tahminler gerçekleştirilir. Tahmin işlemi yapılırken iki önemli detay vardır:
 - a. Eğer mevcut yıl A değeri esas alınarak oluşturulan gruplarda sadece tek ilişki varsa, yani i yılının bulanık kümesi A_j 'den sonraki yıl sadece A_k bulanık kümesi geliyorsa ($A_j \rightarrow A_k$), A_k bulanık kümesinin en büyük üyelik derecesi aralığı u_k , u_k aralığının orta noktası m_k değeri, $i + 1$ yılı için tahmin edilen değer olacaktır.
 - b. Eğer mevcut yıl A değeri esas alınarak oluşturulan gruplarda sadece tek ilişki yoksa, yani i yılının bulanık kümesi A_j 'den sonraki yıl A_k ve A_l geliyorsa ($A_j \rightarrow A_k, A_j \rightarrow A_l$); A_k ve A_l bulanık kümelerinin en büyük üyelik derecesine sahip aralıklarının (u_k ve u_l) orta noktalarının (m_k ve m_l) aritmetik ortalaması $i + 1$ yılı için tahmin edilen değer olacaktır.

1.2.3.2.2. Hwang vd. (1998) Tarafından Önerilen Yöntem

Hwang vd. (1998)'nin önerdiği yöntemde, mevcut yılın kayıtlarındaki değişim, önceki yılların kayıtlarıyla ilişkilidir (Hwang vd., 1998: 218). Yani geçmiş yılların kayıt eğilimi artıyorsa, o zaman bu yılki kayıt sayısı artabilir tezi üzerine kurulmuştur. Bu sebeple t yılının kayıt değeri x , $t - 1$ yılının değeri y olduğu varsayımında t ve $t - 1$ yılları arası fark $x - y$ olacaktır. Bu durumda model iki kuralı temel alır;

Kural 1: Mevcut yıl ve geçmiş yıllar arasındaki kayıt değişimi, mevcut yıl ile geçmiş yıl arasındaki kayıtların değişimini etkiler ve mevcut yıl ile geçen yıl arasındaki kayıtların ilişkisi, bu yıl ile diğer geçmiş yıllar arasındaki ilişkiden daha yakındır.

Kural 2: Geçmiş yılların kayıtlarındaki artış ya da azalış eğilimi mevcut yıl kayıtlarını - artış ise artış, azalış ise azalış olarak- etkilemektedir.

Yöntemin uygulanmasında ilk olarak tahmin değerlerinin hesaplanmasında kaç yıla ait verilerin (w) kullanılacağına karar verilmesi gerekmektedir. Seçilen w değerinden sonra son yıldaki değişim kriter matrisi, diğer yıllardaki değişimler operasyon matrisini oluşturur. t yılı için kriter matrisi $C(t)$, operasyon matrisi $O^w(t)$ ile gösterilecek olursa;

$$C(t) = F_{t-1} = [C_1 \quad C_2 \quad \dots \quad C_m]$$

$$O^w(t) = \begin{bmatrix} F_{(t-2)} \\ F_{(t-3)} \\ \vdots \\ F_{t-w-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} O_{11} & O_{12} & \dots & O_{1m} \\ O_{21} & O_{22} & \dots & O_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ O_{w1} & O_{w2} & \dots & O_{wm} \end{bmatrix}$$

Eşitliklerin en son matrislerinde sütunları sırasıyla “çok azalış”, “azalış”, ..., “çok fazla artış” dilsel ifadelerine karşı gelmektedir.

$C(t)$ ve $O^w(t)$ matris sütunlarının karşılıklı çarpılmasıyla ilişki matrisi ($R(t)$) bulunur:

$$R(t) = \begin{bmatrix} O_{11}xC_1 & O_{12}xC_2 & \dots & O_{1m}xC_m \\ O_{21}xC_1 & O_{22}xC_2 & \dots & O_{2m}xC_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ O_{w1}xC_1 & O_{w2}xC_2 & \dots & O_{wm}xC_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1m} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ R_{w1} & R_{w2} & \dots & R_{wm} \end{bmatrix}$$

İlişki matrisi oluşturulduktan sonra t yılının tahmin değişimleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$F_t = [Max(R_{11}, R_{21}, \dots, R_{w1}) \dots Max(R_{12}, R_{22}, \dots, R_{w2}) \dots Max(R_{1m}, R_{2m}, \dots, R_{wm})]$$

Matrisler hesaplandıktan sonra önerilen adımlar sırasıyla aşağıdaki gibidir (Hwang vd., 1998: 221-224):

1. Veriler arası değişimler hesaplanır ve -diğer yöntemlere paralel olarak- değişimler arası minimum (D_{min}) ve maksimum (D_{max}) değerdeki kayıtların belirlenmesi akabinde D_1 -

D_2 keyfi pozitif sayılarıyla U evreninin belirlenmesi. U 'nun formülasyonu şu şekildedir:

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$$

2. U evreni eşit aralıklara bölünür. Çalışmada U 6 eşit parçaya bölünmüş ve u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 ve u_6 aralıkları belirlenmiştir.
3. Değişim değerleri dilsel ifadelerle dönüştürülerek bulanıklaştırılır. Çalışmada A_1 “büyük azalış”, A_2 “azalış”, A_3 “değişim yok”, A_4 “artış”, A_5 “büyük artış”, A_6 “çok büyük artış” olarak belirlenmiştir.
4. Kayıtlar arası farklar bulanıklaştırılır.
5. Seçilen w değerine göre sırasıyla kriter, operasyon ve ilişki matrisleri oluşturulur. İlişki matrisinin en büyük değerleri tahmin değerlerinin evrensel küme aralıklarını verir. Diğer yöntemlere paralel olarak orta noktaların ortalamaları tahmin değeridir. Burada iki önemli husus vardır;
 - a. Eğer üyelik derecesi sadece bir kümeye gidiyorsa ki o da u_i ; u_i 'nin orta noktası m_i ise tahmin değeri m_i olur. Eğer $u_1, u_2, \dots, u_k$ 'ya kadar gidiyorsa ve orta noktalar sırasıyla $m_1, m_2, \dots, m_k$ ise; tahmin değeri $(m_1 + m_2 + \dots + m_k)/k$ olur.
 - b. Eğer üyelik derecesi hiçbir kümeye gitmiyor yani F_t için tüm kümeler 0 geliyorsa tahmin edilen değişim 0'dır.

Ancak diğer yöntemlerden farklı olarak, tahmin modeli farklar üzerine kurulduğundan tahmin edilen değer fark değeridir. Bir önceki yıl verisine tahmin edilen farklar eklenerek bulunur.

1.2.3.2.3. Chen (2002) Tarafından Önerilen Yüksek Mertebeli Yöntem

Bulanık zaman serilerini temel alan bulanık tahmin yöntemlerinin birinci mertebeden bulanık zaman serilerinin kullanılmasına bağlı olarak yapılan tahmin sonuçlarının yeterince iyi olmadığını vurgulayan Chen, 2002'de önerdiği yüksek mertebeli yöntem ile bu dezavantajın üstesinden gelinebileceğini belirtmiştir.

Song ve Chissom (1993) Alabama Üniversitesi kayıtlarını kullanarak yaptıkları çalışmada Y_t zaman serisinin bulanık zaman serisi olan $F_t, F_{(t-1)}$ 'den etkileniyorsa bunun birinci dereceden bulanık zaman serisi olduğunu ifade etmişlerdir (Song ve Chissom, 1993: 2). Yüksek mertebeli modelde ise Y_t zaman serisinin bulanık zaman serisi olan $F_t, F_{(t-1)}, F_{(t-2)}, \dots, F_{(t-n)}$ 'den etkileniyorsa bu zaman serisine n 'inci dereceden bulanık zaman serisi adı verilir (Chen, 2002: 3). Yüksek mertebeli modelin uygulanma adımları aşağıdaki gibidir:

1. Verilerdeki minimum (D_{min}) ve maksimum (D_{max}) değerdeki kayıtların belirlenmesi akabinde $D_1 - D_2$ keyfi pozitif sayılarıyla U evreninin belirlenmesi. U 'nun formülasyonu şu şekildedir: $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$
2. Minimum ve maksimum değerleri belirlenen evrenin eşit aralıklara bölünmesi ve u aralıklarının oluşturulması. Çalışmada U 7 eşit parçaya bölünmüş ve $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$ ve u_7 aralıkları belirlenmiştir.
3. Kayıtlar dilsel değişkenlerinin bulanık kümelerinin tanımlanması.

$$A_1 = a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \dots + a_{1m}/u_m$$

$$A_2 = a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \dots + a_{2m}/u_m$$

...

$$A_k = a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \dots + a_{km}/u_m$$

Formülasyonda $A_{1,2,\dots,k}$ değerleri dilsel değerleri oluşturmaktadır. a_{ij} değerleri ise u_j 'nin A bulanık kümesine üyelik derecesini gösterir.

4. Verilerin belirlenen aralıklara göre bulanıklaştırılması
5. 2. dereceden bulanık grupların belirlenmesi. i yılı için k . dereceden bulanık ilişki şu şekilde ifade edilir: $A_{ik}, A_{i(k-1)}, \dots, A_{il} \rightarrow A_j$. A_j 'nin maksimum üyeliği u_j aralığıdır ve tahmin değeri bu aralığın orta noktasıdır. Ancak zaman serilerinde k . mertebeden bulanık ilişkiler serinin gidişine bağlı olarak;

$$A_{ik}, A_{i(k-1)}, \dots, A_{il} \rightarrow A_{j1}$$

$$A_{ik}, A_{i(k-1)}, \dots, A_{il} \rightarrow A_{j2}$$

⋮

$$A_{ik}, A_{i(k-1)}, \dots, A_{il} \rightarrow A_{jp}$$

şeklinde olabilir. Bu durumda mertebe artırılır. Mertebe arttırılırken tüm serinin bulanık ilişkileri mertebe sayısı kadar kurulur ve gruplandırılır. Mertebe arttırma işlemi eşlenik gruplandırma kalmayana kadar devam eder.

- a. Eğer yapılan gruplandırmada $A_{ik}, A_{i(k-1)}, \dots, A_{il} \rightarrow \#$ şeklinde bir sonuç alınırsa; u değerlerinin orta noktası m olarak gösterildiğinde i yılı için tahmin değeri şu şekilde hesaplanır:

$$\frac{1 \times m_{ik} + 2 \times m_{i(k-1)} + \dots + k \times m_{il}}{1 + 2 + \dots + k}$$

6. Tüm seri için bulunan bulanık değerler durulaştırılır ve sonuçlanır.

1.2.3.2.4. Bulanık Zaman Serisi ile İlgili Literatür Taraması

Literatürde bulanık mantık temelli yöntemler kullanılarak yapılan tahmin çalışmalarına sıklıkla rastlanılmıştır. Bu çalışmalardan Chen ve Hwang (2000), tahmin için iki faktörlü zaman değişkenli bulanık zaman serisi modeli önerilmiştir. Çalışmada Algoritma B ve Algoritma B* olmak üzere iki algoritma geliştirilmiştir. Bu faktörler, günlük ortalama sıcaklık ve günlük bulut yoğunluğudur. Günlük ortalama sıcaklık ana faktör, günlük bulut yoğunluğu ikinci faktör olarak belirlenmiştir. Önceki çalışmalarda araştırmacıların tek faktörlü bulanık zaman serisi modelini kullandıklarını; yaptığı çalışmada faktör sayısının ikiye çıkarılmasıyla önceki çalışmalardan farklılaştığını vurgulamıştır.

Hwang ve Oh (2010) çalışmalarında bulanık borsada KOSPI adlı endeksin geçmiş değerlerinden yararlanarak bulanık mantık temelinde tahmin modeli geliştirmişlerdir. Modelde hisse senedinin geçmiş açılış, kapanış, gün içi en yüksek ve en düşük değerlerini kullanmışlardır. Ayrıca cari dönemin de açılış, kapanış, en yüksek ve en düşük değerleri çalışmaya dahil edilmiş ve 8 girdi ile çalışma yapılmıştır. Çalışmada haftalık ve günlük tahminler gerçekleştirilmiştir.

Rubio-Leon vd. (2023), bulanık mantığın elektrik enerji talebini tahmin etmede kullanılacak bir model önerisinde bulunmuşlardır. Avrupa'daki elektrik iletim sistem operatörlerini bir araya getiren bir kuruluş olan Avrupa Elektrik İletim Sistemi Operatörleri Ağı (ENTSO-E) tarafından derlenen, 2015-2019 yılları arasında İspanya'ya ait tüketim ve üretim verilerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda olasılıksal ağırlıklı bulanık zaman serisi modelinden elde edilen sonuçlar iyi olsa da modelin hala geliştirme ve gözden geçirilme aşamasında olduğu vurgulanmıştır. Yüksek mertebeli modellerin kullanılmasında mertebenin artırılmasıyla daha iyi performans verdiği ise diğer bir çıkarımdır.

Islas vd. (2021), İngiltere için saatlik elektrik enerjisi talebini modellemek için bulanık mantık temelli bir model önermişlerdir. Çalışmada, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO)'dan sağlanan 2002 ve 2006 yılları arasında veri kullanılmıştır. Önerilen model, bir sinir ağı modeli ile karşılaştırılmış ve önerilen yöntem gerçeğe daha yakın sonuçlar vermiştir.

Ali vd. (2016), elektrik endüstrisinde, iki kaynaktan elde edilen verileri kullanarak uzun vadeli elektrik yükünün tahmin edilebilmesi için bulanık mantık modeli önermişlerdir. Sıcaklık ve nem gibi hava durumu parametrelerini üniversitenin meteoroloji merkezinden, tarihsel yük verilerini ise Nijerya Elektrik İdaresi'nden almışlardır. Çalışmada, sıcaklık ve nem değişkenleri girdi olarak, elektrik yükü ise çıktı olarak değerlendirilmiştir. Önerilen modelin ortalama mutlak hata yüzdesi 6,9 olarak hesaplanmış ve oldukça güçlü olduğu değerlendirilmiştir.

Frantti ve Mahonen (2021), Nokia Network Systems bünyesinde üretilen yaklaşık 1000 farklı ürün için talep tahmini yaparak 14.000 farklı bileşenin satın alma sürecini desteklemek amacıyla Fuzzy Logic Advisory Tool -FLAT olarak adlandırılan bulanık mantık tabanlı yazılım geliştirmişlerdir. Bu yazılım 8 farklı girdi değerini kullanmaktadır. Girdiler; müşteri tarafından tahmin edilen talep, pazar uzmanı tarafından tahmin edilen talep, önceki taleplerin ağırlıklı ortalama değeri, önceki taleplerin eğilimi, siparişlerin ağırlıklı ortalama değeri, siparişlerin eğilimi, önceki tahminlerin ağırlıklı ortalama değeri ve önceki tahminlerin eğilimidir. Çalışma sonucunda FLAT yazılımından elde edilen tahmin değerleri, geleneksel müşteri tahminlerinden daha doğru sonuçlar vermiştir.

1.3. Tahmin Doğruluğunun Sınanması

Tahmin sürecinde kullanılacak verilere literatürde yer alan çeşitli yöntemlerin uygulanmasıyla tahminler elde edilebilmektedir. Uygulanan farklı yöntemler neticesinde, tahmin sonuçlarında farklılıkların ortaya çıkması olasıdır. Bu sonuçların hangisinin daha az hata ile yapıldığının bilinmesi ya da bununla ilgili çıkarımda bulunulması ile yapılan tahminlerin doğruluğu hakkında yorum yapılabilir.

Yapılan tahminlerin sonuçları ile gerçekleşen veriler arasında tam uyum sağlanması pek beklenen bir durum değildir. Bu durumun kullanılan yöntemle bir ilişkisi bulunmamakta ve her yöntem içerisinde bir hata oranı barındırmaktadır (Can, 2023: 22). Farklı yöntemlerin aynı veriler üzerine uygulanması akabinde ortaya çıkan sonuçlara yapılacak olan hata analizleri ile en düşük hatayı veren, dolayısıyla uygulanan yöntemler arasında uygun yöntem seçilebilmektedir (Kobu, 2010: 125). Literatürde kullanılan bazı hata ölçütleri aşağıdaki Tablo 1.3'te yer almaktadır:

Tablo 1.3 Hata Ölçütleri Matematiksel Gösterim Tablosu

Hata Ölçütü	Matematiksel Gösterim
Kümülatif Tahmin Hataları Toplamı	$\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)$
Ortalama Hata (OH)	$OH = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)}{n}$
Ortalama Mutlak Sapma (OMS)	$OMS = \frac{\sum_{t=1}^n D_t - F_t }{n}$
Ortalama Mutlak Hata Oranı (OMHO)	$\%OMHO = \frac{\sum_{t=1}^n D_t - F_t }{n} \times 100$
Hata Kareleri Ortalaması (HKO)	$HKO = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)^2}{n}$
Sinyal İzleme Oranı (Trigg Oranı)	$TR_t = \frac{E(e_t)}{OMS_t} = \frac{\frac{\sum_{t=1}^n e_t}{n}}{\frac{\sum_{t=1}^n D_t - F_t }{n}} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{\sum_{t=1}^n D_t - F_t }$
Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (OMHY)	$OMHY = \frac{\sum_{t=1}^n \left \frac{D_t - F_t}{D_t} \right }{n} \times 100$

Kaynak: Monks, 1996: 52-53; Yenersoy, 2011: 41-44; Krajewski vd., 2020: 477-478

Formüllerdeki notasyon aşağıdaki gibidir:

D_t : t dönemi için gerçekleşen değer

F_t : t dönemi için tahmin edilen değer

n : Dönem sayısı

t : Dönem

$e_t = (D_t - F_t)$: t dönemi için gerçekleşen değer ile tahmin edilen değer arasındaki fark

$E_{(e_t)} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{n}$: n dönem sayısında yapılan tahminlerin hata ortalaması.

Ortalama mutlak hata yüzdesi, kurulan modelin doğruluğunun sınanmasında önemli hata ölçütlerinden birisidir (Karakaş, 2019). Sonuçların yüzde biçiminde sunulması nedeniyle, bu hata ölçütünün yorumlanabilirliğinin yüksek olduğu ve bu özelliği sayesinde diğer hata kriterlerine kıyasla daha anlamlı ve karşılaştırılabilir sonuçlar sağladığı kabul edilmektedir (Akgül (2003)’den akt. Çuhadar vd., (2009): 106). Ortalama mutlak hata yüzdesi, yüzdelere hesaplandığı ve tahmin serisinin biriminden etkilenmediği için daha objektif bir istatistiksel gösterge olarak kabul edilmektedir. OMHY değerinin sıfıra yaklaşması, tahminlerin doğruluğunun arttığını göstermektedir (Saigal ve Mehrotra, 2012: 65). Bu çalışmada kurulan modeller ortalama mutlak hata yüzdesi ile test edilmiştir. Lewis (1982), Ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri arasında aşağıdaki sınıflandırmayı yapmıştır (Karahan, 2015: 170):

- %10’un altında sonuç veren modeller “çok iyi”
- %10-%20 arasında sonuç veren modeller “iyi”
- %20-%50 arasında sonuç veren modeller “kabul edilebilir”
- %50’nin üzerinde sonuç veren modeller “yanlış ve hatalı”.

İKİNCİ BÖLÜM

STOK YÖNETİMİ VE STOK MODELLERİ

Gelişen ve dönüşen dünyada bilgiye erişimin kolaylaşması, klasik pazar yeri anlayışını da etkilemiş, değiştirmiş ve kimi noktalarda dönüştürmüştür. Talep ve arz geçmişteki fiziki buluşma noktalarının yanı sıra birçok farklı platform ve kanalda buluşma zemini hazırlamıştır. Bu durum, ticari ilişkilerin uzaktan ama daha hızlı bir şekilde kurulmasına da imkân tanımıştır.

Ürün arz edenlerin birçok kanaldan talep ile buluşması ve dolayısıyla gelen taleplerin geri çevrilmemesi adına atılacak adımların doğru zamanda atılması önemli bir hal almıştır. Bu noktada alınan talebin karşılanmasına hazırlıklı olma durumu iyi bir takip ve planlama gerektirmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde stok yönetimine ilişkin kavramlar ve uygulamalar anlatılmıştır.

2.1. Stok Kavramı

Stoklar, birçok işletmenin yatırım sermayesinde %50'ye varan oranda kıymet ayrılan, işletmenin en pahalı kaynaklarından (Heizer ve Render, 2022: 476). Bu sebeple stoklar işletmeler ve literatürdeki çalışmalar için önemli başlıklardan birisidir. Birçok çalışmaya konu olan stok kavramının nasıl ifade edileceği hususunda yapılan tanımlamalar çok çeşitlidir. Stok, talebin karşılanması amacıyla belirli bir dönemde işletmelerin ellerinde bulundurduğu fiziki mallardır (Bilgin ve Ulusoy, 2021: 1418). Stok kavramının içerisinde işletmenin ürettiği mamullere dolaylı ve dolaysız fark etmeksizin katılan tüm fiziki varlıklar yer alır ve bu fiziki malların kıymeti miktarları veya parasal değerleri ile ölçülür (Kobu, 2010: 325). Stoklar için kıymet yönünden ve geniş ifade ile bir tanım yapılırsa, ekonomik değere sahip ve bekleyen kaynaklar olarak nitelenebilir (Altınbaş, 2015: 1).

Literatürde stokların farklı perspektiflerden tanımlandığı görülmektedir. Üretim ve ticari işletmeler ayrımı temelinde yapılan yorumda üretim işletmeleri için stoklar hammadde, yarı mamul, mamul ve yardımcı malzemeleri nitelerken; ticari işletmeler için satış amaçlı elde bulundurulmuş ürünleri nitelenebilir (Kısakürek ve Erdoğan, 2021: 2067). Piyasa ve üretim koşullarını temel alan bir diğer tanımda ise stoklar için üretim esnasında beklenmeyen durumlar, üretimi besleyen faaliyetlerdeki gecikmeler, mevsimlik dalgalanmalar ve diğer öngörülemeyen düzensiz hareketlere karşın işletmeyi güvenli alanda tutabilmek amacıyla atıl durumda olan ancak olası bir gereklilik anında kullanılabilecek hammadde, yarı mamul ve diğer kaynaklar stokları oluşturmaktadır (Başara, 1996: 39).

İşletmelerin fazla ya da eksik stok bulundurmaları her iki durumda da işletmeler için istenmeyen ve maliyet doğuran durumlardır. Bu sebeple stok ile ilgili kararlarda “Ne kadar?” ve “Ne zaman?” sorularına doğru yanıtların alınması önemlidir (Bilgin ve Ulusoy, 2021: 1419). Bu sorulara verilecek cevaplar işletmelerin stok bulundurma ve bulundurmama gerekçelerini oluşturur. İşletmelerin stok bulundurma ve bulundurmama gerekçeleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Tablo 2.1 Stok Bulundurma ve Bulundurmama Gerekçeleri

Stok Bulundurma Gerekçeleri	Stok Bulundurmama Gerekçeleri
• Talep dalgalanmalarına yanıt verebilmek, • İşletmenin belirli bir zaman aralığında ne kadar ihtiyacı olduğunu bilmesi, • Fiyat koruma ve fiyat avantajı sağlamak, • Stok tedarikinde yaşanabilecek sorunlarının önüne geçmek, • Sipariş maliyetlerini düşürmek, • Miktar indirimleri sağlamak.	• Elde bulundurma maliyetleri • Stokta tutulan ürünlerin zamana ve çevresel koşullara bağlı olarak kullanım değerlerini, ana özelliklerini kaybetmeleri, • Kontrol ve düzenleme için istihdam edilecek personel maliyetleri.

Kaynak: Arat, 2020: 5-6

2.2. Stok Türleri

Stokları oluşturan fiziki varlıklara bakıldığında; varlıkların cinsi, kıymetleri, kullanım alanları, elde bulundurma biçimleri gibi faktörler göz önüne alınarak farklılıkların bulunduğu söylenebilir (Kobu, 2010: 326).

Stoklar en genel şekilde hammaddeler, yarı mamuller ve mamuller olarak üç gruba ayrılabilir. Bununla birlikte üretime doğrudan katılmayan ve aynı zamanda nihai mamul olmayan hazır parçalar ve yardımcı malzemeler de stokların sınıflandırılmasına dahil edilir (Kobu, 2010: 326; Waters, 1989’dan akt. Sulak, 2008: 6).

Hammaddeler: Üretime dahil edilen ve işlendikten sonra işletmeye değer kazandıran tüm varlıklardır (Arat, 2020: 7). Menevşe (2016: 9), hammaddeleri, nihai mamulü oluşturan ilk girdi olarak tanımlanmıştır. Ancak hammadde her işletme için aynı varlığı işaret etmez. Bir işletmenin üretiminde hammadde olan varlık, başka bir işletme için nihai ürünü temsil edebilir (Güzeler, 2021: 25; Erk, 2009: 26). Hammadde stoklarını etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir (Arat, 2020: 7-8):

- Mevsimsel üretim; Nihai mamulün içerdiği hammaddelerin mevsimsel şartlara uygun olarak stokta tutulması gerekebilir.

- Hammadde fiyatlarında beklenen değişimler; işletmeler tedariklerini minimum fiyat seviyesinden yapma eğilimindedir.
- Stokta bekleme süresi bazı hammaddeler için kısa olabilir
- İşletmelerin stok hacimleri ve stoklama maliyetleri
- Temin edilebilirliğin kolaylık ya da zorluğu.

Yarı Mamuller: İşlemleri nihayetlenmemiş ve üretim hattındaki istasyonlarda ara depolarda bulunan ürünlerdir (Demirel, 2024: 5). İşlemlerin tamamlanması akabinde mamul formuna dönüşen ürünlerdir (Kobu, 2010: 326). Yarı mamul stoklanmasının amacı faaliyete devam eden üretim süreçlerinde meydana gelebilecek muhtemel bir aksaklığın, aksaklığın meydana geldiği istasyon sonrasında üretimin devam ettirilmesini sağlamaktır (Güzeler, 2011: 25). Bu durum iş akışları arasında bağlılık ilişkileri olan ve işlemlerin sıralı olarak devam ettiği üretim tesislerinde kritik öneme sahiptir. Yarı mamul stokunu etkileyen bazı durumlar aşağıdaki gibidir (Arat, 2020: 8-9):

- Üretim süresi ve malzeme özellikleri
- Üretimin sürekliliği ya da kesikli olması
- Üretim miktarı
- Üretim sırasında oluşan katma değer ve fason üretimin yapılabilmesi

Mamuller: Üretim tesisinde yapılması planlanan tüm işlemlerin uygulandığı, müşteriye teslim edilmeyi bekleyen bitmiş ürünlerdir (Kobu, 2010: 326; İlhan, 2015: 9). Mamullerin stoklanma sebebi tahmin edilen ya da edilemeyen olası pazar talebini sağlamak amacıyla (Eroğlu, 2022: 13).

Hazır Parçalar: Mamulde bulunan ve iç üretimde yapılmayan, dışardan tedarik edilen parçalar olup; civata, somun gibi bağlantı elemanları bu gruba dahil olabileceği gibi; dişli kutusu, jeneratör gibi komponentler de olabilir (Kobu, 2010: 326).

Yardımcı Malzemeler: Mamule doğrudan katılmayan ancak üretim sürecinde sarf edilen, kesme sıvısı, makine yağı gibi malzemelerdir (Kobu, 2010: 326; İlhan, 2015: 9).

Bu sınıflandırmanın yanı sıra yığın stokları, hazırlık stokları, emniyet stokları ve süreç stokları sınıflandırması da literatürde mevcuttur (Sekreter, 2002: 68; Başara, 1996: 40).

2.3. Stok Maliyetleri

Stoklar işletmelerin yatırım sermayelerinde %50'ye varan oranda kıymet ayrılan, işletmenin en pahalı kaynaklarından (Heizer ve Render, 2022: 476). Bu sebeple işletmeler etkin bir kaynak kullanımı sağlayabilmek adına stok yönetimini doğru ve iyi yapmalıdırlar. Nitekim stok yönetiminin amacı gelen talepleri geri çevirmemek; aynı zamanda stok

maliyetlerini mümkün olan en düşük seviyeye çekmektir (Çekiç, 2012: 10). Bu maliyetler sipariş maliyeti, stok bulundurma maliyeti ve stok bulundurmama maliyeti olarak üç gruba ayrılabilir (Güzeler, 2021: 26; Arat, 2020: 12).

Sipariş Maliyeti: İşletme içi ya da dış kaynaktan tedarik edilecek yeni bir üretim girdisine yapılan masraflardır (Kobu, 2010: 330). Sipariş maliyetini oluşturan masraf kalemlerini: sipariş düzenleme masrafları, teslim esnasında ortaya çıkan masraflar ve makine-teçhizat ile ilgili masraflar oluşturur (Kara, 2014: 25). Sipariş maliyetleri ve stok bulundurma maliyetleri arasında ters ilişki vardır. Sipariş miktarı arttıkça daha az sipariş verilir ve sipariş maliyetleri düşer ancak elde bulundurma maliyeti artar (Menevşe, 2016: 20).

Elde Bulundurma Maliyeti: İşletmenin belirli bir dönemde elde bulundurduğu stok miktarı karşılığı katlandığı maliyettir (Sulak, 2008: 11). Elde bulundurma maliyeti stoklanan miktarın kıymetinin yanı sıra; bina maliyetleri, malzeme elleçleme, işçilik, yatırım ve değer kaybı gibi maliyetleri de içerir (Heizer ve Render, 2022: 482).

Elde Bulundurmama Maliyeti: Talep edilen varlığın stokta bulunmaması ya da eksik bulunması durumunu içerir (Kobu, 2010: 332). Bahsedilen talep iç müşteri yani üretim hattı ya da dış müşteriden gelen taleptir. Elde bulundurmama maliyeti içerisine üretimin aksamasından dolayı mevcut siparişin teslim edilememesi sebebiyle satış sözleşmesinden doğabilecek tazminat ve diğer yaptırımlar, müşteri memnuniyetsizliğinden oluşacak maliyetler, karşılanamayan talepler karlılık oranını etkileyeceğinden oluşacak maliyet ve dolaylı olarak itibar kaybı sebebiyle oluşacak maliyetler dahildir (Kısakürek ve Erdoğan, 2021: 2070).

2.4. Stok Kontrolü

İşletmelerde bulunan stok düzeyleri ile işletmenin stoklarını ilgilendiren üretim, pazarlama ve finansman süreçlerindeki koordinasyonun elverişli halde yürütülmesine stok yönetimi denir (Kısakürek ve Erdoğan, 2021: 2070). Stok yönetimin amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Çağlayan, 2024: 139):

- Stoklar için optimum düzeyleri belirlemek,
- Gereken stok miktarını bulundurmak,
- Stoklar kapsamında oluşacak maliyetleri en aza indirmek,
- Gelen talepleri/siparişleri zamanında karşılayabilmek,
- Müşteri memnuniyeti sağlamak.

Stokların doğru yönetilememesi sonucunda karşılaşılabilecek olumsuz durumlardan etkilenmemek ya da olası olumsuzluğu minimum düzeye indirebilmek için etkin bir stok kontrol mekanizması uygulanmalıdır. Bir malın talep edildiğinde elde bulunduruyor olmak ve

bunu yaparken maliyeti minimumda tutmak stok kontrolünün genel amacıdır (Sulak, 2008: 17). Detaylı olarak stok kontrolünün tanımı ise faaliyet konusu kapsamındaki varlıkların tedarik ve satış süreçlerini bir senkronde hareket ettirecek biçimde; satış süreçleri ve ihtiyaç miktarlarının belirlenmesi, tedarik edilen varlıkların işletme bünyesinde kaldığı sürece takibinin yapılması ve uygun muhafaza koşullarının sağlanması sürecidir (Çağlayan, 2024: 70). Ne eksik ne çok fazla yani doğru miktarda varlığı doğru zamanda elde tutmak; birçok departmandan (üretim, satış, finans) gelen verileri doğru bir şekilde analiz edip stoklara uygulamak iyi bir stok kontrol mekanizması ile mümkündür (Kara, 2014: 31). Önceki bölümlerde vurgulanan işletmelerin stoklara ayırdığı sermaye ve arz ve talebin birçok noktadan kesişmesi sebebiyle stok kontrolü önemli bir başlık haline gelmektedir.

2.4.1. Stok Kontrol Yöntemleri

İşletmenin büyüklüğüne, yönetim politikalarına, üretim yapısına, finansal durumu ve birçok diğer belirleyiciye bağlı olarak stok kontrol sistemleri değişkenlik göstermektedir (Kobu, 2010: 333). İşletmeler bu değişkenleri bir arada değerlendirdikten sonra kendilerine uygun stok kontrol sistemini kendi sistemleri içerisinde uygulayarak stok kontrolünü etkin bir şekilde uygulamaya çalışırlar. Kurulacak olan stok kontrol yönteminin amacı stokları takip etmek, gerekliyse sipariş vermek, stoksuz kalmamak ve sonucunda alınan talepleri karşılayabilmektir (Çağlayan, 2024: 89).

Başlıca stok kontrol yöntemleri şunlardır (Kobu, 2010: 333):

- Gözle kontrol,
- Çift kutu,
- Sabit sipariş dönemi,
- Sabit sipariş miktarı,
- ABC yöntemi

2.4.1.1. Gözle Kontrol Yöntemi

Gözle kontrol yönteminin temelini stokların deneyimli bir görevli tarafından, periyodik bir şekilde kontrol edilip, gereken varlıkların tedarik edilmesi oluşturur (Kubat, 2012: 335). Maliyeti oldukça düşüktür ancak kontrol sürecinin görevlide olması sebebiyle hata yapma ihtimali yüksektir (Çağlayan, 2024: 89).

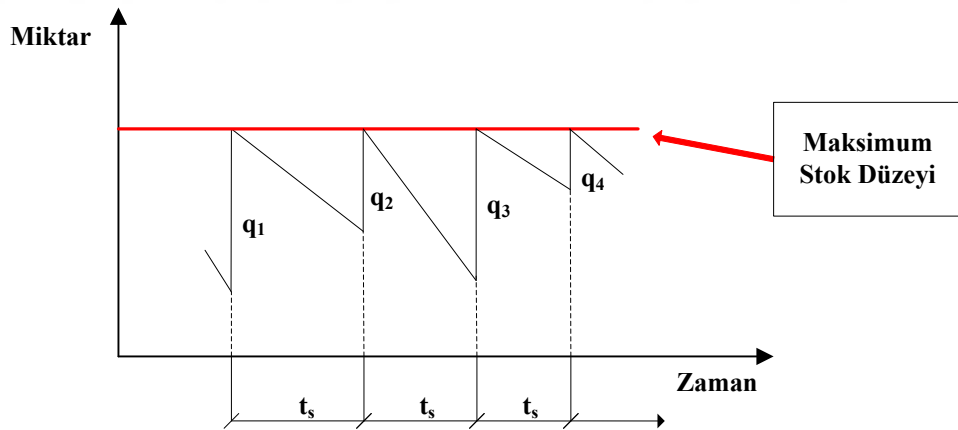
2.4.1.2. Çift Kutu Yöntemi

Bu yöntem, birim fiyatı düşük olan ve az hacim kaplayan varlıkların kontrolünde kullanılan bir yöntemdir (Demirel, 2024: 11). Yöntemde ilgili stok kalemi için asıl ve yedek

olacak şekilde iki kutu bulunmaktadır (Eroğlu, 2022: 16). Bir kutuda Q^* , diğer kutuda r miktarda malzeme bulundurulur. Q^* miktarı r miktarından fazladır. İlgili stok için gelen sipariş depoya r miktarda kutu doldurularak başlanır ve kalan sipariş miktarı Q^* miktar kutuya aktarılır. İlgili stok kaleminin kullanılmasına Q^* miktar malzeme olan kutudan başlanır ve tükenene kadar devam edilir. Q^* miktar malzemenin bitişi sipariş verme noktasıdır. Bu noktada ilgili stok kaleminin sipariş verilir ve r miktar kutudan kullanılmaya devam eder. Verilen siparişin gelmesi akabinde yine r miktar kutu öncelikli doldurulur, kalanı Q^* miktar kutuya aktarılır ve Q^* miktar kutudan kullanılmaya devam edilir. Sonrasında süreç bu şekilde birbirini takip ederek devam eder (Yenersoy, 2011: 144).

2.4.1.3. Sabit Sipariş Dönemi Yöntemi

Bu yöntemde belirli periyotlarda stok kontrolü yapılır ve dönemlik sarfiyatlar sonrası güncel miktara bakılarak gerekli görülmesi halinde ihtiyaç miktarı kadar sipariş verilir (Eroğlu, 2022: 17). Ancak her stok kaleminin sarfiyat yoğunluğu aynı olmadığından stoklar için belirli süreler tespit edilir (Çağlayan, 2024: 103). Yöntemde kontrol aralıkları sabittir ancak her kontrol dönemi sonrası verilen sipariş miktarı farklılık gösterebilir. Çünkü stok kalemlerinin tüketim miktarları dönemden döneme farklı olabilir (Kobu, 2010: 334).



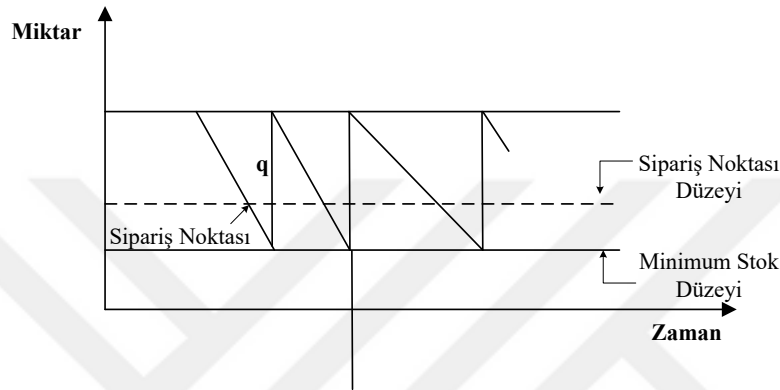
Şekil 2.1 Sabit Sipariş Dönemi Yöntemi Grafiği (Kobu, 2010: 334)

2.4.1.4. Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi

Sabit sipariş miktarı yönteminde ilgili stok kalemi belirli bir miktar seviyesine indiğinde, toplam stok maliyetini minimum yapacak şekilde önceden hesaplanmış sabit miktarda stok kalemi sipariş edilir (Kobu, 2010: 335). Ayrıca her bir stok kalemi için toplam

stok kontrol maliyetini en aza indiren sipariş miktarı, sipariş seviyesi, emniyet stoku belirlenmelidir ve sipariş süresi periyodlara göre değişkendir (Yüksel ve Duman, 2017: 33).

Modelde sipariş miktarının sabit ve sipariş döneminin değişken olmasından kaynaklı bazı tedarik sorunları görülebilir. Stok kaleminin tedarik süresi farklı miktar siparişlere uyarlanabilir olmalıdır. Eğer sipariş sonrası beklenecek olan tedarik süresi, elde bulunan stok kaleminin tükenme süresinden kısa olursa stokların tükenmesi durumu riski oluşabilir (Çağlayan, 2024: 105).



Şekil 2.2 Sabit Sipariş Dönemi Yöntemi Grafiği (Kobu, 2010: 335)

2.4.1.5. ABC Yöntemi

ABC yöntemi, stok kalemlerini devir hızları, maliyetleri ve hacimleri gibi sınıflandırmalara tabi tuttuğu ve sonucunda stok kalemlerinin minimum maliyet ve uygun büyüklükte depolama alanı ile izlenebildiği stok kontrol yöntemidir (Çağlayan, 2024: 92). ABC yönteminde stok kalemlerinin parasal kıymetleri ve miktarları göz önüne alınmakta ve miktarı hesaplayabilmek için aşağıdaki aşamaların uygulanması gerekmektedir (Beğik vd., 2017: 199):

1. Kullanılan stok kalemleri için yıllık sarfiyat miktarı belirlenmeli,
2. Kullanılan stok kalemlerinin yıllık kullanımlarındaki son birim maliyeti tespit edilmeli,
3. Miktar ve birim maliyet tespitinden sonra yıllık tüketim miktarları esas alınmak üzere; en çok maliyetli stok kaleminden en az maliyetli olana doğru toplam tutar büyükten küçüğe sıralanmalı ve kategorize edilmelidir.

Yöntemde, stok kalemleri toplam içerisindeki birikimli yüzdelerine göre sınıflandırılır ve sınıflandırma sonucu stoklar üç gruba ayrılır;

A Grubu: Toplam stok miktarının %15-20'sini, toplam parasal kıymetin %75-80'ini;

B Grubu: Toplam stok miktarının %30-40'ını, toplam parasal kıymetin %10-15'ini,

C Grubu: Toplam stok miktarının %40-50'sini, toplam parasal kıymetin %5-10'unu oluşturur.

Bu sınıflandırmanın çıktısı olarak A Grubu, stok miktarının diğer gruplara göre daha az yüzdesini kapsamasına karşın parasal kıymetin %75-80'ini oluşturduğundan en sık kontrol edilmesi gereken gruptur. A Grubunu sırasıyla B ve C grupları takip eder (Güzeler, 2021: 30).

2.4.2. Stok Kontrol Modelleri

Stok kontrolünün amaçları stoksuz kalma ve fazla stok arasında optimum stok miktarının belirlenerek talebin karşılanması ve üretim ile sipariş arasındaki döngünün ne zaman başlayıp ne zaman sonlanacağını belirlenmesidir. Dolayısıyla ne zaman ve ne kadar soruları önemli iki soru olduğu vurgulanabilir. Bu amaçlar doğrultusunda gerekli hesaplamalar için matematiksel modeller uygulanır. Bu modellere Stok Kontrol Modelleri adı verilir (Eroğlu, 2022: 19).

Stok kontrol modelleri arasındaki ayrımı talep değişkeninin durumu oluşturur (Sulak, 2008: 22). Talep belirli ise deterministik model, belirli değilse stokastik model adını alır (Arat, 2020: 22). Deterministik modellerde belirli talep üzerinden hesaplamalar yapılırken; stokastik modellerde talep değişken yapıya sahiptir ve talebin miktarı gözetilmeksizin belirli seviyede elde stok bulundurulmasını öngörür (Çokoy, 2013: 78). Ayrıca talebin zamanla değişimine göre deterministik ve stokastik modeller statik ve dinamik olarak ikiye ayrılır. Statik modeller zamana bağlı periyotlar arası talebin değişmemesi (deterministik statik) ya da talebin yoğunluk fonksiyonunun zamana bağlı periyotlar arası değişiminin olmamasını (stokastik statik) ifade ederken; dinamik modeller talebin zaman içerisinde değişkenlik göstermesini (deterministik dinamik) ya da talebin yoğunluk fonksiyonunun zaman içerisinde değişmesini (stokastik dinamik) ifade eder (Sulak, 2008: 22).

2.4.2.1. Deterministik Stok Modelleri

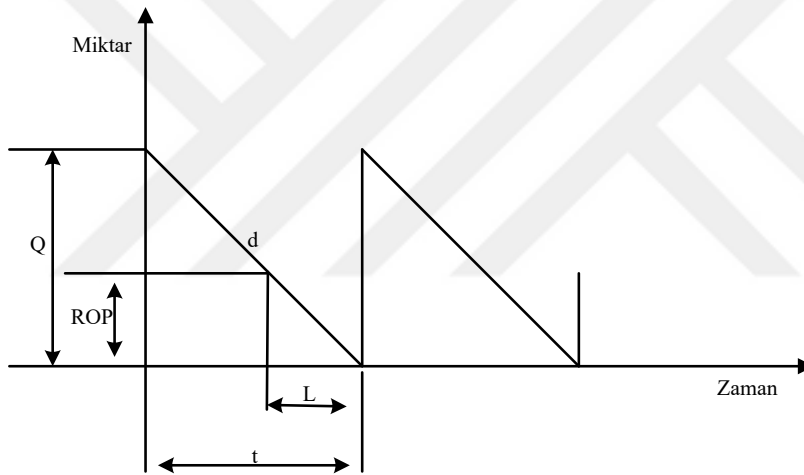
Deterministik stok modellerinde stok kalemiyle ilgili tüm değişkenler tam olarak bilinmektedir ve amaç maliyetleri minimum yapan değeri bulmaktır (Arat, 2020: 22). Deterministik stok modelleri, sabit miktarda ve sürede talebin olduğu, tedarik süresinin sabit olduğu, sabit kapasitede sürekli üretimin olduğu durumlarda kullanılabilir (Erk, 2009: 47).

Temel Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Ekonomik sipariş miktarı (ESM) modeli, stok maliyetlerini minimize etmek amacıyla sayısal yöntemler kullanarak en uygun sipariş miktarını belirlemeye yönelik bir modeldir (Çokoy, 2013: 28). Model bazı varsayımlara sahiptir (İlhan, 2015: 18):

- Talep bilinmekte ve değişmemektedir,
- Sipariş eşit aralıklarla verilmekte ve sipariş miktarı sabittir,
- Tedarik edilen stok kaleminin birim alış fiyatı sabittir,
- Her siparişte katlanılan maliyet sabittir,
- Elde bulundurma maliyeti sabittir,
- Tedarik süresi bilinmekte ve verilen sipariş miktarının tamamı aynı anda gelmektedir (parçalı sevkiyat yapılmamaktadır).

Bu varsayımlar altında model Şekil 2.3.'tedir.



Şekil 2.3 Temel Ekonomik Sipariş Miktarı Yöntemi Grafiği (Kobu, 2010: 338)

$$\text{Toplam sipariş maliyeti (yıllık)} = C_1 \times (D/Q)$$

$$\text{Elde bulundurma maliyeti (yıllık)} = C_2 \times (Q/2)$$

$$\text{Toplam stok maliyeti} = (C_1 \times (D/Q)) + (C_2 \times (Q/2))$$

D : Talep (adet/yıl)

Q : Sipariş Miktarı (adet)

C_1 : Sipariş maliyeti (Para Birimi/sipariş)

C_2 : Elde bulundurma maliyeti (Para Birimi/adet/yıl)

t : Sipariş periyodu (verilen iki sipariş arası geçen süre)

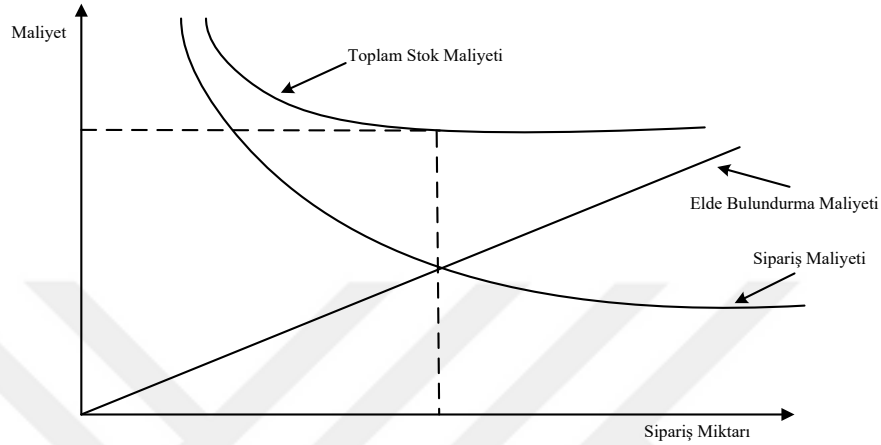
d : Tüketim hızı (adet/gün) (günlük talep)

L : Tedarik süresi (siparişin verilmesi ve sipariş verilen ürünlerin stoklara girişi arasındaki süre)

Toplam stok maliyetini minimum yapan Q değeri, ekonomik sipariş miktarıdır. Toplam sipariş maliyeti denkleminde Q çözümlendiğinde;

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DC_1}{C_2}}$$

formülüne ulaşılır. Aşağıdaki grafikte bu durum gösterilmiştir (Kobu, 2010: 339):



Şekil 2.4 Temel ESM Modelinde Maliyetler Grafiği (Kobu, 2010: 339)

Bir yıl içindeki sipariş sayısı $= N = \frac{D}{Q}$ (adet/yıl)

İki sipariş arası süre $= t = \frac{365}{N}$ (gün)

ROP: Yeniden Sipariş Noktası (Re-Order Point) (adet)

Yeniden sipariş noktası bulunurken aşağıdaki formülasyon kullanılır (Kobu, 2010: 340).

$$ROP = d \times L$$

Piyasada talebin ve tedarik süresinin ayrı zamanlarda ya da aynı anda değişkenlik gösterdiği durumlarla karşılaşmak mümkün olabilir. Talepte belirsizlik durumu varken talebe belirli düzeyde yanıt verilebilmesi amacıyla işletmeler emniyet stoku bulundurma yoluna giderler (Parıldar ve Akyürek, 2021: 239). Talep ve tedarik süresinin değişken veya sabit olma durumlarına göre bazı modeller geliştirilmiştir. Bu modellerden tedarik süresinin sabit; talebin değişken olduğu durumda kullanılabilen yöntem aşağıda yer almaktadır: (Winston, 2003'ten akt. Parıldar ve Akyürek, 2021: 239)

$$\text{Emniyet Stoku} = Z\sigma_d\sqrt{L}$$

$$ROP = \text{ortalama günlük talep} \times \text{tedarik süresi} + \text{emniyet stoku}$$

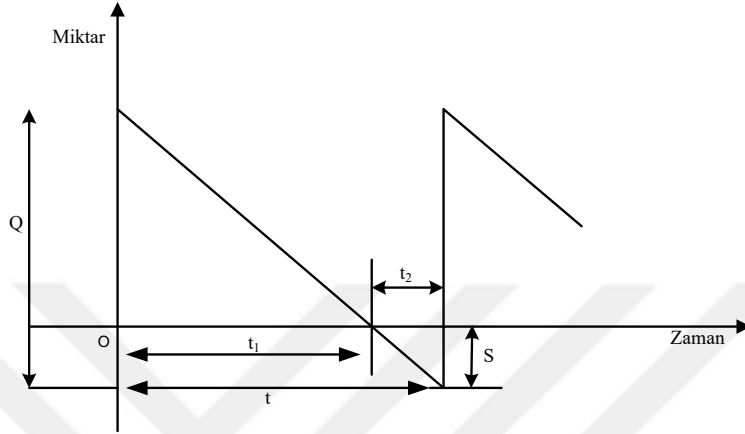
$$= (d \times L) + Z\sigma_d\sqrt{L}$$

Z : İstenen servis yüzdesinin z tablosu değerini ifade etmektedir.

σ_d : Talebin standart sapmasını ifade etmektedir.

Elde Bulundurmama Halinde Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Piyasa koşullarında taleplerin zamanında karşılanamaması, yok satma durumları ile karşılaşılabilir. Bu durumlarda işletmeler belirli miktarda talepten dolayı (S), bir süre (t_2) stoksuzluk kaynaklı bazı maliyetlere (C_3) katlanmaktadır (Sekreter, 2002: 85). Bu durum Şekil 2.6.'da şu şekilde gösterilmektedir ve formülü aşağıdaki gibidir:



Şekil 2.6 Elde Bulundurmama Halinde ESM Modeli Grafiği (Kobu, 2010: 343)

$$\text{Toplam Sipariş Maliyeti (yıllık)} = \frac{D}{Q} \times C_1 + \frac{(Q-S)^2}{2Q} \times C_2 + \frac{S^2}{2Q} \times C_3$$

Q_0 ve S_0 için kısmi türev alınırsa;

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2C_1D}{C_2} \left(\frac{C_2+C_3}{C_3} \right)}$$

$$S_0 = Q_0 \left(\frac{C_2}{C_2+C_3} \right)$$

sonuçları elde edilir.

2.4.2.2. Stokastik Stok Modelleri

İşletmeler gelecek dönem taleplerin ve tedarigi sağlanacak üretim girdilerinin tedarik sürelerini kesin olarak bilmediği durumlarda stokastik modelleri kullanır. Tedarik süresince stok seviyesi değişkenlik gösterir (Altınbaş, 2015:12). Stokastik stok modellerinde net bir şekilde görülen belirsizlik durumu talep miktarındadır (Arat, 2020: 26).

Stokastik stok kontrol modellerinde talebin rassal bir değişken olduğu varsayılmakta ve geçmiş talep verileri kullanılarak hangi dağılıma uyuyorsa bu şekilde tanımlanmaktadır (Sulak, 2008: 27). Stokastik stok kontrol modelleri, Sabit Sipariş Periyodu Sistemi (P Sistemi) ve Sabit Sipariş Miktarlı Sistem (Q Sistemi) iki grupta incelenmektedir (Arat, 2020: 27).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ZAMAN SERİSİ VE BULANIK TAHMİN YÖNTEMLERİ TEMELLİ STOK PLANLAMASI: YAY SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Tez çalışmasının uygulaması yay üretim sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede gerçekleştirilmiştir. Hammadde kaynaklarının uzak olması, tedarik süresinin uzun olması, talebin çeşitliliği nedeniyle talep tahminleri ve buna bağlı olarak stok planlaması sektör açısından önem arz etmektedir. Bu bölümde, vaka konusu işletmeden alınan ve düzenlenen veriler üzerinden talep tahmini uygulaması; düşük hataya sahip tahmin üzerinden yapılan stok planlaması uygulaması anlatılmıştır.

3.1. İşletme Hakkında Genel Bilgi

Yay, vaka konusu işletme için ürünü, talep eden işletmeler için ise çoğunlukla hazır parçayı ifade etmektedir. Talep alınan sektörlerin ve yay ürününün kullanım alanının çok çeşitli olması işletmenin hitap ettiği sektörleri çeşitlendirmiştir. Enerji sektöründen tıp ve sağlık endüstrisine; otomotivden havacılığa, robotik ve endüstriyel otomasyona birçok farklı sektörün ihtiyacını karşılamaktadır.

Talebin sektörler itibarıyla farklılaşması üretilen yayların da çeşitlenmesine neden olmuştur. Talebin karşılanabilmesi üretim ve stok planlamasının etkinliğine bağlıdır. Bu tez kapsamında vaka konusu işletmenin geçmiş verilerinden hareketle belirlenmiş stok kalemi için talep tahminleri yapılmış ve bu tahminler doğrultusunda ekonomik sipariş miktarı belirlenmiştir.

İstanbul'da faaliyet gösteren işletme, müşteri talepleri doğrultusunda farklı özellikte yay üretebilme kabiliyetine sahiptir. Bu bağlamda işletme, 35 farklı türde ve 110 farklı çapta hammaddeyi işleyerek yay üretebilmektedir. Üretimi yapılan yayların hammaddesi yurtdışından (Çin'den) tedarik edilmektedir. Siparişler aynı anda ve deniz yoluyla gelmektedir. Deniz yoluyla ithalatlar gerçekleştiğinden hammaddelerin geliş süreleri uzun olmakta, bu da stok planlamasını zaruri hale getirmektedir.

Genel itibarıyla alınan yay siparişinin üretim süreci sırasıyla aşağıdaki gibidir:

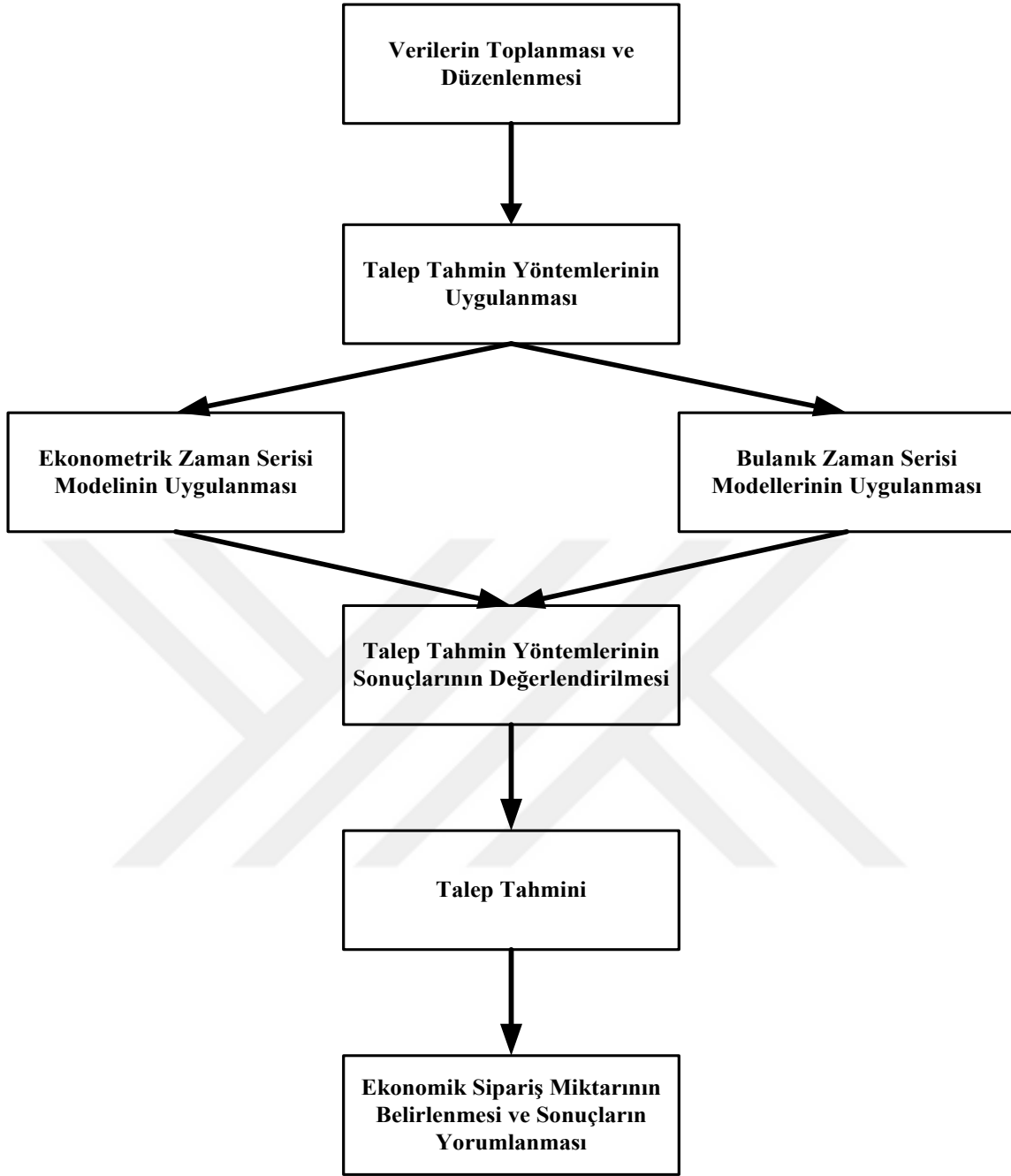
- Tel formunda hammaddenin tezgâha bağlanması,
- Tezgâhın talep edilen uzunluk ve sarmal sayısına göre ayarlanması,
- Deneme üretimin yapılması ve ölçü kontrolleri ile uygunluk denetimin yapılması,
- Uygunluk onayı sonrası planlanan sayıda üretimin gerçekleşmesi,
- Talep edilmesi halinde taşıma, kaplama, boya gibi yüzey işlemlerinin yapılması,

- Kalite kontrol,
- Müşteriye teslim.

3.2. Metodolojik Adımlar

Çalışmada, çeşitli hammaddeler ve o hammaddelerin farklı çaplarını kullanarak yay üretme kabiliyetine sahip bir işletmenin, zaman serisi ve bulanık yöntemler kullanılarak elde edilecek olan talep tahmin sonuçları temelinde stok planlamasının yapılması amaçlanmıştır. Literatürde çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan talep tahmin çalışmaları olmasına karşın yay sektörü özelinde yapılan çalışmaya rastlanılmamıştır.

Yukarıdaki amaç doğrultusunda verilerin toplanması ve düzenlenmesi akabinde süreç iki kola ayrılmıştır. Ekonometrik modeller ile bulanık mantık tabanlı zaman serisi modellerinin ayrı ayrı uygulanmasıyla yürütülen süreçte, her iki yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve en düşük hata oranına sahip yöntemin çıktıları esas alınarak nihai tahminler gerçekleştirilmiştir. Tahmin sonuçları üzerinden ekonomik sipariş miktarının hesaplanması süreci işletilmiştir. Metodolojik adımlar Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışmanın Metodolojik Süreci

3.2.1. Verilerin Toplanması ve Düzenlenmesi

Çalışmada 01.2016-02.2024 tarih aralığını kapsayan veriler üzerinden analizler yapılmıştır. Veri setinde; tarih, talep eden işletme, yay adı, talep miktarı, hammadde çapı, hammadde türü, üretilen yayın ağırlığı, yüzey işlemleri talebi (taşlama, kaplama, boya) ve adet bilgisi bulunmaktadır.

01.2016-02.2024 arasında 98 gözleme ulaşılmıştır. Ulaşılan bu gözlemler üzerinden modeller kurulmuştur. Kullanılan modelin statik özellik göstermesi nedeniyle yeni gözlemler seriyeye dahil edilmemiştir. İşletme, 35 farklı türde ve 110 farklı çapta hammaddeyi işleyerek yay

üretebilmektedir. Çok çeşitli türde ve çapta üretim, çalışılacak hammadde grubunun seçilmesini zaruri kılmıştır.

Bir diğer çıkarım, yayların adet ve kilogram olarak farklı iki verisinin tutulmasıdır. Aynı hammadde grubunda üretilen yayların çapına bağlı olarak birim kilogramında değişiklik görülmektedir. Örneğin aynı hammaddeden 0.1 cm'den 50 cm'ye kadar 110 farklı çapta yay üretilmektedir. Bu durum yayın birim ağırlığını doğrudan etkilemektedir. Buna paralel olarak işletmeden hammaddeler tedarik edilirken kilogram üzerinden fiyatlandırıldığı bilgisi alınmıştır. Bu durum çalışmanın kilogram üzerinden tasarlanması kararında etkili olmuştur.

Çalışma kapsamında üzerinde çalışılacak hammaddenin belirlenmesinde sarfiyatlar esas alınmış ve hammadde türleri arasında sarfiyatlar esas alınarak ABC analizi yapılmıştır. Bununla amaçlanan; işletmenin üretim yoğunluğunu hangi hammaddenin oluşturduğunun belirlenmesidir. Bu doğrultuda Tablo 3.1. hazırlanmıştır.

Tablo 3.1 Hammaddelerin Sarfiyatları ve Yüzdesel Dağılım Tablosu

Hammadde Türü	Sarf Miktarı (KG)	Veri Setindeki Ağırlığı (%)
B	2.290.895,60	41,19
C	1.674.468,50	30,11
CrSi	685.723,00	12,33
PASL	351.172,70	6,31%
DEMİR	176.197,60	3,17%
GALV	99.560,80	1,79%

Sarfiyat miktarları üzerinden yapılan sıralamada ilk altı hammadde türü işletmenin yaklaşık 8 yıllık üretiminin %94,91'ini oluşturmaktadır. İşletmenin sarf ettiği hammaddelerden 1. sıradaki hammadde, 6. sıradaki hammaddenin yaklaşık 23 katıdır. Aradaki fark kilogram olarak 2.191.334,80 kg'dır. Bu noktada toplam sarfiyatın %10'unun üzerindeki hammadde türlerine yoğunlaşmıştır. İşletmeden alınan veri seti içerisinde B, C, CrSi türündeki hammaddelerden üretim için yapılan sarf miktarlarına bakıldığında B hammaddesinden yapılan sarfiyat toplam sarfiyatın %41,19'unu oluşturmaktadır. Bu çıkarım istatistiki olarak işletme ile paylaşılmış ve işletmenin tecrübeleri de bunu doğrulamıştır.

Bu adımdan sonra hammaddelerin alt grubu olan hammadde çapları değerlendirilmiştir. Hammadde alımlarının kilogram cinsinden olması sebebiyle kilogram sarfiyatlarına odaklanılarak hammadde türleri belirlenmiştir. İlk üç hammadde türü olan B, C, ve CrSi'nin çaplara göre sarfiyatları çıkarılmıştır. Burada kilogram yerine adet bazlı yorum yapılmıştır. Bunun sebebi, hammaddelerin sarf edilmesinde kilogramı etkileyen ana unsurun hammaddenin çapı olmasıdır. Örneğin 10 cm uzunluğunda talep edilen bir yay, 0,2 cm çapında hammaddeden

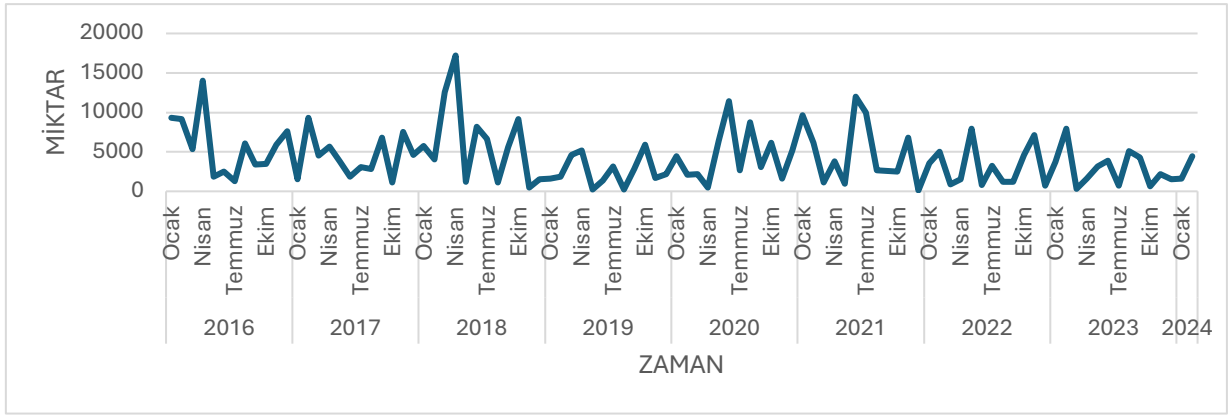
üretildiğinde toplamda 4 gram hammadde sarf ediliyorsa; 20 cm çapında hammaddeden üretildiğinde hammadde sarfiyat miktarı 40 kg'a ulaşabilmektedir. Buna ek olarak işletme satışlarının adet bazında olması sebebiyle de hammadde çapları değerlendirilirken üretim adetleri dikkate alınmıştır. Buradan hareketle hazırlanan hammadde çaplarına göre adetler Tablo 3.2.'de yer almaktadır.

Tablo 3.2 Hammaddelerin Sarfiyatları ve Yüzdesel Dağılım Tablosu

Hammadde	Malzeme Çapı (cm)	Miktarı (Adet)	Türü İçerisindeki Ağırlığı
B	1,20	200.136.200	% 18,27
B	1,25	81.669.577	% 8,76
B	7,00	669.347	% 6,22
B	2,00	9.057.062	% 5,36
B	3,50	2.976.447	% 5,36
B	8,00	407.091	% 4,91
C	7,00	1.943.894	% 23,26
C	4,50	5.383.437	% 21,30
C	8,00	329.554	% 6,19
C	2,80	2.063.522	% 5,40
C	5,50	1.413.042	% 4,26
C	6,00	257.351	% 4,17
CrSi	15,00	29.908	% 19,66
CrSi	13,00	26.270	% 13,79
CrSi	14,00	24.084	% 10,01
CrSi	3,60	1.154.732	% 6,82
CrSi	12,00	20.795	% 6,57
CrSi	10,00	26.665	% 6,14

En fazla sarf edilen hammadde türleri içerisinde üretim adetlerine göre yapılan değerlendirmede B hammaddesinin 1,20 cm çapı hem kendi içerisinde hem de sarf edilen hammaddeler içerisinde en fazla üretilen ürün grubu olarak öne çıkmıştır. Bu analizler talep tahmini ve stok planlamasının B hammaddesinin 1,20 cm çapı için yapılmasına karar verilmiştir.

B 1,20 cm hammaddesi için aylık veri seti grafiği Şekil.3.2.'de gösterilmiştir. Grafikten görüleceği üzere B 1,20 cm hammaddesinin sarfiyatlarının zaman içerisinde dalgalı bir seyri bulunmaktadır.



Şekil 3.2 B 1,20 Çap Veri Setindeki Sarf Miktarları

3.2.2. Talep Tahmin Yöntemlerinin Uygulanması

3.2.2.1. Ekonometrik Zaman Serisi Modelinin Uygulanması

Ekonometrik modellerin çözümünde EViews 13 programı kullanılmıştır. Uygulama hem ham veri hem de logaritması alınmış veriler üzerinden yapılmıştır. Ham veriler ve logaritması alınmış veriler benzer karakteristikler sergilemiştir. İki veride de mevsimsellik bulunmamakta ve düzeyde durağan olmayıp birinci farkta durağanlaşmaktadırlar. Ham veriler üzerinden yapılan uygulamada ham verilerin BM mevsimsel birim kök testi sonuçlarında durağan olmadığı görülmüş, bir sonraki adımda farkı alınarak durağanlaştırılması sağlanmıştır. BM mevsimsel birim kök testinin uygulanma sebebi çalışmadaki verilerin aylık olması ve bu testin aylık verilere uygun olmasıdır. BM mevsimsel birim kök testinin sonucunda;

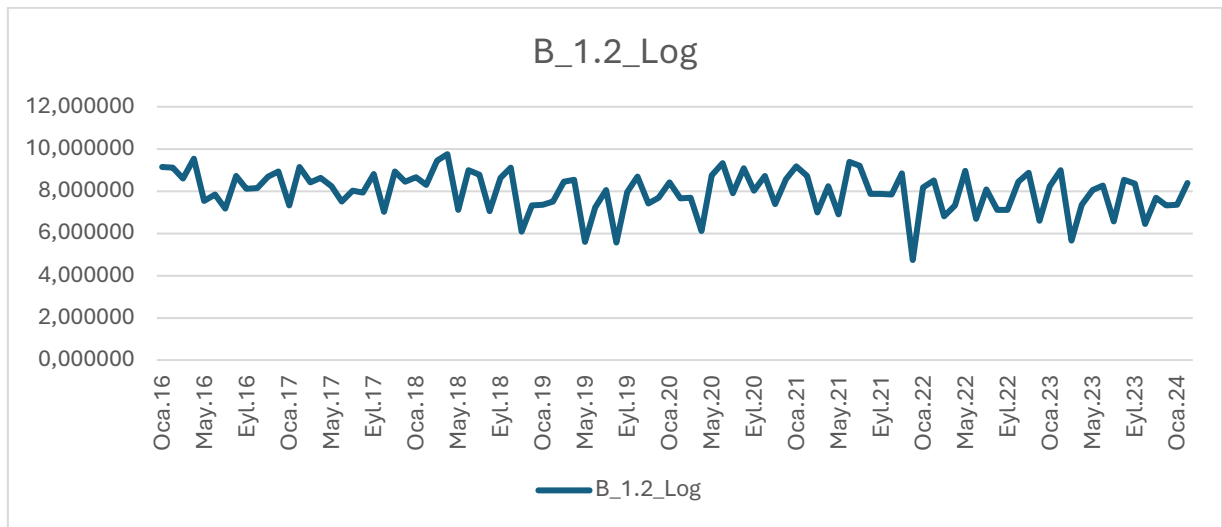
- Mevsimsel olmayan birim kökün analiz edildiği sıfır frekans (1. hipotez) için -1.087105 olarak elde edilen test istatistiği, $n=84$ için hesaplanan tüm kritik değerlerden büyük olduğundan serinin mevsimsel olmayan birim kök içerdiği sonucuna varılmıştır.
- Seride mevsimsel birim kökün varlığına dair çıkarım yapabilmek için 2. hipotezin kabul edilmesi ve bununla birlikte 3., 4., 5., 6. ve 7. hipotezlerden en az birinin kabul edilmesi gerekmektedir (Mert ve Çağlar, 2023: 475). Seride 2. hipotez için test istatistiği -3,233810 olarak hesaplanmış ve diğer tüm kritik değerlerden küçük olduğundan reddedilmiştir. Bununla birlikte 7. hipotez için test istatistiği 6,123094 olarak hesaplanmış ve 0.10 yanılma düzeyinde reddedildiği görülmüştür.

Serilerde logaritma alınmasının seriyi normal dağılıma yaklaştıran etkisi olduğu bilinmektedir (Yantur ve Gürson, 2019: 170). Ayrıca veri setinin doğallığını koruyarak varyanstaki değişkenliği gidermek için logaritma, karekök, küp kök gibi işlemler uygulanabilmektedir (Korkmaz ve Kaçar, 2024: 491). Ayrıca literatürde mevsimselliğin giderilmesi için verinin logaritmasının alındığı uygulamalar mevcuttur (Tavus ve Azazi, 2024:

792; Altınay, 2010: 14). Uygulama adımımda serinin logaritması alınarak analiz gerçekleştirilmiştir. Uygulama adımlarının anlatımı logaritması alınmış veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bunun sebebi; logaritmik seriden elde edilen sonuçların ham veri ile elde edilen sonuçlara nazaran daha düşük ortalama mutlak hata yüzdesine sahip olmasıdır. Ortalama mutlak hata yüzdelere karşılaştırıldığı tablo uygulama bölümü sonunda verilmiştir.

1. Serinin logaritmasının alınması.

Serinin logaritması alındıktan sonra elde edilen logaritmik serinin grafiği Şekil.3.3.'te yer almaktadır.



Şekil 3.3 B 1,20 Logaritmik Sarf Miktar Grafiği

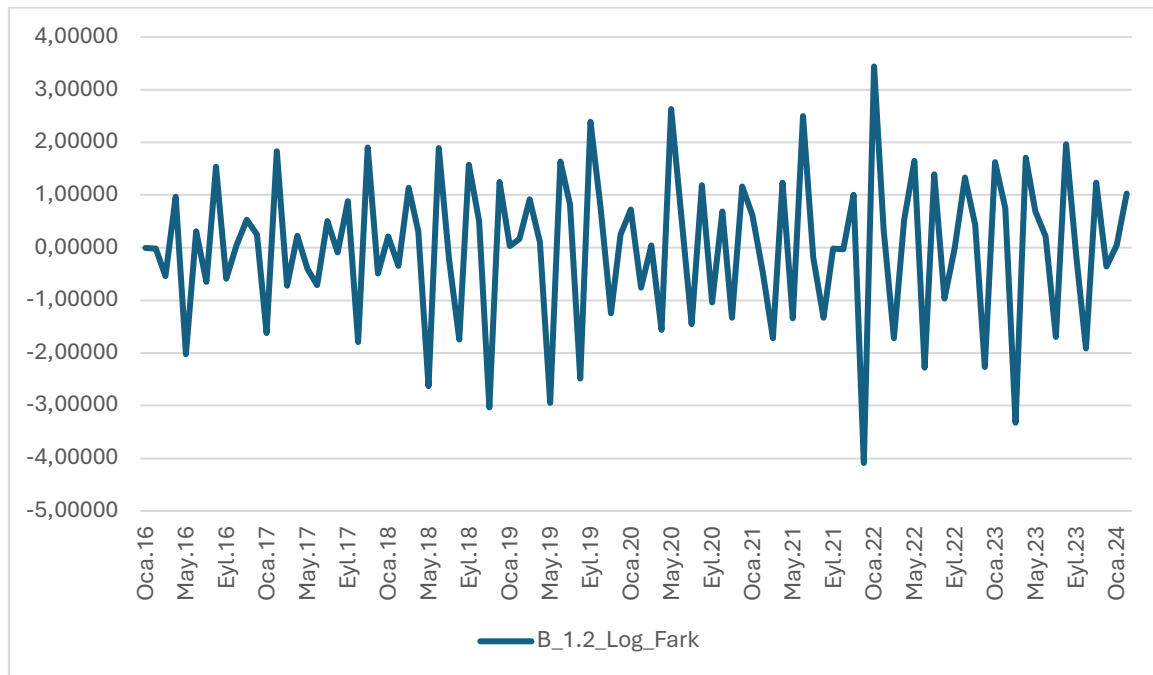
2. Logaritması alınmış seriye BM mevsimsel birim kök testi uygulanması ve sonuçların değerlendirilmesi.

Logaritmik seriye uygulanan BM mevsimsel birim kök testi sonucunda;

- Mevsimsel olmayan birim kökün analiz edildiği sıfır frekans (1. hipotez) için -0,555966 olarak hesaplanan test istatistiği, $n=84$ için hesaplanan tüm kritik değerlerden büyük olduğundan serinin mevsimsel olmayan birim kök içerdiği sonucuna varılmıştır. Bu serinin durağan olmadığını göstermektedir.
- Seride 2. hipotez için test istatistiği -3,837585 olarak hesaplanmış ve diğer tüm kritik değerlerden küçük olduğundan reddedilmiştir. Bununla birlikte 6. hipotez için test istatistiği 9,080960 olarak hesaplanmış ve 0.10 yanılma düzeyinde reddedildiği görülmüştür. Bu nedenle seride mevsimsel birim kökün varlığından bahsedilemeyeceği sonucuna varılmıştır.

BM mevsimsel birim kök testinin sonucuna göre logaritmik seride mevsim etkisinin bulunmadığı, ancak serinin düzeyde durağan olmadığı söylenebilir. Bu tür durumlarda serinin farkının alınmasıyla seri durağan hale getirilebilmektedir (Yapraklı, 2017: 293, Aydın, 2010:

331). Serinin farkının alınmasının matematiksel gösterimi $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ 'dir. Δ işlemcisi, fark işlemini temsil etmektedir.



Şekil 3.4 B 1,20 Logaritmik Fark Grafiği

Şekil.3.4.'te grafiği verilen fark serisine uygulanan BM mevsimsel birim kök testi sonucunda;

- Mevsimsel olmayan birim kökün analiz edildiği sıfır frekans (1. hipotez) için -2,744222 olarak hesaplanan test istatistiği, $n=84$ için hesaplanan tüm kritik değerlerden küçük olduğundan serinin mevsimsel olmayan birim kök içermediği sonucuna varılmıştır. Bu serinin artık durağan olduğunu göstermektedir.
- Seride 2. hipotez için test istatistiği -3,869456 olarak hesaplanmış ve diğer tüm kritik değerlerden küçük olduğundan reddedilmiştir. Bununla birlikte 5. hipotez için test istatistiği 4,024121 olarak hesaplanmış ve 0.10 yanılma düzeyinde reddedildiği görülmüştür. Bu, logaritmik fark serisinde de mevsimsel etki bulunmadığını göstermektedir.

Seri birinci farkta durağanlaştığından bu seri $I(1)$ 'dir. Bu durumda ARIMA modelinde $d=1$ 'dir. Dolayısıyla serinin ARIMA(p, d, q) formunda yazılışı ARIMA($p, 1, q$) şeklindedir. p ve q ilerleyen süreçlerde anlatılmıştır.

3. ARIMA (p, d, q) için p ve q 'nin belirlenmesi.

Birinci farkı alınmış logaritmik seride mevsimsel etkinin olmadığı ve serinin durağan olduğu tespit edildikten sonra tahmin için p ve q değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. EViews 13 programında model seçimi için, seri seçildikten sonra "Automatic ARIMA Forecasting" penceresinde işlemler aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir (Şekil.3.5):

Şekil 3.5 Automatic ARIMA Forecasting (Otomatik ARIMA Tahmin) Penceresi

Burada model seçiminde “Transformation” kısmı belirtilen seride herhangi bir dönüşüm yapıp yapılmayacağını belirlediği yerdir. Seri ham veri setinin logaritmik serisi olduğundan herhangi bir dönüşüme gerek yoktur, bu nedenle “None” olarak seçilmiştir. Log ve Box-Cox seçenekleri seride modeli belirlerken sistem logaritmik ya da Box-Cox dönüşümü uygulayarak model seçimi yapılmasını sağlamaktadır. BM mevsimsel birim kök testi sonuçlarına göre serinin durağanlaşması için farkı alındığından ve bunun sonucunda durağanlaştığından herhangi bir fark alma işlemine gerek duyulmamış ve “Max differencing” 0 olarak seçilmiştir. Max. AR bölümünde p , Max MA bölümünde ise q için maksimum gecikme uzunluğu en fazla gecikme uzunluğu olan 12; Max. SAR ve Max SMA için 2; modelde sabit terim olarak Regressors c; veriler aylık olduğundan Periodicity 12 olarak seçilmiştir. Options sekmesinde Şekil.3.6’daki seçimler yapılmıştır.

Şekil 3.6 Options (Seçenekler) Penceresi

Burada modelin belirlenebilmesi için Model Selection seçilmelidir. Model seçim kriteri Akaike Info Criterion, Schwarz Info. Criterion, Hannan-Quinn ya da Mean Square Error (MSE) olarak seçilebilir. Çalışmada Akaike Info Criterion kullanılmıştır. Output kısmında ise gösterilen seçimler yapılmıştır. Sonuçta EViews 13 programı, 1521 model içerisinde Akaike Info Criterion kriterine göre seçimleri önermiştir.

4. Seçilen model sonuçlarının değerlendirilmesi.

1521 model içerisinde Akaike Info Criterion kriterine göre anlamlı 200 model arasından EViews programı tarafından seçilen ARMA modeli (12,4)(1,1)'dir ve AIC value: 2.6646764058 olarak hesaplanmıştır. Burada 12, AR değerini; 4, MA değerini; 1, SAR değerini; 1 SMA değerini ifade etmektedir. Sonuç çıktısı aşağıda gösterildiği gibidir.

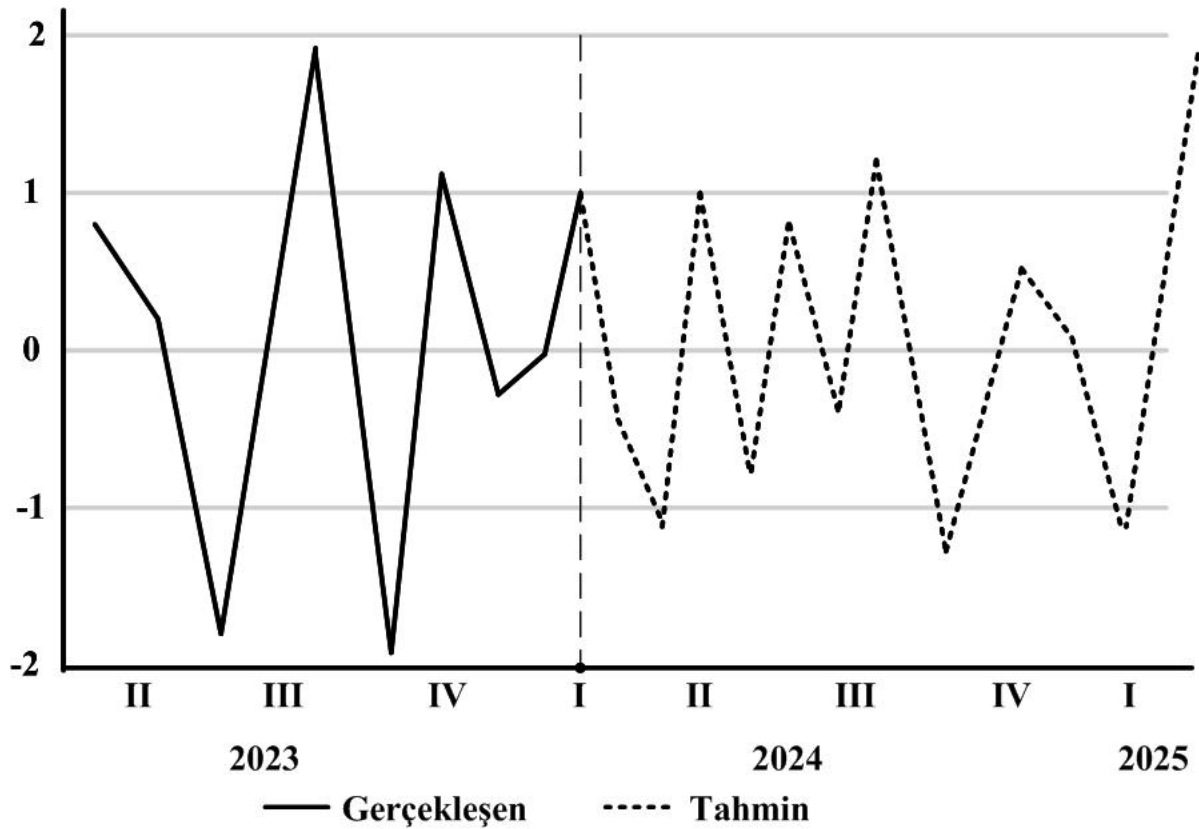
Number of estimated ARMA models: 1521
 Number of non-converged estimations: 0
 Selected ARMA model: (12,4)(1,1)
 AIC value: 2.6646764058

Önerilen tüm modeller ve grafik aşağıda gösterildiği gibidir (Tablo 3.3., Şekil 3.7.).

Tablo 3.3 EViews Tarafından Önerilen Modeller Tablosu

(12,4)(1,1)	(12,7)(0,1)	(12,3)(0,1)	(12,5)(0,2)	(11,5)(2,1)	(4,11)(0,1)	(12,3)(0,2)	(12,2)(0,1)	(7,6)(1,0)	(12,5)(2,1)
(12,6)(2,1)	(6,6)(1,1)	(6,6)(0,1)	(6,9)(0,2)	(7,5)(1,2)	(4,6)(0,2)	(8,6)(2,1)	(10,6)(0,2)	(12,2)(0,2)	(6,6)(0,2)
(4,8)(0,0)	(11,5)(0,0)	(4,11)(0,0)	(10,7)(1,0)	(7,5)(2,2)	(4,7)(0,0)	(9,10)(2,0)	(8,8)(0,0)	(12,7)(2,1)	(12,3)(0,0)
(12,2)(1,1)	(10,5)(2,0)	(10,7)(0,0)	(6,8)(0,2)	(6,5)(1,0)	(10,4)(1,1)	(9,7)(2,0)	(12,7)(2,2)	(7,8)(0,2)	(12,8)(2,2)
(12,2)(2,0)	(8,7)(1,2)	(9,8)(2,0)	(2,7)(0,2)	(7,10)(0,0)	(10,8)(1,0)	(4,8)(1,0)	(8,12)(0,0)	(7,10)(0,1)	(12,2)(2,2)
(12,2)(1,0)	(7,12)(0,1)	(9,7)(1,1)	(7,8)(0,1)	(11,8)(2,2)	(9,5)(2,2)	(9,8)(0,1)	(4,9)(0,0)	(11,12)(0,0)	(11,5)(0,2)
(9,11)(0,0)	(12,5)(1,2)	(8,10)(0,1)	(12,7)(1,0)	(7,11)(0,1)	(10,8)(0,0)	(8,7)(1,0)	(3,4)(0,0)	(0,8)(0,0)	(6,9)(1,2)
(5,3)(2,2)	(7,6)(1,2)	(11,9)(1,0)	(8,7)(0,0)	(9,12)(1,0)	(7,12)(2,0)	(9,8)(0,0)	(10,12)(0,0)	(8,5)(1,1)	(12,7)(0,0)
(1,8)(0,0)	(6,10)(0,1)	(11,9)(0,1)	(4,9)(1,2)	(2,8)(0,0)	(6,5)(0,0)	(6,10)(0,0)	(0,7)(0,0)	(8,5)(1,0)	(8,11)(2,0)
(4,6)(0,1)	(6,7)(1,2)	(8,11)(1,1)	(0,9)(0,0)	(10,11)(0,0)	(2,7)(0,0)	(3,5)(0,0)	(4,4)(0,0)	(9,10)(1,0)	(8,12)(1,1)
(3,4)(0,1)	(3,4)(1,0)	(2,3)(0,0)	(0,8)(1,0)	(0,8)(0,1)	(7,9)(1,2)	(11,3)(2,2)	(6,9)(2,2)	(3,1)(0,0)	(2,7)(2,2)

(1,8)(1,0)	(11,7)(0,1)	(1,8)(0,1)	(11,6)(2,0)	(11,6)(1,2)	(5,3)(0,0)	(5,11)(0,0)	(2,8)(1,0)	(12,11)(0,0)	(3,8)(0,0)
(2,8)(0,1)	(11,6)(0,2)	(2,4)(1,0)	(2,4)(0,1)	(6,12)(0,0)	(1,10)(0,0)	(5,6)(0,0)	(1,9)(1,0)	(1,9)(0,1)	(12,4)(0,2)
(11,5)(1,2)	(10,7)(0,2)	(0,7)(1,0)	(0,7)(0,1)	(12,1)(0,0)	(0,10)(0,0)	(8,9)(0,0)	(12,1)(0,1)	(2,10)(0,0)	(5,4)(0,0)
(11,7)(2,1)	(0,8)(0,2)	(11,3)(2,1)	(3,3)(0,0)	(2,4)(0,0)	(0,9)(1,0)	(0,8)(2,0)	(0,9)(0,1)	(8,3)(0,0)	(10,4)(0,0)
(4,1)(0,0)	(2,3)(1,0)	(5,8)(2,1)	(1,8)(2,0)	(11,1)(0,1)	(2,3)(0,1)	(2,7)(1,0)	(2,7)(0,1)	(0,11)(0,0)	(8,4)(0,0)
(5,7)(0,0)	(9,4)(1,1)	(3,3)(1,1)	(4,5)(1,0)	(3,6)(0,0)	(12,9)(2,0)	(3,5)(0,1)	(3,5)(1,0)	(4,4)(0,1)	(4,4)(1,0)
(4,5)(0,0)	(1,8)(1,1)	(1,7)(0,2)	(10,3)(2,1)	(0,8)(1,1)	(3,2)(0,0)	(3,4)(2,0)	(3,4)(1,1)	(6,6)(0,0)	(2,6)(0,0)
(9,4)(1,0)	(2,8)(0,2)	(1,11)(0,0)	(2,8)(2,0)	(8,7)(2,2)	(1,7)(2,0)	(1,10)(1,0)	(2,5)(0,1)	(3,1)(1,0)	(9,7)(1,0)
(8,2)(0,0)	(3,1)(0,1)	(1,9)(1,1)	(7,2)(0,0)	(0,7)(0,2)	(1,10)(0,1)	(9,3)(0,0)	(12,4)(0,0)	(2,4)(0,2)	(8,6)(1,1)



Şekil 3.7 Gerçekleşen ve Tahmin Grafiği

5. Uygun modelin belirlenmesi ve tahmin sürecinin yapılması.

ARMA (12,4)(1,1) modelinin tahmin sürecinde kullanılabilmesi için EViews programında Equation Estimation ekranında çalıştırılması gerekmektedir. “ $d(\log(b12))$ ” yazımı, ana seri olan “b12” serisinin; “log” logaritmasının alındığını, “d” birinci farkının alındığını, “c” ise sabiti ifade etmektedir (Şekil.3.8.).

Equation Estimation

Specification Options

Equation specification

Dependent variable followed by list of regressors including ARMA and PDL terms, OR an explicit equation like $Y=c(1)+c(2)*X$.

`d(log(b12)) c ar(1 to 12) ma(1 to 4) sar(1) sma(1)`

Estimation settings

Method: LS - Least Squares (NLS and ARMA)

Sample: 2016m01 2025m02

Tamam İptal

Şekil 3.8 Equation Estimation (Denklem Tahmini) Penceresi

Analiz sonucunda önerilen ARMA (12,4) (1,1) modelinin çalıştırıldığında AR ve MA gecikmelerinin fazlalığı ve veri setine uygun olmamasını ifade eden “Too many ARMA terms” hatasıyla karşılaşmıştır. Bu nedenle önerilen 200 modelin her biri, veri setinde denenmiş sonuçlar değerlendirilmiştir. Denemelerin tamamında her model ML (Maximum Likelihood), CLS (Conditional Least Square) ve GLS (General Least Square) metotları ile sınanmıştır. Farklı metotlar kullanılmasındaki amaç tahmindeki hatayı azaltmaktır (Abdel-Fattah vd., 2021: 904). CLS metoduyla yapılan denemede AR(1) MA(8) modeli en anlamlı sonucu vermiştir. Modeller arası kıyaslama Akaike bilgi kriterine (AIC-Akaike Information Criterion) göre yapılmıştır. Akaike bilgi kriteri modelin uyumluluğunu modelin terim sayısını dikkate alarak ölçmektedir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007: 190). Alınan sonuçlar aşağıdaki çıktı ekranında yer almaktadır.

Dependent Variable: D(LOG(B12))
Method: ARMA Conditional Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)
Date: 05/13/25 Time: 19:36
Sample (adjusted): 2016M03 2024M02
Included observations: 96 after adjustments
Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 95 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients
MA Backcast: 2015M07 2016M02

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.007234	0.005632	-1.284366	0.2025
AR(1)	-0.483556	0.132186	-3.658156	0.0004
MA(1)	-0.558617	0.124280	-4.494832	0.0000
MA(2)	-0.507969	0.094814	-5.357513	0.0000
MA(3)	0.431593	0.120537	3.580598	0.0006
MA(4)	-0.299261	0.128839	-2.322754	0.0226
MA(5)	-0.210453	0.080829	-2.603672	0.0109
MA(6)	0.185156	0.091063	2.033277	0.0451
MA(7)	0.352484	0.115805	3.043773	0.0031
MA(8)	-0.362904	0.106748	-3.399642	0.0010
R-squared	0.668234	Mean dependent var	-0.007604	
Adjusted R-squared	0.633515	S.D. dependent var	1.433595	
S.E. of regression	0.867870	Akaike info criterion	2.652783	
Sum squared resid	64.77505	Schwarz criterion	2.919902	
Log likelihood	-117.3336	Hannan-Quinn criter.	2.760757	
F-statistic	19.24657	Durbin-Watson stat	1.979699	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	-.48			
Inverted MA Roots	.98	.70-.38i	.70+.38i	.21+.89i
	.21-.89i	-.62-.56i	-.62+.56i	-1.00

6. Sonuçların değerlendirilmesi.

ARIMA sürecinde kurulan modelin başarısı aşağıdaki 3 koşulun sağlanmasıyla mümkün olmaktadır (Mert ve Çağlar, 2023: 215);

- Tüm modelde kullanılan tüm AR ve MA katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir.
- Durbin-Watson istatistiği $1,7 < \text{Durbin} - \text{Watson Değeri} < 2,3$ aralığında olmalıdır. Bu tahminden elde edilen kalıntılarda otokorelasyonun olmadığı anlamına gelmektedir.
- Modelden elde edilen kalıntıların korelogramlarına bakılarak temiz dizi olduğu tespit edilmelidir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde AR ve MA modellerinin tamamındaki anlamlılık değeri 0.05'ten küçük olduğu için AR(1) MA(8) modeli anlamlıdır. Bununla birlikte Durbin-Watson istatistik sonucu 1,979699 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 1,7 ve 2,3 aralığında olduğundan kalıntılarda otokorelasyonun olmadığı sonucuna varılabilmektedir. Bir diğer şart olan kalıntıların korelogramı ise aşağıda gösterilmiştir. Kalıntıların korelogramına bakıldığında kalıntıların temiz dizi olduğu söylenebilmektedir.

Date: 05/13/25 Time: 21:11

Sample (adjusted): 2016M03 2024M02

Included observations: 96 after adjustments

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.009	-0.009	0.0086	0.926
		2	-0.050	-0.050	0.2624	0.877
		3	0.006	0.005	0.2658	0.966
		4	0.007	0.004	0.2702	0.992
		5	-0.000	0.001	0.2702	0.998
		6	0.047	0.048	0.5047	0.998
		7	-0.039	-0.038	0.6626	0.999
		8	0.044	0.048	0.8682	0.999
		9	0.009	0.005	0.8770	1.000
		10	-0.093	-0.090	1.8325	0.997
		11	-0.037	-0.038	1.9820	0.999
		12	0.011	-0.002	1.9947	0.999
		13	0.044	0.045	2.2105	1.000
		14	-0.229	-0.236	8.2179	0.878
		15	0.094	0.108	9.2440	0.864
		16	-0.035	-0.057	9.3857	0.897
		17	-0.072	-0.069	10.010	0.903
		18	-0.165	-0.178	13.308	0.773
		19	-0.038	-0.042	13.481	0.813
		20	-0.125	-0.142	15.410	0.752
		21	-0.089	-0.161	16.413	0.746
		22	0.021	0.032	16.467	0.792
		23	0.040	0.022	16.674	0.825
		24	0.001	-0.038	16.675	0.862
		25	-0.127	-0.166	18.825	0.805
		26	-0.085	-0.080	19.785	0.802
		27	-0.002	-0.034	19.785	0.840
		28	0.217	0.103	26.292	0.557
		29	0.013	0.047	26.317	0.608
		30	-0.030	-0.075	26.446	0.652
		31	0.093	0.074	27.689	0.637
		32	0.008	-0.087	27.698	0.684
		33	-0.042	-0.002	27.957	0.716
		34	0.029	-0.064	28.084	0.752
		35	0.044	-0.015	28.387	0.778
		36	0.041	-0.022	28.656	0.803

Logaritmik seride tahmin için bu model kullanılmıştır. $ARIMA(p,d,q)$ formunda yazılışı $ARIMA(1, 1, 8)$ şeklindedir.

3.2.2.2. Bulanık Zaman Serisi Modelleri

Çalışmada bulanık zaman serisi modelleri başlık 1.2.3.2 altında verilen sıra ile uygulanmıştır. Bulanık modellerin uygulanma adımlarını verinin ham, logaritmik ya da fark verisi olma durumu etkilememektedir. Bu sebeple modellerin uygulama adımlarının örneklendirilmesinde ham veriler kullanılmıştır. Bölüm sonunda, uygulanan modeller ve elde edilen sonuçlar tablo halinde sunulmuştur.

Chen (1996) Tarafından Önerilen Yöntemin Uygulanması

1. Verilerdeki minimum (D_{min}) ve maksimum (D_{max}) değerlerin belirlenmesi akabinde D_1 - D_2 pozitif sayıları ile U evreninin belirlenmesi. ($U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$)

D_{min} : 114,40

$$D_{max} : 17.209,80$$

$$D_1 : 14,40$$

$$D_2 : 90,20$$

$$U = [100, 17.300]$$

2. Minimum ve maksimum değerleri belirlenen evrenin eşit aralıklara bölünmesi ve u aralıklarının oluşturulması. Çalışmada U 7 eşit parçaya bölünmüş ve $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$ ve u_7 aralıkları belirlenmiştir.

$$u_1 = [100, 2.557,14]$$

$$u_2 = [2.557,14, 5.014,29]$$

$$u_3 = [5.014,29, 7.471,43]$$

$$u_4 = [7.471,43, 9.928,57]$$

$$u_5 = [9.928,57, 12.385,71]$$

$$u_6 = [12.385,71, 14.842,86]$$

$$u_7 = [14.842,86, 17.300]$$

3. Dilsel değişkenlere bulanık kümelerinin tanımlanması.

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7$$

$$A_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7$$

$$A_7 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0,5/u_6 + 1/u_7$$

4. Aylara göre gerçekleşmiş talep üretim miktarları bulanıklaştırılmış değerlere yani $A_{1,2,...,k}$ kayıtlarına dönüştürülür. Bu adımda ilgili ayın değeri hangi aralıktaysa ($u_1, u_2, u_3, \dots, u_7$) o aralığa ait dilsel değer ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_7$) yazılarak bulanıklaştırılır.

Tablo 3.4 Chen (1996) / Bulanıklaştırılmış Değerler Tablosu

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ocak	A_4	A_1	A_3	A_1	A_2	A_4	A_2	A_2	A_1
Şubat	A_4	A_4	A_2	A_1	A_1	A_3	A_2	A_4	A_2
Mart	A_3	A_2	A_6	A_2	A_1	A_1	A_1	A_1	-
Nisan	A_6	A_3	A_7	A_3	A_1	A_2	A_1	A_1	-
Mayıs	A_1	A_2	A_1	A_1	A_3	A_1	A_4	A_2	-
Haziran	A_1	A_1	A_4	A_1	A_5	A_5	A_1	A_2	-

Temmuz	A_1	A_2	A_3	A_2	A_2	A_5	A_2	A_1	-
Ağustos	A_3	A_2	A_1	A_1	A_4	A_2	A_1	A_3	-
Eylül	A_2	A_3	A_3	A_2	A_2	A_2	A_1	A_2	-
Ekim	A_2	A_1	A_4	A_3	A_3	A_1	A_2	A_1	-
Kasım	A_3	A_4	A_1	A_1	A_1	A_3	A_3	A_1	-
Aralık	A_4	A_2	A_1	A_1	A_3	A_1	A_1	A_1	-

Sonrasında sırasıyla aylara göre sarfiyat değeri ve bu değerden bir sonraki yıl kayıt değeri esas alınarak bulanık mantık ilişkileri grupları oluşturulur. Örneğin 2016 Mayıs ayındaki A_1 değerinden sonra gelen 2016 Haziran ayındaki A_1 değeri bir grup olurken; 2016 Temmuz ayındaki A_1 değeri sonrasında gelen 2016 Ağustos ayındaki A_3 değeri ayrı bir grubu oluşturur. Bu durumda A_1 ’den A_1 ve A_3 ’e 2 ayrı grup olduğu söylenebilir. Tüm seri için bu durum analiz edilir.

Tablo 3.5 Chen (1996) / Bulanıklaştırılmış İlişkiler Tablosu

ANA GRUP	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
YÖN	A_1	A_1	A_1	A_1	A_2	A_1	A_1
YÖN	A_2	A_2	A_2	A_2	A_5	A_7	
YÖN	A_3	A_3	A_4	A_3			
YÖN	A_4	A_4	A_5	A_4			
YÖN	A_5	A_6	A_6				

Tablo 3.6 Chen (1996) / Bulanık İlişki Grupları

Grup 1	$A_1 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_2$	$A_1 \rightarrow A_3$	$A_1 \rightarrow A_4$	$A_1 \rightarrow A_5$
Grup 2	$A_2 \rightarrow A_1$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_3$	$A_2 \rightarrow A_4$	$A_2 \rightarrow A_6$
Grup 3	$A_3 \rightarrow A_1$	$A_3 \rightarrow A_2$	$A_3 \rightarrow A_4$	$A_3 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_6$
Grup 4	$A_4 \rightarrow A_1$	$A_4 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_4$	
Grup 5	$A_5 \rightarrow A_2$	$A_5 \rightarrow A_5$			
Grup 6	$A_6 \rightarrow A_1$	$A_6 \rightarrow A_7$			
Grup 7	$A_7 \rightarrow A_1$				

5. Tahminler gerçekleştirilir. Chen (1996) yöntemi ile yapılan tahminlerde ilgili ayın değerinin A_1 olduğu varsayımında; oluşturulan Grup 1 içerisinde A_1 ’den A_1, A_2, A_3, A_4 ve A_5 ’e giden seriler görüldüğünden A_1 olarak bulanıklaştırılan değer için u_1, u_2, u_3, u_4 , ve u_5 değerlerinin orta noktalarının ortalaması yazılarak durulaştırılacaktır.

Tablo 3.7 Chen (1996) / Yöntemine Göre Gerçekleştirilen Tahmin Sonuçları

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ocak	5.014,29	6.242,86	7.717,14	6.242,86	6.734,29	5.014,29	6.734,29	6.734,29	6.242,86
Şubat	5.014,29	5.014,29	6.734,29	6.242,86	6.242,86	7.717,14	6.734,29	5.014,29	6.734,29
Mart	7.717,14	6.734,29	8.700,00	6.734,29	6.242,86	6.242,86	6.242,86	6.242,86	-
Nisan	8.700,00	7.717,14	1.328,57	7.717,14	6.242,86	6.734,29	6.242,86	6.242,86	-
Mayıs	6.242,86	6.734,29	6.242,86	6.242,86	7.717,14	6.242,86	5.014,29	6.734,29	-
Haziran	6.242,86	6.242,86	5.014,29	6.242,86	7.471,43	7.471,43	6.242,86	6.734,29	-
Temmuz	6.242,86	6.734,29	7.717,14	6.734,29	6.734,29	7.471,43	6.734,29	6.242,86	-
Ağustos	7.717,14	6.734,29	6.242,86	6.242,86	5.014,29	6.734,29	6.242,86	7.717,14	-
Eylül	6.734,29	7.717,14	7.717,14	6.734,29	6.734,29	6.734,29	6.242,86	6.734,29	-
Ekim	6.734,29	6.242,86	5.014,29	7.717,14	7.717,14	6.242,86	6.734,29	6.242,86	-
Kasım	7.717,14	5.014,29	6.242,86	6.242,86	6.242,86	7.717,14	7.717,14	6.242,86	-
Aralık	5.014,29	6.734,29	6.242,86	6.242,86	7.717,14	6.242,86	6.242,86	6.242,86	-

Hwang vd. (1998) Tarafından Önerilen Yöntemin Uygulanması

Hwang vd. (1998) tarafından önerilen yöntem mevcut yıl ve geçmiş yıllar arasındaki ilişkiyi incelemekte, bu incelemeyi de değişimler üzerinden yapmaktadır. Değişimler mevcut yıl değerinden bir önceki yılın çıkarılmasıyla bulunur. Model dönemlik farklar üzerine kurulduğundan bulunan tahmin değerleri fark değerleridir. Yöntemde geçmiş kaç yıla ait verinin (w) kullanılacağına karar verilmesi gerekmektedir.

1. Veriler arası değişimler hesaplanır ve değişimler arası minimum (D_{min}) ve maksimum (D_{max}) belirlenmesi akabinde D_1 - D_2 keyfi pozitif sayılarıyla U evreninin belirlenir. $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$

$$D_{min} : -15.977,60$$

$$D_{max} : 11.015,90$$

$$D_1 : 22,40$$

$$D_2 : 84,10$$

$$U = [-16.000, 11.100]$$

2. U evreni eşit aralıklara bölünür. Çalışmada U , 6 eşit parçaya bölünmüş ve u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 ve u_6 aralıkları belirlenmiştir.

$$u_1 = [-16.000, -11.483,33]$$

$$u_2 = [-11.483,33, -6.966,67]$$

$$u_3 = [-6.966,67, -2.450]$$

$$u_4 = [-2.450, 2.066,67]$$

$$u_5 = [2.066,67, 6.583,33]$$

$$u_6 = [6.583,33, 11.000]$$

3. Değişim değerleri dilsel ifadelere dönüştürülerek bulanıklaştırılır. Çalışmada A_1 “büyük azalış”, A_2 “azalış”, A_3 “değişim yok”, A_4 “artış”, A_5 “büyük artış”, A_6 “çok büyük artış” olarak belirlenmiştir.

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6$$

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6$$

$$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6$$

$$A_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6$$

4. Veriler arası farklar bulanıklaştırılır.

Tablo 3.8 Hwang vd. (1998) / Bulanıklaştırılmış Farklar Tablosu

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ocak	-	A_3	A_4	A_4	A_5	A_5	A_5	A_5	A_4
Şubat	A_4	A_6	A_4	A_4	A_4	A_3	A_4	A_5	A_5
Mart	A_3	A_3	A_6	A_5	A_4	A_3	A_3	A_2	-
Nisan	A_6	A_4	A_5	A_4	A_4	A_5	A_4	A_4	-
Mayıs	A_1	A_4	A_1	A_3	A_5	A_3	A_5	A_4	-
Haziran	A_4	A_4	A_6	A_4	A_5	A_6	A_2	A_4	-
Temmuz	A_4	A_4	A_4	A_4	A_2	A_4	A_5	A_3	-
Ağustos	A_5	A_4	A_3	A_3	A_5	A_2	A_4	A_5	-
Eylül	A_3	A_5	A_5	A_5	A_3	A_4	A_4	A_4	-
Ekim	A_4	A_3	A_5	A_5	A_5	A_4	A_5	A_3	-
Kasım	A_5	A_5	A_2	A_3	A_3	A_5	A_5	A_4	-
Aralık	A_4	A_3	A_4	A_4	A_5	A_3	A_3	A_4	-

5. Seçilen w değerine göre sırasıyla kriter, operasyon ve ilişki matrisleri oluşturulur. Örneğin w değerinin 5 olduğu varsayılırsa; Temmuz 2016 için kriter matrisi Haziran 2016, operasyon matrisleri ise Şubat 2016, Mart 2016, Nisan 2016, Mayıs 2016 dönemlerinden oluşur. Matris üzerinden örnek aşağıdaki gibidir:

$$C(t) = F_{t-1} = [0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0] \text{ (Haziran 2016} \rightarrow A_4)$$

$$O^5(t) = \begin{bmatrix} F_{(t-2)} \\ F_{(t-3)} \\ F_{(t-4)} \\ F_{(t-5)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{MAYIS 2016} \\ \text{NİSAN 2016} \\ \text{MART 2016} \\ \text{ŞUBAT 2016} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_6 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1 \\ 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,25 & 1 & 0,25 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F(t) = [0 \quad 0 \quad 0,5 \quad 1 \quad 0,25 \quad 0]$$

İşlemlerin sonunda bulunan $F(t)$ Temmuz 2016 için tahmin yapılırken u_1 , u_2 ve u_3 aralıklarının orta noktalarının ortalaması yani $\left[\frac{(-13.741,67)+(-9.225)+(-4.708,33)}{3} \right]$ sonucu bulunan değişim miktarı, Haziran 2016'ya eklenir.

Hwang vd. (1998) tarafından önerilen yöntem ham veri ve logaritmik veriler üzerinde uygulanmıştır. w değeri 3, 4, 5, 6 olarak uygulanmış ve bir noktadan sonra ortalama mutlak hata yüzdesi artan bir eğilim sergilemiştir.

Chen (2002) Tarafından Önerilen Yüksek Mertebeli Yöntemin Uygulanması

1. Verilerdeki minimum (D_{min}) ve maksimum (D_{max}) değerlerin belirlenmesi akabinde D_1 - D_2 pozitif sayıları ile U evreninin belirlenmesi. ($U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$)

$$D_{min} : 114,40$$

$$D_{max} : 17.209,80$$

$$D_1 : 14,40$$

$$D_2 : 90,20$$

$$U = [100, 17.300]$$

2. Minimum ve maksimum değerleri belirlenen evrenin eşit aralıklara bölünmesi ve u aralıklarının oluşturulması. Çalışmada U 7 eşit parçaya bölünmüş ve $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$ ve u_7 aralıkları belirlenmiştir.

$$u_1 = [100, 2.557,14]$$

$$u_2 = [2.557,14, 5.014,29]$$

$$u_3 = [5.014,29, 7.471,43]$$

$$u_4 = [7.471,43, 9.928,57]$$

$$u_5 = [9.928,57, 12.385,71]$$

$$u_6 = [12.385,71, 14.842,86]$$

$$u_7 = [14.842,86, 17.300]$$

3. Dilsel değişkenlere bulanık kümeler tanımlanmıştır.

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_4 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7$$

$$A_5 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7$$

$$A_6 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7$$

$$A_7 = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0,5/u_6 + 1/u_7$$

4. Veriler belirlenen aralıklara göre bulanıklaştırılmıştır.

Tablo 3.9 Chen (2002) / Bulanıklaştırılmış Değerler Tablosu

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ocak	A_4	A_1	A_3	A_1	A_2	A_4	A_2	A_2	A_1
Şubat	A_4	A_4	A_2	A_1	A_1	A_3	A_2	A_4	A_2
Mart	A_3	A_2	A_6	A_2	A_1	A_1	A_1	A_1	-
Nisan	A_6	A_3	A_7	A_3	A_1	A_2	A_1	A_1	-
Mayıs	A_1	A_2	A_1	A_1	A_3	A_1	A_4	A_2	-
Haziran	A_1	A_1	A_4	A_1	A_5	A_5	A_1	A_2	-
Temmuz	A_1	A_2	A_3	A_2	A_2	A_5	A_2	A_1	-
Ağustos	A_3	A_2	A_1	A_1	A_4	A_2	A_1	A_3	-
Eylül	A_2	A_3	A_3	A_2	A_2	A_2	A_1	A_2	-
Ekim	A_2	A_1	A_4	A_3	A_3	A_1	A_2	A_1	-
Kasım	A_3	A_4	A_1	A_1	A_1	A_3	A_3	A_1	-
Aralık	A_4	A_2	A_1	A_1	A_3	A_1	A_1	A_1	-

5. 2. mertebeden bulanık grupların belirlenmesi adımında veri setine göre 24 farklı grup oluşmuştur. Bu gruplar Tablo.3.10.'da gösterilmiştir. Serideki bulanık değerler sırasıyla ikiye bölünmüş ve sonrasında gelen değer yazılarak ilişki grupları oluşturulmuştur. Mayıs 2016 için A_1 ve Haziran 2016 için A_1 değerleri sonrasında gelen Temmuz 2016 değerlerine bakıldığında $A_1, A_1 \rightarrow A_1$ ile bulanık ilişki grubu oluşturulmuştur. Serinin devamına bakıldığında 2022 Mart için A_1 ve 2022 Nisan için A_1 değerleri sonrasında gelen 2022 Mayıs değerleri ile $A_1, A_1 \rightarrow A_4$ bulanık ilişki grubu oluşturulmuştur. Bu analiz tüm seriye yapılmış ve her mertebe artışında aynı mantık işletilmiştir.

Tablo 3.10 Chen (2002) / 2. Mertebeden Bulanık İlişkiler Tablosu

Grup	Bulanık İlişki	Grup	Bulanık İlişki	Grup	Bulanık İlişki
Grup 1	$A_1, A_1 \rightarrow A_1$ $A_1, A_1 \rightarrow A_2$ $A_1, A_1 \rightarrow A_3$ $A_1, A_1 \rightarrow A_4$	Grup 9	$A_2, A_4 \rightarrow A_1$ $A_2, A_4 \rightarrow A_2$	Grup 17	$A_4, A_2 \rightarrow A_3$

Grup 2	$A_1, A_2 \rightarrow A_1$ $A_1, A_2 \rightarrow A_2$ $A_1, A_2 \rightarrow A_3$ $A_1, A_2 \rightarrow A_4$	Grup 10	$A_2, A_6 \rightarrow A_7$	Grup 18	$A_4, A_3 \rightarrow A_1$ $A_4, A_2 \rightarrow A_6$
Grup 3	$A_1, A_3 \rightarrow A_1$ $A_1, A_3 \rightarrow A_2$ $A_1, A_3 \rightarrow A_4$ $A_1, A_3 \rightarrow A_5$	Grup 11	$A_3, A_1 \rightarrow A_1$ $A_3, A_1 \rightarrow A_2$ $A_3, A_1 \rightarrow A_3$ $A_3, A_1 \rightarrow A_4$	Grup 19	$A_4, A_4 \rightarrow A_3$
Grup 4	$A_1, A_4 \rightarrow A_1$ $A_1, A_4 \rightarrow A_2$ $A_1, A_4 \rightarrow A_3$	Grup 12	$A_3, A_2 \rightarrow A_1$ $A_3, A_2 \rightarrow A_2$ $A_3, A_2 \rightarrow A_6$	Grup 20	$A_5, A_2 \rightarrow A_2$ $A_5, A_2 \rightarrow A_4$
Grup 5	$A_1, A_5 \rightarrow A_1$	Grup 13	$A_3, A_4 \rightarrow A_1$ $A_3, A_4 \rightarrow A_3$	Grup 21	$A_5, A_5 \rightarrow A_2$
Grup 6	$A_2, A_1 \rightarrow A_1$ $A_2, A_1 \rightarrow A_2$ $A_2, A_1 \rightarrow A_3$ $A_2, A_1 \rightarrow A_5$	Grup 14	$A_3, A_5 \rightarrow A_2$	Grup 22	$A_6, A_1 \rightarrow A_1$
Grup 7	$A_2, A_2 \rightarrow A_1$ $A_2, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 15	$A_3, A_6 \rightarrow A_1$	Grup 23	$A_6, A_7 \rightarrow A_1$
Grup 8	$A_2, A_3 \rightarrow A_1$ $A_2, A_3 \rightarrow A_2$ $A_2, A_3 \rightarrow A_4$	Grup 16	$A_4, A_1 \rightarrow A_1$ $A_4, A_1 \rightarrow A_2$ $A_4, A_1 \rightarrow A_4$	Grup 24	$A_7, A_1 \rightarrow A_4$

2. mertebeden bulanık ilişkilerin yer aldığı Tablo 3.10. incelendiğinde Grup 5, Grup 10, Grup 14, Grup 15, Grup17, Grup 19, Grup 21, Grup 22, Grup 23 ve Grup 24 dışındaki tüm grupların solundaki bulanık kümeler aynı, ancak ilişkilerin sağındaki bulanık kümelerin farklı olması dolayısıyla tahmin değerinin kaç olacağı belirsizdir. Bu nedenle, belirsizliğin giderilebilmesi adına daha yüksek dereceden bulanık ilişkiler incelenmiştir. Bu durum 3. mertebeden bulanık ilişkilerin incelendiği Tablo 3.11’de gösterilmiştir. 3. Mertebeden bulanık ilişkiler incelenirken “#” değeri gruplara eklenmiştir. Bu ifade boş (null) değer olarak nitelendirilmektedir (Chen, 2022: 11). Tahminlerde # değeri geldiğinde hangi mertebeden geldiği bulunur ve o mertebedeki değerlerin uzak dönemden yakın döneme doğru ağırlıklı ortalaması alınarak tahmin değeri yazılır.

Tablo 3.11 Chen (2002) / 3. Mertebeden Bulanık İlişkiler Tablosu

Grup	Bulanık İlişki	Grup	Bulanık İlişki	Grup	Bulanık İlişki
Grup 1	$\#, A_4, A_4 \rightarrow A_3$	Grup 19	$A_2, A_1, A_2 \rightarrow A_2$ $A_2, A_1, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 37	$A_3, A_4, A_1 \rightarrow A_1$ $A_3, A_4, A_1 \rightarrow A_4$
Grup 2	$A_1, A_1, A_1 \rightarrow A_1$ $A_1, A_1, A_1 \rightarrow A_2$ $A_1, A_1, A_1 \rightarrow A_3$	Grup 20	$A_2, A_1, A_3 \rightarrow A_1$ $A_2, A_1, A_3 \rightarrow A_2$	Grup 38	$A_3, A_4, A_3 \rightarrow A_1$
Grup 3	$A_1, A_1, A_2 \rightarrow \#$ $A_1, A_1, A_2 \rightarrow A_1$ $A_1, A_1, A_2 \rightarrow A_2$ $A_1, A_1, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 21	$A_2, A_1, A_5 \rightarrow A_5$	Grup 39	$A_3, A_5, A_2 \rightarrow A_4$
Grup 4	$A_1, A_1, A_3 \rightarrow A_2$ $A_1, A_1, A_3 \rightarrow A_5$	Grup 22	$A_2, A_2, A_1 \rightarrow A_1$ $A_2, A_2, A_1 \rightarrow A_3$	Grup 40	$A_3, A_6, A_1 \rightarrow A_1$
Grup 5	$A_1, A_1, A_4 \rightarrow A_1$	Grup 23	$A_2, A_2, A_3 \rightarrow A_1$ $A_2, A_2, A_3 \rightarrow A_4$	Grup 41	$A_4, A_1, A_1 \rightarrow A_1$ $A_4, A_1, A_1 \rightarrow A_2$
Grup 6	$A_1, A_2, A_1 \rightarrow A_1$ $A_1, A_2, A_1 \rightarrow A_2$ $A_1, A_2, A_1 \rightarrow A_5$	Grup 24	$A_2, A_3, A_1 \rightarrow A_1$ $A_2, A_3, A_1 \rightarrow A_2$ $A_2, A_3, A_1 \rightarrow A_3$ $A_2, A_3, A_1 \rightarrow A_4$	Grup 42	$A_4, A_1, A_2 \rightarrow A_1$
Grup 7	$A_1, A_2, A_2 \rightarrow A_1$ $A_1, A_2, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 25	$A_2, A_3, A_2 \rightarrow A_1$ $A_2, A_3, A_2 \rightarrow A_6$	Grup 43	$A_4, A_1, A_4 \rightarrow A_2$
Grup 8	$A_1, A_2, A_3 \rightarrow A_1$	Grup 26	$A_2, A_3, A_4 \rightarrow A_1$	Grup 44	$A_4, A_2, A_3 \rightarrow A_1$ $A_4, A_2, A_3 \rightarrow A_2$
Grup 9	$A_1, A_2, A_4 \rightarrow A_1$	Grup 27	$A_2, A_4, A_1 \rightarrow A_1$	Grup 45	$A_4, A_3, A_1 \rightarrow A_2$ $A_4, A_3, A_1 \rightarrow A_3$
Grup 10	$A_1, A_3, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 28	$A_2, A_4, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 46	$A_4, A_3, A_6 \rightarrow A_1$
Grup 11	$A_1, A_3, A_2 \rightarrow A_1$ $A_1, A_3, A_2 \rightarrow A_2$	Grup 29	$A_2, A_6, A_7 \rightarrow A_1$	Grup 47	$A_4, A_4, A_3 \rightarrow A_6$
Grup 12	$A_1, A_3, A_4 \rightarrow A_1$ $A_1, A_3, A_4 \rightarrow A_3$	Grup 30	$A_3, A_1, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 48	$A_5, A_2, A_2 \rightarrow A_1$
Grup 13	$A_1, A_3, A_5 \rightarrow A_2$	Grup 31	$A_3, A_1, A_2 \rightarrow A_1$ $A_3, A_1, A_2 \rightarrow A_2$ $A_3, A_1, A_2 \rightarrow A_4$	Grup 49	$A_5, A_2, A_4 \rightarrow A_2$

Grup 14	$A_1, A_4, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 32	$A_3, A_1, A_3 \rightarrow A_4$	Grup 50	$A_5, A_5, A_2 \rightarrow A_2$
Grup 15	$A_1, A_4, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 33	$A_3, A_1, A_4 \rightarrow A_2$	Grup 51	$A_6, A_1, A_1 \rightarrow A_1$
Grup 16	$A_1, A_4, A_3 \rightarrow A_1$	Grup 34	$A_3, A_2, A_1 \rightarrow A_1$ $A_3, A_2, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 52	$A_6, A_7, A_1 \rightarrow A_4$
Grup 17	$A_1, A_5, A_5 \rightarrow A_2$	Grup 35	$A_3, A_2, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 53	$A_7, A_1, A_4 \rightarrow A_3$
Grup 18	$A_2, A_1, A_1 \rightarrow A_1$ $A_2, A_1, A_1 \rightarrow A_2$ $A_2, A_1, A_1 \rightarrow A_4$	Grup 36	$A_3, A_2, A_6 \rightarrow A_7$		

Tablo 3.11. incelendiğinde 3. mertebeden bulanık ilişkilerde de gruplar arasında belirsizliğin devam ettiği görülmektedir. Belirsizliği giderebilmek adına daha yüksek mertebeden bulanık ilişkiler incelenmiştir. Sonuçta 8. mertebeden bulanık ilişkiler incelendiğinde belirsizliğin ortadan kalktığı görülmüştür. 8. mertebede kurulan bulanık ilişkiler 90 grup oluşturmuştur ve bunlar Tablo 3.12.'de gösterilmiştir. Çalışmada, 8. mertebedeki bulanık ilişkiler esas alınarak tahmin serisi oluşturulmuştur.

Tablo 3.12 Chen (2002) / 8. Mertebeden Bulanık İlişkiler Tablosu

Grup	Bulanık İlişki	Grup	Bulanık İlişki
Grup 1	$\#, A_4, A_4, A_3, A_6, A_1, A_1, A_1 \rightarrow A_3$	Grup 46	$A_2, A_2, A_3, A_1, A_4, A_2, A_3, A_2 \rightarrow A_6$
Grup 2	$A_1, A_1, A_1, A_1, A_2, A_3, A_1, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 47	$A_2, A_2, A_3, A_4, A_1, A_4, A_2, A_3 \rightarrow A_2$
Grup 3	$A_1, A_1, A_1, A_2, A_3, A_1, A_1, A_2 \rightarrow A_1$	Grup 48	$A_2, A_3, A_1, A_1, A_2, A_1, A_1, A_1 \rightarrow A_3$
Grup 4	$A_1, A_1, A_1, A_3, A_2, A_2, A_3, A_4 \rightarrow A_1$	Grup 49	$A_2, A_3, A_1, A_1, A_2, A_1, A_2, A_3 \rightarrow A_1$
Grup 5	$A_1, A_1, A_1, A_3, A_5, A_2, A_4, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 50	$A_2, A_3, A_1, A_2, A_4, A_1, A_1, A_2 \rightarrow A_2$
Grup 6	$A_1, A_1, A_2, A_1, A_1, A_1, A_3, A_5 \rightarrow A_2$	Grup 51	$A_2, A_3, A_1, A_3, A_4, A_3, A_1, A_2 \rightarrow A_1$
Grup 7	$A_1, A_1, A_2, A_1, A_2, A_3, A_1, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 52	$A_2, A_3, A_1, A_4, A_2, A_3, A_5, A_6 \rightarrow A_7$
Grup 8	$A_1, A_1, A_2, A_2, A_1, A_3, A_2, A_1 \rightarrow A_1$	Grup 53	$A_2, A_3, A_2, A_3, A_2, A_2, A_3, A_1 \rightarrow A_4$
Grup 9	$A_1, A_1, A_2, A_3, A_1, A_1, A_2, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 54	$A_2, A_3, A_2, A_6, A_7, A_1, A_4, A_3 \rightarrow A_1$
Grup 10	$A_1, A_1, A_2, A_3, A_1, A_2, A_4, A_1 \rightarrow A_1$	Grup 55	$A_2, A_3, A_4, A_1, A_4, A_2, A_3, A_2 \rightarrow A_1$
Grup 11	$A_1, A_1, A_3, A_2, A_2, A_3, A_4, A_1 \rightarrow A_4$	Grup 56	$A_2, A_4, A_1, A_1, A_2, A_2, A_1, A_3 \rightarrow A_2$
Grup 12	$A_1, A_1, A_3, A_5, A_2, A_4, A_2, A_3 \rightarrow A_1$	Grup 57	$A_2, A_4, A_2, A_3, A_1, A_3, A_4, A_3 \rightarrow A_1$
Grup 13	$A_1, A_1, A_4, A_1, A_2, A_1, A_1, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 58	$A_2, A_6, A_7, A_1, A_4, A_3, A_1, A_3 \rightarrow A_4$
Grup 14	$A_1, A_2, A_1, A_1, A_1, A_3, A_5, A_2 \rightarrow A_4$	Grup 59	$A_3, A_1, A_1, A_2, A_1, A_1, A_1, A_3 \rightarrow A_5$
Grup 15	$A_1, A_2, A_1, A_1, A_2, A_3, A_1, A_2 \rightarrow A_4$	Grup 60	$A_3, A_1, A_1, A_2, A_1, A_2, A_3, A_1 \rightarrow A_1$
Grup 16	$A_1, A_2, A_1, A_2, A_3, A_1, A_1, A_2 \rightarrow A_1$	Grup 61	$A_3, A_1, A_2, A_1, A_5, A_5, A_2, A_2 \rightarrow A_1$
Grup 17	$A_1, A_2, A_1, A_5, A_5, A_2, A_2, A_1 \rightarrow A_3$	Grup 62	$A_3, A_1, A_2, A_2, A_1, A_1, A_4, A_1 \rightarrow A_2$
Grup 18	$A_1, A_2, A_2, A_1, A_1, A_4, A_1, A_2 \rightarrow A_1$	Grup 63	$A_3, A_1, A_2, A_4, A_1, A_1, A_2, A_2 \rightarrow A_1$
Grup 19	$A_1, A_2, A_2, A_1, A_3, A_2, A_1, A_1 \rightarrow A_1$	Grup 64	$A_3, A_1, A_3, A_4, A_1, A_1, A_1, A_1 \rightarrow A_2$
Grup 20	$A_1, A_2, A_2, A_3, A_1, A_4, A_2, A_3 \rightarrow A_2$	Grup 65	$A_3, A_1, A_3, A_4, A_3, A_1, A_2, A_1 \rightarrow A_5$
Grup 21	$A_1, A_2, A_3, A_1, A_1, A_2, A_1, A_1 \rightarrow A_1$	Grup 66	$A_3, A_1, A_4, A_2, A_3, A_2, A_6, A_7 \rightarrow A_1$
Grup 22	$A_1, A_2, A_3, A_1, A_1, A_2, A_1, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 67	$A_3, A_2, A_1, A_2, A_2, A_3, A_1, A_4 \rightarrow A_2$
Grup 23	$A_1, A_1, A_3, A_1, A_2, A_4, A_1, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 68	$A_3, A_2, A_2, A_3, A_4, A_1, A_4, A_2 \rightarrow A_3$
Grup 24	$A_1, A_2, A_4, A_1, A_1, A_2, A_2, A_1 \rightarrow A_3$	Grup 69	$A_3, A_2, A_6, A_7, A_1, A_4, A_3, A_1 \rightarrow A_3$

Grup 25	$A_1, A_3, A_1, A_2, A_2, A_1, A_1, A_4 \rightarrow A_1$	Grup 70	$A_3, A_4, A_1, A_1, A_1, A_2, A_3 \rightarrow A_1$
Grup 26	$A_1, A_3, A_2, A_1, A_1, A_1, A_2 \rightarrow \#$	Grup 71	$A_3, A_4, A_1, A_4, A_2, A_3, A_2, A_1 \rightarrow A_2$
Grup 27	$A_1, A_3, A_2, A_2, A_3, A_4, A_1, A_4 \rightarrow A_2$	Grup 72	$A_3, A_4, A_3, A_1, A_2, A_1, A_5, A_5 \rightarrow A_2$
Grup 28	$A_1, A_3, A_4, A_1, A_1, A_1, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 73	$A_3, A_5, A_2, A_4, A_2, A_3, A_1, A_3 \rightarrow A_4$
Grup 29	$A_1, A_3, A_4, A_3, A_1, A_2, A_1, A_5 \rightarrow A_5$	Grup 74	$A_3, A_6, A_1, A_1, A_1, A_3, A_2, A_2 \rightarrow A_3$
Grup 30	$A_1, A_3, A_5, A_2, A_4, A_2, A_3, A_1 \rightarrow A_3$	Grup 75	$A_4, A_1, A_1, A_1, A_1, A_2, A_3, A_1 \rightarrow A_1$
Grup 31	$A_1, A_4, A_1, A_2, A_1, A_1, A_2, A_3 \rightarrow A_1$	Grup 76	$A_4, A_1, A_1, A_2, A_2, A_1, A_3, A_2 \rightarrow A_1$
Grup 32	$A_1, A_4, A_2, A_3, A_2, A_1, A_2, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 77	$A_4, A_1, A_2, A_1, A_1, A_2, A_3, A_1 \rightarrow A_2$
Grup 33	$A_1, A_4, A_2, A_3, A_2, A_6, A_7, A_1 \rightarrow A_4$	Grup 78	$A_4, A_1, A_4, A_2, A_3, A_2, A_1, A_2 \rightarrow A_2$
Grup 34	$A_1, A_4, A_3, A_1, A_3, A_4, A_1, A_1 \rightarrow A_1$	Grup 79	$A_4, A_2, A_3, A_1, A_3, A_4, A_3, A_1 \rightarrow A_2$
Grup 35	$A_1, A_5, A_5, A_2, A_2, A_1, A_3, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 80	$A_4, A_2, A_3, A_2, A_1, A_2, A_2, A_3 \rightarrow A_1$
Grup 36	$A_2, A_1, A_1, A_1, A_3, A_5, A_2, A_4 \rightarrow A_2$	Grup 81	$A_4, A_2, A_3, A_2, A_6, A_7, A_1, A_4 \rightarrow A_3$
Grup 37	$A_2, A_1, A_1, A_2, A_3, A_1, A_2, A_4 \rightarrow A_1$	Grup 82	$A_4, A_3, A_1, A_2, A_1, A_5, A_5, A_2 \rightarrow A_2$
Grup 38	$A_2, A_1, A_1, A_4, A_1, A_2, A_1, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 83	$A_4, A_3, A_1, A_3, A_4, A_1, A_1, A_1 \rightarrow A_1$
Grup 39	$A_2, A_1, A_2, A_2, A_3, A_1, A_4, A_2 \rightarrow A_3$	Grup 84	$A_4, A_3, A_6, A_1, A_1, A_1, A_3, A_2 \rightarrow A_2$
Grup 40	$A_2, A_1, A_2, A_3, A_1, A_1, A_2, A_1 \rightarrow A_1$	Grup 85	$A_4, A_4, A_3, A_6, A_1, A_1, A_1, A_3 \rightarrow A_2$
Grup 41	$A_2, A_1, A_3, A_1, A_2, A_2, A_1, A_1 \rightarrow A_4$	Grup 86	$A_5, A_2, A_2, A_1, A_3, A_1, A_2, A_2 \rightarrow A_1$
Grup 42	$A_2, A_1, A_3, A_2, A_1, A_1, A_1, A_1 \rightarrow A_2$	Grup 87	$A_5, A_2, A_4, A_2, A_3, A_1, A_3, A_4 \rightarrow A_3$
Grup 43	$A_2, A_1, A_5, A_5, A_2, A_2, A_1, A_3 \rightarrow A_1$	Grup 88	$A_5, A_5, A_2, A_2, A_1, A_3, A_1, A_2 \rightarrow A_2$
Grup 44	$A_2, A_2, A_1, A_1, A_4, A_1, A_2, A_1 \rightarrow A_1$	Grup 89	$A_6, A_1, A_1, A_1, A_3, A_2, A_2, A_3 \rightarrow A_4$
Grup 45	$A_2, A_2, A_1, A_3, A_1, A_2, A_2, A_1 \rightarrow A_1$	Grup 90	$A_6, A_7, A_1, A_4, A_3, A_1, A_3, A_4 \rightarrow A_1$

3.2.3. Talep Tahmin Yöntemlerinin Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ekonometrik zaman serisi modelleri ve bulanık mantık modelleri kullanılarak yapılan tahminlerde daha önce de değinildiği gibi temelde 3 farklı veri ile çalışılmıştır. Bunlar; ham veri, logaritmik veri ve logaritmik fark verileridir. Ayrıca; basit ortalama, hareketli ortalama ve üstel düzgünleştirme yöntemleri ile de tahminler yapılmıştır. Tahmin yöntemlerinin seçiminde belirleyici olarak ortalama mutlak hata yüzdesi kullanılmıştır. Yöntemler ve veriler itibarıyla hesaplanan ortalama mutlak hata yüzdeleri Tablo 3.13.'de verilmiştir.

Tablo 3.13 Uygulanan Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırma Tablosu

	Basit Hareketli Ortalama	Hareketli Ortalama				Üstel Düzleştirme			
Ham Veri	221,887	n=2	n=3	n=4	n=5	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.03$	$\alpha=0.5$
OMHY		221,887	191,352	192,5	204,506	236,854	213,879	204,277	214,495
	Chen (1996)	Hwang vd. (1998)				Chen (2002)		ARIMA(1,1,8)	
Ham Veri	306,986	-				45,532		-	
Ham Veri Fark Verisi	-	385,520				-		192,529	

Logaritmik Veri	150,929	-	21,116	
Logaritmik Fark Verisi	1.444,751	545,504	28,824	94,186

Tabloda Hwang vd. (1998) tarafından önerilen modelde ham veri ve logaritmik veri sonuçlarının olmasının sebebi, yöntemde dönemler arası farkların esas alınarak işlemlerin yapılmasıdır. Yöntemde “Ham Veri Fark Verisi” satırı için yazan değer yine ham verinin farkları üzerinde yapılan işlemler sonucu bulunmuştur. Ayrıca Hwang vd. (1998) tarafından önerilen modelin uygulanması sonucu elde edilen değerler ham veri fark serisi için $w=3$; logaritmik fark verisi için $w=4$ değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. w arttıkça değerin yükselme eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Aynı şekilde ARIMA yöntemi için ham veri ve logaritmik verideki durağanlığın sağlanması adına farklar alınarak işlemler yapıldığından ham veri ve logaritmik veri sonuçlarına ulaşamamıştır.

3.2.4. Talep Tahmini

Ortalama mutlak hata yüzdeleri itibarıyla en küçük değer Chen (2002)’in önerdiği yöntemin logaritmik veride kullanılması ile elde edilmiş; talep tahmini de bu yöntem ve logaritmik veri seti kullanılarak yapılmıştır. 03.2024-02.2025 tarihleri arası için yapılan tahmin sonuçları Tablo 3.14’te yer almaktadır. Tahminler eksik stok olmaması adına yukarı yuvarlanmıştır. 12 aylık tahmin dönemi için B 1,20 cm çap hammadde toplam talebinin 46.529 kilogram olacağı tahmin edilmiştir.

Tablo 3.14 Belirlenen Chen (2002) Modelinin Tahmin Sonuçları

Dönem	Logaritmik Tahmin	Dönüştürülmüş Tahmin	Yukarı Yuvarlanmış Veriler
Mart 2024	7,629	2.056,1	2.057
Nisan 2024	7,857	2.584,1	2.585
Mayıs 2024	8,714	6.089,3	6.090
Haziran 2024	8,714	6.089,3	6.090
Temmuz 2024	7,000	1.096,6	1.097
Ağustos 2024	8,714	6.089,3	6.090
Eylül 2024	8,714	6.089,3	6.090
Ekim 2024	8,714	6.089,3	6.090
Kasım 2024	7,857	2.584,1	2.585
Aralık 2024	7,857	2.584,1	2.585
Ocak 2025	7,857	2.584,1	2.585
Şubat 2025	7,857	2.584,1	2.585

3.2.5. Ekonomik Sipariş Miktarının Hesaplanması

Talep tahmini sonucunda elde edilen tahmin verisi üzerinden, tahmin dönemi için gerekli ekonomik sipariş miktarı (ESM) hesaplanmıştır. Hesaplamalar işletme ile yapılan görüşmede alınan ek bilgilerle yapılmıştır. Bu bilgiler aşağıda yer almaktadır;

- Malzeme Çin'den tedarik edilmekte ve verilen sipariş miktarının tamamı aynı anda gelmektedir. Ürünlerin geliş süresi 60 gündür.
- İşletmenin elinde bulundurduğu hammaddeler için depolama gideri bulunmamaktadır. Bu durumda Yatırım maliyetini hesaplamak için işletmeden alınan elde bulundurma maliyeti (EBM) olarak aylık %4 USD/Birim oranı kullanılmıştır. Bu oran yıllık bazda %48'e tekabül etmektedir.
- Birim hammadde maliyeti 1,45 USD/kg'dır.
- Sipariş maliyeti, hammadde maliyetinin %40'ıdır.

Bu bilgiler ışığında tahmin edilen stok kalemi olan B 1,2 çap hammadde için stok maliyetleri hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned}\text{Birim Sipariş Maliyeti} &= \text{Birim Hammadde Maliyeti} \times 0,40 \\ &= 1,45 \times 0,40 \\ &= 0,58 \text{ USD/kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Birim Yıllık EBM} &= \text{Birim Yıllık EBM Yüzdesi} \times \text{Birim Hammadde Maliyeti} \\ &= (0,48 \times 1,45) \\ &= 0,696 \text{ USD/Birim/Yıl}\end{aligned}$$

Ekonomik sipariş miktarı hesaplamasında kullanılan sipariş maliyeti, vaka konusu işletmede siparişin ağırlığına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğinden formülde ortalama sipariş maliyeti (OSM) elde edilmiştir. Ortalama sipariş maliyeti, yıllık ortalama talep değeri (Tahmini yapılan yılın ortalama talep değeri) ile birim sipariş maliyetinin çarpımı sonucunda hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned}\text{OSM} &= \text{Ortalama Yıllık Talep} \times \text{Sipariş Maliyeti} \\ &= 3877,41667 \times 0,58 \\ &= 2248,9 \text{ USD}\end{aligned}$$

Ekonomik sipariş miktarının hesaplanması için $\sqrt{\frac{2DC_1}{C_2}}$ formülü kullanılmıştır. Formülde tahmin edilen yıllık toplam talep ve hesaplanan maliyetler kullanılarak ekonomik sipariş miktarı hesaplanmıştır.

$$D = 46.529 \text{ kg}$$

$$C_1 = 2.248,9 \text{ USD}$$

$$C_2 = 0,696 \text{ USD/kg}$$

$$\sqrt{\frac{2DC_1}{C_2}} = \sqrt{\frac{2 \times 46.529 \times 2.248,9}{0,696}} = 17.340,33 \cong 17.340,5 \text{ kg}$$

Ekonomik sipariş miktarı yapılan hesaplamalar sonucunda 17.340,33 kg olarak saptanmıştır. Eksik stok olmaması için yukarı yuvarlanarak 17.340,5 kg olarak revize edilmiştir. Buna göre yıllık sipariş maliyeti (YSM) ve yıllık elde bulundurma maliyeti (YEBM) hesaplandığında;

$$\begin{aligned} \text{YSM} &= \text{OSM} \times (\text{Toplam Talep} / \text{ESM}) \\ &= 2248,9 \times (46.529 / 17.340,5) \\ &= 6.034,38 \cong 6.035 \text{ USD} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{YEBM} &= \text{Birim Yıllık Elde Bulundurma Maliyeti} \times (\text{ESM} / 2) \\ &= 0,6699 \times (17.340,5 / 2) \\ &= 6.034,494 \cong 6.035 \text{ USD} \end{aligned}$$

Emniyet stoku hesaplanabilmesi için $Z\sigma_a\sqrt{L}$ formülü kullanılmıştır. Hizmet düzeyi olarak Parıldar ve Akyürek (2021) çalışmalarına paralel olarak 0.90-0.95-0.99 kullanılmıştır. Hizmet düzeyi formüldeki z değerini belirlediğinden önem arz etmektedir. Farklı hizmet düzeyleri için hesaplanan emniyet stoku değerleri Tablo 3.15.'te yer almaktadır.

Tablo 3.15 Hizmet Düzeylerine Göre Emniyet Stoku Miktarları ve Maliyetleri

Hizmet Düzeyi	Z Değeri	Formül	Emniyet Stoku Miktarı (KG)	Emniyet Stoku Maliyeti (USD)
0,90	1,29	$1,29 \times 3.387,71494\sqrt{60}$	33.851,05395	23.560,33355
0,95	1,65	$1,65 \times 3.387,71494\sqrt{60}$	43.297,8597	30.135,31035 ($\cong 30.135,5$)
0,99	2,33	$2,33 \times 3.387,71494\sqrt{60}$	61.141,82612	42.554,71098

%95 hizmet düzeyi esas alındığında;

$$\begin{aligned} \text{Toplam Sipariş Maliyeti} &= \text{YSM} + \text{YEBM} + \text{Emniyet Stoku Maliyeti} \\ &= 6.035 + 6.035 + 30.135,5 \\ &= 42.205,5 \text{ USD} \end{aligned}$$

olarak hesaplanmıştır.

SONUÇ

Talep tahmini işletmelerin üretim stok planlaması kaynak tahsisi gibi birçok sürecinde önemli bir anahtar veridir. Günümüz rekabet ortamında planlamanın önemi de dikkate alındığında talep tahmininin buradaki yeri yadsınamaz. İşletmelerin rol aldıkları pazarın mevcut durumunu, pazarın geleceğini, pazarda oluşacak talebin ve bu talep içerisinde kendi konumlarının iyi analiz etmeleri ve buna uygun aksiyon almaları gerekmektedir. Bu aksiyonların stok planlaması üzerinde de yansımalarının olacağı beklenen bir durumdur. Pratikte, işletmelerin sipariş miktarlarını belirlemede çoğunlukla sezgisel davranışları gözlenmektedir. Stoksuz kalma, fazla stok vb. nedenlerle oluşabilecek maliyetlerden kaçınma adına; işletmelerin, bilimsel temelli yaklaşımları ve/veya yazılım teknolojileri ile sunulan araçları kullanması faydalı olacaktır.

Bu çalışmada, vaka konusu işletmenin talep tahmininin yapılması akabinde tahmin sonucundan hareketle uygun ekonomik sipariş miktarının hesaplanması amaçlanmıştır. Belirlenen amaç kapsamında yay sektöründe faaliyet gösteren; çeşitli uzunluk ve çapta yaylar üreten işletmeden elde edilen veriler talep tahmini yapılmak üzere analize tabi tutulmuştur. Yapılan analizler kapsamında öncelikle hammadde grupları sarf miktarlarına göre tasnif edilmiştir. Sarf miktarlarına ABC analizi uygulanarak en fazla hangi hammadde grubundan üretimlerin yapıldığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda toplam sarfiyatın %41,19'unu 2.290.895,60 kg ile işletme tarafından B olarak adlandırılan hammaddenin en fazla sarf edilen hammadde olduğu tespit edilmiştir.

İşletme farklı çaplarda hammadde işleyerek yay üretme kabiliyetine sahip olduğundan, hammaddelerin çapları üzerine ikinci bir tasnif yapma gereği doğmuştur. En fazla sarf edilen B hammaddenin, kendi içerisinde çaplarına göre sarf miktarları analiz edilmiştir. Bu analizde yine ABC yöntemi kullanılmıştır. Ancak hammadde belirleme safhasından farklı olarak, çapların değerlendirilmesinde adet birimleri baz alınmıştır. Bunun sebeplerinden biri üretimde kullanılırken kilogramı etkileyen ana unsurun hammadde çapının olmasıdır. Farklı çaplarda ancak aynı sayıda üretilen iki yay için toplam ağırlık farklılaşmaktadır. Bir diğer sebep ise, işletmenin satışlarını adet üzerinden yapmasıdır. Çaplar içerisinde sarf adetlerine göre yapılan analiz sonucunda B hammaddesinden en fazla sarf edilen hammadde çapının, %18,27'sini 200.136.200 adet ile oluşturan 1,20 cm çap hammadde olduğu tespit edilmiştir. Analizler sonucunda B hammaddesinin 1,20 cm çap üzerinden çalışmanın yürütülmesine karar verilmiştir.

B 1,20 cm çap hammaddenin 98 aylık veri seti kullanılarak tahmin modeli belirlenmiş ve bu model kullanılarak 12 aylık talep tahminin yapılmıştır. Tahmin modelini belirleme süreci ekonometrik modeller ve bulanık zaman serisi modelleri olmak üzere iki koldan yürütülmüştür. Tahminlerde, ham veri ve logaritmik veriler kullanılmıştır. Ekonometrik modeller ile yapılan tahmin sonucuna göre, denenen modeller içerisinde ARIMA(1, 1, 8) modeli en uygun model olarak belirlenmiş ve tahmin bu model üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bulanık zaman serisi ile yapılan tahminlemelerde ise Chen (1996), Hwang vd. (1998) ve Chen (2002) tarafından önerilen modeller kullanılmıştır.

Ekonometrik modeller ve bulanık zaman serileri ile yapılan tahminler sonucunda, her bir yöntem için ortalama mutlak hata yüzdeleri hesaplanmıştır. En düşük ortalama mutlak hata yüzdesi 21,116 ile logaritmik verilere Chen (2002) tarafından önerilen yöntemin uygulanmasından elde edilmiştir. Stok planlaması bu modelden elde edilen tahmin sonuçları üzerinden yapılmıştır. Yapılan tahminlerde, tahmin edilen 12 aylık dönem için B 1,20 cm çap hammadde toplam talebinin 46.529 kilogram olacağı tahmin edilmiştir.

Çalışmanın ikinci safhasını oluşturan stok planlaması adımı ilk olarak ekonomik sipariş miktarı hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda ekonomik sipariş miktarı yaklaşık 17.340,5 kg olarak elde edilmiştir. Akabinde yıllık sipariş maliyeti, yıllık elde bulundurma maliyeti ve emniyet stoku maliyeti hesaplanmıştır. Hesaplamalar neticesinde %95 hizmet düzeyi seviyesinde yıllık sipariş maliyeti yaklaşık 6.035 USD/yıl, yıllık elde bulundurma maliyeti yaklaşık 6.035 USD/yıl ve Emniyet stoku maliyeti yaklaşık 30.135,5 USD/yıl olarak elde edilmiştir. Bu veriler ışığında toplam stok maliyeti (satın alma maliyeti hariç) yaklaşık 42.205,5 USD/yıl olarak hesaplanmıştır.

Vaka konusu işletme, gelecek her dönem için öngörüsünü, öngörüsü yapılacak dönemden önceki 4 yılın aynı ayında gerçekleşen taleplerin ortalamasını alarak belirlemekte ve öngörülen yılda hammadde siparişlerini 3'er aylık dönemlerde yılda 4 kez vermektedir. Bu durum göz önüne alınarak işletmenin mevcut durumda katlandığı stok maliyetleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda 12 aylık öngörülen talep yaklaşık 45.259 kg, ekonomik sipariş miktarı yaklaşık 29.214,5 kg olarak elde edilmiştir. %95 hizmet düzeyi seviyesinde yıllık sipariş maliyeti yaklaşık 10.167 USD/yıl, yıllık elde bulundurma maliyeti 10.167 USD/yıl ve Emniyet stoku maliyeti 30.135,5 USD/yıl olarak elde edilmiştir. Bu veriler ışığında toplam stok maliyeti (satın alma maliyeti hariç) 50.469,5 USD/yıl olarak hesaplanmıştır.

Talep tahmin çalışmasında kullanılan yöntem sonucu ve bu sonuçtan hareketle elde edilen stok maliyetleri ile işletmenin mevcut politikasından elde edilen veriler kıyaslandığında; yıllık talebin çalışmada işletmenin öngörüsüne göre daha fazla tahmin edildiği, bunun da

yaklaşık 1.270 kg'lık farka tekabül ettiği görülmektedir. Bu durum işletmenin mevcut politikada eksik stokla karşılaşma ihtimaline işaret etmektedir. Diğer taraftan, ekonomik sipariş miktarları hesaplandığında, işletmenin mevcut politikası ile çalışmada elde edilen miktar arasında farklılık olduğu belirlenmiştir. Doğal olarak bu farklılık yıllık toplam stok maliyetlerine de yansımış, çalışmada önerilen ekonomik sipariş miktarının uygulanması durumunda 8.264 USD/yıl maliyet avantajı sağlanacağı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuç 35 farklı türde ve 110 farklı çapta hammadde ile üretim yapabilen işletmenin yalnız B 1,20 cm hammaddesi için elde edildiğinden, diğer tür ve çap hammaddeler için benzer sonuçlar alınması halinde işletmeye önemli bir miktar kazanç sağlanması mümkündür.

Çalışmanın uygulaması, yalnızca bir hammadde ve o hammaddenin en fazla kullanılan türü için gerçekleştirilmiştir. Diğer hammadde ve türler için de benzer analizler yapıp, işletmenin tüm stoklarını kapsayan bir planlama yürütülebilir. Kullanılan deterministik ESM modelinde değişken değerlerinin tek ve kesin bir sayı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu değişkenlerin farklı değerleri için olası sonuçların analiz eden bir duyarlılık analizi yapılabilir. Bu analizde kullanılan temel ESM için farklı talep değerleri sonucunda oluşacak sipariş miktarları; farklı hizmet düzeyleri için emniyet stoğu ve maliyete yansımaları incelenebilir. Diğer taraftan, bu rijit yapıyı esneten ve/veya yeni değişkenleri ekleyen kaynak kısıtlı modeller, çok ürünlü ESM modelleri, çevresel faktörleri içeren modeller, bulanık ESM modelleri, simülasyon, yapay zekâ uygulamaları, makine öğrenmesi vb. uygulamalar kullanılabilir. Söz konusu analiz ve modeller bu tez çalışmasının kapsamı dışında tutulmuştur. Diğer taraftan, çalışma kapsamında yapılan talep tahmininde tahminlerde zaman serisi ve bulanık zaman serisi modelleri kullanılmıştır. Yapay zekâ, makine öğrenmesi, yapay sinir ağları gibi farklı model ve yöntemler kullanılarak da tahminler yapmak ve sonuçları kıyaslamak mümkündür. Bu tez çalışması bahsedilen bu kısıtları bünyesinde barındırmaktadır. Söz konusu kısıtlar aynı zamanda çalışmanın geliştirilebilir yönlerini de göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Abdel-Fattah, M. K., Mokhtar, A., ve Abdo, A. I. (2021). "Application Of Neural Network and Time Series Modeling to Study The Suitability of Drain Water Quality for Irrigation: A Case Study From Egypt". *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 898-914.
- Acı, M., ve Doğansoy, G. A. (2022). "Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak E-Perakende Sektörüne Yönelik Talep Tahmini". *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37(3), 1325-1340.
- Akçayol, M. A., Elmas, C., Erdem, O. A., ve Kurt, M. (2004). "An Educational Tool for Fuzzy Logic Controller and Classical Controllers". *Computer Applications in Engineering Education*, 12(2), 126-135.
- Akgül, S. (2013). *Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Tahmini ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Akgün, H. R. (2001). *Mevsimsel Zaman Serilerinin Çözümlemesinde Kukla Değişkenler ve Trigonometrik Fonksiyon Kullanımı ve Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Ali, D., Yohanna, M., Puwu, M. I., ve Garkida, B. M. (2016). "Long-Term Load Forecast Modelling Using A Fuzzy Logic Approach". *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, 18(2), 123-127.
- Alkan, H. (2001). "İşletme Başarısında Maliyet Yönetiminin Rolü ve Maliyet Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar (Ormancılık Açısından Bir Değerlendirme)". *Turkish Journal of Forestry*, 2(1), 177-192.
- Altınay, G. (2010). "Aylık Elektrik Talebinin Mevsimsel Model ile Orta Dönem Öngörüsü". *Enerji, Piyasa ve Düzenleme*, 1(1), 1-23.
- Altınbaş, M. (2015). *Stok Yönetimi ve Bir Süt İşleme Tesisinde Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Arat, B. (2020). *Stok Kontrolü ve Eritme Peynir Sektöründe Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Aslangiray, A. (2011). *İstatistiksel Süreç Kontrolünde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.

- Ataseven, B. (2013). “Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi”. *Öneri Dergisi*, 10(39), 101-115.
- Aydın, F. (2010). “Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme”. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (35), 317-340.
- Aytaç, E. (2006). *Kalite Kontrolde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Ayvaz, Ö. (2006). “Mevsimsel Birim Kök Testi”. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 71-87.
- Bahar, A. (1994). *Talep Tahmin Yöntemleri ve İlaç Sektöründe Uygulamalı Bir Araştırma*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Başara, Ö. (1996). *Küresel Dünyada Lojistik Anlayışı ve Türkiye’deki Gelişmeler*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Beaulieu, J. J., ve Miron, J. A. (1993). “Seasonal Unit Roots In Aggregate US Data”. *Journal of Econometrics*, 55(1-2), 305-328.
- Beğik, M., Hamurcu, M., ve Eren, T. (2017). “Stok Kontrolde Abc Analizi ve Analitik Ağ Süreci Yönteminin Isı Cihazları Firmasında Uygulanması”. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 197-216.
- Bergmeir, C., Hyndman, R. J., ve Benítez, J. M. (2016). “Bagging Exponential Smoothing Methods Using STL Decomposition And Box–Cox Transformation”. *International journal of forecasting*, 32(2), 303-312.
- Bilgin, E. ve Ulusoy, Y. (2021). “Talep Tahmini ve Stok Yönetimi Üzerine Bir Uygulama”. 20. Uluslararası İşletmecilik Kongresi. 10-13 Haziran 2021, Giresun, 1413-1434.
- Bircan, H., ve Karagöz, Y. (2003). “Box-Jenkins Modelleri ile Aylık Döviz Kuru Tahmini Üzerine Bir Uygulama”. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (6), 49-62.
- Birgili, E., Fuat S., ve Sinan E. (2013). "Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Finansal Yönetim Uygulamaları: Bir Literatür Taraması." *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi* 9(19), 121-136.
- Bolayır, B., ve Ergülen, A. (2019). *Bulanık Mantık, Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlama*. Ekin Yayınevi, Bursa.

- Bozkurt, K., Pekmezci, A., ve Tekin, H. A. (2022). “Box-Jenkins Yöntemiyle Turizm Talebinin Tahmin Edilmesi: Türkiye Örneği”. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 33(2), 77-86.
- Bölük, E. (2012). *Zaman Serisi Modellerinin Belirlenmesinde Artıklara Uygulanan Tanı Teknikleri Üzerine Bir Çalışma*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Bulut, Ş. (2006). *Orta Ölçekli Bir İşletmede Talep Tahmin Yöntemlerinin Uygulanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Kırıkkale.
- Can, A. B. (2023). *Yapay Zeka Yöntemleri ile Talep Tahmini ve Değirmen Makineleri İmalat Sektöründe Uygulanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Kırıkkale.
- Chen, S. M. (1996). “Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series”. *Fuzzy Sets And Systems*, 81(3), 311-319.
- Chen, S. M. (2002). “Forecasting Enrollments Based on High-Order Fuzzy Time Series”. *Cybernetics and Systems*, 33(1), 1-16.
- Chen, S. M., ve Hwang, J. R. (2000). “Temperature Prediction Using Fuzzy Time Series”. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 30(2), 263-275.
- Cırrık, İ. (2025). *Bulanık Mantık Tabanlı Hedef Yehdit Seviyesi Belirleme Ve Optimum Hedef Silah Tahsisi Problemi: Uygulamalı Bir Yaklaşım*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale.
- Czinkota, M. R., ve Ronkainen, I. A. (2005). “A Forecast of Globalization, International Business and Trade: Report From A Delphi Study”. *Journal of World Business*, 40(2), 111-123.
- Çağlar, T. (2007). *Talep Tahmininde Kullanılan Yöntemler ve Fens Teli Üretimi Yapan Bir İşletmede Uygulanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Çağlayan, O. (2024). *Stok Yönetimi*. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Çakır Aydın, D. (2017). *İşitsel Peyzajda Ses Çevresi Memnuniyet Düzeyinin Bulanık Mantık İle Tahmin Edilmesi: Diyarbakır Suriçi Uygulaması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çakmak, N. (2023). *Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Zamana Dayalı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Yöntemi: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kırıkkale.

- Çapraz, O., Altay, G., ve Polat, O. (2023). “Bir Oluklu Mukavva İşletmesinde Regresyon Analizi İle Makine İşlem Sürelerinin Tahmin Edilmesi”. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(4), 1348-1364.
- Çekiç, B. (2012). *Çok Aşamalı Stok Kontrol Yönetimi İçin Bir Stokastik Programlama Yaklaşımı*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Çeliktaş, M. S., ve Koçar, G. (2010). “From Potential Forecast to Foresight of Turkey's Renewable Energy With Delphi Approach”. *Energy*, 35(5), 1973-1980.
- Çetinkaya, O. (2002). “Çok Değişkenli Mantık”. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, (27).
- Çevik, O., ve Yıldırım, Y. (2010). “Bulanık Doğrusal Programlama ile Süt Ürünleri İşletmesinde Bir Uygulama”. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2010(1), 15-26.
- Çiğdem, R. (2022). *Üretim Maliyetlerinin Gri Tahmin ve Bulanık Mantık Yöntemleri ile Hesaplanması: Bir Tarım İşletmesi Uygulaması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ankara.
- Çoban, F., ve Demir, L. (2021). “Yapay sinir ağları ve destek vektör regresyonu ile talep tahmini: gıda işletmesinde bir uygulama”. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(67), 327-338.
- Çokoy, B. (2013). *Üretim ve Stok Kontrol Politikalarının Belirlenmesi: Plastik Sektöründe Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çuhadar, M. (2006). *Turizm Sektöründe Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi (Antalya İlinin Dış Turizm Talebinde Uygulama)*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Çuhadar, M., Güngör, I., ve Göksu, A. (2009). “Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini ve Zaman Serisi Yöntemleri İle Karşılaştırmalı Analizi: Antalya İline Yönelik Bir Uygulama”. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 99-114.
- Dalkey, N., ve Helmer, O. (1963). “An Experimental Application of The Delphi Method to The Use of Experts”. *Management Science*, 9(3), 458-467.

- Daniel, C., ve Hernandez, T. (2024). “What Retail Apocalypse? A Delphi Forecast of Commercial Space Demand İn The Toronto Region”. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 77, 103670.
- Danish, E. (2019). *Yeraltı Kömür Ocaklarında Ocak Yangınlarının Bulanık Mantık Yöntemi ile Tahmin Edilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Demir, F., ve Mert, M. (2015). “Türkiye Sanayi Üretim Endeksi'nde Mevsimsel Birim Kökün Araştırılması”. *Journal of Management & Economics/Yönetim ve Ekonomi*, 22(2), 415-431).
- Demirci, E. (2020). *Bulanık Mantık Yöntemiyle Arkeolojik Tahmin Haritalarının Oluşturulması: Sivas Örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Demirel, T. C. (2024). *Pandemi Döneminde Stok Yönetimi ve Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Problemi ile Karlılığın Araştırılması: Bir Savunma Sanayii Firmasında Uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Doğan, O. (2012). “*Talep Tahmininde Sinirsel Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Yöntemi (Anfis) Kullanımı ve Yalın Yapay Sinir Ağı Metodu İle Karşılaştırmalı Bir Uygulama*”. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Doğan, Ö. (2018). *Bulanık Mantık ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Temelinde Maliyet Hacim kâr Analizleri: Bir Konaklama İşletmesi Örneği*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Doğan, Ö. (2023). *Yapay Sinir Ağları ile Türkiye'nin Elektrik Talep Tahmini*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Duru, Ö. (2007). *Zaman Serileri Analizinde ARIMA Modelleri ve Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Dyner, I., Quiceno, G., Álvarez, C., Ávila, R., Fernández, Ó., Franco, C. J., ve Kunc, M., (2019). “Scenario analysis for strategy design: A case study of the Colombian electricity industry”. *Energy Strategy Reviews*, 23, 57-68.
- Ecemiş, O. (2022). *Veri Madenciliği Yöntemleriyle Paslanmaz Çelik Sektöründe Satış Tahmini*. Astana Yayınları, Ankara.

- Erdem, E., ve Shi, J. (2011). "ARMA Based Approaches For Forecasting The Tuple of Wind Speed and Direction". *Applied Energy*, 88(4), 1405-1414.
- Erdin, C. (2007). *Bulanık Hedef Programlama ve İşletme Yönetiminde Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Erenler, G. O. (2023). *Rüzgar Gücünün Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Erk, E. (2009). *Talep Yönetimi Yolu İle Stok Kontrolü Üzerine Bir Model Önerisi ve Ticari Bir İşletmede Uygulama*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Eroğlu, Ş. (2022). *Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Geri Dönüşüm Süreci İçin Stoksuzluk İçeren Envanter Modeli Geliştirilmesi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Burdur.
- Ersen, N. (2016). *Türkiye'nin Ağaç ve Orman Ürünleri İhracat ve İthalat Değerlerinin Box-Jenkins ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri ile Tahmin Edilmesi ve Karşılaştırılması*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ertuğrul, İ., ve Öztaş, T. (2016). "Talep Tahminlerinde Bulanık Zaman Serilerinin Kullanılmasına Yönelik İşletme Uygulaması". *Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 18(30), 135.
- Ervural, B. Ç., Sarı, İ. U., ve Koçyiğit, B. (2018). "Kural Tabanlı Bulanık Yaklaşım ile Talep Tahmini ve Hızlı Tüketim Sektöründe Bir Uygulama". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(1), 83-93.
- Fan, R. Y., Ng, S. T., ve Wong, J. M. (2010). "Reliability of The Box-Jenkins Model for Forecasting Construction Demand Covering Times of Economic Austerity". *Construction Management and Economics*, 28(3), 241-254.
- Farimani, N. M., Parsafar, P., ve Mohammadi, S. (2022). "Evaluation Performance Of Time Series Methods in Demand Forecasting: Box-Jenkins vs Artificial Neural Network (Case Study: Automotive Parts Industry)". *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 92(17), 3639-3658.
- Fattah, J., Ezzine, L., Aman, Z., El Moussami, H., ve Lachhab, A. (2018). "Forecasting Of Demand Using ARIMA Model". *International Journal of Engineering Business Management*, 10, 1-9.

- Fırat, S. Ü. O. (2012). “Temel İstatistik ve Tahmin Teknikleri”. E. Öztemel (Ed.), *Endüstri Mühendisliğine Giriş*. Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul, 83-114.
- Frantti, T., ve Mähönen, P. (2001). “Fuzzy Logic-Based Forecasting Model”. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 14(2), 189-201.
- Gangam, H., ve Altunkaynak, B. (2021). *SPSS Uygulamalı Regresyon Analizi*. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Gülmez, M. Ve Dört Yol İ. T. (2013). *Açıklamalı Pazarlama Sözlüğü*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Güner, Ö. (2010). *Kritik ve Kritik Olmayan Talepler İçin Yedek Parça Stok Kontrol Sistemleri ve Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güven, İ., ve Şimşir, F. (2020). “Demand Forecasting With Color Parameter in Retail Apparel Industry Using Artificial Neural Networks (ANN) And Support Vector Machines (SVM) Methods”. *Computers & Industrial Engineering*, 147, 106678.
- Heizer, J., ve Render, B. (2022). *Üretim Yönetimi*. (Çev. U. T. Tuzkaya), Palme Yayınevi, Ankara.
- Hossain, Z., Abdus Samad, Q., ve Ali, Z. (2006). “ARIMA Model And Forecasting With Three Types Of Pulse Prices in Bangladesh: A Case Study”. *International Journal of Social Economics*, 33(4), 344-353.
- Hwang, H., ve Oh, J. (2010). “Fuzzy Models For Predicting Time Series Stock Price Index”. *International Journal of Control, Automation and Systems*, 8, 702-706.
- Hwang, J. R., Chen, S. M., ve Lee, C. H. (1998). “Handling Forecasting Problems Using Fuzzy Time Series”. *Fuzzy Sets And Systems*, 100(1-3), 217-228.
- Islas, M. A., Rubio, J. D. J., Muniz, S., Ochoa, G., Pacheco, J., Meda-Campaña, J. A., Mujica-Vargas, D., Aguilar-Ibanez, C., Gutierrez, G. J. ve Zacarias, A. (2021). “A Fuzzy Logic Model For Hourly Electrical Power Demand Modeling”. *Electronics*, 10(4), 448.
- İlhan, İ. (2015). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Kantitatif Talep Tahmin Yöntemi Seçimi İle Stok Optimizasyonuna Dair Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kanat, E. (2016). *Hisse Senedi Fiyatlarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Tahmin Edilmesi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Kara, Ö. (2014). *İşletmelerde Stok Yönetimi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Karahan, M. (2015). “Yapay Sinir Ağları Metodu ile İhracat Miktarlarının Tahmini: ARIMA ve YSA Metodunun Karşılaştırmalı Analizi”. *Ege Akademik Bakış*, 15(2), 165-172.

- Karakaş, E. (2019). Çocuk Yoğun Bakım Ünitesine Olan Talebin Zaman Serisi Yöntemleri ile Tahmin Edilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 454-462.
- Karaman, Ö. A., ve Bektaş, Y. (2023). “Makine öğrenmesi ve optimizasyon yöntemleri ile uzun dönem elektrik enerjisi tahmini: Türkiye örneği”. *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 285-292.
- Karataş, İ. (2018). Bulanık Mantık İle Klasik Ve Sembolik Mantık İlişkisi (Karşılaştırılması). *European Journal of Educational and Social Sciences*, 3(2), 144-163.
- Kaya, L. (2015). *Durağan Olmayan Zaman Serilerinde Alternatif Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Keleş, Ü. (2024). *Bulanık Mantık İle Reklam Kampanyaları İçin Teklif Optimizasyon Modelinin Geliştirilmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Altınbaş Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Kısakürek, M., ve Erdoğan, S. (2021). “Stok Yönetimi ile Karlılık Arasında İlişkinin İncelenmesi: BİST’te Bir Araştırma”. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(3), 2065-2089.
- Kıyak, E., ve Kahvecioğlu, A. (2003). “Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması”. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 1(2), 63-72.
- Kobu, B. (2010). *Üretim Yönetimi*. Beta Basım Yayım. İstanbul
- Kocatepe, C. İ., ve Yıldız, O. (2016). “Ekonomik Endeksler Kullanılarak Türkiye’deki Altın Fiyatındaki Değişim Yönünün Yapay Sinir Ağları ile Tahmini”. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 926-934.
- Korkmaz, C., ve Kacar, İ. (2024). “Modelleme ve Tahmin Amaçlı Veri Ön İşleme Yöntemlerinin Ürün Kurutma Örneği ile Açıklanması”. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 482-500.
- Korkmaz, C., ve Kacar, İ. (2024). “Modelleme ve Tahmin Amaçlı Veri Ön İşleme Yöntemlerinin Ürün Kurutma Örneği ile Açıklanması”. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 482-500.
- Kozaklı, Ö., Mert, M., ve Fırat, M. Z. (2021). “Türkiye etlik piliç üretiminin zaman serisi yöntemi ile modellenmesi”. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(4), 557-566.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., ve Malhotra, M. K. (2020). *Üretim Yönetimi Süreçler ve Tedarik Zincirleri*. (Çev. S. Birgün), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

- Kubat, C. (2012). “Stok Kontrol ve Tedarik Zinciri Yönetimi”. E. Öztemel (Ed.), *Endüstri Mühendisliğine Giriş*. Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul, 331-356.
- Kulkarni, G. E., Muley, A. A., Deshmukh, N. K., ve Bhalchandra, P. U. (2018). “Autoregressive Integrated Moving Average Time Series Model For Forecasting Air Pollution in Nanded City, Maharashtra, India”. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4, 1435-1444.
- Kurtcu, M. (1996). *İktisadi Zaman Serilerinin Öngörü Amacıyla Çözümlemesinde Uygun Yöntem Belirleme Süreci ve Tekel Ürünü Sigara Satış Miktarı Verilerine İlişkin Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Kuru, N. (2017). *Otomotiv Yansanayi Firmasında Yapay Sinir Ağları ile Talep Tahmini*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Lam, K. C., ve Oshodi, O. S. (2016). “Forecasting Construction Output: A Comparison of Artificial Neural Network And Box-Jenkins Model”. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 23(3), 302-322.
- Mamdani, E. H. (1974). “Application Of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant”. *Proceedings Of The Institution Of Electrical Engineers*, 121(12), 1585-1588.
- Menevşe, M. (2016). *İşletmelerde Etkin Stok Yönetiminin Önemi ve İşletmelere Sağlayacağı Yararlar (Malatya Organize Sanayinde Bir Uygulama)*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Mert, M., ve Çağlar, A. E. (2023). *Eviews ve Gauss Uygulamalı Zaman Serileri Analizi*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Mert, M., ve Demir, A. G. F. (2014). “Mevsimsel Eşbütünleşme ve Mevsimsel Hata Düzeltme Modeli: İthalat-İhracat Verileri Üzerine Bir Uygulama”. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 11-24.
- Meydan, Y. A. (2007). *Talep Tahmin Yöntemleri ve Orta Ölçekli Bir İşletmede Uygulanması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Monks, J. G. (1996). *İşlemler Yönetimi*. (Çev. S. Üreten), Nobel Yayıncılık Dağıtım, Ankara.
- Newbold, P., Carlson, W. L., ve Thorne, B. M. (2019). *İşletme ve İktisat İçin İstatistik*. (Çev. Ü. Şenese), Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Nihan, N. L., ve Holmesland, K. O. (1980). “Use of The Box and Jenkins Time Series Technique in Traffic Forecasting”. *Transportation*, 9(2), 125-143.

- Olgun, S. (2009). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Talep Tahmini Yöntemleri Ve Yapay Zeka Tabanlı Bir Talep Tahmini Modelinin Uygulanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdağoğlu, A. (2016). *Bulanık İşlemler Durulaştırma ve Sözel Eşikler -Bilgisayar Uygulamalı Örneklerle-*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Özdemir, Ö. (2008). *Zaman Serisi Modellemesinde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı ve Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Özek, A., ve Sinecen, M. (2004). “Klima Sistem Kontrolünün Bulanık Mantık ile Modellemesi”. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(3), 353-358.
- Paksoy, T., Pehlivan, N. Y., ve Özceylan, E. (2013). *Bulanık Küme Teorisi*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Parıldar, O., ve Akyürek, Ç. E. (2021). “Hastanelerde Emniyet Stoku Seviyesinin ve Yeniden Sipariş Noktasının Olasılıklı Stok Modeli ile Belirlenmesi: Bir Kamu Hastanesi Örneği”. *Sosyoekonomi*, 29(47), 229-248.
- Pehlivanoğlu, H. E. (2023). *Plastik Sektöründe Ya pay Sinir Ağları ve Regresyon Analizi ile Talep Tahmini*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Polat, Ö. (2009). *Türkiye'nin Dış Ticaret Verilerinin Öngörüsünde Yapay Sinir Ağları ve Box-Jenkins Modellerinin Karşılaştırmalı Analizi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Ross, T. J. (2010). *Fuzzy Logic With Engineering Applications*. John Wiley & Sons, Birleşik Krallık.
- Rubio-León, J., Rubio-Cienfuegos, J., Vidal-Silva, C., Cárdenas-Cobo, J., ve Duarte, V. (2023). “Applying Fuzzy Time Series for Developing Forecasting Electricity Demand Models”. *Mathematics*, 11(17), 3667.
- Saigal, S., ve Mehrotra, D. (2012). “Performance Comparison of Time Series Data Using Predictive Data Mining Techniques”. *Advances in Information Mining*, 4(1), 57-66.
- Sarı, M. (2016). *Yapay Sinir Ağları ve Bir Otomotiv Firmasında Satış Talep Tahmini Uygulanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Schoemaker, P. J. (1991). “When And How to Use Scenario Planning: A Heuristic Approach With Illustration”. *Journal of Forecasting*, 10(6), 549-564.

- Seçmen, M. Z., ve Patır, S. (2024). “Yapay Sinir Ağları ile Talep Tahmini: Türkiye’deki Otomobil Sektöründe Bir Uygulama”. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(18), 148-169.
- Sekreter, S. (2002). *Bilgisayar Destekli Yönetim Bilişim Sistemleri: Bir Stok Yönetim Uygulaması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler, M. (2007). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi EViews Uygulamalı*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Song, Q., ve Chissom, B. S. (1993). “Forecasting Enrollments With Fuzzy Time Series—Part I”. *Fuzzy sets and systems*, 54(1), 1-9.
- Souza, R. F., Wanke, P., ve Correa, H. (2020). “Demand Forecasting in The Beauty Industry Using Fuzzy Inference Systems”. *Journal of Modelling in Management*, 15(4), 1389-1417.
- Soysal, M., ve Ömürgönülşen, M. (2010). “Türk Turizm Sektöründe Talep Tahmini Üzerine Bir Uygulama”. *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, 21(1), 128-136.
- Sulak, H. (2008). *Stok Kontrolü ve Ekonomik Sipariş Miktarı Modellerinde Yeni Açılımlar: Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi Durumu ve Bir Model Önerisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Şahin, A. E. (2001). “Eğitim Araştırmalarında Delphi Tekniği ve Kullanımı”. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(20), 215-220.
- Şahin, S., ve Taşkesen, Ş. (2022). “Ulaşım ve Turizm Sektöründe Talep Tahmin Çalışmaları: Bir Alan Yazın Taraması”. *Uluslararası İşletme Bilimi ve Uygulamaları Dergisi*, 2(2), 147-164.
- Şahin, Ş., Ülengin, F., ve Ülengin, B. (2002). “Senaryo Analizi İçin Dinamik Bir Yaklaşım Önerisi”. *itüdergisi*, 1(1), 35-46.
- Şener, U. (2015). *Türkiye’de Binek Otomobili Endüstrisinin Talebine Kantitatif Bir Yaklaşım*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Tavus, S., ve Azazi, H. “Ticari Dışa Açıklığın Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin Zaman Serisi Analizi”. *Politik Ekonomik Kuram*, 8(3), 784-797.
- Teymur Erdem, S. (2024). *Gümrük Birliği Sonrası Avrupa Birliği İle Dış Ticaretin Türkiye’nin İktisadi Büyümesi Üzerine Etkisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Torun, N. (2015). *Birim Kök Testlerinin Performanslarının Karşılaştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Türk, E., ve Kıan, F. (2019). “Yapay Sinir Ağları ile Talep Tahmini Yapma: Beyaz Eşya Üretim Planlama Örneği”. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 30-37.
- Türkbey, O. (2003). “Makina Sıralama Problemlerinde Çok Amaçlı Bulanık Küme Yaklaşımı”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(2), 63-77.
- Ulucan, E., ve Kızılırmak, İ. (2018). “Konaklama İşletmelerinde Talep Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları İle İlgili Bir Araştırma”. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 15(1), 89-101.
- Ülgen, G. (2012). *İktisat Bilimine Giriş*. Der Yayınları, İstanbul.
- Wooldridge, J. M. (2002). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. South-Western College Pub, Amerika Birleşik Devletleri.
- Yaman, K., Sarucan, A., Atak, M., ve Aktürk, N. (2001). “Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme ve Arıma Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(1), 19-40.
- Yanık, E. (2019). *İş Makineleri Sektöründe Yapay Sinir Ağları ile Talep Tahmini Uygulaması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Yapraklı, S. (2017). “Enflasyon ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye İçin Eş-Bütünleşme ve Nedensellik Analizi”. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 287-301.
- Yaşar, B. (2008). *Davranışsal Finans ve Fiyat Köpüğü: İMKB Endekslerinde Fiyat Köpüğüyle İlgili Mevsimsel Birim Kök Araştırması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yavuz Güzeler, Y. (2021). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve Stok Maliyetlerine Dayalı Simülasyon ile Yeni Ürün Seçimi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Yavuz, S. (2009). “Hataları Ardışık Bağımlı (Otokorelasyonlu) Olan Regresyon Modellerinin Tahmin Edilmesi”. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(3), 123-140.
- Yenersoy, G. (2011). *Üretim Planlama ve Kontrol*. Papatya Yayıncılık, İstanbul.

- Yeşilyayla, H. (2013). *X-12 Arıma Metoduyla Sosyo-Ekonomik Verilerin Analizi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Yıldırım, S., Ertuğrul, H. M., ve Soytaş, U. (2015). “Türkiye’de Aylık İstihdam Serisinin Durağanlığı: Geleneksel, Yapısal Kırılmalı ve Mevsimsel Birim Kök Test Uygulamaları”. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(4), 91-102.
- Yılmaz, M., ve Arslan, E. “Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması”. 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu. 23-25 Kasım 2005, İTÜ – İstanbul.
- Yiğit, V. (2016). “Hastanelerde Tıbbi Malzeme Talep Tahmini: Serum Seti Tüketimi Üzerinde Örnek Bir Uygulama”. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(4), 207-222.
- Yüksel, V., ve Duman, A. (2017). “Stock Management In Pharmacies”. *Lectio Scientific*, 1(1), 26-39.
- Zadeh, L. A. (1965). “Fuzzy Sets”. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1975). “The Concept Of A Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-I”. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.
- Zayat, W., ve Sennaroglu, B. (2020). “Performance Comparison of Holt-Winters And Sarima Models For Tourism Forecasting In Turkey”. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 21(2), 63-77.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve SOYADI	Yasin Coşkun
EĞİTİM DURUMU	
Mezun Olduğu Lise	Selçuk Anadolu Lisesi, Sivas 2012
Lisans Diploması	İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Maliye Bölümü, İstanbul, 2016.
Tezli Yüksek Lisans Diploması	Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Antalya, 2025.
Yüksek Lisans Tez Konusu	Kantitatif ve Bulanık Talep Tahmin Yöntemleri Karşılaştırması Temelinde Hammadde Stok Planlaması: Yay Sektöründe Bir Uygulama
Yabancı Dil	İngilizce
BİLİMSEL FAALİYETLER	
İŞ DENEYİMİ	
Çalıştığı Kurumlar	2023, Devam Ediyor, Araştırma Görevlisi, Akdeniz Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilim Dalı. 2021-2023, Satın Alma Sorumlusu, Aselsan Hassas Optik San. Ve Tic. A.Ş. 2017-2018, Şube İşlem Yetkilisi, Türk Ekonomi Bankası.