

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SATIŞ SÜREÇLERİNDE SEKTÖREL PARAMETRELERE DAYALI SATIŞ
TAHMİNİ MODELİ ÇALIŞMASI VE UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NAGEHAN KAYA

DENİZLİ, EYLÜL - 2017

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



SATIŞ SÜREÇLERİNDE SEKTÖREL PARAMETRELERE DAYALI SATIŞ
TAHMİNİ MODELİ ÇALIŞMASI VE UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NAGEHAN KAYA

DENİZLİ, EYLÜL - 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

Nagehan KAYA tarafından hazırlanan “Satış Süreçlerinde Sektörel Parametrelere Dayalı Satış Tahmini Modeli Çalışması ve Uygulaması” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 05.09.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Semih COŞKUN

Üye

Prof. Dr. Aşkîner GÜNGÖR

Üye

Yrd. Doç. Dr. İclal ÇÖĞÜRCÜ



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 27.09.2017 tarih ve 38/21 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.



Nagehan KAYA

ÖZET

SATIŞ SÜREÇLERİNDE SEKTÖREL PARAMETRELERE DAYALI SATIŞ TAHMİNİ MODELİ ÇALIŞMASI VE UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NAGEHAN KAYA

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:YRD. DOÇ. DR. SEMİH COŞKUN)

DENİZLİ, EYLÜL - 2017

Modern Bilişim Sistemleri ile birlikte sanayileşmenin ilerleme hızının artması, oluşan tüketim yoğunluğu ve artan rekabet piyasası, işletmeler için müşteri ihtiyaçlarını tahmin edebilme ve talebi karşılayabilme adına nicel verileri ve bilimsel yöntemleri kullanarak stratejik tahminler yapmayı zorunlu hale getirmiştir. İşletmelerde piyasada hayatta kalma, sürdürülebilir olma adına tahmin bilimi etkin bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Tahmin, geçmişteki verileri kullanarak geleceği yorumlayabilme sürecidir. Talep tahmini ise işletmelerin hammadde, iş gücü, malzeme, teknoloji ve sermaye gibi girdi parametrelerinin belirlenmesi için hazırlanacak yatırım ve üretim planlarının temel girdisini oluşturur. Talepteki dalgalanmaları kontrol etmek, piyasaya geniş perspektiften bakabilmek, gelecekteki beklenmedik durumlara karşı önceden stratejik planlar düzenleyebilmek ve karar vermedeki riski azaltmak adına geleceğe yönelik tahmin çalışmaları yapmak işletmeler için büyük önem taşımaktadır. Tutarlı tahminler yapmak ise etkin kaynak kullanımı, maliyetlerin minimizasyonu, pazar değişikliklerine ayak uydurma, müşteri memnuniyetinin sağlama gibi pek çok durumu fırsata çevirip üretim verimliliğini arttırmaktadır.

Bu çalışmada, bir tekstil işletmesinin geleceğini şekillendirecek satış tahminleri bulanık mantık modelleme ve çoklu regresyon analizleri ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle korelasyon analizi ile işletmenin satış miktarları üzerinde en fazla etkiye sahip döviz kuru ve hammadde fiyatı değişkenleri belirlenmiş ve satış rakamları ile değişkenlerin, istatistiksel olarak modele uygunluğu incelenmiş, çoklu regresyon ve geliştirilen bulanık mantık modelleri tahmin serisinin elde edilmesi için kullanılmıştır. Oluşturulan modellerden elde edilen tahmin değerleri karşılaştırılmış ve çoklu doğrusal regresyon yönteminin, geçmiş verilere, sezgisel ve deneyimsel tecrübeye dayalı üçgensel bulanık kümelerden oluşan ve Mamdani Çıkarım Mekanizmasını kullanan bulanık mantık yöntemine göre uygunluğu ortaya konulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Satış Tahmini, Çoklu Regresyon Analizi, Bulanık Mantık.

ABSTRACT

SALES FORECASTING MODEL BASED ON SECTORAL PARAMETERS IN SALES PROCESS AND MODEL'S APPLICATION

MASTER

NAGEHAN KAYA

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: YRD. DOÇ. DR. SEMİH COŞKUN)

DENİZLİ, SEPTEMBER 2017

With modern information systems the pace of industrialization and intensity of consumption are increasing gradually. For these reasons to predict demand and satisfy demand is necessary for business in the increasing competitive market. Business start to use forecasting techniques effectively to be survival on the market and to be sustained. Prediction is the ability to process comments in advance of future events using data from the past. Demand forecasting build up basis input of investment and production plans which will be prepared to define input parameters such as raw material, labor, materials, technology, capital. to control fluctuations in demand, increasing the ability to look at a wider perspective on the market, to construct the strategic plans against future unexpected situations and also to reduce risk in decision-making making predictions about the future activities is very important for businesses. Creating consistent estimates increase productivity in many cases to turn opportunity like the efficient use of resources, cost minimization, fitting up with market changes, ensuring customer satisfaction.

In this study was performed to estimate sales of a textile company with fuzzy logic and multiple regression analysis which will shape its future. First, the amount of sales of the company identified the most affecting exchange rates and raw material prices variables with correlation analysis and sales and variables were examined the suitability of the model statistically, multiple regression and fuzzy logic model are used to obtain predicted series. Generated model values are compared and it reached the conclusion that generated with multiple regression analysis is the more appropriate method than using Mamdani Inference Systems and triangular membership functions Fuzzy Logic Method which use historical data and also depend on intuitive and experiential experience.

KEYWORDS: Sales Forecasting, Multiple Regression, Fuzzy Logic.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Araştırması	4
1.2 Tezin Amacı ve Literatüre Katkısı	8
1.3 Talep Tahmininin İşletmeler İçin Önemi	9
1.4 Talep Tahmininin Kurumsal Kaynak Planlamasındaki Yeri	12
2. TALEP TAHMİNİ YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ.....	18
2.1 Kalitatif Yöntemler.....	21
2.1.1 Delphi Yöntemi.....	22
2.1.2 Anket Uygulamaları.....	23
2.1.3 Senaryo Analizi.....	24
2.1.4 Yöneticilerin Görüşlerinin Alınması	25
2.1.5 Uzman Görüşleri.....	25
2.2 Kantitatif Yöntemler.....	25
2.2.1 İlişkisel Yöntemler-Regresyon Analizi	26
2.2.2 Zaman Serisi Yöntemleri	29
2.2.2.1 Mekanik Tahmin Yöntemi	30
2.2.2.2 Hareketli Ortalamalar Yöntemi.....	31
2.2.2.3 Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar Yöntemi	32
2.2.2.4 Üstel Düzeltme Yöntemleri.....	32
2.2.2.4.1 Basit üstel düzeltme yöntemi.....	32
2.2.2.4.2 Mevsimsel Üstel Düzeltme – Holt-Winters Yöntemi	33
2.2.2.5 Box-Jenkins Tahmin Modelleri.....	34
2.3 Yapay Zeka Tabanlı Yöntemler	36
2.4 Tahmin Doğruluğunun Ölçümü Ve Yöntemlerin Karşılaştırılması ...	36
3. YAPAY ZEKA UYGULAMALARI.....	38
3.1 Bulanık Mantık.....	38
3.1.1. Bulanık Mantık Kavramı	38
3.1.2. Bulanık Mantığın Güçlü ve Zayıf Yönleri.....	39
3.1.3. Bulanık Mantığın Genel Yapısı ve Bulanık İşlemler.....	40
3.1.3.1. Bulanık Küme	40
3.1.3.2. Üyelik Fonksiyonu	41
3.1.3.3. Üyelik Fonksiyonu Ataması.....	42
3.1.3.4. Üyelik Fonksiyonunun Kısımları.....	43
3.1.3.5. Bulanıklık Kavramı.....	44
3.1.3.6. Bulanık Sayı Kavramı	44
3.1.3.7. Bulanıklaştırma	45
3.1.4. Bulanık Kural Tabanı.....	46
3.1.4.1. Wang-Mendel Algoritması	48

3.1.5.	Bulanık Çıkarım Sistemleri	52
3.1.5.1.	Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Bulanık Çıkarım Sistemi	53
3.1.5.2.	Tsukamoto Bulanık Çıkarım Sistemi	54
3.1.5.3.	Larsen Bulanık Çıkarım Sistemi	56
3.1.5.4.	Mamdani Bulanık Çıkarım Sistemi.....	57
3.1.5.5.	Sugeno ve Mamdani Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	59
3.1.6.	Durulaştırma Yöntem Çeşitleri	60
3.1.6.1.	Sentroid Yöntemi	60
3.1.6.2.	En Büyük Alanın Merkezi Yöntemi	61
3.1.6.3.	En Büyük Üyelik Yöntemi.....	61
3.1.6.4.	Ağırlıklı Ortalama Yöntemi	62
3.1.6.5.	Ortalamaların En Büyüğü Yöntemi	63
3.1.6.6.	En Büyüklerin Küçüğü Yöntemi.....	63
3.1.6.7.	En Büyüklerin Büyüğü Yöntemi.....	64
4.	UYGULAMA VE ARAŞTIRMA BULGULARI.....	66
4.1.	Kullanılacak Verilerin Seçilmesi ve Talebi Etkileyen Ana Faktörlerin Belirlenmesi.....	66
4.1.1.	Döviz Kuru Etkisi	67
4.1.2.	Hammadde Fiyatları Etkisi	67
4.2.	Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli Uygulaması.....	70
4.2.1.	Normallik Sınaması	71
4.2.2.	Mevsimsellik Sınaması	73
4.2.3.	Durağanlık Sınaması.....	74
4.2.4.	Regresyon Denkleminin Oluşturulması.....	77
4.2.5.	Anlamlılık sınaması	77
4.2.6.	Sabit Varyans sınaması (Homoscedasticity).....	78
4.2.7.	Çoklu Bağıntı Sınaması	78
4.2.8.	Bağımsız Değişkenler için Tahmin Değerleri	80
4.2.9.	Çoklu Regresyon Modeli Tahmin Sonuçları	82
4.3.	Geliştirilen Bulanık Mantık Modeli	83
4.4.	Sonuçların Karşılaştırılması	86
5.	SONUÇLAR.....	92
6.	KAYNAKLAR.....	95
7.	EKLER.....	101
	EK A 101	
	EK B 103	
	EK C 105	
8.	ÖZGEÇMİŞ	106

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Talep ve arz arasındaki akış şeması.....	12
Şekil 1. 2 : Üretim planlama'da SAP ERP süreci.....	13
Şekil 1. 3: ERP sürecinde pazarlama ve satış sürecinin diğer fonksiyonel birimlerle bağlantısı.....	13
Şekil 1. 4: ERP'de planlama araçlarının birbirleri ile ilişkisi	15
Şekil 1. 5: ERP yazılımında Tahmin Monitörü Kesiti	16
Şekil 2.6: En küçük kareler metodu grafiksel gösterimi	28
Şekil 3.1: Üçgen üyelik fonksiyonu	42
Şekil 3.2: Üyelik fonksiyonu kısımları	43
Şekil 3.3: Bulanık küme gösterimi a) Normal bulanık küme, b) Normal olmayan bulanık küme	44
Şekil 3. 4: Bulanık uzman sistem yapısı	47
Şekil 3.5: Girdi ve çıktı bulanık bölgelerinin ve üyelik fonksiyonlarının bölümlere ayrılması.....	51
Şekil 3.6: Bulanık kural tabanı formu	52
Şekil 3.7: Tsukamoto yönteminin grafiksel gösterimi	56
Şekil 3.9: Sentroid yöntemi ile durulaştırma.....	59
Şekil 3.10: Sentroid yöntemi ile durulaştırma.....	61
Şekil 3.11: En büyük alanın merkezi yöntemi ile durulaştırma	61
Şekil 3.12: En büyük üyelik yöntemi ile durulaştırma.....	62
Şekil 3.13: Ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi ile durulaştırma	63
Şekil 3.14: Ortalama en büyük durulaştırma yöntemi	63
Şekil 3.15: En büyüklerin küçüğü yöntemi.....	64
Şekil 3.16: En büyüklerin büyüğü yöntemi	64
Şekil 3.17: Yaygın kullanılan bulanık eğer-o halde kuralları ve bulanık mekanizması.....	65
Şekil 4. 1: Çalışmanın uygulama akış diyagramı.....	68
Şekil 4.2: Satış verilerinin mevsimsel hareketi	74
Şekil 4.3: Değişkenlerin zaman serisi hareketleri a) Satış miktarı zaman serisi	76
Şekil 4.4: Hata terimlerinin histogram grafiği	79
Şekil 4.5: Bağımsız Değişkenlerin Eğimsel Hareketleri a) Dolar Serisi b) Hammadde Serisi	81
Şekil 4. 6 : Matlab'ta bulunan üyelik fonksiyonu çeşitleri	84
Şekil 4. 7: Geliştirilen modelin MATLAB programındaki genel yapısı.....	84
Şekil 4.8: a) Hammadde, b) Ortalama döviz kuru, c) Satış parametreleri için oluşturulan bulanık küme gösterimi	85
Şekil 4.9: Bulanık ilişkisel matris (FAM)	86
Şekil 4. 10: Modellere göre tahminlenen ve gerçekleşen satış miktarları.....	87
Şekil 4. 11: Satış ve operasyonel planlama veri alışverişi	90

TABLO LİSTESİ

Tablo 3. 1: Bulanık modelde yapı ve parametreler	47
Tablo 4. 2: Çalışmada belirlenen hammadde senaryoları	70
Tablo 4. 3: Kolmogorov – Smirnov testi sonuçları.....	72
Tablo 4. 4: Pearson korelasyon testi sonuçları.....	72
Tablo 4. 5: Serilerin mevsimlere göre Kruskal-Wallis Testi sonuçları.....	73
Tablo 4.6: Dickey Fuller birim kök testi.....	76
Tablo 4.7: Çoklu doğrusal regresyon denklemi modeli	77
Tablo 4.8: ANOVA tablosu	78
Tablo 4.9: White Testi sonuçları.....	78
Tablo 4.10: Regresyon denklemi modeli	79
Tablo 4.11: Senaryoların karşılaştırılması	80
Tablo 4.12: Basit ekstrapolasyon modellerine göre parametre tahmini.....	82
Tablo 4.13: 2015 Yılı için tahmin edilen ve gerçekleşen gözlem değerleri.....	83
Tablo 4. 14: Üyelik fonksiyonları hata değerleri	84
Tablo 4.15: Oluşturulan modeller ile elde edilen tahmin sonuçları	87
Tablo 4.16: Uygulanan yöntemlerin tutarlılık ölçümleri	87
Tablo 4.17: Oluşturulan modeller ile elde edilen 2016-2017 tahmin sonuçları	88

SEMBOL LİSTESİ

F	:	Tahmin
t	:	Dönem
X	:	Bağımlı Değişken
a	:	Sabit terim
Y	:	Talep
α	:	Üstel Düzeltme Faktörü
β	:	Trend düzeltme sabiti
γ	:	Mevsimsel düzeltme sabiti
n	:	Örneklem sayısı
S	:	Standart Sapma
μ	:	Üyelik Fonksiyonu
EB	:	En Büyükleme
c	:	Kural sonucu
R	:	Kural
Λ	:	Ve Operatörü
z	:	Ağırlık Merkezi Eşitliği
R^2	:	Belirlilik Katsayısı
p	:	Önem Derecesi
I	:	Durağanlık Faktörü
sd	:	Serbestlik Derecesi
X ²	:	Ki-Kare Değeri
d	:	Durbin-Watson d İstatistiği
Obs * R^2	:	White Testi İstatistiği

KISALTMALAR LİSTESİ

TSK	:	Takagi-Sugeno-Kang
FRBS	:	Fuzzy Rule Base System
LM	:	Logit Model
MF	:	Üyelik Fonksiyonu
EKKY	:	En Küçük Kareler Yöntemi
AR	:	Otoregresif Süreç
MA	:	Hareketli Ortalama
ARMA	:	Otoregresif Hareketli Ortalama Süreci
ARIMA	:	Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama
MSE	:	Ortalama Karesel Hata
MAD	:	Ortalama Mutlak Sapma
MAPE	:	Ortalama Mutlak Yüzde
EK	:	En Küçükleme
VIF	:	Varyans Genişlik Faktörü
JB	:	Jarque Bera Testi
K-S	:	Komogorov Smirnow Testi
FAM	:	Bulanık İlişkisel Matris
C.	:	Cilt
Çev.	:	Çeviren
Diğ.	:	Diğerleri
Max.	:	Maksimum
Min.	:	Minimum
S.	:	Sayı
s	:	Sayfa

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında değerli bilgi birikiminden ve önerilerinden yararlandığım, yüksek lisans eğitimim süresince desteğini esirgemeyen ve rehberliği ile bana yol gösteren değerli tez hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Semih COŞKUN'a, çalışmamın başlangıcından itibaren değerli bilgi ve önerileri ile çalışmama büyük katkılarda bulunan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Aşkîner GÜNGÖR'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca görev yaptığım Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi'nde akademik ve manevi desteklerini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. İclal ÇÖĞÜRCÜ, Sayın Prof. Dr. Osman ÇEVİK'e, Sayın Öğr. Gör. Ebru Tüzemen ATİK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım ve neredeyse hayatım boyunca, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, maddi ve manevi hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, her zaman beni destekleyen ve yanımda olan aileme bütün içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca bana emeği geçen burada adını sayamadığım herkese teşekkür ederim.

Eylül 2017

Nagehan KAYA

1. GİRİŞ

Tahmin, geçmiş dönemlerdeki verileri kullanarak gelecekteki olay, durum veya konumu yorumlamaktır. Bilimsel olarak ifade etmek gerekirse, tahmin, bilinmeyen durumlarda geçmiş veri setlerini karakterize eden trendi ve dalgalanmaları analiz ederek, serinin davranışına göre gelecek periyotları öngörme sürecidir. Geleceği öngörmenin sanatı ve bilimi olan tahmin, birçok kuruluş ve işletme tarafından gelecekteki durumlarıyla ilgili açık bir öngörü oluşturmak amacıyla çeşitli analizler ve teknikler kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

İşletmelerin varlığı, süreçlerini müşterilerin ihtiyaçlarına göre ayarlayabilme ve talep olduğunda talebi yeterli ve etkili düzeyde karşılayabilme yeteneğine bağlıdır. İşletmelerin hayatta kalabilmeleri için zorunluluk arz eden tahminleme, üretimin temel süreçleri olan, üretim planlama, stok yönetimi, yatırım bütçeleme, satın alma, iş gücü çizelgeleme, kaynak dağılımı ve diğer önemli üretim sistemi süreçleri için önemli girdiler oluşturur. Bu süreçler de tahminleri, hammadde, yarı ürün, iş gücü, tesis, makine, finansman kararlarına dönüştürür. Talep tahminlerinin yayıldığı tarih aralığı arttıkça tahmini etkileyen birçok faktör ortaya çıkmaktadır. Örneğin, uzun vadeli tahminlerde tahmini etkileyebilecek ülkenin ekonomik yapısı, toplumsal gelişmeler gibi çevresel parametreleri dikkate almak gerekir. Kısa vadeli tahminlerde ise küçük sapmalar uygulama sonuçlarını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu yüzden hızla değişen ve gelişen endüstrilerde faaliyet gösteren birçok işletme için, ürün ve hizmetlerine olan talebin kısa ve uzun vadeli dönemler için tahminlenmesi gittikçe zorlaşan bir problem haline gelmektedir.

Talep tahmini, işletmelerin hammadde, işgücü, yarı mamul, malzeme, makine, teknolojik yatırım gibi ihtiyaçlarının belirlenmesi için gerekli olan temel veriyi oluşturur. Aynı zamanda bir ürünün üretim planının yapılabilmesi için ön şart, talep miktarının raporlanmasıdır. Bu da üretim işletmeleri için talep tahminin önemini ortaya koymaktadır.

Tutarlı tahminler yapmak, etkin kaynak kullanımı, maliyetlerin minimizasyonu, pazar değişikliklerine ayak uydurma, müşteri memnuniyetinin sağlanması gibi pek çok

amacı gerçekleştirerek, değişimin etkisini fırsata çevirip üretim verimliliğini arttırmaktadır. Yapılan tahmin hataları sonucunda da işletmeler bir takım olumsuz durumlarla karşılaşabilirler. Bunlardan biri beklenen talebin gerçekleşen talebin altında kalması durumudur. Bunun sonucunda yetersiz üretim gerçekleşecek ve işletmeler piyasadaki talebin karşılanması için aşırı kapasitede çalışarak elde bulundurmama, işgücü maliyetlerinde artış gibi olumsuz durumlarla karşı karşıya kalacaklardır.. Bir diğer olumsuz sonuç ise beklenen talebin gerçekleşen talepten fazla olması durumudur. Bu durum işletmelerde ürettikleri malların satılamamasına neden olacak ve stok fazlası oluşturacaktır. İşletmeler bu sorunu kısmen de olsa çözebilmek için kapasite azaltma tedbiri alabilirler. Fakat bu tedbir dahi kaynak ve ürün israfı durumu ile karşı karşıya kalmalarına engel olamayacaktır. Bunlar gibi karşılaşılabilecek olumsuz durumların ortadan kaldırılabilmesi için tahmin hatalarının en aza indirilmesi gerekmektedir.

Zaman kriterine göre uzun, orta ve kısa dönemli değişkenlik gösteren tahmin yöntemleri, yöntemsel olarak da sınıflandırılmaktadır. Tahminleme literatürü, basit doğrusal regresyondan, sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi karmaşık sezgi üstü tekniklere kadar çeşitli teknikleri içerir. Çeşitliliğin nedeni ise tahmin için kullanılacak verilerin dönemsel değişkenlik, belirsizlik, mevsimsellik, güvenilirlik gibi niteliklerine göre farklılaşmasıdır.

Dünyada birçok alanda kullanılan yapay zekânın tahmin tekniklerini iyileştirme ve modelleme yapabilme yetilerine sahip olması yapay zekâ tabanlı sistemlerin tahminleme alanındaki önemini ortaya koymaktadır. Yapay zekâ genellikle bilgisayar bilimleri alanında bulunan bir bilim dalı olsa da, mühendislik, dilbilim, matematik, anlambilim gibi bilim dallarıyla da etkileşimde bulunmaktadır.

İnsan beyni, sayısal işlemleri çözümleyebilme, idrak etme, tecrübe ile kazanılmış bilgileri kullanabilme, sorgulama gibi üstün özelliklere sahiptir. Yapay zekâ uygulamalarının amacı da bilgisayarların karmaşık yapıdaki sayısal problemleri çözmesinin yanında insan beyninin sahip olduğu öğrenme ve idrak etme gibi özelliklere sahip olmasını sağlamaktır. Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları, Genetik Algoritma, Uzman Sistemler gibi yapay zekâ alt dalları özellikle son yıllarda geniş bir araştırma alanı bulmakta ve gerçek dünya uygulamalarına başarılı bir şekilde adapte edilmektedir. Bu alanda uzmanlaşan araştırmacılar, yorumlama, çıkarım

yapma, karar verme, öğrenme, analiz etme, değerlendirme becerilerine sahip yapay zekâ uygulamaları ile ilgili yenilik arayışlarına devam etmektedirler.

Yapay zekânın pek çok boyutunu inceleyen birçok farklı yaklaşımdan birisi de Bulanık Mantık'tır. Bulanık küme teorisine dayanan Bulanık Mantık, bilgi temelli sistemlere uygulanabilir olması ve çıkarsama yeteneğine sahip olması ile modeli matematiksel olarak kurulamayan ve insan mantığına yakın sistemlerin modellenmesi ve çözümlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bulanık küme teorisi, tahminin etkinliğini ve geçerliliğini artırmak için kullanılan bir diğer araçtır. Özellikle hibrit modellerin gelişmesi kendine daha yaygın uygulama alanı bulmasını sağlamıştır.

Bu çalışmada, bir tekstil işletmesinin satış miktarını, bulanık mantık modeli, çoklu regresyon analizi ile tahmin ederek, işletmenin döviz ve hammadde fiyatlarından kaynaklanan ekonomik değişimleri avantaj haline dönüştürebilmesi amaçlanmaktadır. Öncelikle korelasyon tekniği ile işletmenin satış miktarlarına en fazla etki eden döviz kuru ve hammadde fiyatı parametreleri belirlenmiştir. Aylık satış miktarları, döviz kuru ve hammadde fiyatları parametreleri istatistiksel olarak incelenerek, mantık ve tecrübe çerçevesinde, bulanık kurallardan meydana gelen bulanık ilişkisel matris oluşturulmuş ve bulanık kural tabanı düzenlenmiştir. Sistemin durulaştırılmasında kullanılacak olan IF-THEN (EĞER-O HALDE) kuralları, VE operatörü ile harmanlanmıştır. Modelden elde edilen çıktıları, bu şekilde oluşturulan 24 kuralın katkısıyla ulaşılmıştır. Modelde çıkarım mekanizması olarak Mamdani çıkarım mekanizması kullanılmıştır. Bu çalışmada her bir parametre simetrik üçgensel ve simetrik olmayan üçgensel üyelik kümeleri yardımıyla bulanık hale dönüştürülmüştür. Kural Tabanı ve Ve operatörü ile EXCEL ve MATLAB programı aracılığıyla işlem gördükten sonra tekrar durulaştırılmış ve kesin değerlere dönüştürülmüştür. Durulaştırma işlemi için her bir kurala ait çıkarımı toplayan ve elde edilen şeklin ağırlık merkezini hesaplayarak bulanık değerleri sayısal değere dönüştüren ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Bulanık model ile hesaplanan tahmin değerleri ışığında, simetrik ve simetrik olmayan üçgensel üyelik kümelerinin tahminleme üzerindeki etkinlikleri karşılaştırılmıştır. MATLAB'te arayüzü bulunan ANFIS ile de geçmiş dönem verilerine en uygun ve hata yüzdesi en düşük hesaplanan üyelik fonksiyonu üçgensel üyelik fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

Bulanık mantık modeli ile elde edilen sonuçlar, EVIEWS ve SPSS programlarıyla varsayımlarının kontrolleri gerçekleştirilen ve denklemleri oluşturulan çoklu regresyon analizi sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Bir tekstil işletmesinin bulanık mantık ve çoklu regresyon yöntemi ile talep tahmininin modellenmesi amacı ile hazırlanan bu tez çalışması, aşağıda yer alan kapsamı içermektedir. Literatür araştırmasının, tezin amacının ve literatüre katkısından bahsedildiği giriş bölümünün ardından ikinci bölümde, talep tahmin yöntemlerinin incelenmesi üzerinde durulmaktadır. Talep tahmini, kalitatif ve kantitatif tahmin yöntemleri detaylı anlatılarak talep tahminlerinin ve tahmin yöntemlerinin verilere uygunluğunun işletmeler için önemi açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde modellenin temelinde kullanılan bulanık mantık kavramı, genel yapısı, güçlü ve zayıf yönleri yer almaktadır. Bu bölümde en çok kullanılan bulanık çıkarım sistemlerinden de bahsedilmiştir.

Araştırmanın amacı tahmin yöntemleri arasından verilere en uygun yöntemin uygulanabilirliğinin incelenip, geliştirilen model ile ideal tahmin yapısı oluşturularak gelecek dönem satış verilerini tahmin etmektir. Dördüncü bölümde de ideal tahmin yapısında bulunması gereken faktörler, faktörler arası ilişkiler değerlendirilip, yapay zekâ tabanlı talep tahmin yöntemlerinden biri olan bulanık mantık modeli ile ilişkisel tahmin yöntemi olan çoklu regresyon modelinin sonuç karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Son bölümde, önerilen model sonuçlarının değerlendirilmesi, tahmin sonuçlarının işletmelerdeki faaliyet alanlarına katkısı ve geleceğe dönük geliştirme önerileri belirtilerek tez çalışması tamamlanmaktadır.

1.1 Literatür Araştırması

Bulanık mantık ve uzman sistemler, yapay zekânın alt başlıkları olarak gerek literatürde, gerekse uygulamalarda en çok karşılaşılan önemli ve yaygın konu başlıkları arasında yer almaktadır. Bu konularda, farklı uygulama amaçlarına göre değişkenlik gösteren çok sayıda uygulama örneklerine rastlamak mümkündür.

Hasan Tatlı ve arkadaşları 2001’de yapmış oldukları çalışmada atmosferik bilim alanı çalışmalarında bulanık çağrışımlı bellek üzerine bir model önerisinde

bulunmuşlardır. Bu modeli belirli bir yıldaki en büyük hava sıcaklıklarının kestirimi için günlük olan en büyük hava sıcaklıkları verilerine uygulamışlardır (Tatlı ve Şen 2001).

Kıyak ve diğ. (2003) yaptıkları çalışmada bulanık mantık modelini uçağın iniş kontrolü problemine uyarlamışlardır. Çalışma sonucunda bulanık mantıkla hesaplanan kontrol kuvvetlerinin, problemi çözme açısından uygun hesaplamalar olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Chang ve Liu'nun (2008) yapmış oldukları çalışmalarında, hisse senedi fiyatı tahmini için bir Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Bulanık Kural Tabanlı Sistemi geliştirilmiştir. TSK bulanık model girdi değişkeni olarak teknik indeksi uygular ve ardıl kısmı da girdi değişkenlerin lineer kombinasyonu oluşturur. Bulanık kural tabanlı model, Tayvan Borsası'dan Taiwan Elektronik Hissesi üzerinde test edilmiştir. Yoğun deneysel testler sayesinde, modelin farklı sektörler için fiyat tahminlemede başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Kumar ve diğ. (2010) kısa vadeli tarımsal üretim tahmini için bulanık zaman serisi modelinin geliştirilmesi ve uygulanması için bir model öne sürmüşlerdir. Tarımsal tahminlerde bulanık zaman serilerinin optimal sonuç elde etmek için kullanılmasının, hammadde ihtiyaç planlaması ve hasat sonrası yönetim stratejileri için avantaj sağlayacağını belirtmişlerdir.

M. A. Çakıroğlu ve diğ. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 9'ar adet farklı boyutlarda üretilen standart silindir numuneleri 7, 14 ve 28 günlük sürelerin ardından hidrolik pres cihazı ile basınç deneyine tabi tutulmuş ve çalışmada kullanılan modelde üretilmiş olan numunelerin deney sonucu elde edilen basınç dayanımları bulanık mantık yöntemi ile elde edilen basınç dayanımları ile karşılaştırılmıştır.

Bulanık kural tabanlı sistemler, bulanık, belirsiz, kesin olmayan ve belirsiz alan bilgisini resmetmek ve açıklamak için en popüler metotlardan biridir. Son yıllarda, Olugu ve diğ. (2012) tedarik zinciri performansını değerlendirmek, Fazel Zarandi ve diğ. (2009) hisse senedi analiz etmek, Quek ve diğ. (2009) trafik akım davranışı modellemek, Awan ve diğ. (2011) hava olayları tahminlemek ve Ustundag ve diğ. (2010) Radyo Frekanslı Tanıma Teknoloji yatırımlarının ekonomik analizlerini gerçekleştirmek için Bulanık Kural Tabanlı Sistemler geliştirerek öneri olarak çalışmalarında sunmuşlardır.

Bulanık kural tabanlı sistemler Coşgun ve diğ. (2014), çalışmalarında taşımacılık yapan bir şirketin fiyat belirleme problemine, olasılıksal dinamik programlama kullanarak çözüm önerisi sunmuşlardır. Optimal fiyatları bulmak amaçlı yapılan bu çalışmada, seyahat özellikleri (gün, zaman dilimi, hava koşulları vb.) dikkate alınarak, farklı fiyatlar altındaki talep seviyelerinin tahmin edilmesinde Fuzzy Rule Base System (FRBS) kullanılmıştır. Logit modelin de (LM) tahminlemede kullanıldığı çalışmada elde edilen tahmini veriler, sabit fiyatlama ile dinamik fiyatlamamanın karşılaştırmasında kullanılmıştır. Çalışma sonucunda LM ve FRBS kullanılarak yapılan dinamik fiyatlamamanın sabit fiyatlamaya göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Korol (2014)'un döviz kurlarının tahmin edilmesini amaçlayan çalışmasında bulanık mantık tahmin yöntemi kullanılmıştır. Model uzman görüşü alınarak oluşturulan EĞER-O HALDE kurallar kümesine dayanmaktadır. Mamdani çıkarım sisteminin kullanıldığı modelde, durulaştırma yöntemi olarak Ortalama En Büyük Üyelik yöntemi seçilmiştir. Deneysel veri olarak JPY/USD, GPY/USD ve CHF/USD üç adet döviz çifti kullanılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, veri işlemenin döviz kuru hareketlerinin tahminin geliştirilmesinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Yazarın oluşturduğu model verimli olarak nitelendirilmiştir. Bu çalışma, döviz kuru tahmininde temel analiz ile bulanık mantığın birleştirildiği ilk girişimler arasında yer almaktadır.

Manoj ve Shah (2014) enerji yönetim sistemlerinin en önemli konularından biri olan yük tahminlemesini, kısa dönemli olarak bulanık mantık yaklaşımıyla gerçekleştirmişlerdir. Zaman, sıcaklık ve benzer geçirgen günlük yük bağımsız değişken olarak belirlenmiş, MATLAB programında analiz edilmek üzere üçgensel bulanık sayılar ile bulanıklaştırılmıştır. Mamdani çıkarım sistemi ile durulaştırılan bulanık kural tabanları ile tahmincilere yardımcı olan bulanık mantık sistemi, kullanıldığı bu modelde gerçekleşen değerlere oldukça yakın tahmin verileri elde etmiştir. Ismail ve Mansor (2011) Malezya'da yaptıkları çalışmalarında Tenaga National Berhad (TNB) aldıkları günlük yük verilerini bulanık mantık tabanlı oluşturmuş oldukları model ile tahmin etmişlerdir. Alanın merkezi durulaştırma yöntemi diğer durulaştırma yöntemlerine göre en iyi sonucu vermiştir.

Birçok alanda başarılı şekilde uygulanan bulanık çıkarım modelleri su seviyesi tahminlemede sıkça kullanılmıştır. Jacquin ve diğ. (2009) ve Chen ve diğ.

(2013) hidrolojik model alanında akarsu su seviyelerinin tahminlenmesinde kullanmışlardır. Altunkaynak ve diğ. (2005) bulanık mantık yaklaşımını Takagi-Sugeno Çıkarım Sistemi kullanarak İstanbul ili su tüketiminin tahmin edilmesi için uygulamışlardır. Tahran'daki Nokia cep telefonunun ANFIS yöntemiyle satış tahminlerini gerçekleştiren Esmaeili ve diğ. (2012) çalışmalarında, ANFIS yönteminin girdi değişkenleri olarak fiyat ve kamera değişkenleri ele alınmış, çıktı değişkeni olarak satış adedi değişkeni belirlenmiştir. Regresyon analizi ve ANFIS yöntemi ile gerçekleştirilen tahmin sonuçları, MAPE yöntemiyle kıyaslama yapıldığında ANFIS yöntemi ile elde edilen tahmin değerlerinin daha tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Özger (2009), Jayawardena ve diğ. (2014) bazı akarsu seviyelerinin bulanık çıkarım sistemi ile tahminlenmesinde Takagi-Sugeno, Mamdani ve Larsen çıkarım yöntemleri karşılaştırılmışlardır. Perera ve diğ. (2015) ise çalışmalarında, basit ve esnek bir yaklaşım olan bulanık mantığı, çok karmaşık modelde kullanılacak kadar yeterli olmayan hidrolojik veriye sahip olan nehir havzasında kullanmışlardır. Gerçek zamanlı taşkın tahmini için Mamdani bulanık çıkarım sistemi kullanılarak çıkarımı gerçekleştirilen bulanık mantık yaklaşımı Malezya'daki Kelantan Nehri havzasında uygulanmıştır. Geliştirilen modeller Dabong ve Tualang istasyonlarının saatlik telemetrik yukarı akım yönlü su seviyeleri kullanılarak Guilemard ve Kuala Krai istasyonlarının akıntı yönündeki su seviyelerinin tahmini için test edilmiştir. Kelantan Nehri taşkın tahmini için ve bulanık mantık yaklaşımının etkinliğini kontrol etmek için bulanık kural tabanı ile üçgensel üyelik fonksiyonları (MF) kullanılmıştır. 8, 10 ve 15 kural setinin modelleri Guillemard istasyonu için test edilmiştir. Bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak Kelantan Nehri havzasında akış tahmini için geliştirilen modellerin verimlilikleri, gerçekleştirilen performans göstergelerine göre kabul edilebilir seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Son zamanlarda, yük tahminlerinde birçok teknik kullanılmıştır, ancak yapay zeka teknikleri (bulanık mantık ve YSA) geleneksel tekniklerle (ör. Regresyon ve zaman serileri) karşılaştırıldığında daha fazla verimlilik sağlamaktadır. Ali ve diğ. (2016) çalışmalarında uzun vadeli yük tahmini için bulanık mantık modeli sunmuşlardır. Hava parametrelerini (sıcaklık ve nem) kullanarak ve Adamawa eyaletindeki Mubi kasabası için bir önceki yıla ait yük verilerini tahmin etmek için bulanık mantık modeli geliştirilen çalışmada, model % 6.9'lık bir MAPE ve %

93.1'lik bir verimle, bir yıl öncesi yükü tahmin etmektedir. Elde edilen sonuç, önerilen modelin gelecekteki yükü öngörebildiğini ortaya koymuştur. Ali ve diğ. (2017) başka bir çalışmada bulanık-sinir modelini, Adamawa Eyaleti, Mubi'deki hava parametresi (sıcaklık ve nem) ile ilişkili olarak bir sonraki yılın yükünü tahmin etmek için geliştirilmiştir. Sıcaklık arttıkça elektrik yükünün arttığı ve bağıl nem elektrik yükü üzerinde belirgin bir etki göstermeği gözlemlenmiştir. Tahminin doğruluğu % 98,78 elde edilmiş ve buna karşılık gelen ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) % 1,22'dir. Çalışmada bulanık-sinir modelinin elektrik yükünü öngörmek için iyi bir araç olduğunu tespit edilmiştir.

Çalışmalarında gerçek bir üretim sisteminde optimum lot boyutunu inceleyen ve analiz eden Abdel-Aleem ve diğ. (2017) optimum üretim miktarını bulmayı amaçlamaktadırlar. Modelleme ve simülasyon için Bulanık Çıkarım Sistemi (FIS) ve Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) kullanılmıştır. Çimento endüstrisinin vaka çalışmasında kullanılan ANFIS modeli gerçek üretim miktarı ile uyum göstermiştir.

1.2 Tezin Amacı ve Literatüre Katkısı

Tüketicinin talebinin belirlenmesi, büyüyen pazar ve ezici rekabet içerisinde savaşılan işletmelerin odaklandığı temel konularındandır. Gelecek zamanlara ilişkin alınacak kararlar, işletmelerin daha çok kar etmesi, üretim ve hizmet faaliyetleri açısından hayatta kalabilmeleri için büyük önem taşımaktadır. Bulunduğu piyasa koşulları içerisinde talep düzeyini öngörmeyi başarabilen bir işletme için ezici rekabet içerisinde dominant taraf olmak kaçınılmazdır. Tahmin, olması istenen geleceği mümkün hale getirmeye yönelik bugünden yapılması gereken planları ve alınması gereken stratejik kararları belirlemek için yol gösterici bir haritadır.

Büyük ve modern işletme sayısının hızla arttığı pazarlarda, geleceğe ilişkin iş koşullarının öngörülmesinde istatistiksel analizlerinin kullanılmasının ve değerlendirilmesinin artarak önem kazanmasıyla, talep tahminin temelini nicel ifade edilebilen bilgilerin analizi oluşturmaktadır. İstatistiksel yöntemlerle desteklenen karar destek modellemesi içeren yazılımlara başvurmadan talep tahmini yapmak, tutarsız sonuç elde etmekle beraber, talep değişkenliğini fırsat haline değil riske dönüştürmektedir. Bu nedenle geleceği rastlantılara bırakmak yerine, tahmin

sürecinin firmanın etkileşimde bulunduğu tüm makro ve mikro çevre unsurları dikkate alınarak şekillendirilmesi gerekli değil zorunlu hale gelmiştir. Bu yüzden her bir işletme için talebi etkileyen faktörlerin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Bu unsurlardaki belirsizliğin beraberinde getirdiği bulanıklık, küçük ve orta ölçekteki firmaların geçmişe dönük satış ve koşullar ile ilgili veri birikiminin yeterli olmaması gibi olumsuz faktörler ele alındığında, geleneksel istatistiksel yaklaşımların yanı sıra literatürde ve uygulamada geniş kullanım alanı bulan, çevredeki belirsizlikleri ve veri yetersizliklerinin model üzerindeki etkisini azaltabilecek nitelikte olan bulanık yaklaşımın uygulamaya konulması, yapılan talep tahmin çalışmalarında yeni trend haline gelmiştir. Ayrıca çoklu regresyon yönteminin çok değişkenli denetim unsurlarına uygun yapıda olması, bu alandaki çalışmaların geliştirilmesine imkân sağlamaktadır.

Literatürde talep tahmini uygulaması olarak çok sayıda çalışmanın ele alınmış olması analizin uygulanmasında birçok yöntem seçeneğinin olduğunu ortaya koysa da, bulanık mantık ile tahmin yöntemine uygulamalarda fazla rastlanıp talep tahmini konusunda sınırlı sayıda kaynak bulunması çalışma esnasında karşılaşılan problemler arasındadır. Aynı zamanda, Türkiye'nin 2015 yılı sanayi ihracatında %7,5'lik payı olan (Tekstil, Deri ve Halı Şubesi İTKİB Genel Sekreterliği, 2015) ve dünyada yaygın hizmet alanına sahip tekstil sektöründe faaliyet gösteren küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin, söz konusu uygulamaları kapsayan talep tahmin çalışmalarına fazla rastlanmamıştır. Hem hizmet sektöründe hem de üretim sektöründe gerçekleştirilen talep tahmini uygulamaları birçok yöntem ve yazılımı kapsamasına rağmen, bulanık mantık alanındaki yayınlar genellikle “bulanık hedef programlama” üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışmada, bir tekstil firmasının gelecek dönemki satış miktarlarının belirlenmesinde firmanın geçmiş dönemlere ait satış miktarları ve tekstil sektörünün talebini etkileyen faktörler modele dâhil edilerek, çoklu doğrusal regresyon yöntemi ve sadece geçmiş dönem verilerini değil, sezgi, deneyim ve senaryoları tahmine dâhil eden bulanık mantık tahmin modeli kullanılmaktadır.

1.3 Talep Tahmininin İşletmeler İçin Önemi

Tahmin etmenin amacı, yöneticilere karar vermeyi kolaylaştıracak bilgiler sunmaktır. Hemen hemen her organizasyon, kamu ya da özel, belirsiz ve dinamik bir ortamda, geleceğin tutarsız bilgisiyle çalışır. Tahmin, planlama ve kontrol sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır ve kuruluşlar, geleceği etkili ve zamanında tahmin etmelerini sağlayan bir tahmin prosedürüne ihtiyaç duyarlar. Başarılı iş liderliğinin bir parçası, gelecekteki gelişmeleri ön görme ve doğru kararları alma becerisinden gelir. Belirsizlik seviyesi hâlâ mevcut olsa dahi, öngörü, bu tür iş kararlarına rehberlik etmek için bir araç olarak kullanılabilir. Üst düzey yönetim genelde stratejik planlama ve eylemde kritik olan ekonomik faktörleri tahmin etmeye dayalı kararlar almakla ilgilenmektedir. Tahminciler gelecekte ne olacağından tamamen emin olamazlar, ancak bir iş kararını çevreleyen belirsizlik aralığını azaltabilirler. İyi bir iş analisti veya tahminci, satışları ve geliri etkileyen kilit işletme göstergelerini tanımlama ve ölçmeye odaklanmalı ve üst düzey yönetime istatistiksel analizle bildirilen karar seçenekleri sunmalıdır (Hoshmand 2010). Hangi politikanın benimseneceği ve nasıl uygulanacağına ilişkin karar basit değildir ve bu durum ürün ve pazara bağımlıdır. Bu nedenle, rekabetçi bir pazarda satılan ürünlere yönelik talep siparişlerin teslimatını garanti altına almak için satış tahminlerine dayanarak belirlenebilirken, daha az rekabetçi bir pazarda ürün talebi gerçekleşen mevcut müşteri siparişlerine göre düzenlenebilir.

Ürün ve pazarla birlikte rekabet düzeyine göre endüstride sıklıkla kullanılan üç politika biçimi ortaya çıkmaktadır. İlki tahminlere dayanılarak gerçekleştirilen yeni üretim ve sipariş emirlerini tetikleyen hazır stok politikasıdır. Bu politika, müşterilere stokların taşınması pahasına vaat edilen teslim süresini asgariye indirir. Diğeri ise, sipariş verme politikasıdır ve bir satın alma siparişini veya üretim emrini vermek için geçerli olan tek geçerli neden, bir müşteri siparişidir. İlk iki politika arasında bir uzlaşma olan üçüncü politika ise emir toplanması olarak bilinir. Bu durumda, bazı hammadde, parça veya alt montajlar stoklanmasına karşın, nihai ürünlerin nihai montajı sağlam bir müşteri siparişiyle başlar (Shtub 2002).

Tahmin, işin fonksiyonel her alanında kullanılabilecek güçlü bir araçtır. Üretim müdürleri, üretim stratejilerini ve envanter kontrolünü yönlendirmek için tahmini kullanır. Birden fazla ürün grubuna sahip firmalar, malzeme ve işgücü gibi maliyetlerin minimizasyonu ile daha çok ilgilenir. Ayrıca, malzeme, iş gücü ve işletme kapasitesinin eğilimleri ve kullanılabilirliği üretim sürecinde kritik bir rol

oynamaktadır. Üretim yöneticileri, yeni ürün çeşitleri, yeni pazarlar ve belirsiz talep koşulları göz önüne alındığında, ürün talebinin düzenli kısa vadeli tahminlerine ve uzun vadeli talep tahminlerine ihtiyaç duyar (Hoshmand 2010).

Tahminin önemli rol oynadığı bazı alanlar şunlardır:

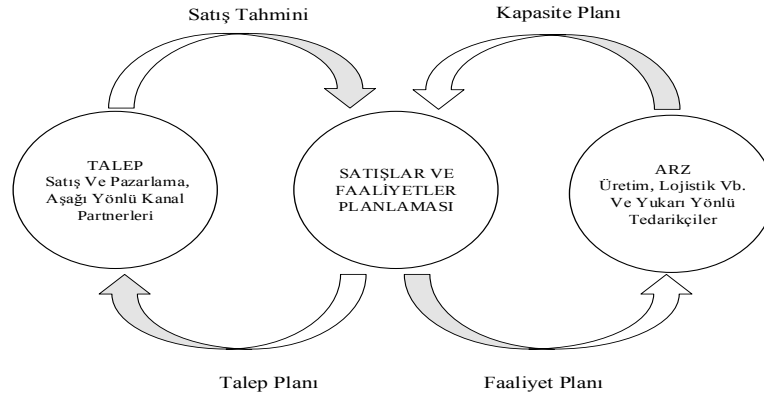
1. Çizelgeleme: Verimli kaynak kullanımı, üretim, nakliye, para, personel vb. planlamaları gerektirir. Ürün, malzeme, iş gücü, finansman ya da hizmet talebi seviyesinin tahminleri, bu çizelgeleme için önemli girdilerdir.

2. Kaynakları satın alma: Hammaddeleri satın almak, personel istihdam etmek veya makine ve teçhizat satın almak için öngörülen süre birkaç günden birkaç yıla kadar değişebilir. Tahmin, gelecekteki kaynak gereksinimlerini belirlemek için gereklidir.

3. Kaynak gereksinimlerinin belirlenmesi: Tüm kuruluşlar, uzun vadede sahip olmak istedikleri kaynakları belirlemelidir. Bu tür kararlar, pazar fırsatlarına, çevresel faktörlere ve mali, insan, ürün ve teknolojik kaynakların iç gelişimine bağlıdır. Bu tespitlerin hepsi, tahminleri yorumlayabilen ve uygun kararlar verebilecek tutarlı tahminlere ve yöneticilere ihtiyaç duyar (Makridakis ve diğ. 1998).

Günümüzde işletme yöneticileri, verimliliği ve rekabet güçlerini arttırmak için, fonksiyonel alanları iş süreçleri bakımından entegre etmeye çalışmaktadırlar. Bu entegrasyonun önemli tarafı ise, fonksiyonel alanlar arasında ve bunların iş ortakları ile arasında bilgi paylaşım ihtiyacının karşılanmasıdır. ERP yazılımı, tek bir ortak veritabanı vasıtasıyla bunu sağlamaktadır (Monk ve Wagner 2013).

Bir çok ülkede satış ve faaliyet planlama olarak da adlandırılan satış tahminleri, talep ve arz için kritik bir sürecin ayrılmaz bir parçasıdır. Her bir işletmenin iki temel fonksiyondan oluştuğu düşünülür: talep fonksiyonu ve arz fonksiyonu. Talep, satış ve pazarlamanın sorumluluğundadır. Pazarlama, genellikle nihai tüketiciden gelen talepleri üretmekten ve üretimi sürdürmekten sorumludur. Arz ise, imalat, satınalma, lojistik, insan kaynakları ve finans gibi fonksiyonların sorumluluğundadır. Satış ve faaliyet planlama ile işletmedeki talep ve arz arasındaki akışı gösteren şema Şekil 1.1'de gösterilmiştir.

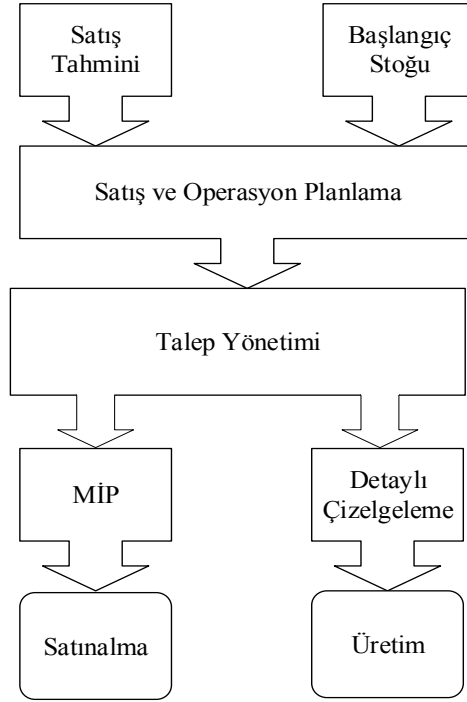


Şekil 1.1 : Talep ve arz arasındaki akış şeması (Mentzer ve Moon 2005)

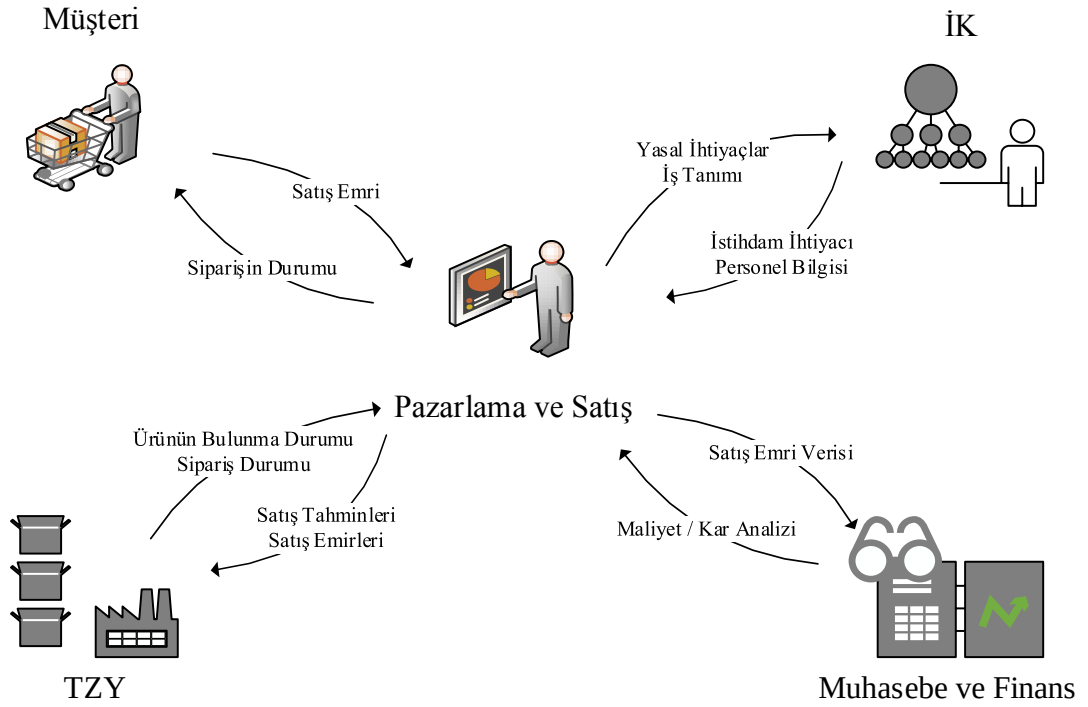
Satış ve faaliyet planlamanın en önemli girdileri satış tahmini ve kapasite planıdır. Satış tahmini firmanın tüm planlama aktivitelerinde önemli rol oynamaktadır. Gelecekteki talebin doğru ve güvenilir bir şekilde tahmin edilememesi durumunda, tedarik zincirini etkin bir şekilde yönetmek ve organize etmek imkansızdır (Mentzer ve Moon 2005).

1.4. Talep Tahmininin Kurumsal Kaynak Planlamasındaki Yeri

Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP), işletmenin stratejik amaçlarını gerçekleştirmek amacıyla müşteri taleplerinin en etkin şekilde karşılanması ve bu sürecin maliyetlerinin azaltılması amacıyla coğrafi olarak farklı yerlerde bulunan tedarik, üretim, dağıtım ve mali kaynaklarının en etkin ve verimli bir şekilde planlanması, koordinasyonu ve kontrol edilmesi fonksiyonlarına sahip bir yazılımdır (Erdil ve Başlıgil 2011). ERP, talebi ve arzı öngörür ve dengeler. Wallace ve Kremzar'a (2001) göre ERP, kurumsal çapta müşterileri ve tedarikçileri eksiksiz tedarik zincirine bağlayan, karar vermede kanıtlanmış süreçleri kullanan, satış, pazarlama, operasyonlar, lojistik, satınalma, finans, ürün geliştirme ve insan kaynaklarını koordine eden, tahmin, planlama ve zamanlama araçları setidir.



Şekil 1. 2 : Üretim planlama'da ERP süreci (Monk ve Wagner 2013).



Şekil 1. 3: ERP sürecinde pazarlama ve satış sürecinin diğer fonksiyonel birimlerle bağlantısı (Monk ve Wagner 2013)

Üretim planlama sürecine ERP yaklaşımı Şekil 1.2 ve 1.3'te gösterilmiştir. ERP yaklaşımının ERP'de planlama araçlarının birbirleri ile ilişkisi de Şekil 1.4'te

gösterilmiştir. Üretim sürecinin her aşamasındaki bilgiler, aşağıdaki adımları takip etmektedir:

- Satış tahmini, bir şirketin ürünlerine yönelik gelecekteki talebin tahmin edilmesi sürecidir.

- Satış ve operasyon planlaması (SOP), şirketin neyi üreteceğini belirleme sürecidir. Şekil 1.2'deki satış öngörüsü ve başlangıç stok seviyeleri bu sürecin girdileridir. İlk bakışta, bir şirketin sadece öngörülen satışlarla eşleşmesi gereken ürünler üretmesi gerekebilir, ancak üretim planını geliştirme genellikle kapasiteye bağlı olduğu için bundan daha karmaşıktır. Birçok ürün mevsimlik talebe sahiptir ve yoğun dönemlerde talebi karşılamak için üretim planlamacıları, en yoğun talep öncesinde envanter seviyeleri oluşturup, yoğun dönem boyunca kapasiteyi artırıp artırmayacaklarını, alt sözleşmeli üretim yapacaklarını veya bu yaklaşımların bazı kombinasyonlarını kullanıp kullanmayacaklarına karar vermelidir.

- Talep yönetim adımı, üretim planı, bireysel ürünler için talebi karşılamak için haftalık veya günlük üretim rakamları gibi küçük zaman birimlerine ayrılmıştır.

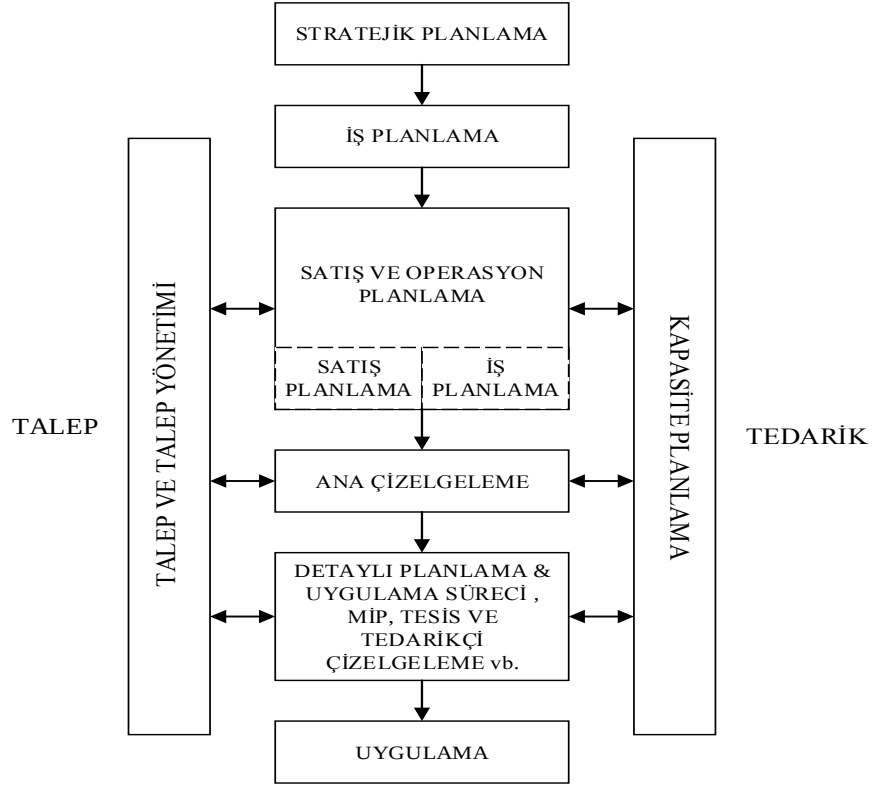
- Malzeme ihtiyaç planlaması (MİP) işlemi hammadde siparişlerinin miktarını ve zamanlamasını belirler. Bu süreç şu soruları yanıtlamaktadır: "Hangi hammaddeleri sipariş etmeliyiz ki belirli bir üretim seviyesini karşılayabilelim?" ve "Bu malzemeleri ne zaman sipariş etmeliyiz?"

- Satın alma adımı, nitelikli tedarikçilere iletilen hammadde satınalma emirlerini oluşturmak için MİP sürecindeki miktar ve zamanlama bilgileri kullanılır.

- Ayrıntılı çizelgeleme süreci, talep yönetimi aşamasında geliştirilen üretim planlarını, üretim çizelgesi için girdi olarak kullanır.

- Üretim süreci günlük işlemleri yönetmek için "ürünümüzü ne yapmalıyız?" ve "Bu ürünleri üretmek için hangi kadroya ihtiyacımız var?" soruları cevaplandırmak için ayrıntılı zamanlamayı kullanmaktadır (Monk ve Wagner 2013).

Bir ERP sistemi, üretim ve satın alma süreçlerinin verimliliğini artırabilir. Bu verimlilik pazarlama ve satışın bir satış tahmini paylaşımı ile başlar. Bu tahmine dayalı olarak bir üretim planı oluşturulur ve satın alma ile paylaşılır, böylece hammaddeler doğru ve zamanında tedarik edilmesi sağlanır.

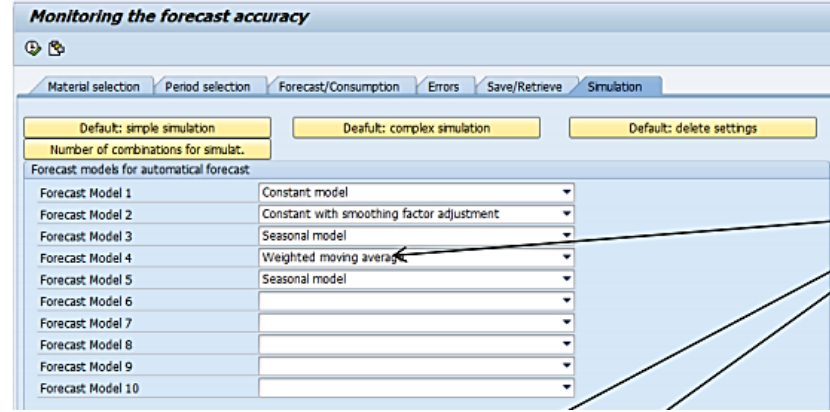


Şekil 1. 4: ERP’de planlama araçlarının birbirleri ile ilişkisi (Monk ve Wagner 2013)

İşletmelerin üretim sisteminde önemli yeri olan talep tahminleri, ERP içerisinde de yerini almıştır. ERP’de, satış tahmini, Satış ve Dağıtım (SD) modülünden geçmiş satış verilerini çekerek veya kontrol (CO) modülünde geliştirilen planlardan gelen girdileri kullanarak oluşturabilir. CO modülünde, şirketin kar hedefleri belirlenebilir; bu da kar hedeflerini karşılamak için gereken satış miktarlarını tahmin etmek için kullanılabilir. Satış planı, tahmin üzerinden hazırlanacaksa; ERP sistemi satış verileri depolama sisteminden geçmiş dönemlere ait satış verilerini çekerek bir satış planı oluşturabilmektedir. Geçmiş veriler kullanılabilir hale getirildiğinde, ERP kullanıcısı tahmini hazırlamak için Şekil 1.5’te gösterilen ERP tahmin monitöründen tahmin araçlarından birini seçilerek tahmin gerçekleştirilmektedir (Monk ve Wagner 2013).

Tahmin monitörünün tahmin doğruluğunu farklı tahmin hataları kullanarak ölçebilmesi, tahminleri ve mevcut satışları karşılaştırmalı grafiğe dökebilmesi, ana veri kayıtlarının güncellenebilmesi ve bunların raporlanmasını sağlaması ERP’nin avantajları arasında sayılmaktadır. En önemli avantajı da işlenebilir veriyi içerisinde barındırmasıdır. Veri toplama ve veri işleme konusunda ise ERP yazılımları birçok yazılımdan çok daha verimli olarak kullanılabilirler. İyi işletilen bir ERP

sistemi tahmin için ihtiyaç duyulan ya da ileride ihtiyaç duyulabilecek bir çok bilgiyi bünyesinde barındırmaktadır. Tahmin verisi sadece geçmiş dönemlerin satış rakamları olmayıp, muhasebe, satınalma, üretim, kalite gibi birçok farklı disipline ait farklı veriler de olabilmektedir. Bu verilerin tek bir sistemde sağlıklı bir şekilde toplanabilmesi ancak entegrasyonu tamamlanmış bir ERP yazılımı ile mümkündür. Fakat programın sabit tahmin araçlarına sahip olması ve kullanıcı değerlendirmelerine ve yargılarına göre şekillenememesi dezavantajları arasında sayılabilmektedir. Ayrıca ERP yazılımları içinde yalnızca zaman serisi modellerinin yer alması, bu zaman serisi yöntemlerinin kullanımı için bilgi birikimine sahip olunması gerekliliği ve yeni ürünlerin satış potansiyellerinin kestirilmesinde geçmiş dönemlere ait veriler bulunmadığı için tahmin edilememesi de ERP yazılımlarını piyasadaki tahmin yazılımlarının gerisinde bırakmaktadır.



Şekil 1. 5: ERP yazılımında Tahmin Monitörü Kesiti (Gulyáßy 2016)

ERP yazılımlarındaki zaman serisi modelleri içinde ortalamalar, hareketli ortalamalar, ağırlıklı hareketli ortalamalar, basit üstel düzgünleştirme, doğrusal üstel düzgünleştirme, mevsimsel üstel düzgünleştirme, trend ve mevsimsel üstel düzgünleştirme modelleri bulunmaktadır (Monk ve Wagner 2013). Çok seçenekli tahmin yöntemlerinin sunulması hangi metodun uygun olduğunu belirlenmesinde kullanıcıya zorluk oluşturmaktadır. Bununla beraber kirli veri, pazar değişimi, rakiplerin tutumu, ekonomik durum, sosyal olaylar gibi etmenler zaman serileri ile yapılan tahminleri etkilemektedir. Ayrıca, talep serilerinin analiz edileceği yöntemlerin istatistiksel varsayımlarının (normal dağılım, değişen varyans vb.) sağlanıp sağlanmadığının kontrolünün yapılmaması da sahte tahmin sonuçlarının oluşmasına sebep olabilmektedir. Bu bakımdan ERP araçları ile gerçekleştirilen

tahminler nitel tahminler ile düzeltilmeli ve eklenebilir (add-on tool) araç kutusuna sahip olması dolayısıyla yapay zeka yöntemleriyle zenginleştirilmesi sağlanabilir.

2. TALEP TAHMİNİ YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

İşletmelerin talep tahmini yapmalarının amacı satış hacmi, sermaye ihtiyacı, stok devir hızı ve buna benzer işletme bileşenlerinin gelecekteki etkinlik seviyelerini öngörmektir. Bir tahmin geçmiş veya mevcut verilere bağlıdır. Tutarlı ve hatasız gerçekleştirilen tahminler, bir organizasyona etkili ve verimli bir şekilde faaliyette bulunabilmesi için yol gösterme konusunda önemli rol oynamaktadır (Nugus 2008).

Özel veya kamu sektörlerinde karar vermek için her bir işletme geleceğin tahminine ihtiyaç duyar. Tahmin işlemine geçmeden de ihtiyacın açıkça ortaya koyulması gerekir.

Tahmin, çok sayıda konu içerisinde ele alınsa da bazı ortak özellikleri vardır:

- Geleceğin tahmini zaman periyodunu içermektedir. Gelecek dönemki değerlerin tutarlı bir biçimde tahmin edilmesi amaçlanmaktadır.
- Tahmin belirsizlik altında gerçekleştirilen bir süreçtir.
- Geleceğin tahmini genellikle geçmişteki verilere ve bilgilere dayandırılmaktadır.
- Tahminlemede sadece geçmişteki verilerin kullanılması, geleceğin tahmininde yeterli değildir. Sezgi, deneyim ve senaryoların tahminde kullanılması gerekir.

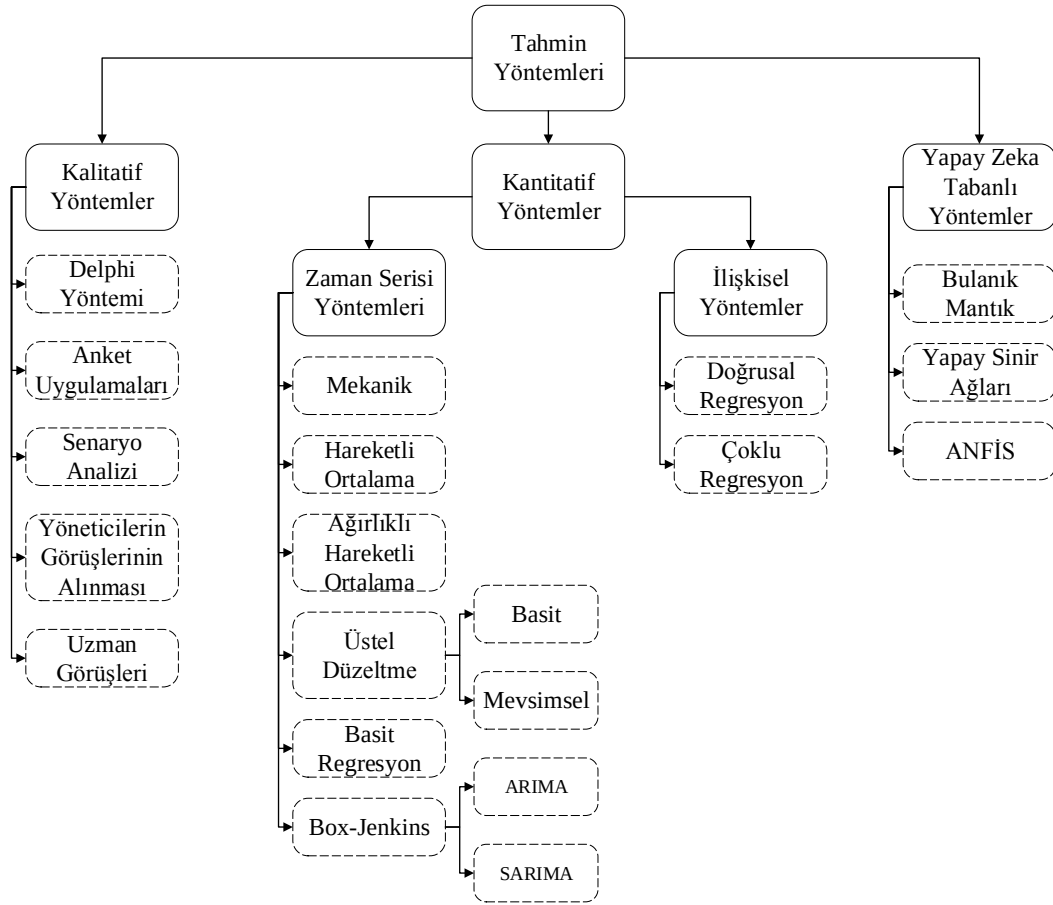
Bir üretim planlamasının, ileriye yönelik ön planlama olmadan güvenilir ve sağlıklı olması imkânsızdır. Ön planlama aşamasında gerçekleştirilen en temel faaliyet olan talep tahmini çalışmaları, işletmeler için uzun dönem geleceğinde bir girişim sürecidir (Tanyaş ve Baskak 2008). Talep tahminleri işletmenin kuruluş aşaması dâhil olmak üzere, fabrika yeri düzenleme, kapasite planlama, stok kontrolü, ürün fiyatının belirlenmesi, üretim planlama ve kontrolü gibi pek çok temel faaliyeti doğrudan ilgilendirmektedir. Doğru tahmin yapmak da arz ve talebi dengelemek için önemlidir. İşletme genelinde yöneticiler sadece talep değil; rekabet stratejileri, teknolojik gelişimler, tedarikçi temin süreleri, kalite oranları gibi birçok değişken ile

ilgili de tahminler gerçekleştirmektedirler. Bu yüzden tahmin işletme genelinde sıklıkla kullanılan bir süreçtir.

Her işletmenin kendi ürün veya hizmetine göre talepleri fazlasıyla değişkenlik gösterebilmektedir. Bu da müşteri talebini tahmin etmeyi zorlaştıracaktır. Bazı ürünlere olan talepler ise çok daha kolay tahmin edilebilmektedir. Bir bankanın çağrı merkezinin pazartesi günü yoğunluk yaşaması ve bu yoğunluğun ise 09.00-12.00 saatleri arasında gerçekleşmesi, ya da domates fidesi talebinin ilkbahar yaz aylarında artması ve yağışa göre değişkenlik yaşanması bu duruma örnek gösterilebilir. Bu gibi durumlarda mevcut bilgiler esas alınarak talep yapısını belirlemek gerekmektedir (Ritzman ve diğ. 2013). Bazı ürünlerin satış miktarları, ortalama değerler çevresinde ya da mevsimsel değişimlere göre değişim gösterirken, bazı ürünlerin satış miktarlarında ise sürekli artma ya da azalma eğilimi görülmektedir (Tanyaş ve diğ. 2008). Müşteri taleplerinde görülen bu sürekli değişkenlikler işletmeleri, fazla stok, karşılanamayan siparişler ve son dakikada yapılan pahalı teslimatlarla karşı karşıya bırakmaktadır (Long 2012).

Talep, bağımlı ya da bağımsız olarak tanımlanabilir. Eğer talep başka bir talebe dayanıyorsa bu talep bağımlı olarak nitelendirilir. Fakat hiçbir talep de tamamıyla bağımsız değildir. Talep birkaç unsurdan etkilenir:

- Ana Talep: Daha önceki yıllardaki talep edilen miktarların ortalamasıdır.
- Periyodik Düzeltmeler: Mevsimsel talep olarak da bilinir. Düzenli olarak belirli dönemlerde görülen değişimleri ifade eder.
- Uzun dönem değişim eğilimi: Talepte, uzun dönemli değişimlere de rastlanabilir. Örneğin reel Gayri Safi Yurtiçi Hasılanın artması, kişi başına düşen reel milli gelirin artması, özel kişilerin tüketim harcamaları arttıkça lüks ürünlere olan toplam talepte genel bir artış görülebilir.
- Tanıtım Faktörü: Talepteki değişimler doğrudan tanıtım faaliyetleri ile de değişim gösterebilir.
- Güven aralığı: Talep tahminleri kesinlik içermediği için her tahminin bir hata payı vardır (Long 2012).



Şekil 2. 1: Tahmin yöntemlerinin sınıflandırılması (Sepúlveda-Rojasa ve diğ. 2013)

Tahmin yöntemleri, geçmiş veriyi kullanan matematiksel kantitatif yöntemlere ya da yönetsel tecrübe ve yargılamalardan yararlanan kalitatif yöntemlere dayalı olabilir.

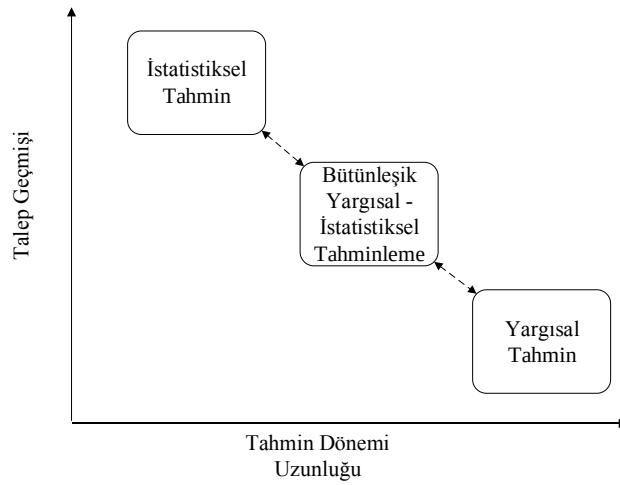
Makridatis ve Wheelwright (1998) çalışmalarında tahmin tekniğinin seçimi ve uygulanabilirliği konusunda birkaç farklı ölçütün olduğunu belirtmişlerdir:

- Doğruluk
- Tahmin döneminin uzunluğu
- Tahmin miktarı
- Veri bulunabilirliği
- Veri yapısının özellikleri
- Tahmini yapacak kişinin bilgi ve tecrübesi.

Karar sürecinde kullanılan talep tahmin yöntemleri kalitatif ve kantitatif olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır.

Kantitatif yöntemler şu üç koşulda uygulanabilir:

- Geçmiş ile ilgili bilgilerin mevcuttur.
- Nümerik veri formunda bilgiler ölçülebilirdir.
- Geçmiş modele ait bazı göstergelerin gelecekte de devam edeceği varsayılabilir. Bu durum süreklilik varsayımı olarak bilinmektedir.



Şekil 2.1: Tahmin türlerinin tahmin dönemi uzunluğu ve talep geçmişi ile ilişkisi (Syntetos ve diğ. 2016)

Şekil 2.1.'de gösterildiği gibi istatistiksel ve yargısal yöntemleri kalitatif tahmin yöntemleri, kantitatif tahmin yöntemleri gibi nümerik veri tahminlemesine ihtiyaç duymamaktadır. Kalitatif yöntemlerin girdisi genellikle bilgi ve yargı ürünüdür. Niteliksel yöntemler olarak da adlandırılan bu yöntemlerin faydasını ölçmek zordur. Bu yüzden, kalitatif yöntemler nümerik tahminler oluşturmak yerine, çoğunlukla ipuçları temin etmek, planlayıcıya yardımcı olmak ve kantitatif tahmini tamamlamak için kullanılmaktadır (Makridatis ve diğ. 1998).

2.1 Kalitatif Yöntemler

Tahminler bu konuda deneyimi olan kişiler tarafından herhangi bir istatistiki teknik kullanılmaksızın subjektif olarak yapılırlar. Talep tahmininde ya da yeni bir karar alınması durumunda o konuda uzman personelin görüşü, gelecek için karar

vermede kullanılabilir (Olgun 2009). Elde geçmişe ilişkin bilgi olmadığında veya bu bilgilerin yeterli olmadığı, kişisel görüşlere ağırlık verildiği durumlarda uygulanırlar (Tanyaş ve Baskak 2008). Yöneticilerin görüşlerinin esas alınması, yönetici personelin kararı, anket uygulamaları, delphi yöntemi, senaryo analizi, uzman görüşleri bu durumda uygulanabilen yaklaşımlardır. Kalitatif teknikler soyut ve subjektif faktörlerin ele alınabilmesini sağlamasına rağmen, karar verme sürecinde kişisel önyargı ve eğilimlerin yer almasından dolayı genellikle daha düşük performansa sahip tahminlerle sonuçlanmaktadır. Bu nedenle talebin çok fazla değiştiği, bu değişimlerin nedenlerinin bilinmediği durumlarda ve çok uzun dönemli tahminlerde kantitatif yöntemler yerine kalitatif yöntemler tercih edilir (Özdemir ve Özdemir 2006).

2.1.1 Delphi Yöntemi

Delphi yöntemi, birikmiş tecrübeye sahip uzmanları dikkate alır ve gelecekteki olay sonucu hakkında genel bir fikir birliği elde etmek için farklı disiplinlerde bulunan uzmanlardan oluşan bir yapı oluşturmaya çalışır (Meimand ve diğ. 2012). Bu yöntemin amacı, günümüzün hızla değişen sosyo-ekonomik çevresi içinde yeni ürün ve süreçlerin beklentileri ve girdileri üzerine araştırma yapmak ve yöneticileri geleceğe ait muhtemel değişimlere hazır hale getirmektir. Temel mantığı ise uzmanlara bir dizi anket formunun gönderilmesi sonucunda kontrollü görüş geri besleme yolu aracılığıyla grup üyelerinin ortak bir görüş birliğine varmalarını sağlamaktır (Dalkey ve Helmer 1963). Sürecin yöneticisi, uzmanlardan görüşleri alan, görüşler arasında eleme gerçekleştiren ve uzmanlara geri dönüş yapan kişi, araştırma koordinatörüdür. Bu yöntemde katılımcı uzmanların yüz yüze görüşme yapmalarından kaçınılır. Bu yüzden uzmanların verdiği cevaplar araştırma koordinatörü tarafından özetlenerek tahmini yapan kişilere geri gönderilir. Uzmanlardan sürecin her aşamasında geri bildirimde bulunmaları ve bir sonraki aşamaya geçilmeden yanıtları gözden geçirmeleri istenir. Böylelikle, ankete cevap veren bir kişi ankete katılan diğer kişilerin konu ile ilgili düşüncelerini öğrenir ve uygun gördüğünde de kendi cevabını değiştirir. Bu fikir alış-verişi, uzman kişilerin büyük çoğunluğu arasında görüş birliği sağlanıncaya kadar sürer (Meimand ve diğ. 2012).

Delphi yönteminin kendi içerisinde avantajları ve dezavantajları vardır. Delphi yönteminin araştırma koordinatörü katılımcı uzmanlara geri besleme yapacağı görüşleri kendi inisiyatifine göre seçebilir veya değiştirebilir. Bu durum, delphi yönteminin zayıf yönünü temsil etmektedir. Çünkü bireysel kararlardaki yanılgılar, nihai tahmin sonuçlarını doğrudan etkileyecek ve geri dönüşü olmayan hatalara sebep olacaktır. Buna ek olarak, Delphi tekniğine katılımcı olacak uzmanlar bulmak yöntemin uygulanabilirliğini olumsuz yönde etkileyen bir diğer unsurdur. Bazen uzmanların genel bir yargıda uzlaşmaya varamamaları ve bu yöntemin haftalar ve bazen de aylar alması, yöntemi zaman alıcı bir yöntem olmaktan ileri götürememektedir. Diğer yandan katılımcıların yüz yüze tartışmadan görüşlerini bildirmesi, katılımcıların birbirleri üzerine oluşturacakları baskıyı elimine etmektedir (Meimand ve diğ. 2012).

2.1.2 Anket Uygulamaları

Kalitatif tahmin yöntemleri arasında kısa vadede talep tahmini için yaygın bir şekilde tercih edilen ve doğrudan kullanılan yöntem anket yöntemidir. Bu yöntem tüketicilerin niyetlerini, tercihlerini ve gelecek planlarını kapsar. Yeni bir ürün veya hizmet üretmeyi amaçlayan işletmeler, ürüne veya hizmete oluşacak talebi, doğrudan tüketicilere veya ürünü kullanacaklara anket formları aracılığıyla tespit etmek isteyebilirler. Anketlere verilen cevaplar istatistiksel yöntemler yardımıyla analiz edilerek, talep tahmini gerçekleştirilmeye çalışılır.

Delphi methodu ile benzerlik gösteren anket yöntemi, gelişmiş ülkelerde pazarlama araştırması yöntemleri içerisinde en çok kullanılan yöntem olmasına rağmen en az bilimsel olanıdır. Bu yöntemlerle elde edilen bilgilerin subjektif olması ve güvenilir olmaktan yoksun oluşu ankete katılanların istenen bilgileri vermemesi, yöntemin bilimsel değerini azaltmaktadır. Ancak pazarlama araştırması için gerekli olan bilgileri soru sormak suretiyle sağlama olanağı, mevcut ürün veya hizmetle ilgili olarak anket yöntemini yaygın kullanılır yöntem haline getirmektedir (Yüksel 2013).

2.1.3 Senaryo Analizi

Senaryo analizi belirsiz koşullar altında orta ve uzun dönemli planlamalar için efektif bir stratejik planlama aracıdır. Beklenmedik durumlar için planlı olmaya, doğru sonuçlar elde edebilmek için doğru rota üzerinde sapmadan hareket etmeye ve stratejileri keskinleştirmeye yardımcı olur (Lindgren ve Bandhold 2009). Senaryo analizi, geleceğe yönelik ortaya çıkabilecek gelişmeleri dikkate alarak riskleri daha net görebilme adına proaktif görüş açısı sağlar. Diğer yöntemlerden farkını ortaya koyan bu görüş açısının önemi, bazı kantitatif yöntemlerin sadece geçmişe dayalı verileri kullanmasıyla açıklanabilir. Çünkü ekonomik dengenin, içerisinde birçok beklenmedik değişimi barındırması, geçmişe dönük verilere odaklanan analizleri bir anda tamamıyla tutarsız ve geçersiz kılabilir. Bu açıdan değerlendirildiğinde senaryo analizi, yöneticilere gelecek ile ilgili farklı vizyonlar sunabildiği için, yöneticilerin belirsiz faktörler ve durumlar karşısında daha donanımlı olmalarına olanak sağlar (Önsel Şahin ve diğ. 2002).

Senaryo analizi, bir organizasyonun genelindeki stratejik planlamada ve vizyon oluşturmada en faydalı sonuçları verebilir. Organizasyonların karşılaşmaları durumunda senaryo analizini kullanarak etkili sonuç elde edebilecekleri koşullar Schoemaker (1995) tarafından şu şekilde ifade edilmiştir:

- Belirsizliğin, yöneticilerin tahminleme yeteneğine bağlı olarak yüksek olması
- Geçmişte çok yüksek maliyetli sürprizlerin meydana gelmiş olması
- Şirketin yeni fırsatları algılayamaması ve oluşturamaması
- Stratejik düşünme kalitesinin düşük olması
- İçinde bulunulan endüstride önemli değişimlerin meydana gelmesi
- Çeşitlilik yok edilmeden şirkette ortak dil ve yapı oluşturma isteği
- Her biri fayda odaklı güçlü farklılıkları olan fikirlerin varlığı
- Rakiplerin senaryo analizini kullanıyor olması.

2.1.4 Yöneticilerin Görüşlerinin Alınması

Pazarlama, muhasebe ve finansman, satın alma ve mali işler, üretim planlama ve yönetim kurullarındaki idari görevlilerin ve üst düzey yöneticilerin deneyimlerine ve bilgilerine dayanılarak gerçekleştirilen yargısal tahminlerdir. Bu yöntem yöneticilerin istatistiksel analizlerin sebep olacağı zaman kayıplarına sebep olmamakla birlikte, kısa zamanda karar verilmesi gereken durumlarda kullanılabilir (Olgun 2009).

2.1.5 Uzman Görüşleri

Kalitatif talep tahmin yöntemlerinden biri olan uzman görüşleri, küçük bir grup üst düzey yöneticiyi ile gerçekleştirilmektedir. Uzman grup, talep ve istatistiki bilgiler ile yönetsel tecrübelerini birleştirerek, mümkün olduğu kadar fazla fikir alışverişine yer verilerek tahminde bulunmaya çalışmaktadırlar. Uzman görüşleri yönteminde, değişik ve birbiri ile çatışan fikirlerin tartışılması sonucunda fikir birliği sağlanarak tahmin yapılmaya çalışılmaktadır.

Yeni bir ürün veya hizmet tasarlandığında talep tahminleri yapabilmek için veri mevcut olmayabilir. Genellikle bu durumda başvurulanan uzman görüşleri yöntemi, bir veya daha fazla yöneticinin görüş, deneyim ve teknik bilgilerini kullanarak tahminde bulunmasıdır (Yüksel 2010). Yöntem, kısa sürede hazırlanması, kantitatif yetenek gerektirmemesi ve özel bir ortama gereksinim duymaması nedeniyle avantajlı olmasına karşın, toplam tahmini tam olarak yansıtamaması ve sonradan müdahale yapılamaması nedeniyle dezavantajlıdır. Delphi yöntemi ile arasındaki fark cevaplayıcıların birbiri ile etkileşimlerine ve tartışmalarına izin verilmesidir.

2.2 Kantitatif Yöntemler

Tahmin edilmesi istenen bir değişkenin (talep, satış hasılatı, v.b.) geçmiş dönemlere ait bilgilerin sistematik bir şekilde kullanılarak bu değişkenin gelecekte alması beklenen değeri saptanması için kullanılan yöntemlerdir. Geçmişe ait bilginin

varlığı, bu bilginin sayısal bir biçimde ifade edilebiliyor olması ve tahmin edilecek değişkenin geçmişte gösterdiği yapının gelecekte de devam edeceği düşüncesinin geçerli olması, kantitatif tahmin yönteminin kullanılarak tahmin yapılması için geçerli üç koşuldur. Bu yöntemlerde kalitatif yöntemlerin aksine istatistiksel teknikler ve matematiksel modeller sıkça kullanılır. Dolayısıyla, tahmincinin subjektif ögeleri ortadan kaldırarak, objektif tahminler geliştirebilmesine olanak tanır (Çekerol ve Ulukan 2012).

2.2.1 İlişkisel Yöntemler-Regresyon Analizi

Regresyon analizi, geçmiş verileri dikkate alarak, öngörülme istenen değişken ile bu değişkeni etkileyen değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel olarak tanımlanmasına ve tahminde bulunulmasına olanak veren bir yöntemdir. Bağımlı (Y) ve bağımsız (X) değişkeni arasındaki ilişkiyi ortaya çıkaran denklemlerden biri doğrusal regresyon denklemidir. Regresyon analizi ile bağımsız değişkende gerçekleşen değişikliğin bağımlı değişkende nasıl bir değişim meydana getireceğini ile ilgili çıkarımlarda bulunmaktadır. Bağımsız değişken değerleri ile bağımlı değişkeni tahmin etmek için kullanılan basit doğrusal regresyon denklemi şu şekilde ifade edilir;

$$Y = a + bX + e \quad (2.1)$$

Y'nin bağımlı X'in bağımsız olduğu bu doğrusal denklemde, a doğrunun y eksenini kestiği noktayı, b ise doğrunun eğimini göstermekle birlikte regresyon katsayısı olarak da adlandırılır (Çevik 2013). Matematiksel olarak e terimi anakütle regresyon doğrusu arasındaki düşey uzaklıktır ve hata terimi olarak adlandırılır. Matematiksel fonksiyonda kullanılan a ve b parametrelerinin tahmini değerlerinin hesaplanmasında En Küçük Kareler Yöntemi(EKKY) esas alınarak, zaman serisi verisinin kendisinden elde edilir (Taha 2000). EKKY, gözlemlere en iyi uyum sağlayacak parametre tahmini yapan bir yöntemdir. Diğer bir deyişle, birden fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirleyen doğrusal denklemin tahminine olanak sağlar (Çekerol ve Ulukan 2012).

Y, bağımsız değişkenlerin değerlerine göre farklı değerler alır. İki veya ikiden fazla değişken arasındaki ilişki doğrusal ya da eğrisel olabilir. Temel olarak basit doğrusal regresyon, eğrisel regresyon, çoklu doğrusal regresyon ve üstel regresyon denklemleri vardır. Bunların matematiksel gösterimleri aşağıdaki gibidir;

$$\text{Basit Doğrusal Regresyon : } Y = a + b X \quad (2. 2)$$

$$\text{Eğrisel Regresyon : } Y = a + b_1 X + b_2 X^2 \dots b_n X^n \quad (2. 3)$$

$$\text{Çoklu Doğrusal Regresyon : } Y = a + b_1 X + b_2 X_2 \dots b_n X_n \quad (2. 4)$$

$$\text{Üstel regresyon : } Y = a. B_1^n \quad (2. 5)$$

5)

Y=Bağımlı değişken

X= Bağımsız değişken

a=Sabit terim

b_n = Bilinmeyen parametre

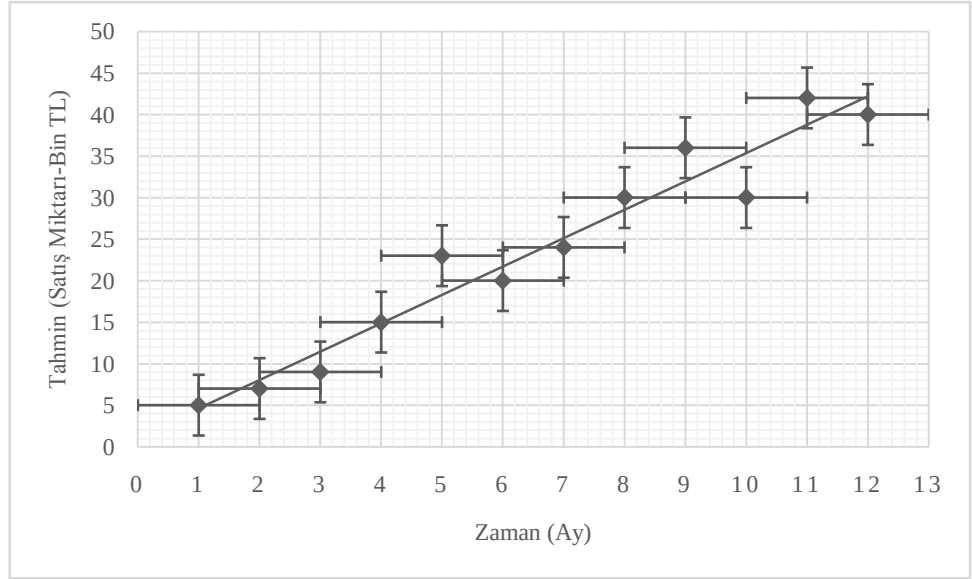
n =Modeldeki değişken sayısı

Basit doğrusal regresyon, iki değişkenli modeller için, bu değişkenlerin aralarındaki ilişki doğrusal olduğunda, $Y_i = a + b X_i + e$ şeklinde modellenir. Burada bağımsız değişken, sabit değerler ve bağımlı değişkenler yerine koyularak tahmin değeri elde edilir.

Denklemdaki a,b parametrelerinin bulunabilmesi için EKKY kullanılır. En küçük kareler yönteminde gerçekleşen değerlerden sapmaların toplamının 0 olması ve bu sapmaların karelerinin toplamının minimum olması kriterleri esas alınır. Bu durumu matematiksel olarak ifade edilirse;

$$\sum [Y_i - (a + bX_i)] = 0 \quad (2. 6)$$

$$\sum [Y_i - (a + bX_i)^2] = \min \quad (2. 7)$$



Şekil 2.6: En küçük kareler metodu grafiksel gösterimi(Çekerol ve Ulukan 2012)

$$(y_1 - Y_2)^2 + (y_2 - Y_2)^2 + \dots + (y_n - Y_n)^2 \quad (2.8)$$

Modelin varsayımına göre $\sum e_i = \sum (y_i - Y_i) = 0$ olacaktır. Yöntemin esas söz konusu farkları en küçük yapacak a ve b katsayılarını seçmektir.

Buna göre ; $\sum e_i^2 = \sum (Y_i - a - b \cdot x_i)^2 = 0$ ifadesinin türevi alınarak söz konusu minimum nokta bulunur.

Şekil 2.6'da görüldüğü gibi doğru üzerindeki noktalarla sapmalar arasındaki düşey uzaklıkların karelerinin minimum olması istenmektedir ve bu toplamı minimum yapan doğru; $Y = a + b X$ doğrusudur.

Formüldeki a ve b parametre değerleri;

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2.9)$$

$$b = \frac{\sum xy - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum x^2 - n \cdot \bar{x}^2} \quad (2.10)$$

formülleri ile hesaplanır. Seçilen regresyon doğrusunun verilere uygunluğu son derece önemlidir. Kullanılacak olan regresyon doğrusu ile elde edilecek tahminlerin

hata derecesini analiz ederken tahminlenen ve gerçekleşen değerler arasındaki farkların standart sapmasını ölçüt olarak alınabilir.

Tahminin standart sapması (hatası) ise aşağıdaki formülle hesaplanabilir;

$n \leq 30$ olduğunda;

$$S_{yx} = \frac{\sum_{i=0}^n \sqrt{(y_i - Y_i)^2}}{n-2} \quad (2.11)$$

$n \geq 30$ olduğunda;

$$S_{yx} = \frac{\sum_{i=0}^n \sqrt{(y_i - Y_i)^2}}{n} \quad (2.12)$$

Regresyon modelinde bir bağımlı ve birden çok bağımsız değişken doğrusal ilişki gösteriyorsa çoklu regresyon modelinden söz edilir. Çoklu regresyon ifadesi eşitlik (1. 4) de verilmiştir. Çoklu doğrusal regresyon her bağımsız değişkenin bağımlı değişken ile doğrusal regresyon varsayımlarına benzer şekildedir. Bu modelde de katsayılarının bulunması için en küçük kareler metodundan yararlanılabilir.

Doğrusal olmayan regresyon, değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade etmede doğru denkleminin yeterli kalmadığı durumlarda eğri denklemleri kullanıldığı modeldir. Bu eğrisel modelin saptanmasında yapılabilecek en basit işlem verilerin grafiğini çizmektir. Çeşitli modeller belirlendikten sonra ilişkiyi en iyi açıklayan modelin seçilmesi yerinde olacaktır. Elde edilen eğri parabolik, hiperbolik veya üssel olabilir (Gujarati ve Porter 2012).

2.2.2 Zaman Serisi Yöntemleri

Herhangi bir olayın gözlenmesi neticesinde ortaya çıkan değerleri zamana ait bir unsur (ay, gün, yıl, v.b.) ile açıklayan serilere zaman serileri denir. Yıllar itibariyle üretim veya satış miktarları, nüfus sayımı sonuçları, aylık ortalama sıcaklık dereceleri bir zaman serisini teşkil eder (Çekerol ve Ulukan 2012).

2.2.2.1 Mekanik Tahmin Yöntemi

Mekanik tahmin yöntemi, kolaylıkla uygulanabilen ve yapılmış olan bir tahminin üstünlüğünün incelenmesinde kullanılan basit bir tahmin yöntemidir. Yöntemin işleyişi, bir zaman serisi değişkeninin son dönem de aldığı değer bir sonraki dönemin tahmini olarak kullanılması şeklindedir ve tahmin aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$F_{t+1} = F_t \quad (2.13)$$

Eğer tahmini yapılacak olan seri trende sahipse, tahmin trendin yönüne göre yapılır;

$$F_{t+1} = F_t + (F_t - F_{t-1}) \quad (2.14)$$

t = dönem

F_{t+1} ; $t+1$ dönemindeki tahmin değeri

F_t ; t dönemindeki gerçekleşen talep değeri

$F_t - F_{t-1}$; t dönemi ve bir önceki dönemin değerleri arasındaki fark olarak

ifade edilmektedir.

Zaman serisi mevsimlik bir özellik gösteriyorsa bu duruma uygun formül;

$$F_{t-1} = F_{t+3} \quad (2.15)$$

ile ifade edilir.

Eğer zaman serisi trend ve mevsimsel bir yapı gösteriyorsa, bu iki yaklaşımın kombinasyonu ile oluşturulan model kullanılabilir. Üçer aylık seriler için örnek verilmek istenirse (Çekerol ve Ulukan 2012);

$$F_{t-1} = F_{t-3} + \frac{(F_t - F_{t-1}) + \dots + (F_{t-3} - F_{t-4})}{4} \quad (2.16)$$

formülü ile hesaplama yapılır.

2.2.2.2 Hareketli Ortalamalar Yöntemi

Hareketli ortalamalar yöntemi, talepteki konjonktürel ve mevsimsel değişimler incelenerek bu değişimlerin talep üzerindeki etkisinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, belli sayıda döneme ilişkin değerlerin tekrarlı olarak ortalamasının alınmasından oluşur (Çekerol ve Ulukan 2012). Bu yüzden tesadüflük içeren serilerin ortalamadan sapmayı artırmasıyla oluşacak tutarsız durumlar bu yöntem ile son dönemlerin ortalamaları alınarak ortadan kaldırılabilir (Çuhadar 2006). Hareketli ortalamalar yöntemi her tekrarda en eski değeri çıkarıp en yeni değeri eklemek yoluyla belli sayıdaki döneme ilişkin değerlerin ortalamasının alınması sürecinden meydana gelir. Hareketli ortalamaya dahil edilecek gözlem sayısı öngörüü yapacak kişi tarafından belirlenmekte ve sabit kalmaktadır. Hareketli ortalamalar tahmin tekniği yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Hareketli ortalama yöntemi, uzak geçmişten çok, yakın geçmişe ağırlık verir ve buna dayanarak, belirlenen n adet dönemi dikkate alarak yalnızca bir dönem satış tahminini yapar. Fakat veri serilerinin son dönemlerine ilişkin tahmini değerlerin elde edilmesini sağlamazlar. Matematiksel olarak aşağıdaki formülle ifade edilebilir (Çekerol ve Ulukan 2012);

$$F_{(t+1)} = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-n+1}}{n} \quad (2.17)$$

F_{t+1} ; t+1 dönemi için tahmin değeri

y_t ; t dönemi için satış miktarı

Hareketli ortalamalar yöntemlerinde seçilecek n dönemin belirlenmesi çok önemlidir. Bu dönem sayısı arttıkça seride düzgünleştirme sağlanacaktır ancak dönem sayısının az seçilmesi durumunda tahmin son dönem taleplerinden gereğinden fazla etkilenebilir, dönem sayısının çok olması durumunda ise yakın dönem taleplerinin istenilen etkisinin sağlanamaması riski ile karşılaşılabilir (Paksoy 2008).

2.2.2.3 Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar Yöntemi

Ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi, geçmiş dönem verilerinin daha az önemli olduğu durumlarda ağırlıkları 0-1 arasında toplamı bir olacak şekilde ağırlıkların deneyime bağlı olarak belirlendiği en yakın veriyi en büyük ağırlığın verilmesi ile tahmin değeri hesaplanan yöntemdir. Bu yöntemin tahmin değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır (Çekerol ve Ulukan 2012).

$$F_{(t+1)} = \sum_{i=t-k+1}^t w_i \cdot y_i \quad (2.17)$$

2.2.2.4 Üstel Düzeltme Yöntemleri

Üstel düzeltme yöntemleri, geçmiş dönem verilerine ağırlık vererek tahminleme yapan ağırlıklı hareketli ortalamalar yöntemine benzeyen ancak yakın geçmişten uzak geçmiş verilerine doğru üstel bir şekilde azalan ağırlık veren yöntemler topluluğudur (Çekerol ve Ulukan 2012). Daha fazla esnek ve karmaşık yaklaşım olan üstel düzeltme yöntemi geçmiş verilerin nasıl kullanılması gerektiğini belirler. Bu yaklaşım tahmin edicilere yakın zamanda gerçekleşen veri noktalarına ve daha uzak mesafeli veri noktalarına ne kadar ağırlık verilmesi konusunda karar verme imkânı sunar. Ağırlıklı hareketli ortalama yönteminin daha gelişmiş hali olan ve veriler eskidikçe ağırlık değerini üstel bir şekilde azaltarak bir ortalama değeri hesaplayan üstel düzeltme yöntemi, bu ortalama gelecekteki dönem tahmini değeri olarak kabul etmektedir. Hareketli ortalamalar yönteminde tüm geçmiş verileri görmezden gelip, sadece hareketli ortalama dönemindeki verileri hesaplamaya dâhil ederken, üstel düzeltmede ise, analistin takdirine göre geçmiş verilere düşük veya yüksek ağırlıklar atanabilir (Moon 2013).

2.2.2.4.1 Basit üstel düzeltme yöntemi

Bu yöntem literatürde Brown'un basit üstel düzleştirme yöntemi olarak da bilinmektedir. Bu yöntemde, hareketli ortalamalar yönteminde olduğu gibi, sürecin sabit olduğu varsayılır. Belirgin bir trendi ve mevsimsellik dalgalanması olmayan bir zaman serisinin basit üstel düzeltme yöntemiyle tahmini matematiksel olarak aşağıdaki denklemle ifade edilir (Moon 2013):

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)F_t \quad (2.18)$$

$$0 < \alpha < 1$$

F_{t+1} ; t+1 döneminin tahmin değeri

Y_t ; t. dönemin gerçekleşen talebi

F_t ; t. dönemin tahmin değeri

α ; Üstel düzeltme faktörü

α değeri hataların kareleri toplamını minimum yapacak şekilde kullanılmaktadır. Uygulamada 0,01 ile 0,3 arasındaki değerlerin genellikle düzeltme faktörü için daha uygun olduğu tespit edilmiştir. α 'nın düşük değerleri, hareketli ortalamalar yönteminde, ortalamaya alınan dönem sayısının yükseltilmesiyle ve mekanik (naive) yöntemiyle eşdeğer bir etki yaratır. (Orhunbilge 1999) Yöntem, kısa dönemli öngörülerde sağlıklı sonuçlar verdiği için sıklıkla kullanılmaktadır. Eğer seride trend ve mevsimsellik faktörü varsa bu faktörlerin değişkenliği göz önünde bulundurularak, farklı varsayımlar doğrultusunda, farklı üstel düzeltme yöntemleri tercih edilmelidir (Çekerol ve Ulukan 2012).

2.2.2.4.2 Mevsimsel Üstel Düzeltme – Holt-Winters Yöntemi

Holt-Winters yöntemi doğrudan mevsimsellik etkisini analiz edebilmek için Winters (1960) tarafından geliştirilmiştir. Holt-Winters yöntemi, trend, seviye ve mevsimselliğin düzleştirilmesinde kullanılan üç eşitliğe dayanmaktadır. Bu yönüyle Holt'un çift parametrelili doğrusal düzeltme yöntemine benzerlik göstermekte olan bu yöntem ek olarak mevsimsellik ile ilgili olan üçüncü bir denklemden faydalanmaktadır. Holt-Winters yönteminde kullanılan temel denklemler şu şekildedir;

$$Seviye : L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.19)$$

$$Trend : b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2. 20)$$

$$Mevsimsel : S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2. 21)$$

$$Tahmin : F_{t+m} = (L_t + b_tm)S_{t-s+m} \quad (2. 22)$$

s : Mevsim uzunluğu (bir yıl içindeki ay veya mevsim sayısı)

L_t : Serinin t dönemindeki genel seviyesi

b_t : Trend bileşeni

S_t : Mevsimsel bileşen

F_{t+m} : m dönem sonrası için tahmin değeri

α : Modelin düzeltme sabiti

β : Trend düzeltme sabiti

γ : Mevsimsel düzeltme sabiti

Eşitlik (2. 19)'da Y_t mevsimsellik içeren seriyi ifade ederken, L_t serinin mevsimsellikten arındırılmış halini ifade etmektedir. Yöntemde kullanılan düzeltme sabitlerinin değerleri ise MSE veya MAPE'nin en küçüklenmesi ile elde edilebilir. Optimal parametre değerlerin bulunması için doğrusal olmayan optimizasyon algoritmasını kullanmak da bu değerlerin belirlenmesindeki bir diğer yaklaşımdır (Makridatis ve diğ. 1998).

2.2.2.5 Box-Jenkins Tahmin Modelleri

Bu yöntem tek değişkenli zaman serilerinde tahminleme için uygun modelin seçilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntem kısa dönem tahmininde başarılıdır ve uygulandığı serinin eşit zaman aralıklarıyla elde edilen gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olması bu metodu önemli bir varsayımdır. Bu yöntem en uygun model seçiminde zaman serisi verilerinin özelliklerini ön planda tutmaktadır. Amacı ise daima en az sayıda parametre içeren uygun modeller elde etmektir. Box-Jenkins yöntemi, model olarak dört temel gruba ayrılır (Çekerol ve Ulukan 2012);

1. Otoregresif Süreç; AR(p)
2. Hareketli Ortalama; MA(q)
3. Otoregresif Hareketli Ortalama Süreci; ARMA(p,q)
4. Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama ARIMA Modelleri

Bu yöntemi oluşturan modeller, durağan ve durağan olmayan modeller olarak ikiye ayrılmaktadır. Durağan olmayan Box Jenkins modelleri genel olarak $ARIMA(p,d,q)$ şeklinde ifade edilmektedir. Burada, p otoregresyon (AR) modelinin derecesi, d fark sayısı ve q hareketli ortalama (MA) modelinin derecesidir. Mevsimsel Box-Jenkins modelleri ise genel olarak $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)s$ biçiminde ifade edilmektedir. Burada, P mevsimsel otoregresyon (SAR) modelinin derecesini, D mevsimsel fark alma işlemi sayısını, Q mevsimsel hareketli ortalama (SMA) modelinin derecesini ve s mevsim periyodunu göstermektedir (Kadılar 2005).

Box-Jenkins tekniği, incelenen serilerin durağan olup olmamasına, mevsimsel etki içerip içermemesine göre farklı kombinasyonlarda tahmin modelleri geliştirmeye uygun bir yapıdadır. Bu nedenle, yöntemde ilk olarak zaman serisinin özellikleri ortaya çıkarılmakta ve uygun bir model bulunmaya çalışılmaktadır. Beş aşamalı tekrarlı tahmin sürecinden oluşan yöntemin aşamaları şu şekildedir:

1. Serinin durağanlaşması: Yöntemin uygulanabilirliği için ilk aşama serinin durağan olması koşuludur.
2. Modelleme: Seriyeye uygun modelin belirlenebilmesi için otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının davranışı incelenerek modelin derecesi belirlenir.
3. Model parametrelerinin hesaplanması: Modeldeki otoregresif ve hareketli ortalama terimlerinin parametrelerinin kestirimi yapılmaktadır.
4. Model uygunluk testi sonucu: Bir önceki adımda belirlenen parametre tahminleri geçici modelde yerine konur ve tahminlerin hataları serisinin otokorelasyonları hesaplanarak istatistiki olarak anlamlı olup olmadıkları incelenir.
5. Tahmin işleminin gerçekleştirilmesi: İlk dört adımın tamamlanmasıyla geleceğe yönelik genellikle kısa vadeli tahmin yapılabilmektedir (Çekerol ve Ulukan 2012).

Box-Jenkins tahmin tekniği çözüme adım adım gitmesi, her adımda denetlenebilmesi, istatistik testlerle sonuca ulaşması, incelenen verilerin özelliğine göre modellenebilmesi gibi üstün özelliklerinden dolayı günümüzde en çok tercih edilen yöntemlerden biridir.

Box-Jenkins tekniği, diğerlerine gore en son geliştirilen tahmin tekniklerinden birisidir. Box-Jenkins tekniği, diğer tekniklere nazaran oldukça karışık ve anlaşılmaması gu olmasına rağmen; çözüme aşama aşama yaklaşması, her aşamada denetlenebilir olması, sonuca ulaşmak için istatistiki testler kullanıyor olması, incelenen verilerin özelliğine gore modellenenebilmesi gibi özellikler bu tekniği tercih edilen yöntemlerden birisi haline getirmektedir (ağıl 1997).

2.3 Yapay Zeka Tabanlı Yöntemler

Yapay zeka tabanlı yöntemler özellikle karmaşık problemlerin üzümünde güçlü yöntemler olarak ortaya çıkmaktadır. Literatürde çeşitli yapay zeka algoritmaları, talep tahmini amacıyla kullanılmıştır. Bunlar arasında en sık rastlanılanlar yapay sinir ağları, bulanık mantık ve genetik algoritmalarıdır. Bu yöntemler yapısal olarak kantitatif yöntemler olabileceği gibi uzman görüşlerinin de değerlendirilmeye katılmasını sağlayan metodlar da mevcuttur. Yapay zeka tabanlı yöntemler bu çalışmanın üçüncü bölümünde detaylı olarak açıklanmaktadır. Bu çalışmada yapay zeka tabanlı yöntemlerden bulanık mantık modeli kullanılarak bir tekstil firmasının talep tahmini uygulaması gerçekleştirilmiştir (Elmas 2011).

2.4 Tahmin Doğruluğunun lm Ve Yöntemlerin Karşılaştırılması

Bu çalışmada tahmin yöntemlerinin doğruluklarını belirlemek ve yöntemleri birbiriyle karşılaştırabilmek için 3 tane yöntem kullanılmıştır. Bunlar:

- Ortalama Karesel Hata (Mean Squared Error (MSE))

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^K (y_i - F_i)^2}{K} \quad (2.23)$$

- Ortalama Mutlak Sapma (Mean absolute deviation (MAD))

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^K |y_i - F_i|}{K} \quad (2.24)$$

- Ortalama Mutlak Yüzde (Mean absolute percent (MAPE))

$$MAPE = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^K |y_i - F_i|}{K \cdot y_i} \quad (2. 25)$$

K; Hesap yapılacak dönem sayısı

F_i ; i. Dönemin tahmini değeri

y_i ; i. Dönemde gerçekleşen değer

Her üç doğruluk ölçüsünde de çıkan sonuçlar ne kadar küçükse gerçek talebe o kadar yaklaşılmış demektir (Çekerol ve Ulukan 2012).

3. YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

3.1 Bulanık Mantık

Her insan, günlük hayatında kesin olarak bilinmeyen, bazen de öncesinde sanki kesinmiş gibi düşünülen, ama sonuçta kesinlik arz etmeyen durumlarla karşılaşabilir. Bu durumların sistematik bir şekilde önceden planlanarak sayısal öngörülerinin yapılması ancak bir takım kabul ve varsayımlardan sonra mümkün olabilmektedir. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir. Zadeh (1968), gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelemeye alınırsa, çözümün daha da bulanık hale geleceğini ifade etmiştir. Einstein da gerçek olaylar matematik denklemleriyle ifade edilebiliyorsa, denklemlerin kesinliğinden, matematik denklemler gerçeği kesin olarak tasvir edebiliyor sonucuna varılırsa, bu sefer de, gerçek dünya olaylarından söz edilemez diyerek gerçek dünya olaylarındaki bulanıklık tanımını ifade etmeye çalışmıştır (Şen 2009).

3.1.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık mantık geniş anlamda yaklaşık akıl yürütme mantığından yola çıkılarak oluşan bir mantıksal sistemdir. Bu özelliği ile klasik mantık ile içeriklerinin çok farklı olduğu söylenebilir. Fakat klasik kümeler ile şekillendirilmiş tüm olaylar, bulanık kümeler kullanılarak bulandırılabilir. Bulanık mantık ile aritmetik, bulanık aritmetiğe; denetim kuramı, bulanık denetim kuramına şekillendirilebilir (Beyan ve Baykal 2004). Bulanık mantığın bir başka özelliği ise işlenecek olan verilerin eksik, yanlış, belirsiz olduğu durumlarda da analizleri gerçekleştirebilmesidir.

Bulanık kural, bulanık çizge, bulanık olasılık yöntemlerinin amacı belirsizlik ve kesin olmama durumlarının bulunduğu noktalarda uyumluluk, sağlamlık ve düşük maliyet sağlamaktır. Bulanık mantığın uyumluluk ve sağlamlık sağlamasında etkili olan yönü ise sözel ifadelerle hesaplama sağlayabilmesidir. Sözel

değişkenler bulanık mantıkta ve uygulamalarında temel rol alıcılardır (Beyan ve Baykal 2004). Bulanık mantık, sözel değişkenler ve çok, tam, hiç vb. tanımlama niteleyicileri için metodoloji oluşturur (Bojadziev ve Bojadziev 2007).

Model, doğada gerçekleşen olayların veya durumların çeşitli yöntemlerle analiz edilip küçültülmesi “minyatürleştirilmesi” olarak ifade edilebilir (Beyan ve Baykal 2004).

3.1.2. Bulanık Mantığın Güçlü ve Zayıf Yönleri

Temel bulanık sistemin en önemli engeli girdi değerlerinin sayısal olarak doğrudan bulanık sistemde işlenememesi ve bu yüzden doğrudan mühendislik bilimlerinde kullanılamamasıdır. Bu engeli avantaj haline getirmek için Sugeno ve Takagi (1985) ve Sugeno ve Kang (1988) tarafından Takagi-Sugeno-Kank (TSK), Mamdani ve öğrencisi Assilian (1975) tarafından Mamdani, Tsukamoto tarafından kendi adıyla adlandırılan (Tsukamoto) bulanık çıkarım sistemleri geliştirilmiştir.

Güçlü Yönleri

- Dilsel niteleyiciler ile işlem yaptığından insan düşünüş tarzına yakın olması bulanık mantığın en büyük üstünlüğü olarak düşünülebilir.
- Bulanık mantık yaklaşımı sözel değişkenleri girdi olarak kullandığı için matematiksel modele çok fazla ihtiyaç duymamaktadır. Bu yüzden matematiksel modeli iyi tanımlanmamış, zaman içerisinde değişkenlik gösteren ve doğrusal olmayan sistemler en başarılı uygulama alanlarıdır.
- Bulanık mantıkta girdi değerlerinin ön işlemden geçmeleri ve geniş alana yayılmış değerlerin az sayıda üyelik kümelerine indirgenmeleri, uygulamaların daha hızlı bir şekilde sonuçlandırılmasını sağlar.

Zayıf Yönleri

- Bulanık mantık uygulamalarında kurallar uzman deneyimlerine dayanarak tanımlanır. Dağınık girdi değerlerine sahip modellerde üyelik fonksiyonunu tanımlamak her zaman kolay değildir.

- Üyelik fonksiyonlarının sınırlarının belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme yeteneği yoktur. En uygun yöntem deneme yanılma yöntemidir bu da zaman kaybına sebep olabilir.
- Bulanık sistemlerin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinin yapılmasında ispatlanmış bir yöntemin olmayışı bulanık mantığın temel sorunudur.
- Bulanık mantık yaklaşımında her üyelik fonksiyonu o sisteme özeldir. Diğer sistemlere uyarlanması çok zordur (Elmas 2011).

3.1.3. Bulanık Mantığın Genel Yapısı ve Bulanık İşlemler

Bulanık mantığın dört ilkesel yönü vardır. Bunlar mantıksal, küme teorisi, ilişkisel ve epistemik yönleridir. Mantıksal yön doğruluğun dereceli olduğu mantıksal sistemlerle ilişkilidir. Bulanık mantıkla ilgili matematiksel literatürün çoğu bulanık küme teorisi ile ilgilidir. İlişkisel yön bulanık bağıllık, taneciklendirme, sözel değişkenler ve bulanık kural kümelerine odaklanır. Bulanık mantıkla ilişkili uygulamaların çoğu da ilişkisel yön ile ilgilidir. Epistemik yön temel olarak bilgi sunumu, doğal diller, semantikler ve uzman sistemlerle ilişkilidir. Olasılıkçı ve olabilirlikçi düşünce tarzları bu yönün olduğu kadar mantıksal ve ilişkisel yönlerin de parçasıdır (Baykal ve Beyan 2004). Yukarıda belirtilen bulanık mantığın ilkesel yönleri ve bulanık mantığın temel kavramları bu bölümde detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

3.1.3.1. Bulanık Küme

Klasik küme teorisi bir nesnenin bir kümenin elemanı olup olmasını “0” ve “1” değerleri ile kesin olarak ifade ederken, bulanık mantık bir nesnenin bir kümeye aitliğinin derecesi ile ilgilenmektedir. Yani bulanık küme, üyelik dereceleri farklı küme elemanlarından oluşur. Bulanık kümelerde matematiksel olarak elemanların üyelik dereceleri ve kümeye ait üyelik fonksiyonu oluşturulur ve hesaplanır. Klasik küme ile bulanık küme arasındaki farkı karakteristik üyelik fonksiyonlarının gösterim şekliyle de ifade edersek; klasik kümede elemanların

üyelik dereceleri $\mu_A: X \rightarrow \{0,1\}$, bulanık kümelerde yerini $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ olarak gösterilen üyelik fonksiyonuna bırakır (Beyan ve Baykal 2004).

Gerçek dünyada karşılaştığımız problemlerin sınırları çoğunlukla kesin değildir. Bu yüzden elemanların kümeye olan aitlik derecelerini kabul eden bulanık kümelerin, bu noktada klasik kümelere göre avantajlı durumda olduğu ifade edilebilir (Paksoy ve diğ. 2013).

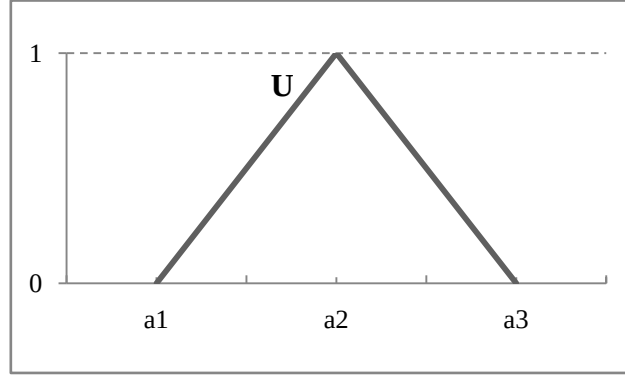
3.1.3.2. Üyelik Fonksiyonu

Bulanık küme elemanlarının dereceleri ile değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyonu (önem eğrisi) adı verilir. Üyelik fonksiyonlarındaki elemanların o kümeye olan aitlik dereceleri $[0, 1]$ aralığında değişmektedir. Bu şekilde her bir küme elemanının $[0, 1]$ arasında aldığı değere üyelik derecesi, bunun bir alt küme içerisinde değişimine ise üyelik fonksiyonu olarak tanımlanabilir (Şen 2009). Üyelik fonksiyonunda x eksen kümenin elemanlarını, y eksen ise elemanların üyelik derecesini göstermektedir. A bulanık kümesi için μ_A kümenin üyelik fonksiyonu ve $\mu_A(u)$ A 'daki üyelik derecesi olmak üzere $A = \{(\mu_A(u), u)\}$ olarak gösterilebilir (Beyan ve Baykal 2004).

Sistemin özelliğine göre değişim gösteren birçok üyelik fonksiyonu çeşidi bulunmaktadır. Pratik uygulamalarda en fazla kullanılan üyelik fonksiyonları ise üçgen, yamuk, çan eğrisi, gaussian ve sigmoidal fonksiyonlarıdır (Beyan ve Baykal 2004). Bu fonksiyonlar isimlerini üyelik fonksiyonlarının biçimlerinden almaktadırlar.

Üçgen üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 ve a_3 olmak üzere üç parametre ile tanımlanır (Şekil 3.1). Üçgen üyelik fonksiyonunun matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\mu_A(u) = \begin{cases} \frac{u-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq u \leq a_2, \\ \frac{a_3-u}{a_3-a_2}, & a_2 \leq u \leq a_3, \\ 0, & \text{diğer durumda,} \end{cases} \quad (3.1)$$



Şekil 3.1: Üçgen üyelik fonksiyonu

Bir yamuk üyelik fonksiyonu ise a_1, a_2, a_3, a_4 olmak üzere dört parametre ile tanımlanır. Aslında üçgen üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonunun özel bir durumudur. En genel hali ile yamuk üyelik fonksiyonu Şekil 3.2’deki gibi gösterilir.

Üyelik fonksiyonu ise aşağıdaki gibi gösterilir (Poulsen 2009):

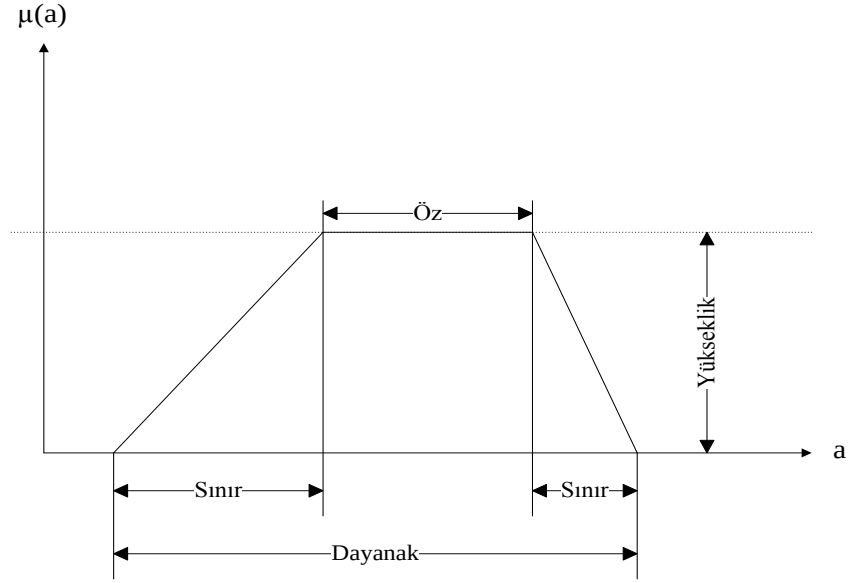
$$\mu_A(u) = \begin{cases} \frac{u-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq u \leq a_2, \\ 1, & a_2 \leq u \leq a_3, \\ \frac{a_4-u}{a_4-a_3}, & a_3 \leq u \leq a_4, \\ 0, & u < a_4 \text{ veya } u > a_1, \end{cases} \quad (3.2)$$

3.1.3.3. Üyelik Fonksiyonu Ataması

İhtimaller hesabında rastgele bir değişkene değişik ihtimal yoğunluk fonksiyonları atanabilmesine benzer şekilde bulanık kümeler de farklı üyelik fonksiyonları atamak mümkündür. Bu atama işlemi sezgisel veya algoritmik veya mantıksal işlemlere dayalı olabilir (Dubois ve Prade 1980). Bulanık kümelerin gerek üyelik derecelerinin gerekse bunların tümünü temsil edebilecek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde atama işlemine ilk başlayanlar açısından kişisel sezgi, mantık ve tecrübelerin kullanılmasına sıkça rastlanır. Pratikte de birçok sorunu analiz etmek ve gidermek için de bu yaklaşımlar çoğu zaman yeterli olmaktadır (Şen 2009). Üyelik fonksiyonlarının atamasında kullanılan diğer başlıca yaklaşımlar ise sezgi, çıkarım, mertebelenme, açılı bulanık kümeler, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, tümevarımlı muhakeme gibi yaklaşımlardır (Ross 2010).

3.1.3.4. Üyelik Fonksiyonunun Kısımları

Bir bulanık kümede üyelik dereceleri 1'e ait olan elemanların bulunduğu alt küme aralığına öz, alt kümenin tüm elemanlarını içeren aralığa dayanak, üyelik dereceleri 1'e veya 0'a eşit olmayan elemanların oluşturduğu aralıklara ise sınır denir (Beyan ve Baykal 2004).



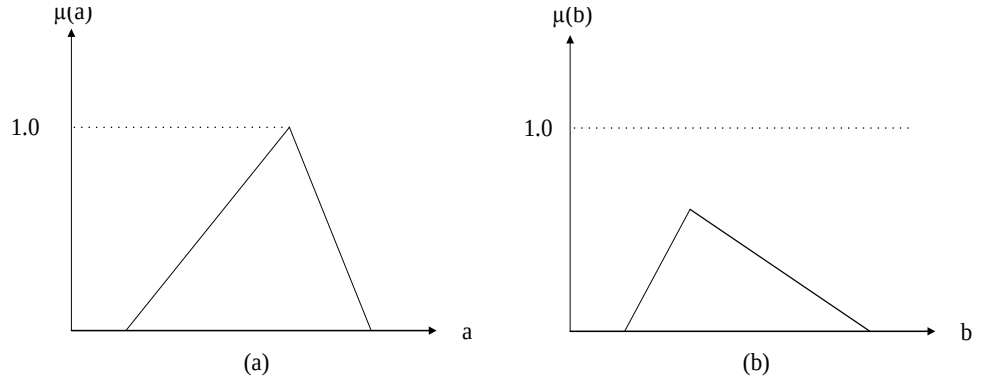
Şekil 3.2: Üyelik fonksiyonu kısımları (Şen, 2009)

Üçgen üyelik fonksiyonlarında bir elemanın üyelik fonksiyonu 1'e eşittir. Bu yüzden üçgen üyelik fonksiyonlarının özü bir nokta olduğu söylenebilir (Şen 2009).

Bulanık üyelik fonksiyonlarının sahip olması gereken özelliklerden biri dış bükey (konveks) olmalarıdır. Bu özelliği üçgen üyelik fonksiyonu için açıklarsak, üyelik fonksiyonun dayanağının bulunduğu sınırlar dâhilinde üyelik derecelerinin önce 0'dan başlayıp 1'e eşit olana kadar artarak, 1 değerinden sonra azalarak tekrar 0'a eşit olması halidir (Şen 2009).

Bulanık kümelerin diğer bir özelliği ise normal olup olmamaları ile ilgilidir. Bulanık kümenin normal olması, o kümeye ait bir elemanın üyelik derecesinin 1'e eşit olmasıdır. Üyelik derecesi 1 olmayan elemanlardan oluşan küme ise normal olmayan bulanık küme olarak tanımlanmaktadır. Herhangi bir normal olmayan bulanık küme mantık, sistem ve analiz işlemlerinde doğrudan kullanılamaz. Normal olmayan kümeyi normal hale dönüştürmek için kümenin üyelik derecelerinin

kümedeki en büyük üyelik derecesine bölünmelidir. Her normal olmayan küme normalleştirilemez. Dış bükey olma şartı ile kümenin normalleştirme işlemi gerçekleştirilebilir (Şen 2009).



Şekil 3.3: Bulanık küme gösterimi a) Normal bulanık küme, b) Normal olmayan bulanık küme (Şen 2009)

3.1.3.5. Bulanıklık Kavramı

Bulanıklık, belirsizlik derecesini temsil edeceğimizde kullandığımız bir terimdir (Beyan ve Baykal 2004). Belirsizliğin gerekli ve faydalı olduğu beş tip sistem vardır:

- Modellemenin zor veya imkansız olduğu karmaşık sistemler,
- İnsanlar tarafından kontrol edilen sistemler,
- Kompleks ve devamlı girdi-çıktıları olan sistemler,
- İnsan gözlemlerinin girdi olarak kullanıldığı veya kuralların temel olduğu sistemler,
- Davranışsal veya sosyal ilimler gibi doğal olarak belirsiz sistemler (Paksoy ve diğ. 2013).

3.1.3.6. Bulanık Sayı Kavramı

Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı-sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilir. Bulanık sayı normal ve dışbükey özelliklerini taşımalıdır. Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları

ile ifade edildiğinden bulanık sayılar da kendi üyelik fonksiyonları ile aynı ilişki içerisinde (Beyan ve Baykal 2004). Başka bir ifade ile bulanık sayılar bulanık kümelerin özel bir alt kümesidir. Bu nedenle bulanık sayı çeşidi üyelik fonksiyonu çeşidi sayısı kadardır (Özkan 2003).

3.1.3.7. Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma, modelin girdilerinin dilsel niteleyicilere (sözel değişken) dönüştürme işlemidir. Üyelik fonksiyonuna göre de bu değişkenlerin her biri aynı veya farklı sayılarda bulanık alt kümelerle bölünür. Sayısal değerlere dilsel değişkenlerin atanması sonucunda bulanık kümelerin optimal seçilmesi sistemin verimli çalışması için önemlidir (Elmas 2011).

Bulanıklaştırma işleminde şu kuralların göz önünde bulundurulması gereklidir;

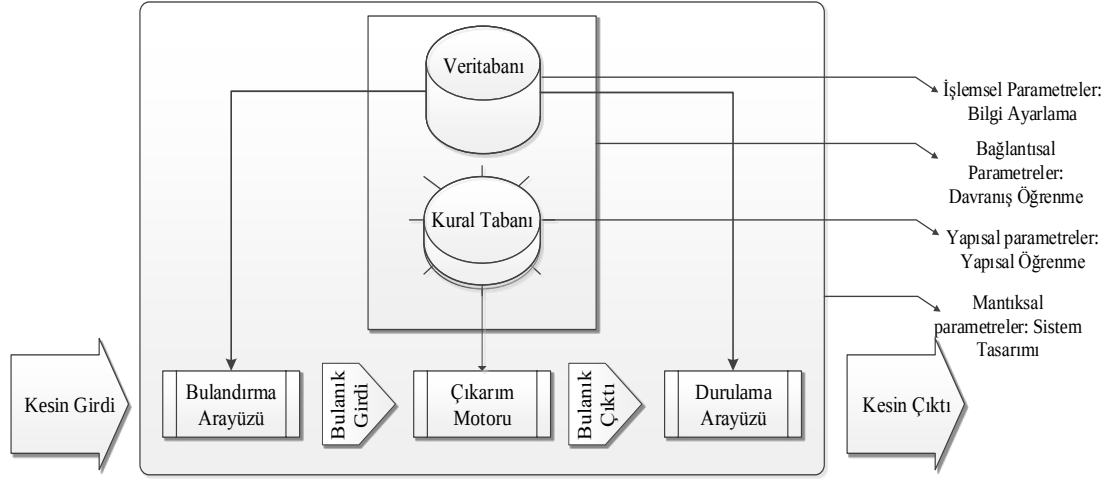
- Bulanık modellemede genellikle girdilerin birçok değişkenden oluşmasına karşılık bir tane çıktı değeri bulunur. Mühendislik uygulamalarının en yaygın kullanılanı da budur. Fakat çok girdi-çok çıktılı modelleri de mevcuttur.
- Değişkenlerin sınır değerlerinin değişkenin özelliğine göre sınırlı veya sınırsız olarak belirlenmelidir.
- Değişkenler 3,5,7 ve 9 adet alt kümeye parçalanabilir. İlk defa yapılan modellemede üçer adet alt küme oluşturulması kişinin uzmanlığının pekişmesini sağlar. Daha sonra alt küme sayısı artırılarak daha iyi modellemeler ortaya çıkarılabilir.
- Her bir üyelik fonksiyonun üçgen, yamuk, gauss, sigmoid gibi üyelik fonksiyonu çeşidi tanımlanır. Bu aşamada üçgen veya yamuk alınması tavsiye edilir. Üyelik fonksiyonlarının dış bükey olmasına dikkat edilmelidir.
- Alt ve üst sınırları belirli olmayan üyelik fonksiyonlarında, sınırlardaki üyelik fonksiyonu derecelerinin 1'e eşit olması gerektiğinin bilinmesi gerekir (Şen 2009).

3.1.4. Bulanık Kural Tabanı

Bir olay veya durum modellenirken, modelin girdi ve çıktı değişkenleri arasında ilişkinin tespit edilmesi çıkarımın en önemli adımıdır. Bu ilişkilerin ölçümü matematik, olasılık, istatistik, stokastik, sistematik akılcı görüş veya öneriler ile gerçekleştirilebilir. Girdi ve çıktı değişkenleri arasında ilişkiler, sözel kelimeler ve mantık kuralları ile de ifade edilebilir. Buna da bulanık mantık kural tabanı denir (Şen 2009). Çıkarımda kullanılacak bilginin sunum ve gösterim şekli önemlidir. Sunum yöntemi olarak kullanılan “eğer-o halde” kural tipi en yaygın kullanılan tipidir (Beyan ve Baykal 2004).

Kural tabanındaki her bir kural, olayın işleyiş mekanizmasının bir bölümünü (önergelerin eğer kısmı) ifade eder ve bir takım kuralların birleşmesiyle de olayın tümünü açıklayan kural tabanı ortaya çıkar. Kural tabanının oluşturulmasında mekanik, kişisel, uzman görüş ve en sonunda veri olmak üzere birbirini destekleyen yaklaşımlar bulunmaktadır (Şen 2009). Kural tabanında bilginin modellenme yöntemine göre (Mamdani, Takagi Sugeno Kang vs.) eldeki girdiye karşılık gelen çıktı değeri belirlenecektir. Bu çıkarım ve karar verme süreci aslında içerme işlemi(koşul ekleme, ise, $\Rightarrow$) ve ardından elde edilen sonuçların bileşkesinin alınma işlemidir (Beyan ve Baykal 2004).

Bulanık modelde, her bölümün kendine ait ve yerine getirmekle yükümlü olduğu görevler için çeşitli parametreleri bulunmaktadır. Bu parametreler Şekil 3.4 ve Tablo 3.1’de gösterildiği gibi işlemsel, bağlantısal, yapısal ve mantıksal olarak sıralanabilir (Baykal ve Beyan 2004).



Şekil 3. 4: Bulanık uzman sistem yapısı (Baykal ve Beyan 2004)

Bulanık kural tabanı bölümü bulanık sistemin merkezini oluşturmaktadır. Kural tabanı bölümünde kuralların sayısı, öncülleri, sonuçları ve kural ağırlıkları belirlenir. Öncelikle, bulanık sisteme gelen veriler işlenmeye hazır hale geldikten sonra (bulanıklaştırma) bulanık kural tabanında bulunan “eğer-o halde” şeklinde tanımlanmış önermelere göre çıkarım mekanizması tarafından işlenirler. Kural tabanı, bulanık modellemenin “eğer-o halde” sözel kuralları ile oluşmuş halidir (Baykal ve Beyan 2004). Girdi değişkenleri ile çıktı değişkenleri arasındaki bağlantılar kural tabanındaki kurallar aracılığıyla sağlanır.

Tablo 3. 1: Bulanık modelde yapı ve parametreler (Baykal ve Beyan 2004)

Sınıf	Parametreler	Bölüm
Mantıksal	Çıkarım Mekanizması	Çıkarım Motoru
	Bulanık İşlemciler	Çıkarım Motoru
	Üyelik Fonksiyonunun Tipi	Bulandırıcı, Durulayıcı
	Durulama Yöntemi	Durulayıcı
Yapısal	İlişkili Değişkenler	Bilgi Tabanı
	Üyelik Fonksiyonlarının Sayısı	Bilgi Tabanı
Bağlantısal	Kuralların Sayısı	Kural Tabanı
	Kuralların Öncülleri	
	Kuralların Sonuçları	
	Kural Ağırlıkları	
İşlemsel	Üyelik Fonksiyon Değerleri	Veritabanı

Sözel bulanık model olarak da ifade edilen Mamdani yöntemi, “eğer - o halde” kuralları ile nitel bilginin kullanımını sağlamaktadır. X girdi değişkeni, Y ise çıktı değişkeni olarak belirlenmiş bir bulanık sistem için örnek kural tabanı, $i=1,2,3,\dots,k$ olmak kaydıyla,

R_i : EĞER x A_i ise, O HALDE y B_i ’dir.

şeklinde oluşturulabilir. Örnek verilen sözel bulanık modelde x öncül girdisi sözel bir değişkendir ve A_i öncül sözel terimlerdir. Aynı şekilde y çıktısı (soncul) sözel değişken ve B_i sözel terimdir. x ve y değerleri ile sözel terimler olan A_i ve B_i bulanık kümeler olup $x \in X \subset R$ ve $y \in Y \subset R$ olarak tanımlanabilirler (Beyan ve Baykal (2004)). Bu kural x ’in aldığı değerlere göre y çıktısının bulanık değerini belirlemektedir.

İki girdili ve tek çıktılı bulanık sistemlerin basit yapısı olarak aşağıdaki gibi ifade edilir;

Girdi: u A' ve v B'

R_1 : Eğer u A_1 ve v B_1 ise o halde w C_1 ’dir

R_2 : Eğer u A_2 ve v B_2 ise o halde w C_2 ’dir

...

R_n : Eğer u A_n ve v B_n ise o halde w C_n ’dir

Çıktı: w C' ’dir.

3.1.4.1. Wang-Mendel Algoritması

1991 yılında Li-Xin Wang ve Jerry M. Mendel tarafından geliştirilen bu algoritma, veri çiftleri arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak ve bu ilişkileri tanımlayan bulanık kuralları oluşturarak, ortak bulanık kural tabanı üretmek amacıyla, davranış modeli verisinin kullanımını adım adım açıklayan bir yöntemdir (Küçükdeniz 2004). Bu algoritmanın anahtar noktası nümerik veri çiftlerinden (girdi-çıktı) bulanık kurallar oluşturmak, bu bulanık kuralların ve dilsel bulanık kuralları ortak bir bulanık kural tabanında birleştirerek bütünleşik kural tabanına dayalı kontrol işlem sistemini dizayn etmektir.

Wang ve Mendel (1992) bu algoritmanın adımlarını şu şekilde sıralamışlardır;

- Girdi ve çıktı uzaylarının bulanık kümelerle ayrılır.
- Verilere göre bulanık kurallar oluşturulur.
- Oluşturulan kurallar arasında çıkan çatışmayı çözmek amacıyla oluşturulan her bir kurala derece atanır.
- Oluşturulan kurallar ve uzmanların dilbilimsel kurallarına dayalı bir birleşik bulanık kural tabanı oluşturulur.
- Bir durulama işlemi kullanılarak bütünleşik bulanık kural tabanından esas kuralların çıkarımı gerçekleştirilir (Wang ve Mendel 1992).

Girdi-çıkı veri çiftlerinin aşağıdaki gibi verildiğini varsayalım,

$$(a_1^{(1)}, b_1^{(1)}; c^{(1)}), (a_1^{(2)}, b_1^{(2)}; c^{(2)}), \dots, (a_1^{(i)}, b_1^{(i)}; c^{(i)}),$$

Burada a_1 ve b_1 girdi; c çıktı değişkenini ifade etmektedir. Bu örnek verilen değişkenlerin sayıları dikkate alındığında, iki girdili bir çıktılı model için tasarlanmıştır. Burada amaç verilen girdi-çıkı çiftlerinden bulanık kurallar oluşturmak ve bu kural eşlemelerini Eşitlik (3. 3) ile belirlemek için kullanmaktır.

$$f: (a_1, b_1 \rightarrow c) \quad (3.3)$$

Bu yaklaşım aşağıdaki 5 aşamadan oluşturmaktadır;

Adım 1: a_1 , b_1 ve c 'nin etki aralığının sırasıyla $[a_1^-, a_1^+]$, $[b_1^-, b_1^+]$ ve $[c_1^-, c_1^+]$ olduğunu farzedelim. Bu değişkenler büyük olasılıkla verilen bu etki aralıklarında bulunacaklardır. Her bir etki alanı $2N+1$ şeklinde görülür. (N her bir değişken için farklı değerler alabilir ve bu bölgelerin uzunlukları eşit olmayabilir.) Şekil 3.5 gösterildiği gibi a_1 'in etki alanı 5 bölgeye ($N=2$), b_1 'in etki alanı 7 bölgeye ($N=3$) ve c 'in etki alanı 5 bölgeye ($N=2$) ayrılmıştır. Her bir üyelik fonksiyonu üçgensel üyelik fonksiyonu olarak ifade edilmiştir (Wang ve Mendel 1992). Bulanık çıkarımda bulanık bölümlenmede sıklıkla kullanılan yedi sözel terim vardır. Bunlar; NB: Negatif büyük, NM: Negatif Ortalama, NS: negatif küçük, ZE: sıfır, PS: pozitif küçük, PM: pozitif ortalama, PB: pozitif büyük olarak sıralanabilir (Iancu ve diğ. 2010).

Adım 2: Bu adımda öncelikle girdi ve çıktı değerlerinin farklı bölgelerdeki dereceleri belirlenir. Örneğin; $a_1^{(1)}$, B_1 bölgesinde 0.8 değerini alırken, B_2 bölgesinde ise 0.2 aitlik değerini, diğer bölgelerde ise aitlik değeri sıfırdır. İkinci olarak verilen $a_1^{(i)}$, $b_1^{(i)}$; $c^{(i)}$ değişkenlerinin en büyük üyelik derecesine sahip olduğu bölgeler belirlenir.

Örneğin;

$a_1^{(1)}, b_1^{(1)}; c^{(1)} \Rightarrow [a_1^{(1)} (0.8, B_1, \max), b_1^{(1)} (0.7, S_1, \max); c^{(1)} (0.9, CE, \max) \Rightarrow \text{Kural 1 : Eğer } a_1, B_1 \text{ ve } b_1, S_1 \text{ ise O halde } c \text{ CE'dir.}$

Kurallar bu şekilde “ve” kuralı olarak oluşturulur; yani, eğer kısmının koşullarının, “o halde” kısmının sonucunu oluşturabilmek için aynı anda gerçekleştirilir.

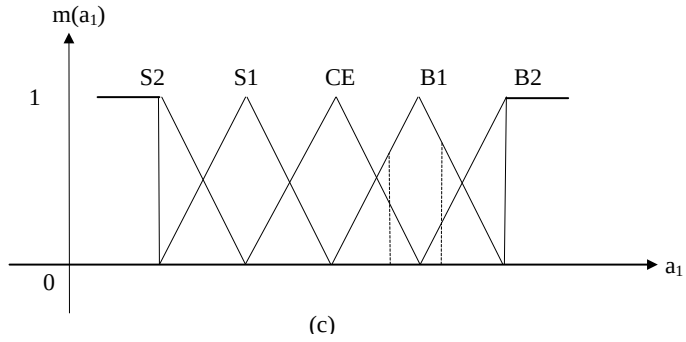
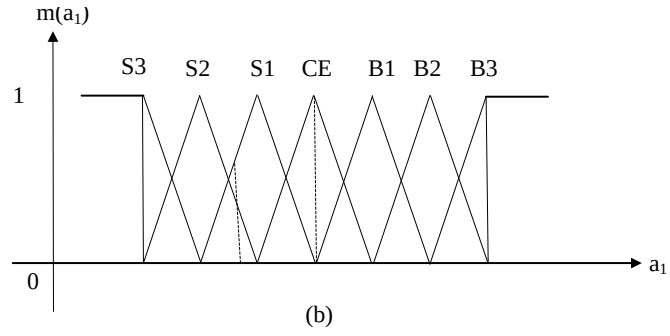
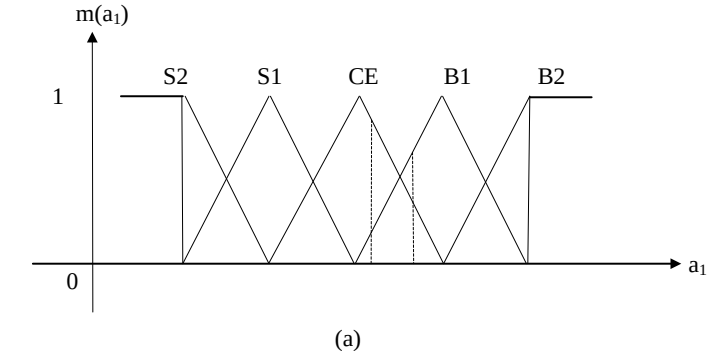
Adım 3: Çok fazla veri çifti olduğunu ve her bir veri çifti için bir kural oluşturulduğunu düşünürsek, yüksek olasılıkla çok fazla çakışan kural ile karşılaşılacaktır. Bu aşamada, amaç, kurallar arasındaki çatışmayı önleyerek yalnızca en yüksek etkiye sahip kuralın sürece dâhil edilmesini sağlamaktır. Bu çatışma durumu, aynı “Eğer” kısmına ve farklı “O halde” kısmına sahip kurallar olarak da ifade edilebilir. Bu çatışma durumunu çözmek için, her bir veri çiftinden oluşturulan her kurala bir derece atanır. Bu yöntem sayesinde sadece çatışma yok edilmemiş, aynı zamanda çok sayıda kural da azaltılmış olur. Bu işlemi gerçekleştirmek için öncelikle her bir kural için derece ataması yapılır.

“Eğer a_1 X ve b_1 Y ise O halde c Z 'dir” kuralı için

$D_{kural} = \mu_x(a_1).m_y(b_1)m_z(c)$ ile kuralın derecesi hesaplanır.

Örneğin, $D_{kural\ 1} = m_{B_1}(a_1).m_{S_1}(b_1)m_{CE}(c)$

Kural derecelendirmesi yapılırken dikkate alınması gereken bir diğer nokta ise yüksek derecelendirilen kuralın aslında modeli çok da iyi temsil etmediğidir. Bu aşamada kullanılması gereken ise uzman bilgisidir. Bu yüzden veriler hakkındaki uzman tecrübesi bilgiler gibi ortak tabanda kullanılması gerekmektedir.



Şekil 3.5: Girdi ve çıktı bulanık bölgelerinin ve üyelik fonksiyonlarının bölümlere ayrılması

Adım 4: Bütünleşik kural tabanı formu şekilde gösterildiği gibidir. Her bir kutucuğa birden fazla kural gelirse, daha büyük dereceye sahip olan tercih edilir. Bu şekilde hem nümerik, hem dilsel kurallar ortak bir çerçeveye oturtulmuş olacaktır. Eğer kısmı “ve” ile birleştirilen kurallarda kural tabanındaki bir kutucuk doldurulur, “veya” ile birleştirilen kurallarda ise iki değişkenin de bulunduğu bölgedeki tüm satır ve sütunlardaki kutucuklar doldurulur.

B3					
B2					

a ₁	B1					
	CE					
	S1					
	S2					
	S3					
		S2	S1	CE	B1	B2
		b ₁				

Şekil 3.6: Bulanık kural tabanı formu

Adım 5: Bütünleşik Kural tabanına Dayalı Bulanık İlişkisel Eşleşmesi

Bu adımda durulaştırma stratejileri izlenerek verilen girdi değerlerinden çıktı değerleri belirlenir. Verilen girdi değişkenleri için (a_1, b_1) , i . bulanık kuralın öncülü $m_{O^i}^i$ matematiksel olarak,

$$m_{O^i}^i = m_{I_1^i}(a_1)m_{I_2^i}(b_1) \quad (3.4)$$

denklemini ile hesaplanır. Denkleminde O^i , i . kuralın çıktı bölgesini ve I_j^i ise j . komponent için i . kuralın girdi bölgesini ifade etmektedir. Kural 1 için;

$$m_{CE}^1 = m_{B1}(a_1)m_{S1}(b_1) \quad (3.5)$$

denklemini ile derecesi belirlenir. Kesin değerlere ulaşmak için ise durulaştırma yöntemlerinden biri kullanılarak çıktı değeri elde edilir (Wang ve Mendel 1992).

3.1.5. Bulanık Çıkarım Sistemleri

Genel olarak çıkarım, eldeki bilgileri kullanarak yeni bilgiler ve mantıksal sonuçlar elde etme olarak kabul edilebilir. Lütüfi Zadeh'in 1979 yılında Mantıksal Çıkarım Yaklaşım Kuramı da belirsiz ve kesin olmayan bilgilerle karşı karşıya kalındığında bu bilgilerden mantıksal bir çıkarım yapmayı ileri sürmektedir. Bu kuramın mantıksal işleyişi ise ifadelerin değerlerinin değişkenlerle bulanık kümeler halinde atılması ve önermelerle temsili olmasıdır (Elmas 2011).

Sözel modeli sayısal olarak analiz edebilmek için verilen sözel girdi değişkenlerinden sayısal çıktı değeri oluşturabilecek bir mekanizma oluşturulması gerekir. Bu mekanizmaya da bulanık çıkarım mekanizması (algoritması) denilmektedir. Sözel model için bulanık bağıntı işlemleri kullanılarak çıkarım mekanizması türetilmektedir (Baykal ve Beyan 2004). Literatürde birçok bulanık çıkarım yapısı mevcuttur. Bunlardan en yaygın kullanılanları ise Mamdani, Tsukamoto, Sugeno ve Larsen yöntemleridir (Iancu 2012). Bulanık çıkarım yapılırken üyelik fonksiyonları, bulanık mantık işlemciler ve eğer-o halde kuralları işleme alınır. Bulanık çıkarım sisteminin oluşturulması ve düzenlenmesini sağlayan MATLAB üzerinde kullanılan bir araç olan Bulanık Mantık Araç kutusu'nda (Fuzzy Logic Toolbox) Mamdani ve Sugeno olmak üzere iki tip bulanık çıkarım mekanizması bulunmaktadır. Bu iki bulanık çıkarım mekanizmasının, uzman sistemler, otomatik kontrol ve karar analizleri konuları başta olmak üzere diğer alanlarda da kullanımları giderek artmaktadır. Kullanıldıkları alanlara göre de “Bulanık Kural Tabanlı Sistemler”, “Bulanık Modelleme”, “Bulanık Mantık Kontrol ediciler” şeklinde adlandırılırlar. Bulanık çıkarım sistemi bulanık küme teorisine dayalı en önemli modelleme aracıdır. Bulanık çıkarım sistemi uzmanlar tarafından inşa edilir ve otomatik kontrol, karar analizi, ve diğer çeşitli uzman sistemlerde kullanılmaktadır (Kubat 2014).

3.1.5.1. Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Bulanık Çıkarım Sistemi

Sugeno Bulanık Çıkarım Sistemi olarak da bilinen bu sistem ile verilen girdi ve çıktı bilgilerinden, ardıl kısımları girdi değişkenlerinin kesin fonksiyonlarından meydana gelen kuralların ortaya çıkarılması sağlanmıştır. Bundan dolayı Mamdani modeli ile regresyonun bir kombinasyonu olarak görülebilir.

Öncül girdi uzayındaki bulanık bölgeler tanımlanırken, sonuç matematiksel bir fonksiyondur. $i = 1, 2, 3, \dots, n$ olmak üzere Sugeno kuralı;

$R_i = \text{Eğer } "x \text{ } A_i \text{ dir"} \text{, ise O halde } z_i = f_i(x, y)"$ olarak açıklanabilir. Mamdani modelinin aksine x girdisi kesin bir değişkendir. İlke olarak sözel girdiler mümkün olsa bile y_i nin bulanık değerlerinin hesaplanabilmesi için genişletme ilkesinin kullanımı gerekmektedir. f_i fonksiyonları genellikle aynı yapıdadır fakat her bir

kuralın parametreleri farklıdır. Bu yöntemde sonuç kesin bir değer olduğu için durulama işlemine gerek duyulmamaktadır (Baykal ve Beyan 2004).

Sugeno tipi çıkarım sistemi, girdi ve çıktı veri setlerine göre bulanık kuralların oluşturulması için sistematik bir yaklaşım sağlar. Parametrelerinin optimize edilebilmesinin kolaylığı bakımından diğer sistemlerden avantajlıdır. Sugeno tipi bulanık çıkarım sisteminde soncul kısımdaki çıktı değişkeni, girdi değişkenlerinin lineer bir fonksiyonu ya da sabit bir fonksiyon şeklindeki üyelik fonksiyonuna sahiptir (Köse ve diğ. 2011).

Mamdani ve TSK bulanık yapılar arasındaki temel farklardan biri alt bileşenlerinin sırasıyla, bulanık ve kesin kümelerden oluşmasıdır. Bu nedenle, çıktı değerlerinin hesaplanması ile ilgili farklı prosedürler içermektedirler. TSK bulanık yapısına bakıldığında çıktı değerleri çok basit matematiksel formüller (ağırlıklı ortalama, ağırlıklı toplam) ile hesaplanıyorken, Mamdani bulanık yapısının tüm üyelik fonksiyonları sonrasında durulaştırma işleminden geçeceği için çıktı değerlerinin hesaplanması konusunda çok büyük çaba gerektirir. Mamdani bulanık çıkarım belirsizlik bakımından ele alındığında daha sezgisel olmasına rağmen, bu avantaj TSK yaklaşımını oldukça kullanılabilir yapmaktadır (Schnitman ve diğ. 2001).

3.1.5.2. Tsukamoto Bulanık Çıkarım Sistemi

Tsukamoto bulanık çıkarım sisteminde, dilsel terimlerin monotonik üyelik fonksiyonlarına sahip olması gerekmektedir (Ray 2014). Bu çıkarım sisteminde de bulanık çıkarım sistemi diğer sistemlerdeki işleyişe benzer olarak öncül kısımdan elde edilen üyelik derecelerinin ardıl kısma aynen taşınması ile durulaştırma işlemine gerek duyulmadan doğrudan çıktı üyelik fonksiyonları aracılığı ile x ekseninde her bir kuralın çıktısı okunabilir (Şen 2009).

Bu yöntem her kuralın soncul kısmı monotonik üyelik fonksiyonuna sahip bulanık küme ile temsil edildiğinden, $\mu_{Z_i}(c)$ monotonik fonksiyon olarak ifade edilir. Sonuç olarak her kuralın çıktısı kuralın eşleşme derecesi (α_i) tarafından oluşturulan

kesin bir değer olarak tanımlanır. Toplam sonuç(c') ise her kural çıktısının ağırlıklı ortalaması alınarak bulunur.

$$R_i : \text{Eğer } a \text{ } X_i \text{ ve } b \text{ } Y_i \text{ ise } O \text{ halde } c \text{ } Z_i \text{ 'dir , } i=1,2,\dots,n$$

Girdi verilerinin X' ve Y' bulanık kümeleri olarak verildiğinde eşleme dereceleri Eşitlik (3. 6)'daki gibi hesaplanır.

$$\alpha_i = EK(EB_a(\mu_{A'}(a) \wedge \mu_A(a)), (EB_b(\mu_{B'}(b) \wedge \mu_B(b))) \quad (3. 6)$$

R_i kuralının c_i sonucu,

$$c_i = \mu_{z_i}^{-1}(\alpha_i) \quad (3. 7)$$

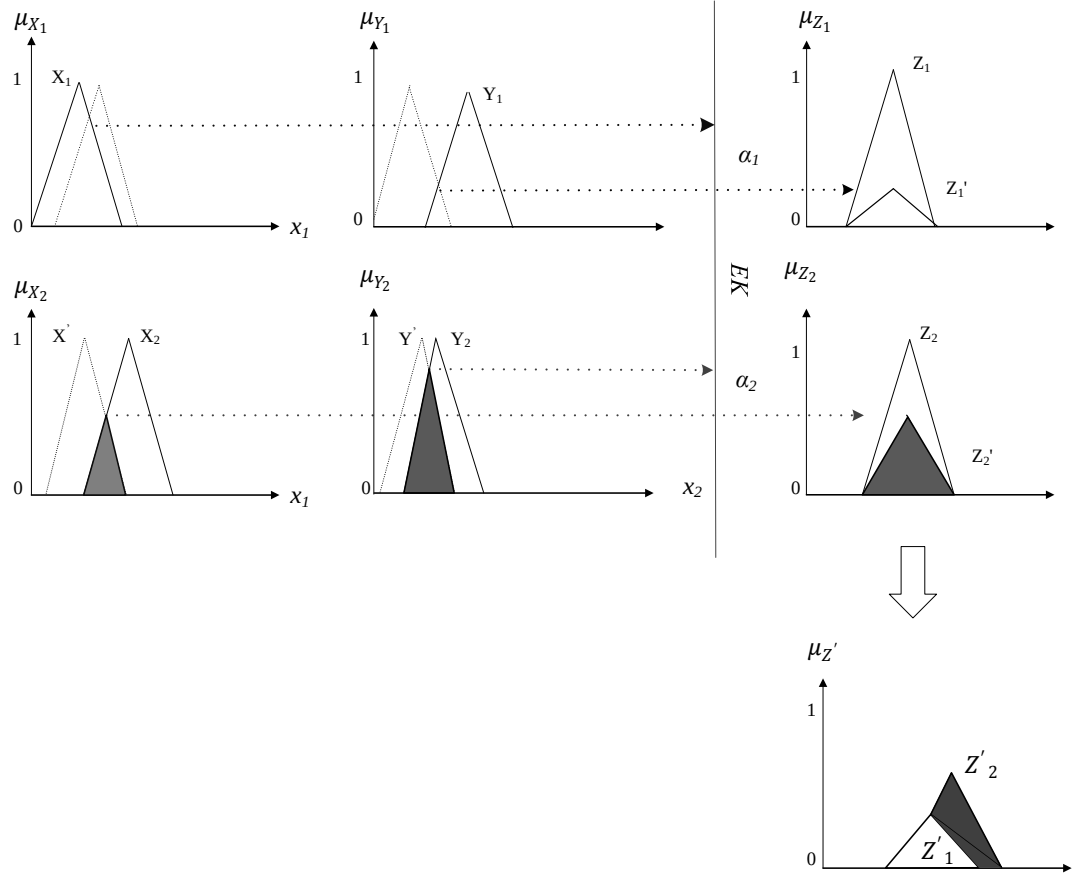
ile, c' toplam sonucu ise, her kural çıktısının ağırlıklı ortalaması ise Eşitlik (3.8)'deki denklem ile elde edilir (Lee, 2005).

$$c' = \frac{\alpha_1 c_1 + \alpha_2 c_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (3. 8)$$

Bu yöntemde toplam sonuç, kesin bir değer verir ve bundan dolayı sonucu durulamaya gerek yoktur (Baykal ve Beyan 2004). Mamdani yöntemindeki gibi veya Sugeno yöntemindeki gibi hesaplamalara gerek kalmadan durulaşabilmesi yönünden sağlıklıdır ve zaman kazandırır fakat çıktı üyelik fonksiyonlarının özel yapısı, diğer iki yöntem kadar şeffaf olmaması ve genel yaklaşımlara uyum sağlayamaması gibi özel durumlardan dolayı kullanım alanı oldukça sınırlıdır (Ross 2010).

$$Z' = \bigcup_{i=1}^n Z'_i \quad (3.11)$$

olarak belirlenir.



Şekil 3.8: Bulanık küme girdili Larsen yönteminin grafiksel gösterimi (Lee 2005)

3.1.5.4. Mamdani Bulanık Çıkarım Sistemi

Bulanık çıkarım yöntemleri içerisinde en yaygın olan, Mamdani ve Assilian tarafından önerilen Mamdani yöntemidir (Iancu 2012). Bulanık girdi kümelerinin kural tabanı ile bulanık çıktı kümelerini mantıksal bir yaklaşımla belirlenmesini sağlamıştır. Bu yaklaşımın amacı etkili ve tutarlı bir kural tabanı oluşturmaktır. Kural tabanında “eğer” kısmı öncül, “o halde” kısmı soncul olarak ifade edilmektedir. Mamdani ve Sugeno modellerinin kuralların öncül kısımları aynıdır. Fakat Mamdani modelinde çıkarım birleşim kuralı gerçekleştirilir ve bu kural bulanık kümelerin max-min birleşimi olarak tanımlanabilir. Eğer A_{in} öncül üyelik fonksiyonu ve C_i soncul üyelik fonksiyonu ise; max-min birleşimi;

$$max - min = \max (\min(A_{i1}, \dots, A_{in}, C_i)) \quad (3. 12)$$

şeklinde hesaplanır (Güler, 2011).

Mamdani yöntemi dört aşama ile gerçekleştirilir:

Aşama 1. Bulanıklaştırma:

Girdi değişkenlerinin bulanık kümelerle atanması işlemidir. İlk olarak girdiler üyelik fonksiyonları yardımıyla derecelendirilerek kesin sayısal değere karşılı dilsel değişkenler kullanılarak uygun bulanık kümelerle dönüştürülürler (Kubat 2014).

Aşama 2. Çıkarım:

Öncül önermelerin ayrı ayrı üyelik dereceleri tespit edilir. Kendi aralarında ve (min) veya (max) yöntemleriyle birbirlerine bağlanırlar ve kesişen kuralların hepsi değerlendirilir. Kuralların kesiştikleri yerler belirlenir. Öncelikle min sonra max işlemcileri uygulanarak bulanık küme yazılır.

Aşama 3. Kural Çıktılarının Birleşimi:

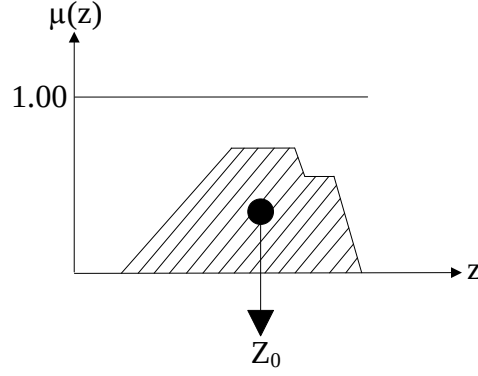
Her bir kuraldan elde edilen sonuçlar birleştirilerek (aggreagation) genel bir sonuç kümesi (bölgesi) elde edilir. Bu kısma Bulanık Çıkarım Sistemi (BÇS) adı verilmektedir. Amaç tüm sonuçları temsil eden nihai bir sonuç alanı bulmaktır.

Aşama 4. Durulaştırma:

Mamdani modelleri içerisinde en yaygın kullanılan durulaştırma yöntemi sentroid (ağırlık merkezi) yöntemidir. Bu yöntemin stratejisi birleşik çıktı üyelik fonksiyonlarının ağırlık merkezini hesaplamasıdır. Bu durulaştırma yönteminin hesaplanması,

$$Z_0 = \frac{\int_z \mu(z)zdz}{\int_z \mu(z)dz} \quad (3. 13)$$

denklemini yardımı ile gerçekleştirilir (Baykal ve Beyan 2004).



Şekil 3.9: Sentroid yöntemi ile durulaştırma (Baykal ve Beyan 2004).

Şekil 3.8’de farklı bulanık sistem çıkarımlarını açıklamak için iki-kural, iki-girdi kullanılmıştır. Tip 2 yaygın olarak kullanılan Mamdani tipli bulanık sistemi göstermektedir. Tip 3 ise Takagi-Sugeno tipi bulanık sistemdir. Çıkarım işlemlerinde Mamdani metodu ağırlıklı ortalama durulaştırma tekniğini, Sugeno doğrusal veya sabit üyelik fonksiyonlarını kullanır (Kubat 2014).

3.1.5.5. Sugeno ve Mamdani Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Mamdani ve Sugeno arasındaki temel fark, Sugeno çıkış üyelik fonksiyonlarının doğrusal veya sabit olmasıdır. Ayrıca bulanık kuralların sonuç çıkarma sisteminde de farklılık olması, bütünleşme ve durulama prosedürlerini de farklı kılmaktadır. Maksimum ve minimum noktaların tahmin edilmesi Sugeno bulanık sistemler tarafından ihtiyaç duyulan girdi, bulanık kümeler ve bulanık kural sayısı sayısına bağlıdır. Sugeno yönteminde periyodik ve dalgalı fonksiyonların tahmini için çok sayıda bulanık kuralların kullanılması gerekmektedir. Üçgensel ve yamuk biçiminde olmayan üyelik fonksiyon yapısına sahip girdi değişkenlerinde Mamdani, Sugeno çıkarım sistemine göre daha etkin sonuçlar elde etmektedir. Sugeno denetleyicileri genellikle kural sonucundaki çok daha fazla ayarlanabilir parametreleri ve parametre sayısı girdi değişkenleri sayısının üstel bir şekilde artması ile katlanarak büyür. TS bulanık kontrol sistemleri Mamdani bulanık kontrol sistemine göre daha az matematiksel sonuç içerir. Mamdani Sugeno yöntemine göre oluşturulması kolaydır.

Sugeno Yönteminin Avantajları

- Hesaplama yöntemi etkilidir.
- Doğrusal teknikler ile iyi çalışır. (e.g., PID control).
- Optimizasyon ve adaptif teknikler ile iyi çalışır
- Çıkış yüzeyinin sürekliliğini garanti eder.
- Matematiksel analiz için uygundur.

Mamdani Yönteminin Avantajları

- Sezgiseldir.
- Bu yöntem yaygın olarak kabul görmektedir.
- İnsan girişine uygundur.

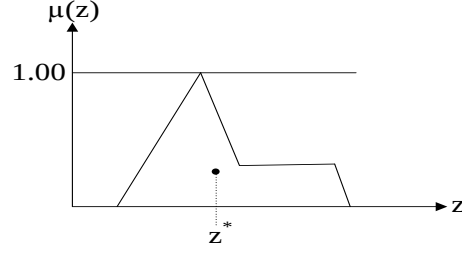
3.1.6. Durulaştırma Yöntem Çeşitleri

Durulaştırma yöntemleri ile bütünleşik bulanık kural tabanından esas kuralların çıkarımı gerçekleştirilir. Durulaştırma, çeşitli matematiksel işlemler içeren yöntemlerden oluşan ve modellenen sistemin oluşturduğu bulanık değerlerin kesin değerlere dönüştürülmesi işlemidir. Sentroid, en büyük alanın merkezi, en büyük üyelik, ağırlıklı ortalama, ortalamaların en büyüğü gibi yöntemlerden oluşan durulaştırma yöntemlerinden literatürde en sık rastlanana bu sentroid (ağırlık merkezi) yöntemidir (Ross 2010).

3.1.6.1. Sentroid Yöntemi

Ağırlık Merkezi olarak da adlandırılan bu yöntem durulaştırma yöntemleri arasında en yaygın kullanılan yöntemdir. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir (Ross 2010);

$$z^* = \frac{\int \mu_{\underline{c}}(z).zdz}{\int \mu_{\underline{c}}(z)dz} \quad (3. 14)$$



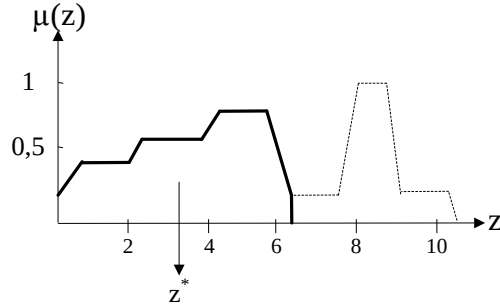
Şekil 3.10: Sentroid yöntemi ile durulaştırma

3.1.6.2. En Büyük Alanın Merkezi Yöntemi

Eğer çıkış bulanık kümesi en az iki tane dış bükey altküme içeriyorsa, en büyük alana sahip dış bükey alt kümenin alanı çıktının durulaştırma değeri olan z^* , nin belirlenmesinde kullanılır. Matematiksel olarak,

$$z^* = \frac{\int \mu_{\underline{c}_m}(z).zdz}{\int \mu_{\underline{c}_m}(z)dz} \quad (3.15)$$

eşitliğine göre hesaplanır. Burada, $\mu_{\underline{c}_m}$ en büyük alanlı dış bükey alt bulanık kümenin kapsadığı alt bölgeyi temsil eder.



Şekil 3.11: En büyük alanın merkezi yöntemi ile durulaştırma

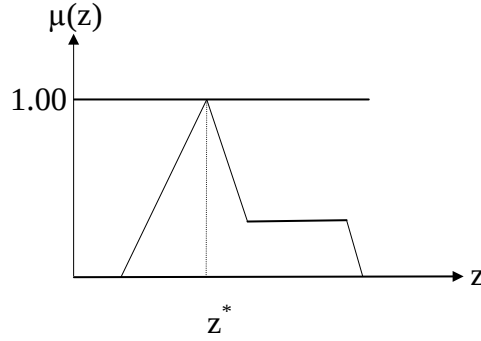
Bu şart tüm çıkarım bulanık kümesinin dış bükey olmadığı zaman kullanılır. Tüm çıkarımın dış bükey olması durumunda ise z^* sentroid yönteminde kullanılan matematiksel eşitlik ile elde edilir (Ross 2010).

3.1.6.3. En Büyük Üyelik Yöntemi

Bu yöntem yükseklik yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntemin kullanılabilmesi için tepeleri olan çıkarım kümeleri gerekmektedir.

$$\mu_{\underline{c}}(\bar{z}) \geq \mu_{\underline{c}}(z), \text{ tüm } z \in Z$$

$\bar{z}$, Şekil 3.11’de gösterilen z^* durulaştırılmıştır değeri ifade etmektedir (Ross, 2010).



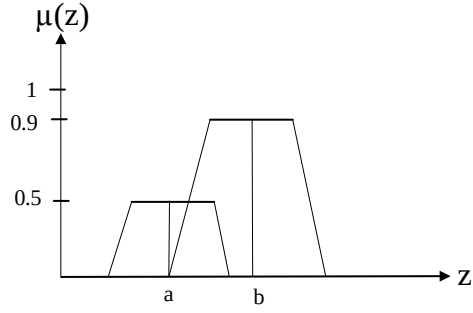
Şekil 3.12: En büyük üyelik yöntemi ile durulaştırma

3.1.6.4. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Bulanık uygulamalarında en sık kullanılan yöntemlerden biri olan ağırlıklı ortalama yönteminin kısıtlayıcı özelliği, kullanılabilmesi için simetrik üyelik fonksiyonuna sahip olması gerektiğidir. Matematiksel ifade ile;

$$z^* = \frac{\sum \mu_{\underline{c}}(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum \mu_{\underline{c}}(\bar{z})} \quad (3.16)$$

şeklinde ifade edilir. $\sum$, matematiksel toplamı simgeler ve $\bar{z}$ her bir simetrik üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezini ifade eder. Bu yöntemde, çıktıyı oluşturan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının her biri, sahip oldukları en büyük üyelik derecesi değeri ile çarpılarak ağırlıklı ortalamaları alınır (Ross 2010).



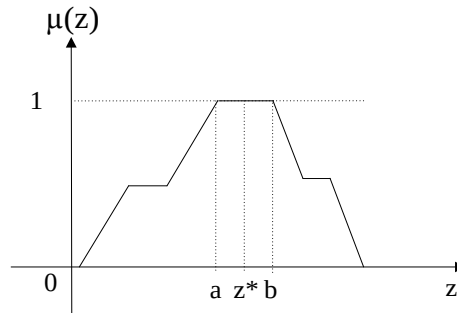
Şekil 3.13: Ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi ile durulaştırma

3.1.6.5. Ortalamaların En Büyüğü Yöntemi

Bu yöntem aynı zamanda en büyüklerin ortası olarak da bilinir. En büyük üyelik yöntemi ile benzerlik göstermektedir. Şekil 3.12’de bu yöntemin durulaştırma sistemi gösterilmiş ve durulaştırılmış değer,

$$z^* = \frac{a+b}{2} \quad (3.17)$$

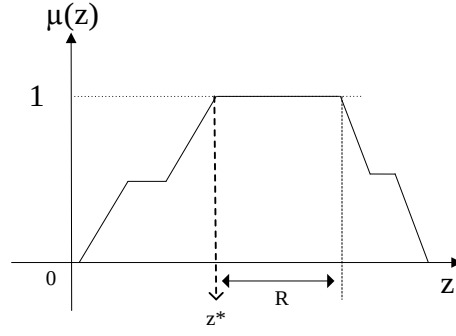
formülü ile hesaplanmaktadır. Formülde yer alan a ve b değerleri şekilde belirtilmiştir (Ross 2010).



Şekil 3.14: Ortalama en büyük durulaştırma yöntemi

3.1.6.6. En Büyüklerin Küçüğü Yöntemi

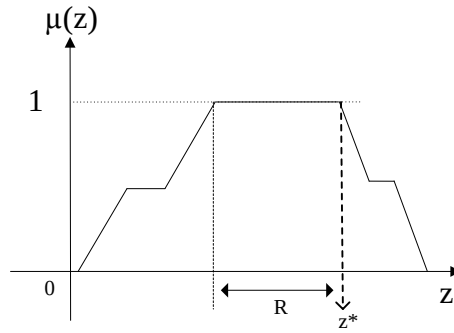
Bu yöntem, nadiren gerçekleşen olayların (kuraklık, tsunami vb.) söz konusu olduğunda kullanılır. İlk olarak en büyük çıktı değerine sahip olan en büyük üyelik derecesi göz önünde tutulur. En küçük çıktı en büyük üyelik derecesi yöntemi olarak da adlandırılır (Güler 2011).



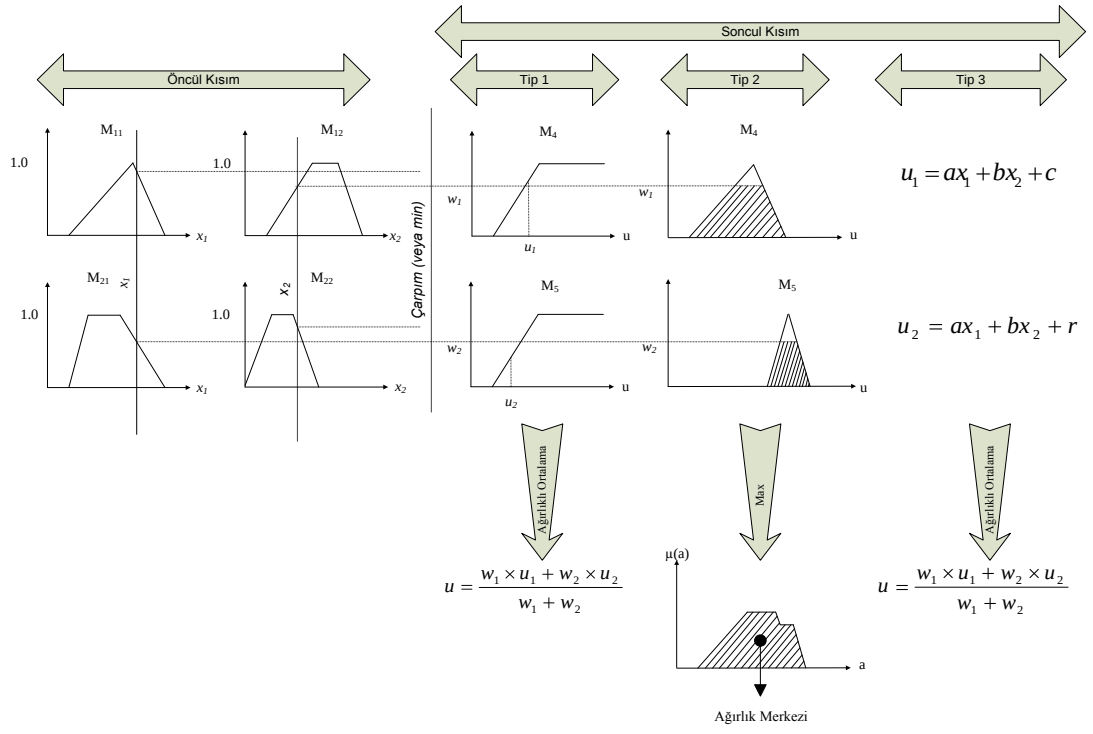
Şekil 3.15: En büyüklerin küçüğü yöntemi

3.1.6.7. En Büyüklerin Büyüğü Yöntemi

En büyüklerin küçüğü yöntemi ile benzerlik gösteren bu yöntemde, diğer yöntemden farklı olarak en büyük üyelik derecelerinin bulunduğu R aralığındaki en büyük z değeri dikkate alınmaktadır. En büyük çıktılı en büyük üyelik derecesi yöntemi olarak da adlandırılır (Şen 2009).



Şekil 3.16: En büyüklerin büyüğü yöntemi



Şekil 3.17: Yaygın kullanılan bulanık eğer-o halde kuralları ve bulanık mekanizması (Mehran 2008)

4. UYGULAMA VE ARAŞTIRMA BULGULARI

Dünyada bir çok alanda kullanılan yapay zekânın tahmin tekniklerini iyileştirme ve modelleme yapabilme yetilerine sahip olması yapay zeka tabanlı sistemlerin tahminleme alanındaki önemini ortaya koymaktadır.

Uygulamada bulanık mantık, çoklu regresyon analizi ile talep tahminin modellenmesi amacı ile hazırlanan bu tez çalışması, tahmin yöntemleri arasından verilere en uygun yöntemin uygulanabilirliğinin incelenip, geliştirilen model ile ideal tahmin yapısı oluşturarak gelecek dönem satış verilerini tahmin etmeyi amaçlamaktadır. İşletmenin profiline ve satış miktarı değişkeninin yapısına göre tahmin modelinde bulunması gereken faktörler, faktörler arası ilişkiler değerlendirilip, yapay zekâ tabanlı talep tahmin yöntemlerinden olan bulanık mantık modeli ile ilişkisel tahmin yöntemi olan çoklu regresyon modelinin tahmin sonuçları karşılaştırılması yapılarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu bölümde, önerilen model sonuçları değerlendirilmiş ve geleceğe dönük geliştirme önerileri belirtilerek tez çalışması tamamlanmıştır. Önerilen tahmin modelleri Şekil 4.1'deki adımlar izlenerek uygulanmış ve tahmin değerlerine ulaşılmıştır.

4.1. Kullanılacak Verilerin Seçilmesi ve Talebi Etkileyen Ana Faktörlerin Belirlenmesi

Talep tahmini, geçmişe dönük verilerin analiz edilmesi ile gelecek dönemki tahminleri oluşturmaktır. Bu çalışmada 2011-2015 satış verilerinden yararlanarak bulanık mantık ve çoklu regresyon yöntemleri kullanılarak 2016-2017 dönemi için talep tahmini gerçekleştirilmiştir. Tekstil firması için satış rakamlarını etkileyen faktörler arasında birçok parametre bulunmaktadır. Bunların başlıcaları hammadde maliyetleri, işçilik maliyetleri, üretim maliyetleri, pazarlama maliyetleri, finansal maliyetlerdir. Bu çalışmada uzman görüşleri alınarak ürün fiyatına etkisinin en yüksek olduğu düşünülen faktörlerden hammadde fiyatlarının ve talep tahmini

yapılan firmanın ihracat ile uğraşıyor olması dolayısıyla döviz kurunun satışlar üzerindeki etkisi ölçülerek tahmin modeline dâhil edilmiştir.

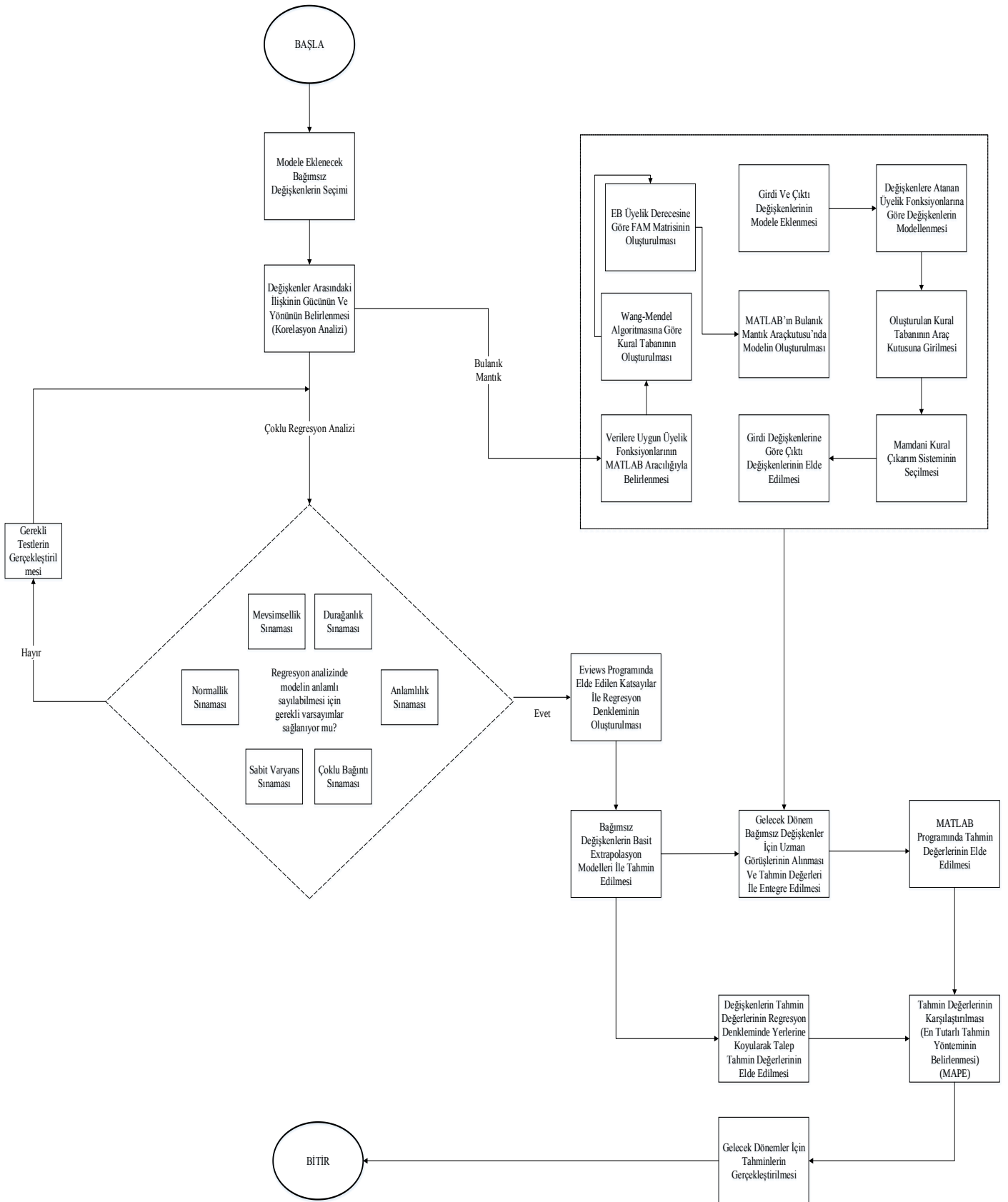
Esneklik ve fiyata dayalı rekabet gücünü artıran faktörlerin başında hammadde gelmektedir. Aynı zamanda Tekstil, hazır giyim ve deri ürünleri sektörlerinde çeşitli kuruluşların yapmış olduğu anketler neticesinde belirlenmiş maliyet bileşenleri incelendiğinde de boya terbiye işletmeleri hariç en büyük maliyet bileşenlerinin hammaddeler (ana madde ve yardımcı maddeler) üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Gürcihan Yüncüler ve Öğünç, ve diğ 2015), (Sanayi Genel Müdürlüğü 2015).

4.1.1. Döviz Kuru Etkisi

Günümüz firmaları, küreselleşmenin de etkisiyle, maruz kaldıkları değişimlerden oldukça etkilenmektedirler. Firmaları etkileyen söz konusu değişimlerden biri de, döviz kuru kaynaklıdır (Mutluay ve Turaboğlu 2013). Ülkemizin ekonomik yapısı ve firmanın yabancı para birimi üzerinden gerçekleştirdikleri faaliyetler nedeniyle döviz kuru ile satış miktarlarının etkileşim içerisinde olduğu söylenebilir.

4.1.2. Hammadde Fiyatları Etkisi

Pamuğun tekstil sektörünün birincil hammaddesi olması, pamuk fiyatlarında yaşanacak dalgalanmaların firma gelirlerindeki etkisinin önemini göstermektedir. Bazen maliyete bağlı olarak iç piyasada oluşan yüksek pamuk fiyatları veya üreticinin dahi kabul edemediği düşük fiyatlar, tekstil firmaları açısından sorun olabilmekte, bu durumda firmaların satışlarında keskin iniş ve çıkışlar gerçekleşebilmektedir. Türkiye de, dünya pamuk ticareti içinde ortaya çıkan gelişmelerden ve dalgalanmalardan en fazla etkilenen ülke konumundadır (Özer ve Özçelik 2010). Bu yüzden pamuk üretiminin pazara sunuluşu, yıl içerisinde büyük değişiklikler, Türkiye'deki tekstil firmaları üzerinde ekonomik anlamda olumlu ya da olumsuz değişikliklere neden olmaktadır.



Şekil 4. 1: Çalışmanın uygulama akış diyagramı

Ülkemizde yıllar itibariyle tekstil sektöründe yaşanan ilerlemeye paralel olarak, pamuk tüketimindeki artış iç üretim artışıyla karşılanamadığından, pamuk ithalat miktarı artmış ve 1990 yılına kadar pamuk ihracatçısı olan Türkiye, başlıca pamuk ithalatçısı ülkelere biri konumuna gelmiştir. Ülkemiz, iç üretimin tüketimi karşılayamaması sebebiyle dünyanın en fazla pamuk ithal eden ikinci ülkesi konumundadır (Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü 2015). İstatistiksel olarak incelendiğinde ise Tekstil Ürünleri Sanayi'nde, toplam üretim girdilerinde tekstil ürünlerinin ithal girdi payı %13,5 ve doğrudan üretim girdileri içinde ithal girdi payı %18,5'tir. Bu oranlar sektör üretiminde toplam üretim girdilerinde % 86,5 ve doğrudan üretim girdilerinde % 81,5 gibi önemli oranlarda yerli hammadde temin edildiği göstermektedir (Keskin 2012).

Dünya pamuk fiyatları olarak Liverpool endeks fiyatları dikkate alınmaktadır. Tüm ihracat işlemleri ve ihracata esas teşkil eden fiyat Liverpool endekslerine göre oluşmaktadır. Liverpool A, Liverpool B ve Memphis Endeksleri dünya pamuk piyasa fiyatlarının oluşmasında baz teşkil etmektedir. Ülkemiz Ege pamuğu Memphis pamuğu ayarına yakın kalitede nitelendirilmektedir (Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü 2016).

Türkiye'deki tekstil hammadde pazarının arzı karşılayamamasından dolayı birçok tekstil firması ithal ettikleri hammaddeleri kullanmak zorunda kalmaktadırlar. Bu duruma istinaden çalışmada satış tahmini gerçekleştirilen firma yoğunlukla ihracat yapan bir firma olduğu için satış rakamlarının belirlenmesinde en önemli etken olan hammadde fiyatları için üç senaryo belirlenmiştir. Üretimin tamamen yerli hammadde (Senaryo 1) ile %80 ithal %20 yerli hammadde (Senaryo 2) ile (ihracat yapan firma olduğu için) ve tamamen ithal hammadde (Senaryo 3) ile gerçekleştirilmesi durumlarına göre ayrı ayrı regresyon analizleri yapılmıştır. Oluşturulan modellerin karşılaştırması belirlilik katsayısı (R^2) ile gerçekleştirilmiştir. Satış değerlerine en uygun tahmini gerçekleştiren senaryoya göre de bulanık mantık tabanlı tahminleme modeli geliştirilmiştir.

Tablo 4. 2: Çalışmada belirlenen hammadde senaryoları

Senaryo	İthal Hammadde	Yerli Hammadde
Senaryo 1	%100	-
Senaryo 2	%80	%20
Senaryo 3	-	%100

4.2. Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli Uygulaması

Bu çalışmada, firmanın satışlarının aylık olarak tahmin edilmesi hedeflenmiştir. 2011-2014 yılları arasında firmanın satış miktarları bağımlı değişken olmak üzere, döviz kuru (\$) ve hammadde fiyatları açıklayıcı değişkenler olarak ele alınmış ve modele dâhil edilmiştir. Çalışmada kullanılan açıklayıcı değişken olan hammadde değişkeninin normal dağılım göstermemesinden dolayı doğal logaritması alınarak seri üssel artışlardan aritmetik artışlara dönüştürülmüştür. Eviews ve SPSS programları ile hesaplamaları gerçekleştirilen çoklu regresyon modelinde En Küçük Kareler (SEK) yöntemi tahmin edicileri kullanılmıştır (Çakmur Yıldıztan 2011).

Regresyon çözümlemesi, bir bağımlı değişkenin, başka bir ya da birkaç bağımsız (açıklayıcı) değişkene olan bağımlılığını inceleyerek, birincinin (anakütle) ortalama değerini, ikinci bilinen ya da değişmeyen değerleri cinsinden tahmin etmeyi veya kestirmeyi amaçlar (Gujarati ve Porter 2012). En küçük kareler yöntemi belli varsayımların sağlanması halinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ortalama ilişkiyi gerçeğe en yakın şekilde tanımlayan yöntemdir. Varsayımlarını sıralamak gerekirse;

1. Hata terimi stokastik bir değişkendir.
2. Hata teriminin ortalaması sıfırdır.
3. Hata terimi normal dağılımlıdır.
4. Hata terimi sabit varyanslıdır.
5. Hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.
6. Bağımsız değişken ile hata terimi arasında bir ilişki olmayıp bağımsız değişken sabit değerlidir.
7. Bağımsız değişkenler arasında güçlü bir ilişki (çoklu doğrusal bağlantı) yoktur.

8. Bağımsız değişken stokastik olmayıp ölçme hataları yoktur.
9. Modelin kurulması doğrudur.
10. Gözlem sayısı açıklayıcı değişken sayısından büyük olmalıdır.

En küçük kareler yöntemi bu varsayımlar altında kendisini regresyon çözümlemesinin en yaygın kullanılan en güçlü yöntemlerinden biri durumuna getirir (Gujarati ve Porter 2012).

Değişkenler arasındaki bu varsayımlar altında regresyon yöntemi regresyon yöntemi ile herhangi bir olayı açıklayan değişkenler arasındaki ilişkiyi gerçeğe en yakın şekilde ifade eden denklem veya doğru bulunmaya çalışılmaktadır.

Belirlilik katsayısı (R^2) örneklem bağlanım doğrusunun verilere ne kadar iyi olduğunu gösteren özet bir ölçüdür. İki değişken arasındaki doğrusal birlikteliğin bir ölçüsü olan belirlilik katsayısı, bağımlı değişkendeki dalgalanmayı açıklayıcı değişkenler tarafından açıklanan oranını ve belirleme gücünün ölçüsünü göstermektedir. Diğer bir deyişle belirlilik katsayısı bağımlı ya da açıklanan değişkendeki değişimin ne kadarının açıklayıcı (bağımsız) değişkenden geldiğini belirtir. 0 ile 1 arasında değer alır ve 1'e yaklaştıkça uyum iyileşir (Gujarati ve Porter 2012). Regresyon doğrusunun gözlem değerlerine uygunluğunun bir ölçüsü olan belirli katsayısının da bazı sakıncaları vardır. R^2 'nin düşüklüğü ve yüksekliği konusunda genel kabul görmüş bir ölçü yoktur. Zaman serilerinde trend etkisinden dolayı R^2 'nin de değeri artabileceği gibi yatay kesit verilerinde ise model uygun olduğu halde R^2 düşük çıkabilmektedir (Tarı 2012).

4.2.1. Normallik Sınaması

Klasik doğrusal regresyon modeli her bir hata teriminin normal dağıldığını varsayar. Normal dağılmış iki değişkenin sıfır ortak varyansı ya da ilişkisizliği, iki değişkenin bağımsız oldukları anlamına gelir. Normal dağılımın bir özelliği de normal dağılmış değişkenlerin doğrusal fonksiyonunun da normal dağılmış olmasıdır (Gujarati ve Porter 2012). Normallik sınamasını için yapılan Kolmogorov-Smirnov Testi (K-S Test) sonucunda satış miktarı ve döviz değişkenleri için p (Asymp. Sig.) değeri 0,05 değerinden büyük çıktığı için bu değişkenlerin dağılımının normal dağılımdan anlamlı bir farklılık sergilemediği, hammadde değişkeninin ise normal dağılım göstermediği ($p < 0,05$) sonucuna ulaşılmıştır. Hammadde değişkeninin

normal dağılım göstermemesinden dolayı normal dağılım göstermesi için doğal logaritması alınarak üssel artışlardan aritmetik artışlara dönüştürülmüştür. Bağımlı (açıklanan) değişken ile bağımsız (açıklayıcı) değişkenler arasındaki ilişkiyi belirmesi amacıyla verilere parametrik test olan Pearson testi uygulanmıştır.

Tablo 4. 3: Kolmogorov – Smirnov testi sonuçları

	N	Kolmogorov-Smirnov Z	Asymp. Sig. (p)
Döviz	48	1,278	0,076
Hammadde	48	1,394	0,041
Satış Miktarı	48	0,637	0,812
LnHammadde	48	1,147	0,144

Tablo 4. 4: Pearson korelasyon testi sonuçları

		Satış Miktarı	LnHammadde	Döviz
Satış Miktarı	Pearson Correlation	1	-0,609**	,415**
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,003
	N	48	48	48
LnHammadde	Pearson Correlation	-0,609**	1	-0,408**
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,004
	N	48	48	48
Döviz	Pearson Correlation	0,415**	-0,408**	1
	Sig. (2-tailed)	0,003	0,004	
	N	48	48	48

**0,01 anlamlılık düzeyinde kabul görür.

Yapılan Pearson testi sonucu incelendiğinde satış miktarı değişkeni ile döviz değişkeninin arasında pozitif yönlü orta seviye bir korelasyon ($r = 0,415$), satış miktarı değişkeni ile hammadde değişkeninin arasında negatif yönlü, orta seviye bir korelasyon ($r = -0,609$) bulunmaktadır. Diğer bir deyişle döviz değişkeninin satış miktarları üzerinde arttırıcı bir etkiye sahipken, hammadde fiyatlarının azaltıcı etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Çoklu bağıntı (multicollinearity) varsayımı bu tabloda incelenecek olursa, açıklayıcı değişkenler arasında orta düzey negatif yönlü ilişki olduğunu, diğer bir deyişle açıklayıcı değişkenler arasında çoklu bağlantı sorunu olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Çoklu bağıntı varsayımının sağlanıp sağlanmadığı değişkenlerin varyans genişlik faktörü (VIF) değerlerine bakılarak da incelenebilmektedir.

4.2.2. Mevsimsellik Sınaması

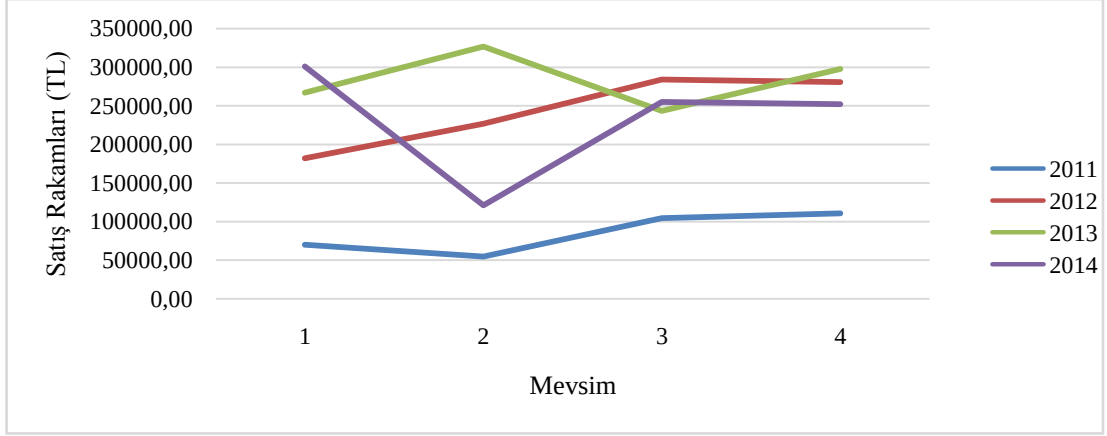
Bir zaman serisi trend, mevsimsel dalgalanma, döngüsel hareket, ve düzensiz rastgele hareketlere sahip hata bileşenlerinden oluşmaktadır. Mevsimselliğe ve trende sahip seriler için durağan seri tanımlaması yapılması tahmin yöntemlerinde hataya sürükleyebilmektedir. Bu yüzden öncelikle serilerin mevsimsel bileşene(etki) sahip olup olmadığı araştırılması gerekmektedir. Mevsimsel bileşen etkisi, korelogram, grafik gibi görsel şekillerden anlaşılabilirdiği gibi literatürde mevsimsel bileşen etkisini ölçmek için testler de uygulanmaktadır. Seride istikrarlı mevsimsellik olup olmadığını sınavan testlerden biri de Kruskal Wallis testidir. Bu çalışmada da serilerdeki mevsimsel etkiyi belirlemek amacıyla Kruskal-Wallis Testi yapılmıştır (Yolsal, 2010).

Tablo 4. 5: Serilerin mevsimlere göre Kruskal-Wallis Testi sonuçları

	Ki-Kare (X^2)	sd	Asymp. Sig.(p)
Satış Miktarı	0,851	3	,812
Hammadde	1,434	3	,698
Dolar	,977	3	,807

Ele alınan satış verilerinin mevsimsel hareketi Şekil 4.2'den incelendiğinde seride mevsimsel bileşenin olmadığı sonucuna varılabilir. Serideki mevsimselliği bilimsel açıdan test eden Kruskal – Wallis Testi sonucu incelendiğinde de %5 önem seviyesinde seride mevsimsel dalgalanmanın gözlemlenmediği sonucuna ulaşılmıştır. Kruskal-Wallis testi sonuçları Tablo 4.5'te verilmiştir. Tüm değişkenler için X^2 değerleri $X^2_{(\alpha/2, sd)}^1$ tablo değerinden küçük olduğundan yokluk hipotezinin reddedilmesi gerekmektedir. Bu da mevsimlere göre değişkenlerin farklılık göstermediğini belirtir.

¹ $X^2_{(0,025,3)} = 9,35$ (Gujarati ve Porter 2012).



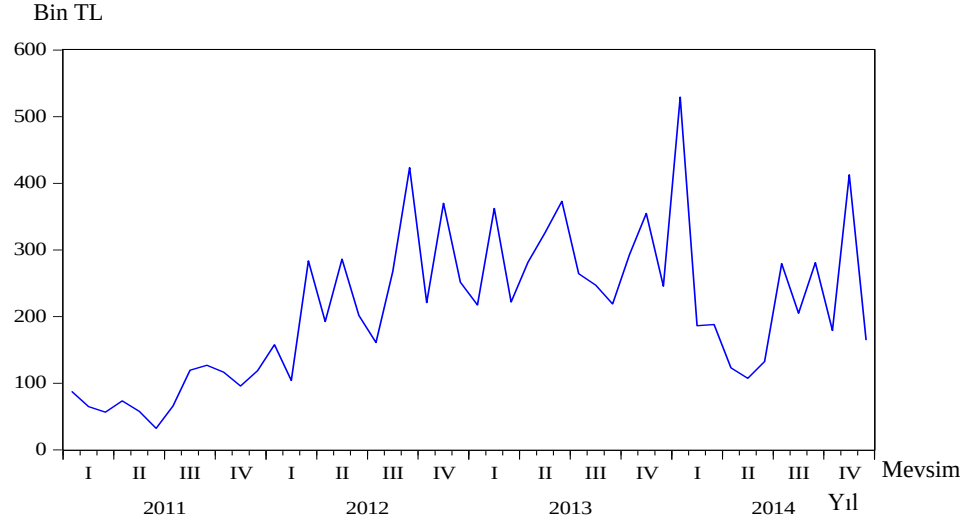
Şekil 4.2: Satış verilerinin mevsimsel hareketi

Zaman serileri trend, mevsimsel dalgalanma, döngüsel hareket ve düzensiz rastgele hareketlere sahip hata bileşenlerinden oluşmaktadır. Genellikle serilerde mevsimsel dalgalanma veya döngüsel hareketten sadece biri olacağından döngüsel hareket denkleme yazılmaz. Döngüsel hareketin belirlenebilmesi için de serinin gözlem sayısının çok fazla olması gerekir (Kadılar 2005).

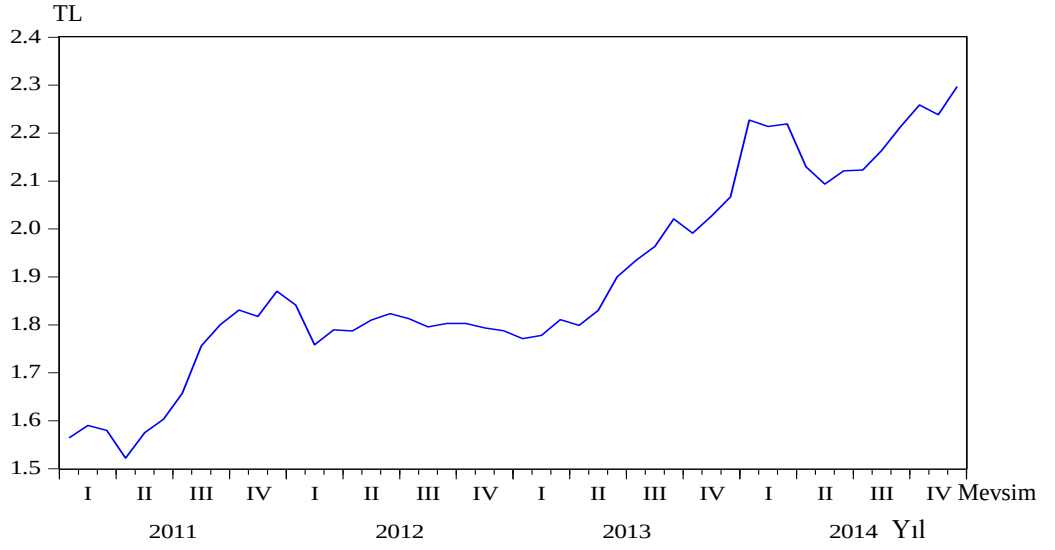
4.2.3. Durağanlık Sınaması

Çalışmadaki amaç veri setinde yer alan aykırı gözlemlerden mümkün olduğu kadar az etkilenen parametreler elde ederek hata miktarı düşük tahmin değerlerine ulaşmaktır. Zaman serilerinin en önemli yönlerinden biri, modele eklenecek olan serilerin durağan (stationary) ya da durağan olmamalarıdır. Bir zaman serisinin istatistiksel analizi yapılmadan önce durağan olup olmadığının araştırılması gerekir. Çünkü trend faktörü, bağımlı değişkenin trendiyle uyum sağlayarak aralarında sahte bir ilişki oluşturabilir. Bu da sahte (spurious) regresyona sebebiyet verebilir (Wooldbridge 2012). Ancak durağanlaştırmak için farkları alınan serilerin geçmiş dönemlerde maruz kaldığı şokların etkisi yok olur ve dönemler arasında bu şoklar dışında oluşabilecek uzun dönemli ilişkilerin de ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle değişkenlerin aynı dereceden bütünleşik olup olmadığına bakılmalıdır. Eğer durağan olmayan iki zaman serisi aynı dereceden entegre iseler seriler aralarında eşbütünleşik olabilir ve iki serinin orijinal değerleri arasında bulunacak regresyon denklemi sahte olmayıp, anlamlıdır. Çünkü aynı dereceden

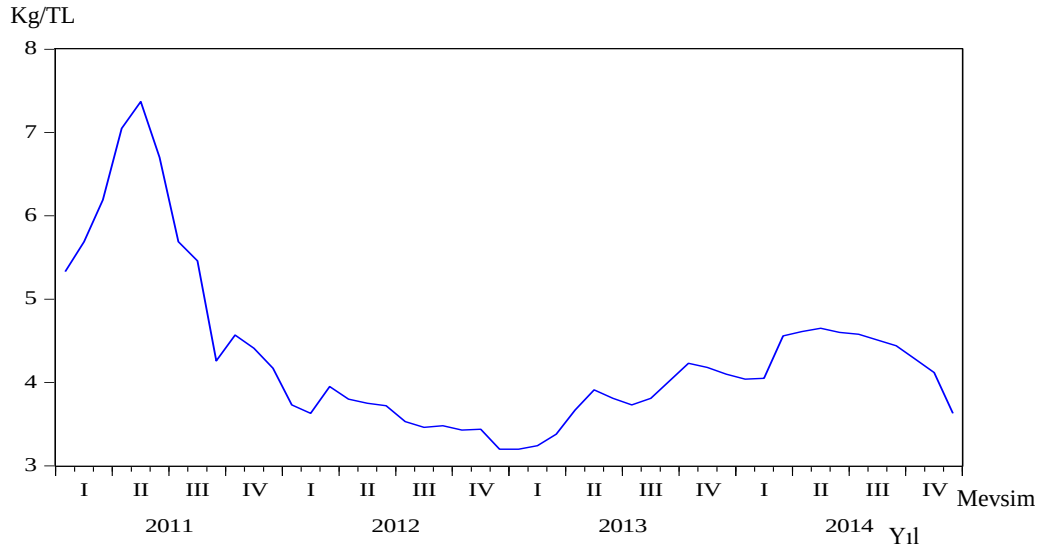
bütünleşik olan serilerin ikisindeki trendin birbirini yok ederek trend faktöründen arındırılmış bir ilişkinin ortaya çıkarılmasını sağlar (Tarı 2012).



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.3: Değişkenlerin zaman serisi hareketleri a) Satış miktarı zaman serisi
b) Döviz zaman serisi c) Hammadde zaman serisi

Değişkenler grafiksel olarak incelendiğinde hepsinin belirli bir trende sahip olduğu ve durağan olmadıkları sonucuna ulaşılmaktadır. Bilimsel olarak seviyelerine uygulanan birim kök test sonuçlarında da test istatistikleri ve olasılık sonuçları analizde kullanılacak olan değişkenlerin düzeyde $I(0)$ durağan olmadığını ve birim kök problemi içerdiğini göstermektedir. Bu nedenle serilerin birincil farkları alınarak birincil farklarında ($I(1)$) durağan seri olup olmadıkları araştırılmıştır.

Tablo 4.6: Dickey Fuller birim kök testi

	I(0)		I(1)	
	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Satış Miktarı	-2,52	0,3173	-13,12	0,000
LnHammadde	-2,039	0,5646	-4,611	0,003
Dolar	-1,849	0,6646	-5,606	0,0002

Değişkenlerin birincil farklarına bakıldığında, elde edilen sonuçlara göre değişkenlerin birincil farklarının ($I(1)$) durağan oldukları görülmüştür. Bu da aynı seviyeden entegre olan seriler ile oluşturulacak regresyon denkleminin sahte olmayacağını göstermektedir.

4.2.4. Regresyon Denkleminin Oluşturulması

Tablo 4.7: Çoklu doğrusal regresyon denklemi modeli

Model Özeti ^b										
Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin Standart Hatası	Değişim İstatistikleri					Durbin- Watson İstatistiği
					R ²	F	sd1	sd2	Sig. F	
					değişimi	Değişimi			Değişimi	
1	0,649 ^a	0,421	0,395	86856,62	0,421	16,335	2	45	0,000	1,973
a. Bağımsız değişkenler: (Sabit), Hammadde, Döviz										
b. Bağımlı Değişken: Satış Miktarı										

Regresyonda oluşan artan değerler arasındaki otokorelasyonu tespit etmek için çeşitli testler bulunmaktadır. Bunların içinde en çok bilineni Durbin-Watson testidir. Hata serisinin otokorelasyona sahip olup olmadığını test etmek amacıyla oluşturulan Model Özeti tablosu incelendiğinde Durbin-Watson d istatistiği değeri, Durbin-Watson d istatistiği tablosunda 0,01 anlamlılık düzeyindeki değerlere göre, $d_U < d < d_L$ olduğundan ($d_U=1,484$, $d_L=1,350$ (Gujarati ve Porter 2012), $d=1,973$) hata terimlerinin kendi içlerinde bir ilişkiye sahip olmadığını göstermektedir. Bir başka deyişle, regresyon analizinin varsayımlarından biri olan hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur varsayımı bu model için ispatlanmıştır.

4.2.5. Anlamlılık sınaması

Anlamlılık sınaması, örneklem sonuçlarının, bir yokluk hipotezinin kabul edilip edilmediğini belirlemede kullanılan bir süreçtir. Değişkenler arası ilişkinin derecesini gösteren R değerinin anlamlılığını sınavan varyans analizi (ANOVA) tablosu 0,01 anlamlılık düzeyinde incelendiğinde p değerinin 0,01'den küçük olması ($p=0,00<0,01$) oluşturulan regresyon modelindeki, bağımlı ve bağımsız değişkenler arası ilişkiyi gösteren $R = 0,649$ değerinin anlamlı olduğunu göstermektedir (Tablo 4.7). Yani hammadde ve döviz fiyatları (bağımsız değişkenler) ile satış miktarları arasındaki doğrusal ilişki, istatistiksel olarak anlamlı düzeydedir.

Tablo 4.8: ANOVA tablosu

ANOVA ^a					
Model	Kareler Toplamı	sd	Ortalama Kare	F	Sig.
1 Regression	246461992548,218	2	123230996274,109	16,335	0,000 ^b

^a. Bağımsız değişkenler: (Sabit), Hammadde, Döviz

^b. Bağımlı Değişken: EvGiyimiMiktar

4.2.6. Sabit Varyans sınaması (Homoscedasticity)

Doğrusal regresyon modelinin önemli varsayımlarından biri de sabit varyans varsayımdır. Bu varsayıma göre, hata terimi varyansı, bağımsız değişkendeki değişimlere bağlı olarak değişmeyip, aynı kalmaktadır (Gujarati ve Porter (2012). Değişen varyans olup olmadığını araştırmak için geliştirilmiş çeşitli sistematik testler vardır (Tarı, 2012). Bu çalışmada testlerden biri olan White testi kullanılmıştır. White Testi sonuçlarına göre $Obs \cdot R^2 < X^2_{(a, sd)}^2$ olduğundan ($p > 0,05$) modelde değişen varyans olmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 4.9: White Testi sonuçları

Model	Obs* R^2	p
Regresyon	10.18	0,0657

4.2.7. Çoklu Bağınltı Sınaması

Regresyon çözümlemesinde bağımsız değişkenler arasında çoklu bağınltı (multicollinearity) gözlemlenmemelidir. Bağımsız değişkenler arasında çoklu bağınltı ilişkisinin görülmesi değişkenlerden birinin bu modele etki etmediğini gösterir. Bu değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı veya katsayı tablosundaki VIF değeri ile tespit edilebilir (Tarı 2012). VIF değerinin 10 değerinden küçük ($VIF < 10$) ve Korelasyon Tablosu incelendiğinde hammadde ve döviz bağımsız değişkenleri arasındaki korelasyon katsayısının -0,408 olduğu görülmektedir. Aynı zamanda çoklu bağlanım istatistiklerinde belirtilen tolerans değerlerinin 0,1'den

² $X^2_{(0,5,5)} = 11.07049$ (Gujarati ve Porter 2012).

büyük olduğu belirtilmiştir. Bu da bağımsız değişkenler arasında çoklu bağıntının gözlemlenmediğini belirtmektedir.

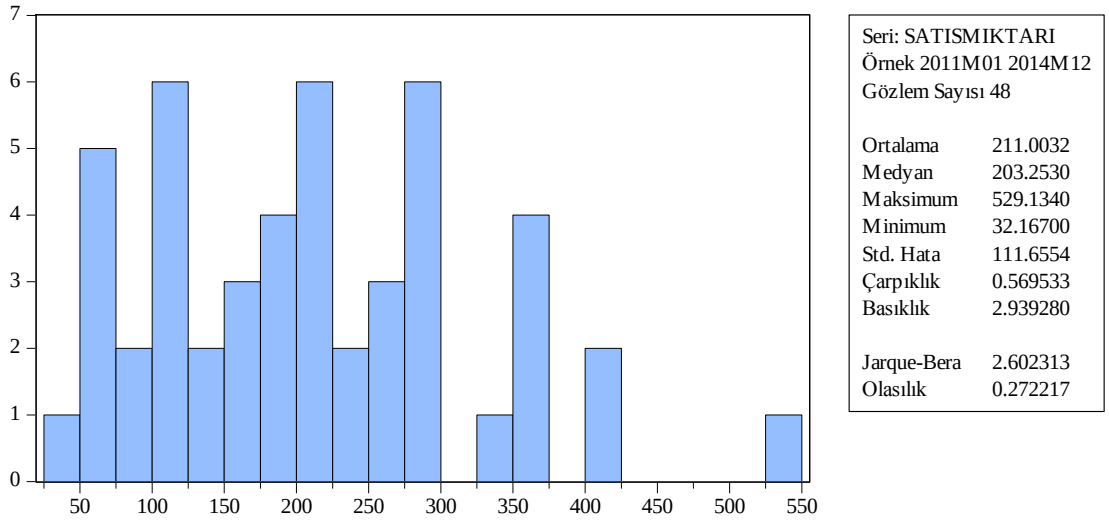
Tablo 4.10: Regresyon denklemi modeli

Model Katsayıları Tablosu							
Model	Standartlaştırılmamış		Standartlaştırılmış			Çoklu Bağntı	
	Katsayılar		Katsayılar			İstatistiği	
	B	Standart Hata	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
(Constant)	403834,742	174301,075		2,317	0,025		
Döviz	124351,278	63412,654	0,233	1,961	0,046	0,910	1,099
LnHammadde	-297199,592	65602,739	-0,539	-4,530	0,000	0,910	1,099

Model katsayıları tablosu incelendiğinde, %95 güven düzeyinde tüm bağımsız değişkenlerin model üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

SPSS programı ile parametre tahminleri belirlenen çoklu regresyon denklemi denklem 4.1’de belirtilmiştir.

$$Y_i = 403834,742 - 297199,592 X_{hammadde} + 124351,278 X_{döviz} \quad (4.1)$$



Şekil 4.4: Hata terimlerinin histogram grafiği

Regresyon modelinin değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklayabildiğini söyleyebilmek ve modeli herhangi bir amaç doğrultusunda kullanabilmek için modelin hata terimi ile ilgili temel varsayımlara sahip olması gerekmektedir. Bu varsayımlarından biri olan hata terimlerinin normal dağılması koşulunu sınamak için

kullanılan yöntemlerden ikisi Şekil 4.4'te Jarque-Bera Testi ve hataların histogramı olarak gösterilmiştir (Gujarati ve Porter 2012). Hesaplanan Jarque-Bera değeri dikkate alındığında hata terimlerinin normal dağıldığı ($JB < X^2_{(0,05,2)}^3$) tespit edilmiştir (Jarque ve Bera 1987).

Regresyon analizinin geçerliliği için gerçekleştirilen tüm sınamalar Senaryo 1 için yapılmıştır. Çünkü çoklu regresyon analizinin varsayımlarına uygun ve en yüksek R^2 değerine sahip modelin tamamıyla ithal pamuk kullanılması durumunda (Senaryo 1) olduğu Tablo 4.11'de görülmektedir.

Tablo 4.11: Senaryoların karşılaştırılması

Senaryo		K-S Test(p)	Jarque Bera	ANOVA	White Test		VIF Değeri	R^2
					obs* R^2	p(X^2)		
1	Satış	0,812	0,319	0,00	10,18	0,2100	1,099	0,421
	LgHammadde***	0,214						
	Döviz	0,076						
2	Satış	0,812	0,319	0,001	11,52*	0,0359**	1,11	0,275
	Hammadde	0,077						
	Döviz	0,076						
3	Satış	0,812	0,025**	0,00	7,19	0,2167	1,231	0,475
	LgHammadde***	0,164						
	Döviz	0,076						

* $X^2_{(0,5,5)} = 11.07049$ 'dan büyük değer

**p<0,05

***Normal dağılım göstermediği için doğal logaritması alınmıştır.

Senaryo 2 için yapılan White Testi sonuçlarına bakıldığında modelde değişen varyans durumu gözlemlendiği, Senaryo 3 ise Jarque-Bera Testi sonuçlarına göre hata terimlerinin normal dağılmadığı tespit edildiğinden bu senaryolar çalışmaya dahil edilmemiştir. Senaryo 1 için Tablo 4.11'den R^2 değerine bakıldığında bağımlı değişkendeki değişimin bağımlı değişkenler tarafından açıklanma oranı %42,1 olarak bulunmuştur.

4.2.8. Bağımsız Değişkenler için Tahmin Değerleri

İstatistiksel öngörü yöntemleri ile değişkenlerin gelecekteki değerleri ekonometrik modeller de olduğu gibi değişkenlerin arasındaki sebep sonuç

³ $X^2_{(0,05,2)}=5.991$ (Gujarati ve Porter (2012)).

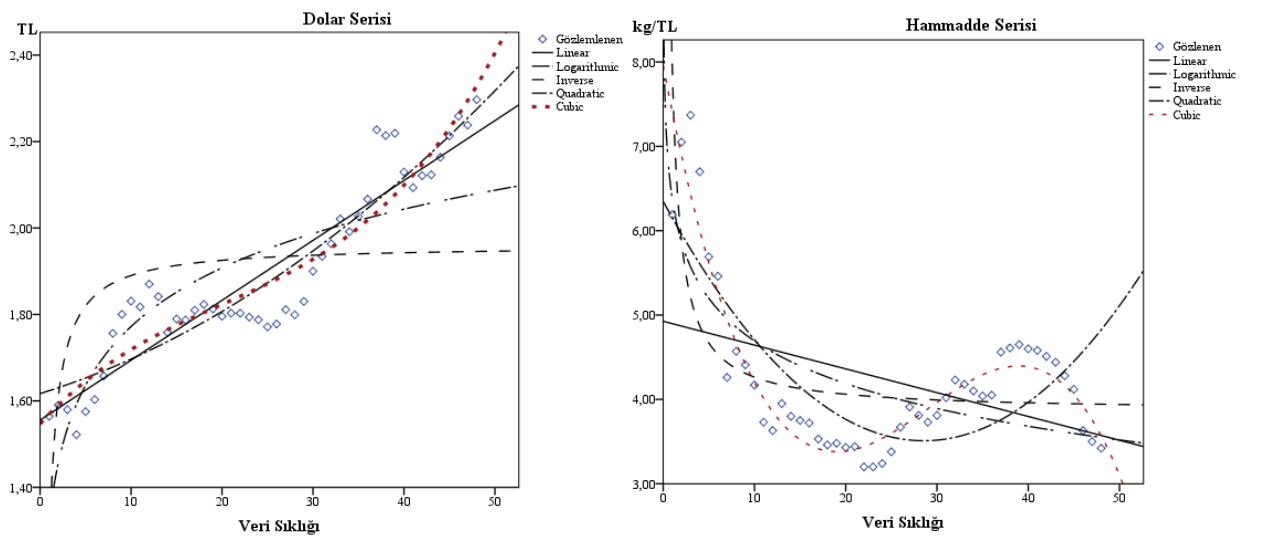
ilişkilerini dayandırılmayıp; tek bir değişikliğinin geçmiş dönemdeki davranışlarına

R^2	F	Sig.	Sabit	b1	b2	b3
-------	---	------	-------	----	----	----

dayandırılmaktadır. Bu yöntemler basit ekstrapolasyon modelleri olarak tanımlanmaktadır. Bu modellerin varsayımları şu şekildedir;

- Bir bütün olarak soruşturma altında olgusunun gelişimi pürüzsüz bir eğri tarafından tanımlanan;
- Geçmişte olayların genel eğilim gelecekte önemli değişikliklere sebep olmaz (Tarı 2012).

Döviz ve hammadde değişkenlerine uygulanan basit ekstrapolasyon modellerinden en büyük R^2 değerine sahip model değişken serisi ile uyum içerisinde hareket eden modeldir. Şekil 4.5 ve R^2 (Tablo 4.12) tabloları incelendiğinde eğrisel olarak değişkenlere en uygun modelin kübik model olduğu belirlenmiştir.



Hammadde Serisi	Doğrusal	0,189	10,709	0,002	5,064	-0,030		
	Logaritmik	0,393	29,765	0,000	6,346	-0,691		
	Ters	0,247	15,097	0,000	4,039	3,029		
	Karesel	0,649	41,520	0,000	6,625	-0,218	0,004	
	Kübik	0,727*	39,121	0,000	7,439	-0,407	0,013	0,000
	Güç	0,361	25,957	0,000	6,321	-0,137		
	S	0,248	15,139	0,000	1,383	0,628		
	Üssel	0,153	8,331	0,006	4,857	-0,006		
Döviz Serisi	Doğrusal	0,858	277,472	0,000	1,555	0,014		
	Logaritmik	0,688	101,234	0,000	1,321	0,196		
	Ters	0,290	18,777	0,000	1,960	-0,703		
	Karesel	0,873	155,115	0,000	1,617	0,006	0,000	
	Kübik	0,886*	113,914	0,000	1,547	0,023	-0,001	0,00001117
	Güç	0,722	119,555	0,000	1,383	0,105		
	S	0,321	21,748	0,000	,669	-0,388		
	Üssel	0861	284,951	0,000	1,576	0,007		

Tablo 4.12: Basit ekstrapolasyon modellerine göre parametre tahmini

Döviz ve Hammadde serileri için en uygun kübik regresyon denklemleri Eşitlik(4. 2) ve Eşitlik(4. 3)'deki gibidir.

$$Y_{Döviz}(t) = 1,547 + 0,023 \cdot x_1 - 0,001 \cdot x_2 + 0,00001117 \cdot x_3 \quad (4. 2)$$

$$Y_{Hammadde}(t) = 7,439 - 0,407 \cdot x_1 + 0,013 \cdot x_2 + 0,000 \cdot x_3 \quad (4. 3)$$

4.2.9. Çoklu Regresyon Modeli Tahmin Sonuçları

Kübik ekstrapolasyon modeli sonucunda tahmin edilen döviz ve hammadde bağımsız değişkenleri kullanılarak çoklu doğrusal regresyon modeli ile elde edilen satış miktarı tahmin ve gerçekleşen değerleri Tablo 4.13'te verilmiştir. Döviz ve hammadde fiyatlarına göre satış miktarında gerçekleşen dalgalanma tabloda gözlemlenmektedir. Çoklu regresyon, simetrik ve simetrik olmayan olarak geliştirilen bulanık mantık modeli, uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi modeli ile elde edilen tahmin değerleri, gerçekleşen değerler ile karşılaştırılmalı olarak Tablo 4.14 gösterilmiştir.

Tablo 4.13: 2015 Yılı için tahmin edilen ve gerçekleşen gözlem değerleri

Ay	Tahmin Edilen (TL)			Gerçekleşen (TL)		
	Döviz	Hammadde	Satış Miktarı	Döviz	Hammadde	Satış Miktarı
1	2,366	4,323715	262915	2,3369	3,604	394717
2	2,404	4,285167	270302	2,4642	3,649	169094
3	2,445	4,234326	278948	2,5933	3,729	216202
4	2,487	4,17041	288691	2,655	3,873	406377
5	2,532	4,092638	299882	2,6511	4,246	276296
6	2,579	4,000226	312514	2,7072	4,346	254714
7	2,628	3,892395	326728	2,704	4,366	258028
8	2,680	3,76836	342819	2,8571	4,449	268088
9	2,734	3,62734	360870	3,0135	4,652	302969
10	2,790	3,468554	381136	2,9296	4,46	611174
11	2,849	3,291219	404070	2,8763	4,57	507515
12	2,911	3,094554	430092	2,9228	4,55	530633

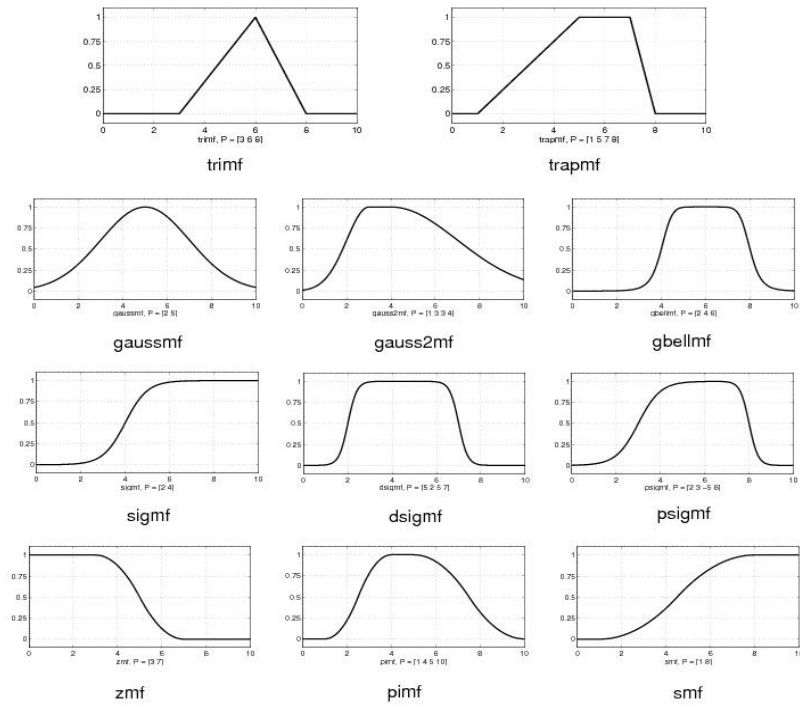
4.3. Geliştirilen Bulanık Mantık Modeli

Bu çalışmada, bir firmanın satışlarının aylık olarak tahmin edilmesi hedeflenmiş ve bu hedef doğrultusunda bulanık mantık yöntemiyle tahmin modeli geliştirilmiştir. Şekil 4.7’de görüldüğü üzere iki girdi ve tek çıktılı bulanık mantık modelinde girdi değişkenlerini, çoklu regresyon modelinde bağımsız değişken olan hammadde fiyatları ve döviz kuru değişkenleri temsil etmektedir. Modele girdi olarak seçilen döviz kuru ve hammadde fiyatı değişkenleri için oluşturulan üyelik fonksiyonları sırasıyla şekil 4.8.a ve şekil 4.8.b’de görülmektedir. Çıktı olarak seçilen satış miktarı değişkenine ait üyelik fonksiyonları ise, şekil 4.8.c’de görülmektedir.

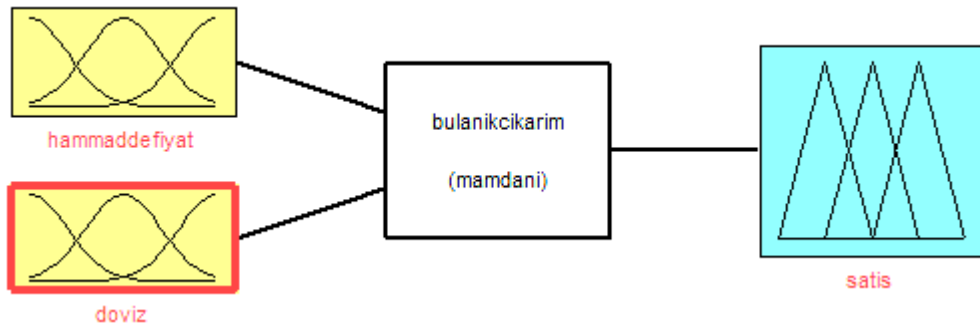
MATLAB programının ANFİS arayüzünde yapılan analiz ile her bir üyelik fonksiyonu için ayrı ayrı eğitim işlemi gerçekleştirilmiş ve kullanılacak üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Eğitim sonucu oluşan hata değerleri Tablo 4.14’te verilmiştir. Verilere en uygun ve hata değeri en küçük olan üyelik fonksiyonu, üçgensel üyelik fonksiyonu (trimf) seçilmiştir.

Tablo 4. 14: Üyelik fonksiyonları hata değerleri

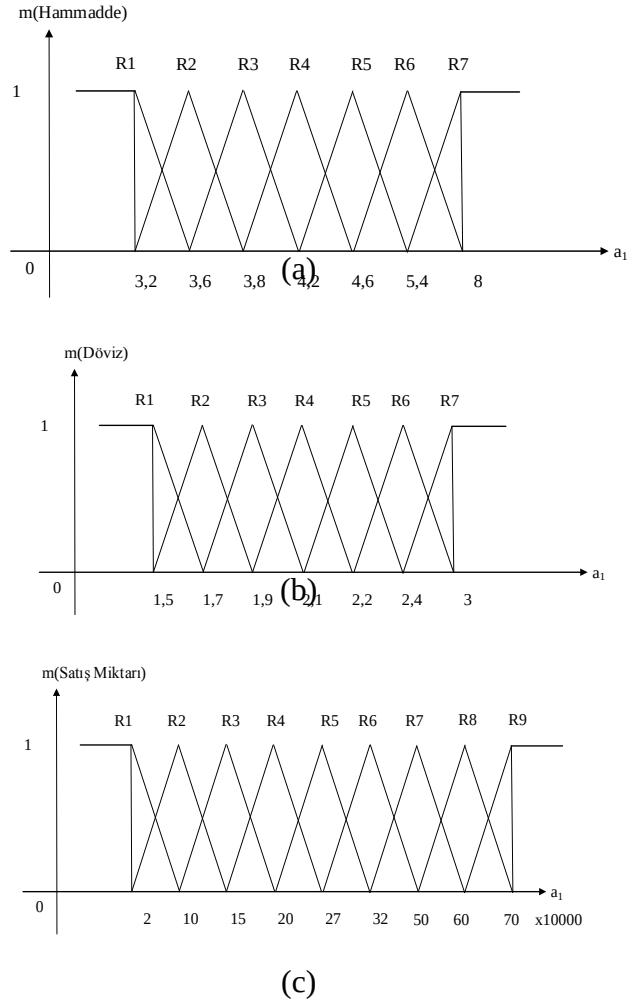
Üyelik Fonksiyonu	30 Çevrim 7 Üyelik Fonksiyonu Hata Değeri
Trimf	0,052957
Trapmf	0,078593
Gbellmf	0,056298
Gaussmf	0,053835
Gauss2mf	0,055615
Pimf	0,074166
Dsigmf	0,054812
Psigmf	0,054812



Şekil 4. 6 : Matlab'ta bulunan üyelik fonksiyonu çeşitleri



Şekil 4. 7: Geliştirilen modelin MATLAB programındaki genel yapısı



Şekil 4.8: a) Hammadde, b) Ortalama döviz kuru, c) Satış parametreleri için oluşturulan bulanık küme gösterimi

Literatürdeki bulanık mantık ile ilgili önemli belirsizliklerden biri üyelik fonksiyonlarının aralık genişlikleridir. Çünkü farklı aralık değerleri tahmin değerlerini de etkilemektedir. Burada dikkat edilmesi gereken konu üyelik fonksiyonu aralıklarının çok büyük ya da çok küçük seçilmemesidir. Bu çalışmada üçgensel üyelik fonksiyonları belirlenirken, Huarng (2011)'ın önermiş olduğu dağılıma ve ortalamaya dayalı aralık değerinin belirlenmesi yaklaşımı baz alınmıştır. Aynı zamanda sezgisel olarak geliştirilen simetrik olmayan model ile de tahminlerde bulunulmuştur. Kural tabanının oluşturulması aşamasında Wang ve Mendel'in önermiş oldukları bulanık kural tabanı ile belirlenen ilişkisel matris Tablo 4.9'da verilmiştir. Bulanık İlişkisel Matris(FAM) ile 24 adet kural oluşturulmuş ve MATLAB programına aktarılmıştır.

Satış Miktarı		Döviz						
		Mf1	Mf2	Mf3	Mf4	Mf5	Mf6	Mf7
Hammadde	Mf1		MF6	MF4				
	Mf2		MF6	MF2		MF4	MF3	
	Mf3		MF5	MF6			MF4	
	Mf4		MF2	MF5	MF4	MF5	MF5	MF5
	Mf5		MF2	MF3	MF2	MF4		MF7
	Mf6	MF2	MF1			MF7		
	Mf7	MF2						

Şekil 4.9: Bulanık ilişkisel matris (FAM)

Oluşturulan Bulanık İlişkisel Matris'te bulunan değerler şu şekilde tanımlanmaktadır;

R₁: EĞER *pamuk* MF1 VE *döviz* MF2 ise, O HALDE *satış miktarı* MF6'dır.

R₂: EĞER *pamuk* MF1 VE *döviz* MF3 ise, O HALDE *satış miktarı* MF4'tür.

⋮

R₂₄: EĞER *pamuk* MF7 VE *döviz* MF1 ise, O HALDE *satış miktarı* MF2'dir.

MATLAB programında hesaplamaları gerçekleştirilen bulanık küme ve kural tabanının birleşmesi sonucunda tahmin değerleri oluşturulmaktadır. Kübik regresyon modeli ile tahminlenmiş olan döviz ve hammadde değişkenleri, programda oluşturulan modele girildiğinde Mamdani Çıkarım Sistemini kullanan model 2015 yılı için tahminlenen çıktı değerini (tahmin değeri) vermektedir.

Çoklu regresyon analizinde R² değerleri kıyaslamasına göre senaryo 1 ve senaryo 3 bulanık mantık modeline dâhil edilmiştir. Şekil 4.6'da hem senaryo 1 için hem senaryo 3 için hazırlanmış model yapısı ve MATLAB programı girdi ve çıktı değişkenleri şematik olarak gösterilmiştir.

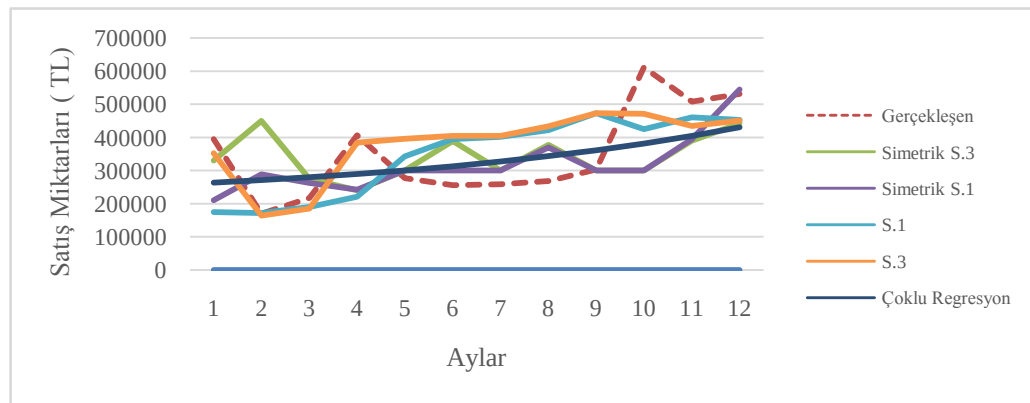
4.4. Sonuçların Karşılaştırılması

Oluşturulan iki girdili tek çıktılı modeller MATLAB programında analiz edilmiş ve tahmin sonuçlarına Tablo 4.11'de yer verilmiştir.

Tablo 4.15: Oluşturulan modeller ile elde edilen tahmin sonuçları

Tahmini Satış						
Bulanık Model						
		Simetrik	Simetrik olmayan			
2015	Gerçekleşen Satış	S.3	S.1	S.1	S.3	Çoklu Regresyon
1	394717	330000	210000	260000	352000	262915
2	169094	450000	288000	191000	164000	270302
3	216202	275000	262000	189000	185000	278948
4	406377	240000	242000	220000	384000	288691
5	276296	300000	300000	342000	396000	299882
6	254714	389000	300000	395000	404000	312514
7	258028	300000	300000	401000	404000	326728
8	268088	377000	369000	422000	433000	342819
9	302969	300000	300000	473000	473000	360870
10	611174	300000	300000	425000	471000	381136
11	507515	390000	394000	460000	434000	404070
12	530633	442000	544000	453000	451000	430092

Tahmin hatası ölçütleri bir hizmet ya da ürün için en iyi tahmin yönteminin seçiminde önemli bilgi sağlar (Krajewski ve diğ. 2013). Bu çalışmada da tahmin modeli oluşturulmasında kullanılan çoklu regresyon ve bulanık mantık modellerinden elde edilen sonuçların tutarlılık oranları Ortalama Hata (ME), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Hata Kare: (MSE) ve Ortalama Mutlak Yüzden Hata (MAPE) tahmin hatası ölçütleri ile aşağıdaki Tablo 4.12’de belirtilmiştir.



Şekil 4. 10: Modellere göre tahminlenen ve gerçekleşen satış miktarları

Tablo 4.16: Uygulanan yöntemlerin tutarlılık ölçümleri

Simetrik	Simetrik Olmayan
----------	------------------

	S.1	S.3	S.1	S.3	Çoklu Regresyon
MAD	97224,75	116663,6	118369,1	95384,75	94182
MSE	1,68E+10	2,21E+10	1,87E+10	1,24E+10	1,14E+10
MAPE	27,98294	38,38343	34,81186	30,1952	27,75296

Çalışmada başvuru tahmin etkinliğini ölçme tekniklerinde istenilen sonuç, en küçük değere sahip MAD, MSE ve MAPE istatistiklerine sahip tahmin modelini bulmaktır (Çuhadar 2006). Lewis(1982), MAPE değeri %10'un altında olan tahmin modellerini "çok iyi", %10 ile %20 arasında olan modelleri "iyi", %20 ile %50 arasında olan modelleri "kabul edilebilir", %50'nin üzerinde olan modelleri ise "yanlış veya hatalı" olarak tanımlamıştır (akt. Çuhadar ve diğ. 2009). Tüm karşılaştırma yöntemlerinin tahmin etkinliği değerlerine bakıldığında tüm tahmin yöntemlerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan serilerin trende sahip olmasından ve mevsimsel olmamasından kaynaklanan avantajla regresyon yöntemi diğer yöntemlere göre daha iyi bir performans sergilemiştir. Aynı zamanda simetrik üçgensel bulanık üyelik fonksiyonun ve yerli hammadde fiyatlarının kullanıldığı bulanık model ise regresyon yöntemine çok yakın MAPE değeriyle en iyi ikinci yöntem olmuştur. Tablo 4.17'de en iyi yöntem seçilen regresyon modeli ile elde edilen tahmin sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4.17: Oluşturulan modeller ile elde edilen 2016-2017 tahmin sonuçları

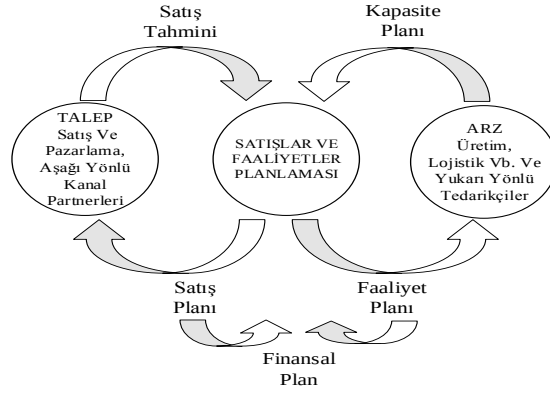
Aylar	2016	2017
1	459650	678413
2	493605	691500
3	533021	705037
4	579508	719033
5	588920	733496
6	598706	748433
7	608876	763854
8	619437	779767
9	630399	796180
10	641769	813101
11	653556	830539
12	665768	848503

Pazarın ekonomisinin rekabeti, belirli mallara olan talebin değişkenliğini belirler. Üretim seviyesi müşteri taleplerini yansıtmalıdır. Bu, satış tahmini yardımıyla tahmin edilebilir. Tahminin hedefi, iş kararlarını verme ve

gerçekleşebilecek olayların analiz edilmesi için mümkün olan en objektif ve önemli ön koşulları sağlamaktır.

Talep ölçümü, talebin niceliksel tahminlerinin yapılmasına ilişkin faaliyetler bütünüdür. Talep tahmini ise, belirli bir ürünün, belirli bir gelecek zaman içindeki satışlarının tahminidir. Talep tahminlemesinin sonucu ise bir satış tahminidir. Satış tahmini, bir endüstri veya bir firmanın bir pazar dilimine satmayı umduğu mal ve hizmet miktarıdır (Tek 1999).

Tahmin gereksinimi, üretim yapıp yapmadığına, hizmet sunmasına veya mal satmasına bakılmaksızın, her işletmeye özgüdür. İşletmeler, sermayeyi, maddi ve beşeri kaynaklarını etkin kullanarak müşterilerinin özel ihtiyaçlarını karşılamak için kurulmuştur. İşletme sahipleri, yöneticiler ve diğer çalışanlar böylelikle gelir elde etmekle birlikte, bu sayede işletmeye gelişme olanağı sağlanmaktadır. Yöneticilerin en önemli görevleri misyonu, faaliyet alanını, uzun vadeli hedefleri, hedeflere ulaşmak için gerekli stratejileri formüle etmektir. Görevlerin yöneticiler tarafından formüle edilmesi, planlamaya ve gerekli faaliyetlerin gerçekleştirilmesine katkıda bulunur ve işletmenin performansının değerlendirilmesine olanak sağlar. Kararlar alınmadan önce, şirkette mevcut olan kaynakların, kullanılabilecek araçların ve yöntemlerin derinlemesine bir analizi yapılır. Yöneticiler işletme için önemli görevleri tanımlarken, işletme tarafından üretilebilecek mallara olan talep, genel ekonomik koşullar, teknolojik değişiklikler, rakipler tarafından alınan önlemler, kurumda olası değişikliklerin tahminlerini baz almalıdır. Örneğin, satış yöneticisinin satış planlama süreci, satış tahmini ile başlar. Fakat, satış tahmin süreci oldukça karmaşık bir yapı taşır. Çünkü, satışların dışında, piyasa payının, maliyetlerin ve bu işlerden arzu edilen kazançların da tahmin edilmesi gerekir. Tahminlerin hazırlanması, işletmenin çevresinin piyasanın, rakiplerin, dağıtım kanalındaki kişi ve kuruluşlar ile şirket faaliyetlerinin anlaşılmasını ve satış yöneticisinin bütün bu sıralanan konularla ilgili bilgi sahibi olmasını gerektirir.



Şekil 4. 11: Satış ve operasyonel planlama veri alışverişi (Mentzer ve Moon 2005)

Planlama ve tahmin karar verme sürecinin temelini oluşturmaktadır. Her iki kavram da belirli yöntemlerin ve teknolojilerin, özel bilgi ve uygulamaların toplanmasını ve işlenmesini gerektiren işlemlerdir. Uygulamada, bir plan ile tahmin arasında bir ayrım yapılması zordur ancak kavramlar aynı değildir. Tahmin, gelecekte belli bir olay olasılığına ilişkin bilimsel bir karardır; planlama, tahmin yöntemlerini, irrasyonel davranışlarla genişletilen, yöneticinin deneyimlerinin, sezgilerinin ve uzmanlıklarının birleşimidir. Böylece, tahmin planlama sürecinin bir parçası olduğunu söylemek kaçınılmazdır. Tahmin yapmak, karar verme sürecindeki belirsizliğin sınırlandırılması amacıyla gerçekleştirilir. Unutulmamalıdır ki, bir tahmin planlamanın yerini alamaz, ancak planın ayrılmaz bir parçasıdır (Kurzak 2012).

Her işletme, stratejik planlarına göre belirli hedeflere ulaşmak isterler. Bu hedefler çok açık ve kesin olabilir veya örtük ya da genel olabilir. İşletmeler her ne kadar farklı hedeflere ulaşmak için çabalarlarsa da, aslında ortak bireysel hedefler üzerinde farklı faaliyetler göstermektedirler. Karlılık, satış hacmi, pazar payı, büyüme ve kurumsal imaj bu hedeflerin ortak temelini oluşturmaktadır.

Satış tahminleri, ürün özelliklerini ve satış koşullarını göz önüne alındığında, insanların satın alacakları miktarı tahmin etmektir. Satış tahminleri, yatırımcıların yeni girişimlerdeki yatırımlarla ilgili kararlar almasına yardımcı olur. Bunlar, firmanın verimli çalışması için hayati önem taşımaktadır ve yöneticilere, yapacakları bir tesisin büyüklüğü, taşınacak envanterin miktarı, işçi sayısı, kiralanan reklam miktarı, yerleştirilecek reklamın miktarı gibi kararlarda yardımcı olabilirler. Karlılık, doğru bir satış ve maliyet tahmini yapılması ve planlamada tahminin doğru ve düzenli bir şekilde kullanılması üzerine kuruludur (Mccarthy 2006).

Bu tez çalışması ile gelecek dönem satış tahmin değerleri elde edilmiştir. Belirlenen rakamlar ışığında işletmenin bunları veri olarak, finans, kurumsal yönetim, üretim ve pazarlama gibi kilit operasyonel alanlarda yapılan birçok faaliyet alanıyla ilgili kritik kararlarda kullanması planlanmaktadır. Aynı zamanda bu satış tahminleri, bütçeleme, nakit akışı, genişleme, sermaye donanımı ve hammadde alımı yatırımları, envanter yönetimi, ürün konumlandırma ve yerleştirme, üretim planlaması, finansal planlama, üretim çizelgeleme ve insan kaynakları planlama gibi bir imalatçının işinin neredeyse her alanındaki yönetim kararlarının uygun şekilde yol almasına izin vermesiyle de işletmenin rekabet piyasasındaki konumunu güçlendirebilir.

5. SONUÇLAR

Bir firma eş zamanlı olarak birçok talep tahmini gerçekleştirebilir. Önemli olan modelin davranışı ile verilerin değişimine uygun bir model oluşturabilmektir. Öncelikle verilere sağlıklı olarak ulaşılabilinmeli, farklı yöntemler ile tahminlerde bulunmalı ve sisteme bu tahminlerin doğru etki etmesini sağlanmalıdır.

Tahmin yöntemi türlerinden olan ilişkisel yöntemler ile geçmiş verilere odaklanılarak tahmini değerler elde edilebilmektedir. Fakat çoğu kez geleceğin tahmini bazı faktörlerin etkisi altında olduğu göz ardı edilmemelidir. Bağımlı değişken olarak belirlenen seri, doğrusal veya eğrisel olarak birçok faktör ile etkileşim içerisinde olabilir. Bu çalışmada da ele alınan döviz ve hammadde fiyatı değişkenlerinin satışlar üzerindeki etkileri saptanmış ve çoklu regresyon ve bulanık mantık modellerine dâhil edilmiştir.

Satış miktarlarının gelecek dönemki tahmini değerlerinin belirlenmesinde kullanılan ve bu çalışmada ele alınan modeller, kullanım amaçlarına göre avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. Durağan ve mevsimsel yapıda olmayan serilerin tahmininde sıklıkla kullanılan regresyon yönteminin uygulanması için çeşitli varsayımların sağlanması gerekmektedir. Bu varsayımlardan herhangi birinin sağlanmaması durumunda oluşabilecek sahte regresyon denklemi tutarsız tahminlere sebep olarak, talebin karşılanmaması veya stok fazlası gibi sorunlara yol açma riski oldukça yüksektir. Sert dalgalanmaların yaşandığı serilerin tahminlerinde de yeterli performansı gösteremeyen regresyon yöntemi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi yansıtan denklemleriyle bu açığı kapatabilmektedir. Nitekim bu çalışmada ele alınan bulanık modelden daha üstün olduğu ispatlanmıştır. Bulanık modellerin herhangi bir varsayıma takılmaması, dilsel veriyi sayısal olarak analiz etmesinin yanısıra uzman deneyimlerini modele katabilmesi yönüyle diğer kantitatif yöntemlerine göre üstünlük sergilemektedir. Modellenmesinin zaman alıcı olması ve yanlış üyelik fonksiyonu seçimi sonucunda tutarsız tahminlere sebebiyet vermesi tahminciyi zor durumda bırakmaktadır. Zaman serisi yöntemleri gibi geçmiş dönemki verilerin modele dâhil edilebildiği ve öğrenme yeteneği bulunan bulanık mantık yönteminden, veri sayısının az olması durumunda etkin performans

beklenmemelidir. Fakat bu eksikliklerini diğer kantitatif modeller ile oluşturacağı hibrit modellerle yok etme özelliğine sahiptir.

İşletmelerin üretim sisteminde önemli yeri olan talep tahminleri, ERP içerisinde de yerini almıştır. Zaman serisi yöntemlerinin geçmiş dönemki veriler ile analiz yapabilmesi özelliğinden dolayı, ERP yazılımlarındaki zaman serisi modelleri bulunmaktadır. ERP yazılımları içinde ortalamalar, hareketli ortalamalar, ağırlıklı hareketli ortalamalar, basit üstel düzgünleştirme, doğrusal üstel düzgünleştirme, mevsimsel üstel düzgünleştirme, trend ve mevsimsel üstel düzgünleştirme modelleri bulunmaktadır (Monk ve Wagner 2013). Yazılımda çok seçenekli tahmin yöntemlerinin sunulması hangi metodun uygun olduğunu belirlenmesinde kullanıcıya zorluk oluşturmaktadır. Bununla beraber kirli veri, pazar değişimi, rakiplerin tutumu, ekonomik durum, sosyal olaylar gibi etmenler zaman serileri ile yapılan tahminleri etkilemektedir. Ayrıca, talep serilerinin analiz edileceği yöntemlerin istatistiksel varsayımlarının (normal dağılım, değişen varyans vb.) sağlanıp sağlanmadığının kontrolünün yapılmaması da sahte tahmin sonuçlarının oluşmasına sebep olabilmektedir. Bu bakımdan ERP araçları ile gerçekleştirilen tahminler nitel tahminler ile düzeltilmeli ve eklenebilir (add-on tool) araç kutusuna sahip olması dolayısıyla yapay zeka yöntemleriyle zenginleştirilmesi sağlanabilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, gerçekleşen değerlere en yakın sonuçları veren çoklu doğrusal yöntemi en uygun talep tahmin yöntemi olarak önerilmiştir. Bulanık mantık yöntemi ile, talep tahminindeki belirsizliği modelleyebilme özelliğinden dolayı, çoklu doğrusal regresyon modeline yakın değerler elde edilmiştir. İki yöntemin MAPE tahmin etkinliğini ölçme tekniğine göre kabul edilebilir düzeyde tahminleme etkinliğine sahip olduğu söylenebilir.

Gelecekte yapılabilecek araştırmalarda, Bulanık Model üyelik işlevlerinin sınırları, bazı yeni yöntemlerle (Yapay Sinir Ağları, Genetik Algoritmalar) yeniden belirlenerek, daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Aynı zamanda bu modellerin kullanıldığı hibrit modeller geliştirilerek tahmin etkinliği arttırılabilir. Bulanık model için bulanık kural tabanında oluşturulan kuralların ağırlıkları değiştirilerek, farklı denemelerle daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca bu araştırmada ele alınan hammadde fiyatları ve döviz kuru faktörleri dışında birçok faktörün satış üzerindeki etkisi belirlenebilir. Bu yüzden talebi etkileyen faktörlerde değişiklik yapıp, sayıları

arttırılarak çok girdili yeni bir bulanık model veya regresyon denklemleri oluşturup daha tutarlı sonuçlar elde edilmesi sağlanabilir.

6. KAYNAKLAR

- Jacquin , A., Shamseldin, A., "Review of The Application of Fuzzy İnference Systems in River Flow Forecasting", *Journal of Hydroinformatics*, 202-210, (2009).
- Lancaster, G. A., Lomas, R. A.. *Forecasting For Sales And Materials Management*, London: Macmillan Publishers, (1985).
- Mehran, K., "Takagi-Sugeno Fuzzy Modeling for Process Control", Newcastle University: Industrial Automation, Robotics and Artificial Intelligence (EEE8005), (2008).
- Poulsen, J. R., "Fuzzy Time Series Forecasting: Developing a new forecasting model based on high order fuzzy time series", Aalborg University Esbjerg (AAUE), (2009).
- Sanayi Genel Müdürlüğü, "Tekstil, Hazır Giyim, Deri ve Ürünleri Sektörleri", Ankara: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2010).
- Abdel-Aleem, A., El-Sharief, M. A., Hassan, M. A., El-Sebaie, M. G. *Implementation of Fuzzy and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems in Optimization of Production Inventory Problem*, *Applied Mathematics and Information Sciences*, 289-298, (2017).
- Ali, D., Yohanna, M., Ijasini, P. M., Garkida, M. B., Application of fuzzy – Neuro to model weather parameter variability impacts on electrical load based on long-term forecasting. *Alexandria Engineering Journal*, Basımda, (2017).
- Ali, D., Yohanna, M., Puwu, M. I., Garkida, B. M. Long-term load forecast modelling using a fuzzy logic approach. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, 123-127, (2016).
- Altunkaynak , A., Özger, M., Çakmakçı, M., "Water Consumption Prediction of Istanbul City by using Fuzzy Logic Approach", *Water Resources Management*, 641-654, (2005).
- Awan, M. S., Awais, M. M., "Predicting Weather Events using Fuzzy Rule Based System", *Applied Soft Computing*, 56–63, (2011).
- Baykal, N., Beyan, T., *Bulanık Mantık: Uzman Sistemler ve Denetleyiciler*, Ankara: Bıçaklar Kitabevi, (2004).
- Bojadziev, G., Bojadziev, M., *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management* (2 b.), World Scientific, (2007).
- Chang, P.-C., Liu, C.-H., "A TSK Type Fuzzy Rule Based System for Stock Price Prediction", *Expert Systems with Applications*, 135-144, (2008).
- Chen, C.-S., Jhong, Y.-D., Wu, T.-Y., Chen, S.-T., "Typhoon Event-Based Evolutionary Fuzzy İnference Model for Flood Stage Forecasting", *Journal of Hydrology*, 134-143, (2013).
- Çoşgun, Ö., Ekinci, Y., Yanık, S., "Fuzzy rule-based demand forecasting for dynamic pricing of a maritime company", *Knowledge-Based Systems*, 88-96, (2014).
- Çağıl, G., "Mevsimsellik Olmayan Box-Jenkins Modellerinde İki Aşamalı Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması ve Bir Uygulama", Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, (1997).
- Çakıroğlu, M. A., Terzi, S., Kasap, S., Çakıroğlu, M. G., "Beton Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmin Edilmesi", *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2), 1-8, (2010).
- Çakmur Yıldıztan, D., E-views Uygulamalı Temel Ekonometri: Makro Ekonomik Verilerle. 83-93. İstanbul: Türkmen Kitabevi, (2011).

- Çekerol, G. S., Ulukan, A., *Kantitatif Tahmin Yöntemleri*. Ankara: Nisan Kitabevi, (2012).
- Çevik, O., *Uygulamalı İstatistik-2*. Ankara: Öncü Kitap, (2013).
- Çuhadar, M., "Turizm Sektöründe Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları Kullanımı ve Diğer Yöntemlerle Karşılaştırmalı Analizi:Antalya İlinin Dış Turizm Talebinde Uygulama". *Doktora Tezi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, (2006).
- Çuhadar, M., Güngör, İ., Göksu, A., "Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları İle 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, (2009).
- Dalkey, N., Helmer, O., "An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts", *Management Science*, 456-467, (1963).
- Dubois, D., Prade, H., *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*. Newyork: Academic Press, (1980).
- Elmas, Ç., *Yapay Zeka Uygulamaları- Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma*. Ankara: Seçkin Kitabevi, (2011).
- Erdil, A., Başlıgil, H. Kurumsal Kaynak Planlamanın Endüstriyel İşletme Bünyesinde Kurulması- Kurulumunda Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri. XI. *Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, (s. 624-640). İstanbul, (2011).
- Esmaili, M., Fkhrzad, P., Hasanzadeh, M. Forecasting NOKIA Sale by Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems (ANFIS), *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (s. 1608-1615). İstanbul: İstanbul Technical University, (2012).
- Fazel Zarandi, M. H., Rezaee, B., Turksen, I., Neshat, E., "A type-2 Fuzzy Rule-Based Expert System Model for Stock Price Analysis", *Expert Systems with Applications*, 139–154, (2009).
- Gujarati, D. N., Porter, D. C., *Temel Ekonometri*, İstanbul: Literatür Yayıncılık, (2012).
- Gulyássy, F. , *SCM Consulting Solutions: Forecast Monitor 2016*. Almanya: SAP AG, (2016).
- Güler, D., "Fuzzy Time Series and Related Applications", İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi (2011).
- Gürcihan Yüncüler, H. B., Ögünç, F., "Firma Maliyet Yapısı ve Maliyet Kaynaklı Enflasyon Baskıları", *Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Çalışm Tebliği*: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, (2015).
- Hoshmand, A. R., *Business Forecasting* (2 b.). New York: Routledge, (2010).
- Huang, K., "Heuristic Models of Fuzzy Time Series for Forecasting", *Fuzzy Sets and systems*, 387-394, (2011).
- Iancu, I., "A Mamdani Type Fuzzy Logic Controller", *Fuzzy Logic - Controls, Concepts, Theories and Applications*, 325-350, (2012).
- Iancu, I., Colhon, M., Dupac, M., A "Takagi-Sugeno Type Controller for Mobile Robot Navigation" *4th WSEAS International Conference on Computational Intelligence (CI'10)*, 29-35, US: World Scientific and Engineering Academy and Society(WSEAS) Press, (2010).
- Jang, J., Sun, C., Mizutani, E., *Neuro-Fuzzy and Soft Computing A Computational Fuzzy and Soft Computing A Computational*. New Jersey, USA,: Prentice Hall, (1997).
- Jang, J.-S. R. ANFIS : Adaptive-Network-Based Fuzzy. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3), 665-685, (1993).

- Jarque , C. M., Bera, A. K., "A Test for Normality of Observations and Regression Residuals", *International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique*, 163-172, (1987).
- Jayawardena, A., Perera, E., Zhu, B., Amarasekara, J., Vereivalu, V., "A comparative study of fuzzy logic systems approach for river discharge prediction. *Journal of Hydrology*, 85-101, (2014).
- Kadılar, C., *SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş*, Ankara: Bizim Büro Basımevi, (2005).
- Kahraman, C., Yavuz, M., Kaya, İ., Fuzzy and Grey Forecasting Techniques and Their Applications in Production Systems. C. Kahraman, M. Yavuz içinde, *Production Engineering and Management under Fuzziness*, 1-24, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2010).
- Keskin, F. "Tekstil Ürünleri İmalatı. T. K. Müdürlüğü içinde, Türkiye İmalat Sanayiinin Analizi: 2005-2010 Dönemi, 22 Ana Sektör İtibariyle, 135-183, Ankara: Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., (2012).
- Kıyak, E., Kahvecioğlu, A., "Bulanık Mantık Ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması", *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1(2), 63-72, (2003).
- Kobu, B., *Üretim Yönetimi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, (1984).
- Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, "2014 Yılı Pamuk Raporu", Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, (2015).
- Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, "2015 Yılı Pamuk Raporu" Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, (2016).
- Korol, T., "A Fuzzy Logic Model for Forecasting Exchange Rates", *Knowledge-Based Systems*, 49-60, (2014).
- Köse, M., Terzi, Ö., İlker, A., Ergin, G., "Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi İle Kızılırmak Nehri'nin Akım Tahmini", *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 162-165, Elazığ, (2011).
- Kubat, C., *Matlab Yapay Zeka ve Mühendislik Uygulamaları*. İstanbul: Pusula Yayıncılık, (2014).
- Kumar, N., Ahuja, S., Kumar, V., Kumar, A., "Fuzzy Time Series Forecasting of wheat production", *International Journal on Computer Science and Engineering*, 2(3), 635-640, (2010).
- Kurzak, L., Importance Of Forecasting In Enterprise Management. *Advanced Logistic Systems*, 6(1), 173-182, (2012).
- Küçükdeniz, T. (2004), "Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık Modelleme", İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2010).
- Lee, K. H., *First Course on Fuzzy Theory and Applications*. Berlin: Springer - Verlag Berlin Heidelberg New York, (2005).
- Lindgren, M., Bandhold, H., *Scenario Planning : The Link Between Future and Strategy*, London: Palgrave Macmillan, (2009).
- Long, D., *Uluslararası Lojistik: Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi*, (Çev:M. Tanyaş, M. Düzgün,) Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, (2012).
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., "Forecasting: Issues & Challenges for Marketing Management", *Journal of Marketing* , 24-37, (1977).
- Makridatis, S. G., Wheelwright, S. C., Hyndman, R. J., *Forecasting Methods and Applicaitons*, USA: John Wiley and Sons Inc, (1998).
- Mamdani, E. H., Assilian, S., "An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller", 7(1), 1-13, (1975).

- Martin, K., Demand Forecasting As A Tool For Precise Production, *1th International Workshop "Advanced Methods And Trends In Production Engineering* (s. 181-186), Zilina: University of Zilina, SjF – Velky Diel, Zilina, Slovak Republic, (2004).
- Mccarthy, T. M., Davis, D. F., Golobic, S. L., Mentzer, J. T., The Evolution of Sales Forecasting Management: A 20-Year Longitudinal Study of Forecasting Practices, *Journal of Forecasting*, 303–324, (2006).
- Meimand, S. E., Hakemi, H. G., Ismail, H. N., "Demand Forecasting: A Review on Qualitative Methods and Surveyed Done By Delphi Technique", *the Annual Conference on Global Economy , Business and Finance (GEBF)*, Beijing, China, (2012).
- Mentzer, J. T., Moon, M. A., *Sales Forecasting Management: A Demand management Approach*, London: Sage Publications, (2005).
- Monk, E. F., Wagner, B. J., *Concepts in Enterprise Resource Planning*, United States of America: Course Technology, (2013).
- Moon, M. A., *Demand and Supply Integration: The Key to World Class Demand Forecasting*. United States of America, (2013).
- Nugus, S., *Financial Planning Using Excel: Forecasting, Planning and Budgeting Techniques*. U.K.: CIMA Publishing, (2008).
- Olgun, S. , "Tedarik Zinciri Yönetiminde Talep Tahmini Yöntemleri ve Yapay Zeka Tabanlı Bir Talep Tahmini Modelinin Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği A.B.D., *Fen bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, (2009).
- Olugu, E. U., Wong, K. Y., "An Expert Fuzzy Rule-Based System for Closed-Loop Supply Chain Performance Assessment in The Automotive Industry", *Expert Systems with Applications*, 375–384, (2012).
- O'Mara, M. A., "Strategies for demand forecasting in corporate real estate portfolio management", *Journal of Corporate Real Estate*, 123 - 137, (2000).
- Orhunbilge, N., *Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat Endeksleri*. İstanbul: Avcıol Yayıncılık, (1999).
- Önsel Şahin, Ş., Ülengin, F., Ülengin, B., "Senaryo Analizi İçin Dinamik Bir Yaklaşım", *İTÜ Dergisi*, 1(1), 35-46, (2002).
- Özdemir, A., Özdemir, A., "Talep Tahminlemede Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması: Seramik Ürün Grubu Firma Uygulaması", *Ege Academic Review*, 105-114, (2006).
- Özger, M., "Comparison of fuzzy inference systems for streamflow prediction", *Hydrological Sciences Journal* , 261-273, (2009).
- Özkan, M. M., *Bulanık Hedef Programlama*. Bursa: Ekin Kitabevi, (2003).
- Paksoy, T., Yapıcı Pehlivan, N., Özceylan, E., *Bulanık Küme Teorisi*. Nobel Akademik Yayıncılık, (2013).
- Paksoy, Z. S., "Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımlarında Talep Tahmini Yöntemleri ve Uygulamaları", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, (2008).
- Perera, E. P., Lahat, L., "Fuzzy Logic Based Flood Forecasting Model for The Kelantan River Basin, Malaysia", *Journal of Hydro-Environment Research*, 542-553, (2015).
- Quek, C., Pasquier, M., Lim, B., "A Novel Self-Organizing Fuzzy Rule-Based System for Modelling Traffic Flow Behaviour", *Expert Systems with Applications*, 12167–12178, (2009).

- Ray, K. S., *Soft Computing And Its Applications Volume II: Fuzzy Reasoning And Fuzzy Control*, Canada: Apple Academic Press, (2014).
- Ritzman, L. P., Krajewski, L. J., Malhotra, M. K., *Üretim Yönetimi: Süreçler ve Tedarik Zincirleri*. (Çev: S. Birgün) Nobel Akademik Yayıncılık, (2013).
- Ross, T. J., *Fuzzy Logic with Engineering Application*, United Kingdom: John Wiley & Sons, (2010).
- Sanayi Genel Müdürlüğü, "Tekstil, Hazırgiyim Ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu", Ankara: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2015).
- Schnitman, L., Felipe de Souza, J., Yoneya, T., "Takagi-Sugeno-Kang Fuzzy Structures in Dynamic System Modeling", Instituto Tecnológico de Aeronáutica, (2001).
- Schoemaker, P. J., "Scenario Planning: A Tool for Strategic Thinking", Sloan Management Review, 25-40, (1995).
- Sepúlveda-Rojas, J. P., Rojas, F., Valdés-González, H., San Martín, M., A review of forecasting models for new products, *Procedia Computer Science*, 1060 – 1068, (2013).
- Shtub, A., *Enterprise Resource Planning (ERP) : The Dynamics of Operations Management*, Amerika: Kluwer Academic Publishers, (2002)..
- Sugeno, M., Kang, G. T., "Structure Identification of Fuzzy Model", Fuzzy Sets and Systems, 28, 15-33, (1988).
- Sugeno, M., Takagi, T., "Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control", IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics, 15(1), 116-132, (1985).
- Syntetos, A. A., Babai, Z., Boylan, J. E., Kolassa, S., Nikolopoulos, K. Supply chain forecasting: Theory, practice, their gap and the future, *European Journal of Operational Research*, 1-26, (2016).
- Şen, Z., *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*, (2009).
- Taha, H. A., *Yöneylem Araştırması*. (Çev: A. Ş. Baray ve Ş. Esnaf) İstanbul: Literatür Yayıncılık, (2000).
- Tanyaş, M., Baskak, M., *Üretim Planlama ve Kontrol*. İstanbul: İrfan Yayıncılık, (2008).
- Tarı, R., *Ekonometri*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları, (2012).
- Tatlı, H., Şen, Z., "Günlük En Büyük Sıcaklıkların Bulanık Kümeler ile Kestirimi", Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 25, 1-9, (2001).
- Tatlı, H., Şen, Z. (tarih yok). Günlük En Büyük Sıcaklıkların Bulanık Kümeler ile Kestirimi.
- Tek, B., *Pazarlama İlkeleri:Global Yönetimsel Yaklaşım Türkiye Uygulamaları* (8 b.), İstanbul: Beta Basım Yayın, (1999).
- Tekstil, Deri ve Halı Şubesi İTKİB Genel Sekreterliği, "Tekstil ve Hammaddeleri Sektörü 2015 Ocak Ayı İhracat Bilgi Notu", İstanbul: İTKİB - İstanbul Tekstil Konfeksiyon İhracatçıları Birliği, (2015).
- Y. Tsukamoto, An approach to fuzzy reasoning method, in: M.M. Gupta, R.K. Ragade and R.R. Yager eds., *Advances in Fuzzy Set Theory and Applications*, NorthHolland, New-York, (1979).
- Ustundag, A., Kılınç, M. S., Cevikcan, E., "Fuzzy Rule-Based System for The Economic Analysis of RFID Investments", *Expert Systems with Applications*, 5300–5306, (2010).

- Wallace, T. F., Kremzar , M. H., *ERP-Making It Happen : The Implementers' Guide to Success with Enterprise Resource Planning*. Canada: John Wiley & Sons, (2001).
- Wang, L.-X., Mendel, J. M., "Generating Fuzzy Rules by Learning from Examples", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1414-1427, (1992).
- Wooldbridge, J. M., *Introductory Econometrics a Modern Approach*. United States of America: South-Western College Pub, (2012).
- Yolsal, H., "Mevsimsel Düzeltmede Kullanılan İstatistiki Yöntemler Üzerine Bir Uygulama", *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi* , 245-257, (2010).
- Yüksel, H., *Üretim / İşlemler Yönetimi: Temel Kavramlar*, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, (2013).

7. EKLER

EK A

Tablo A. 1: 2011 -2014 yıllarına ait uygulamada kullanılan satış, döviz ve hammadde değerleri

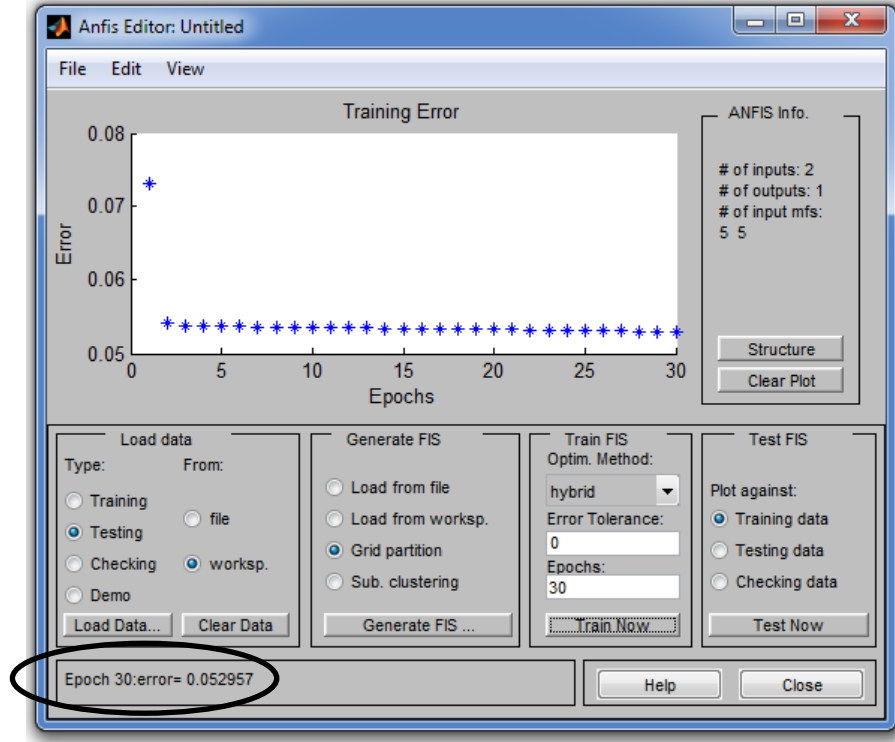
		Satış			Hammadde		Döviz		MATLAB
	Yıllar	Aylar	Satış(TL)	Normalizasyon*	Hammadde	Normalizasyon*	Döviz	Normalizasyon*	Veri Seti
1	2011	Ocak	87.586,000	0,111514447	3,87	0,160671463	1,4961	0,08890256	Test
2		Şubat	64.919,000	0,065903772	4,37	0,28057554	1,4253	0	Eğitim
3		Mart	56.545,000	0,049053559	5,33	0,510791367	1,4364	0,013961255	Eğitim
4		Nisan	73.535,000	0,08324094	5,69	0,597122302	1,5204	0,119449083	Eğitim
5		Mayıs	57.652,250	0,051281574	6,19	0,717026379	1,5613	0,170761717	Eğitim
6		Haziran	32.167,000	0	7,05	0,923261391	1,5905	0,207372346	Eğitim
7		Temmuz	65.613,80	0,067301853	7,37	1	1,5823	0,197077176	Test
8		Ağustos	119.573,000	0,175878881	6,70	0,839328537	1,5229	0,122587854	Eğitim
9		Eylül	126.892,000	0,190606217	5,69	0,597122302	1,5717	0,183806451	Eğitim
10		Ekim	116.582,000	0,169860373	5,46	0,541966427	1,6017	0,221471707	Test
11		Kasım	95.726,000	0,127893804	4,26	0,254196643	1,6547	0,28796344	Eğitim
12		Aralık	118.967,000	0,174659484	4,57	0,32853717	1,7527	0,410990722	Eğitim
13	2012	Ocak	157.631,000	0,252459419	4,41	0,290167866	1,7951	0,46433728	Eğitim
14		Şubat	104026,00	0,144595114	4,17	0,232613909	1,8359	0,515511808	Eğitim
15		Mart	283636,00	0,506007441	3,73	0,127098321	1,8125	0,486082688	Test
16		Nisan	192576,00	0,322775959	3,63	0,103117506	1,8678	0,555587641	Eğitim
17		Mayıs	286.234,900	0,511236963	3,95	0,179856115	1,8478	0,530464915	Eğitim
18		Haziran	201530,00	0,340793252	3,80	0,143884892	1,7595	0,419628621	Test
19		Temmuz	161055,00	0,259349212	3,75	0,131894484	1,7879	0,455222288	Eğitim
20		Ağustos	267918,00	0,474379587	3,72	0,12470024	1,7884	0,455900262	Eğitim
21		Eylül	423361,70	0,787164339	3,53	0,079136691	1,8056	0,477507564	Test
22		Ekim	220.892,000	0,379753585	3,46	0,06235012	1,8248	0,501613328	Eğitim
23		Kasım	369739,00	0,679264418	3,48	0,067146283	1,8136	0,487501412	Eğitim
24		Aralık	251.444,000	0,441230504	3,43	0,055155875	1,7944	0,463458424	Eğitim
25	2013	Ocak	217327,6	0,372581278	3,44	0,057553957	1,8043	0,475812628	Eğitim
26		Şubat	362183	0,664060189	3,20	0	1,8028	0,473929365	Eğitim
27		Mart	221943,8	0,381870024	3,20	0	1,7941	0,462968776	Eğitim
28		Nisan	281325,41	0,501358058	3,24	0,009592326	1,7877	0,454971186	Eğitim
29		Mayıs	325641,6	0,590531363	3,38	0,043165468	1,7724	0,43574935	Eğitim
30		Haziran	372.827,600	0,685479318	3,67	0,112709832	1,7760	0,440357067	Eğitim
31		Temmuz	264301,2	0,46710184	3,91	0,170263789	1,8105	0,483571671	Test
32		Ağustos	246913,78	0,432114768	3,81	0,146282974	1,7997	0,470049844	Eğitim

33		Eylül	218903,9	0,375753118	3,73	0,127098321	1,8261	0,503145049	Eğitim
34		Ekim	292782	0,524411078	3,81	0,146282974	1,8979	0,593378448	Test
35		Kasım	354.826,290	0,649256973	4,02	0,196642686	1,9340	0,638639531	Eğitim
36		Aralık	245551	0,429372574	4,23	0,247002398	1,9582	0,669085613	Test
37	2014	Ocak	529134	1	4,18	0,23501199	2,0208	0,747642783	Eğitim
38		Şubat	186.216,010	0,309978349	4,10	0,215827338	1,9939	0,713857048	Eğitim
39		Mart	188053	0,313674751	4,04	0,201438849	2,0254	0,753430677	Test
40		Nisan	123.017,380	0,182809684	4,05	0,20383693	2,0615	0,798792201	Eğitim
41		Mayıs	107279	0,15114082	4,56	0,326139089	2,2209	0,998819822	Test
42		Haziran	132634,1	0,202160506	4,61	0,338129496	2,2168	0,993672237	Eğitim
43		Temmuz	279.276,390	0,497235008	4,65	0,347721823	2,2218	1	Eğitim
44		Ağustos	204975,6	0,347726509	4,60	0,335731415	2,1313	0,886389032	Eğitim
45		Eylül	280731,17	0,500162325	4,58	0,329736211	2,0946	0,840274203	Eğitim
46		Ekim	179217	0,295894898	4,51	0,313669065	2,1195	0,871624251	Eğitim
47		Kasım	412719,14	0,765749315	4,44	0,296882494	2,1225	0,875328002	Eğitim
48		Aralık	164.570,000	0,266422117	4,28	0,259952038	2,1622	0,925134026	Test

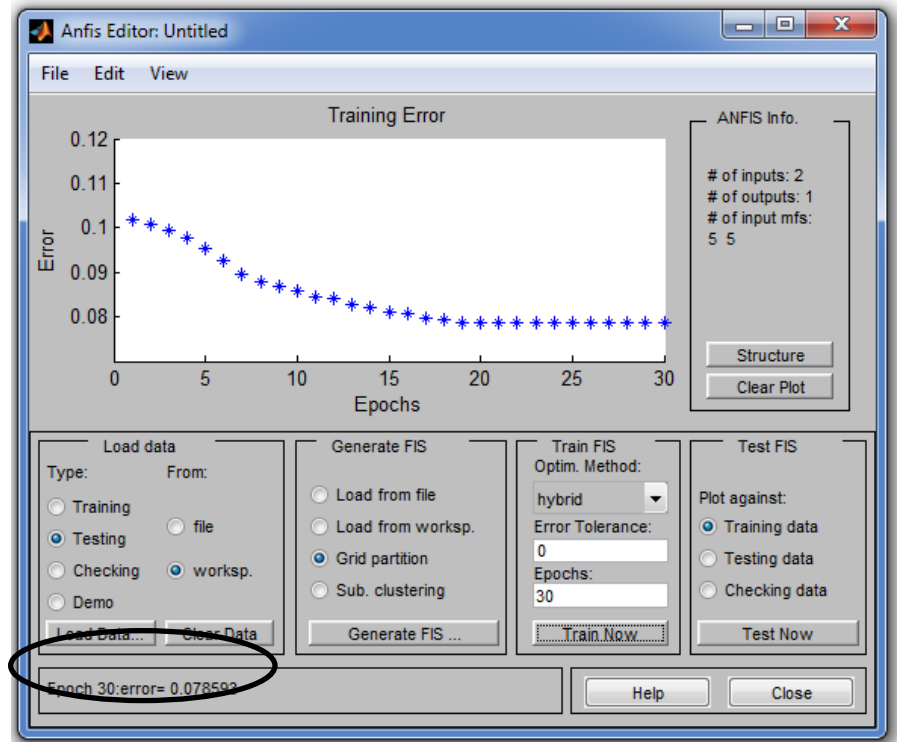
*MATLAB programında ANFİS girişi için değerler normalize edilmiştir.

EK B

MATLAB programında kullanılan 7 üyelik fonksiyonu adedi ve 40 çevrim sayısına göre belirlenen üçgensel (trimf) ve yamuk (trapmf) üyelik fonksiyonuna ait hata değerleri Şekil B.1 ve Şekil B.2’de gösterilmiştir.

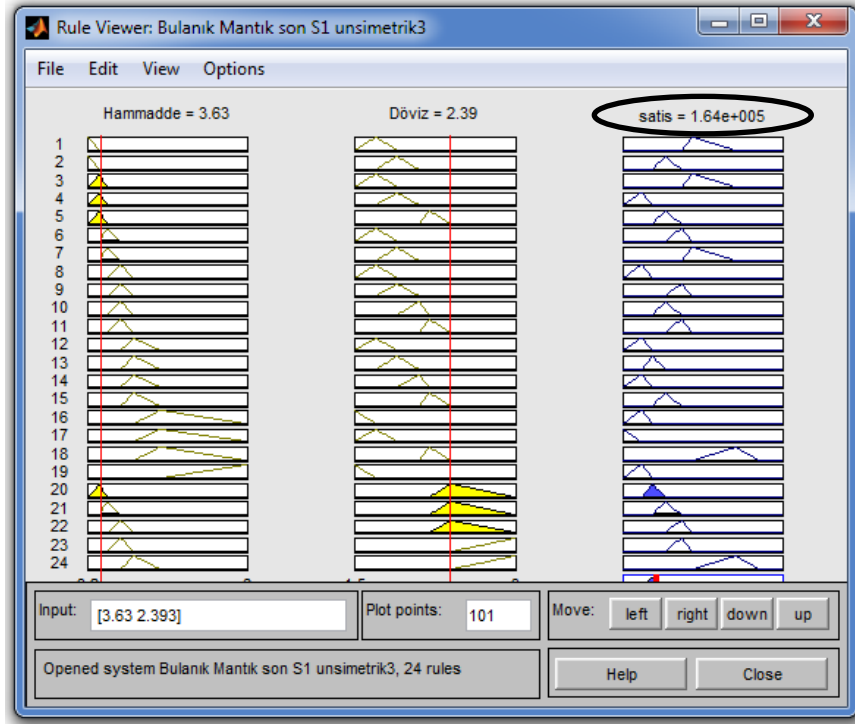


Şekil B. 1: Üçgen üyelik fonksiyonu verilere uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan MATLAB programı çıktısı

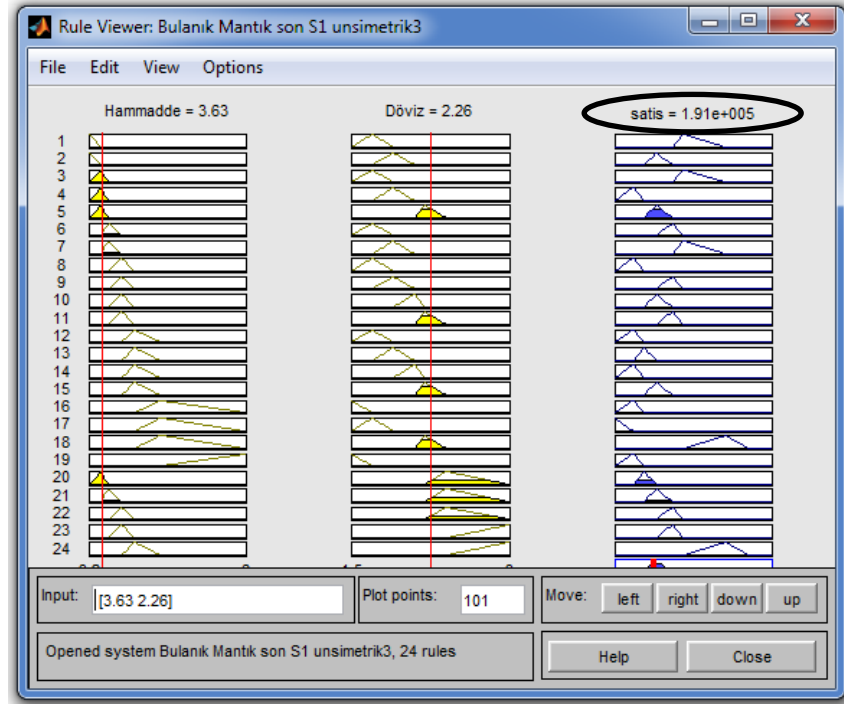


Şekil B. 2: Yamuk üyelik fonksiyonu verilere uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan MATLAB programı çıktısı

EK C



Şekil C. 1: Bulanık model simetrik olmayan senaryo 1'in ocak ayına ait ekran çıktısı



Şekil C. 2: Bulanık model simetrik olmayan senaryo 1'in Şubat ayına ait ekran çıktısı

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nagehan KAYA

Doğum Yeri ve Tarihi : Söke / 15.11.1989

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : nagehanky@gmail.com

İletişim Adresi :Külhan Mah. 23. Sok. No:8, Daire:5
KARAMAN