

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAMÇI ETKİSİNİN AKILLI TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

Serhat DOĞAN

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Programı

TEMMUZ 2022

T.C.
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAMÇI ETKİSİNİN AKILLI TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

Serhat DOĞAN

DANIŞMAN
Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ
II. DANIŞMAN
Doç. Dr. Hasan ŞAHİN

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Programı

TEMMUZ 2022

ONAY

Serhat DOĞAN tarafından hazırlanan “**Kamçı Etkisinin Akıllı Talep Tahmin Yöntemleri ile İncelenmesi**” adlı tez çalışması 01/07/2022 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ

(Danışman)

Doç. Dr. Hasan ŞAHİN

(II. Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Cemil KÖZKURT

(Üye)

Doç. Dr. Ömer Faruk EFE

(Üye)

Doç. Dr. Halit ÖZTEKİN

(Üye)

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah YEŞİL

Enstitü Müdürü

BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**Kamçı Etkisinin Akıllı Talep Tahmin Yöntemleri ile İncelenmesi**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 01/07/2022

Serhat DOĞAN
İmza

ÖNSÖZ

Teknolojik gelişmeler, verilerin daha büyük olması ve daha hızlı takip edilebilir hale gelmesi akıllı cihazların süreçlere dahil olması, iletişimin bu verilerin ve akıllı sistemlerinin üzerinden ilerlemesi ile tedarik zincirlerindeki en büyük sorunlardan birisi olarak görülen “Kamçı Etkisinin” minimize edilmesi için çok önemli fırsatlar sunmaktadır. Kamçı etkisi, tedarik zinciri süreçlerinde operasyonel ve finansal olarak şirket bilançolarına direkt olarak etki eden bir durumdur. Bu tez çalışmasında, literatürde bu etkileri ve alınan çözümleri inceledikten sonra, akıllı tahmin planlama araçlarının kullanılmasıyla tahmin doğruluğu oranlarının analizi yapılmıştır.

Klasik tahmin planlama yöntemlerinde istatistiksel yöntemlerin kullanması etkilidir. Bu tez çalışmasında Yapay Zekâ destekli akıllı yöntemlerin tahmin doğruluklarına etkisine ve bunun da kamçı etkisine olan analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak özel sektörde faaliyet gösteren bir şirketteki etkileri değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden başlayarak son aşamaya kadar her konuda benden yardımlarını esirgemeyen danışman hocalarım Sayın Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ’ a ve Sayın Doç. Dr. Hasan ŞAHİN’e saygı ve şükranlarımı sunarım. Bilgi ve desteklerini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Necla TEKTAŞ’a saygı ve şükranlarımı sunarım.

Bu günlere gelmemde büyük emekleri olan annem Süreyya DOĞAN’a, akademik çalışmalar yapmak için sürekli destekleyen babam Mehmet DOĞAN’a, yoğun çalışma temposunda benden manevi desteğini esirgemeyen eşim Zerrin’e, varlıkları ile birer motivasyon kaynağı olan kızlarım Elif Alya ve Verda Asya’ya ve kardeşim Fırat’a sevgilerimi iletiyorum.

Ayrıca bu tez çalışmasında profesyonel iş hayatım ile akademik çalışmalarımın belli bir dengede ve karşılıklı kazanç ilkesinde ilerlemesi konusunda verdikleri desteklerden dolayı Assan Foods Genel Müdürü Sayın Hakan F. KOÇOĞLU’na, Assan Foods tedarik zinciri ekibinden değerli arkadaşlarım sevgili Temel KULAKAÇ’a, Kübra Zeren ALKAN’a, Müzeyyen Tuğba BALLI’ya, Yusuf ERDEN’e, CCC Pladis Arge Uzmanı Müjgan Gizem ABUŞOĞLU’na ve Assan Foods İnsan Kaynakları Müdürü Selami TOSUN’a teşekkürlerimi iletiyorum.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAMÇI ETKİSİNİN AKILLI TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

Serhat DOĞAN

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ

İkinci Danışman: Doç. Dr. Hasan ŞAHİN

Temmuz 2022, 97 sayfa

Piyasalardaki makro ve mikro değişikliklerin son tüketiciden tedarikçiye ve onun tedarikçisine olan zincirde talep değişiklikleri olarak yansımakta ve bu değişikliklerin etkisi kamçı etkisi olarak bilinmektedir. Bu etkiyi analiz etmek ve tahmin etmek önemlidir. Bu kamçı etkisinin azaltılması için literatürde çok farklı teknikler kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, kamçı etkisinin nedenlerini analiz etmek için tahminleme modeli olarak Yapay Sinir Ağları ve Elektronik Veri Transferi gibi akıllı tahmin yöntemleri kullanılmış gerçek verilerle bir işletmede uygulanmıştır. Örnek firmanın 2021-2022 yılları arasında Ocak-Mayıs aylarına ait satış miktarı, satış tutarı, müşteri sayısı ve rakip sayısı verileri üzerine kategorik regresyon analizi ve YSA yöntemlerinden olan nftool curve-fitting ve ANFIS yöntemleri kullanılarak talep tahmini yapılmıştır. Üç farklı öğrenme algoritmasıyla yapılan tahminleme sonucunda; ürün grubu için Levenberg-Marquard, Bayesian Regulaqrization ve Scaled Conjugate Gradient algoritmasına göre LM algoritmasının daha başarılı sonuç elde ettiği tespit edilmiştir. Örnek ürün grubu üzerinde yapılan yöntemlerden curve-fitting ve ANFIS modellerine göre elde edilen RMSE değerlerinden en düşük

hata oranı ANFIS modeli ile elde edilmiştir. Örnek firma için yapılan ABC analizinde 435 adet ürün incelenmiştir. Ele alınan ürün grubunun satış tutarına ağırlığı %80 civarındadır. Tahmin doğruluğunun bu ürün grubunda artırılması ile kamçı etkisi minimize edilmiştir. Bu sonuca her iki analiz ile de ulaşılmıştır. Tahmin doğruluğunun yapay sinir ağları ile artırılması ve devamında kamçı etkisinin azaltılması, envanter optimizasyonunu da sağlamıştır. Bu optimizasyon, hem firmada hem de firmanın tedarikçilerinde yapılmıştır. Envanterin optimize edilmesi ile tedarik zinciri boyunca akıllı lojistik koşulları oluşmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kamçı Etkisi, Tahmin Planlama, Yapay Zekâ, Akıllı Talep Tahmin Planlama Araçları



ABSTRACT

M.Sc. THESIS

EVALUATING OF THE BULLWHIP EFFECT USING INTELLIGENT FORECASTING METHODS

Serhat DOĞAN

**Bandırma Onyedi Eylül University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Intelligent Transportation Systems**

**Supervisor: Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ
Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan ŞAHİN
July 2022, 97 pages**

Macro and micro changes in the markets are reflected as demand changes in the chain from the end consumer to the supplier and its supplier, and the effect of these changes is known as the bullwhip effect. It is important to analyze and estimate this effect. Many different techniques are used in the literature to reduce this bullwhip effect.

In this thesis, intelligent forecasting methods such as Artificial Neural Networks and Electronic Data Transfer were used as a forecasting model to analyze the causes of the bullwhip effect and applied in a business with real data. Demand estimation was made by using categorical regression analysis and nftool curve-fitting and ANFIS methods, which are ANN methods, on the sales amount, sales amount, number of customers and number of competitors for the January-May months of the sample company between the years 2021-2022. As a result of the estimation made with three different learning algorithms; For the product group, it was determined that the LM algorithm achieved more successful results than the Levenberg-Marquard, Bayesian Regularization and Scaled Conjugate

Gradient algorithms. The lowest error rate among the RMSE values obtained according to the curve-fitting and ANFIS models, among the methods performed on the sample product group, was obtained with the ANFIS model. In the ABC analysis for the sample company, 435 products were examined. The weight of the product group in question to the sales amount is around 80%. By increasing the estimation accuracy in this product group, the bullwhip effect has been minimized. This conclusion was reached by both analyzes. Increasing the prediction accuracy with artificial neural networks and subsequently reducing the bullwhip effect also provided inventory optimization. This optimization was made both in the company and in the suppliers of the company. By optimizing the inventory, Intelligent logistics conditions were created throughout the supply chain.

Keywords: Bullwhip Effect, Demand Planning, Artificial Intelligence, Intelligent Demand / Forecasting Methods

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	I
ABSTRACT	III
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
TABLO LİSTESİ.....	X
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. TALEP TAHMİNİ	3
2.1 Tahmin.....	3
2.2 Talep Tahmini Tanımı	3
2.3 Talep Tahmin Kriterleri	4
2.4 Talep Tahmin Yöntemleri	5
2.4.1 Nitel Yöntemler.....	5
2.4.2 Nicel Yöntemler	8
2.5 Tahmin Hata Ölçüsü	13
2.5.1 Ortalama Hata Kareleri (Mean Square Error-MSE).....	13
2.5.2 Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error-MAE)	13
2.5.3 Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error-MAPE)	14
2.5.4. Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE)	14
3. KAMÇI ETKİSİ	15
3.1 Kamçı Etkisinin Sektörel Kanıtları	15
3.2 İçecek Oyunu	16

3.3	Kamçı Etkisinin Nedenleri.....	18
3.3.1	Talep Tahminlerindeki Güncelleme	19
3.3.2	Parti Siparişi Verme	20
3.3.3	Fiyat Dalgalanmaları.....	21
3.3.4	Stok Tahsis Etme (Orantılama Oyunu).....	21
3.3.5	Kamçı Etkisinin Ölçülmesi	22
3.4	Blok Yapısı ile Kamçı Etkisinin Azaltılmasına Dair Sektör Uygulaması	23
3.4.1	Firma Tanıtımı: Assan Foods (Assan Gıda)	24
3.4.2	EDI (Electronic Data Interchange) Sistemi.....	25
3.4.3	Assan Foods Tahmin Planlama Sistemi ve Uygulama Amacı	27
4.	LİTERATÜR TARAMASI.....	32
5.	TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ	39
5.1.	Kategorik Regresyon (CATREG)	39
5.2.	Yapay Sinir Ağları.....	40
5.2.1.	Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neural-Fuzzy Inference Systems-ANFIS).....	42
5.2.2.	Eğri Uydurma (Curve Fitting- NFTOOL)	45
5.3.	Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri.....	46
5.3.1.	Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	48
5.3.2.	Yapay Sinir Ağlarının Çalışması	50
5.3.3.	Yapay Sinir Ağlarında Eğitim.....	51
5.3.4.	Yapay Sinir Ağları Öğrenme Kuralları.....	52
5.3.5.	Yapay Sinir Ağlarında Modelleme Karakteristikleri	53
5.3.6.	Yapay Sinir Ağları Sınıflandırılması	54
5.3.7.	Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları.....	55

6. YAPAY SİNİR AĞLARI VE ANFİS İLE ÜRÜN TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI ..	58
6.1. ABC Yöntemiyle Ürün Grubu Seçimi	60
6.2. Ürün Grubu Seçimi	61
6.2.1. Veri Setinin Hazırlaması ve Düzenlenmesi Süreci	63
6.3. Verilerin Kategorik Regresyon Analizi Uygulaması.....	63
6.4. Verilerin Nftool-Curve Fitting ve ANFİS ile MATLAB Ortamında Uygulamaları ..	64
6.4.1. Verilerin Nftool-Curve Fitting MATLAB Ortamında Uygulaması.....	64
6.3.2 Verilerin ANFİS MATLAB Ortamında Uygulanması	73
6.5. Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Karşılaştırmalı Yorumlanması.....	87
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	89
8. KAYNAKLAR.....	92
ÖZGEÇMİŞ	97

ŞEKİL LİSTESİ

Sekil

Sayfa

Şekil 3-1: Bir grup öğrenci tarafından oynanan içecek oyunun gerçek verileriyle kırbaç etkisi.....	18
Şekil 3-2: Kamçı etkisini etkileyen faktörler	19
Şekil 3-3: Üreticinin siparişlerinin son kullanıcı (nihai müşteri) talepleri ile karşılaştırılması	20
Şekil 3-4: Electronic Data Interchange (EDI)	26
Şekil 3-5: Tedarik zinciri yönetimi/planlaması.....	27
Şekil 3-6: EDI veri akışının genel bazda gösterilmesi	28
Şekil 3-7: Genel blok yapısı	29
Şekil 3-8: Satış blok yapısı görev ve kayıt listesi	29
Şekil 5-1: Bulanık mantık modeli	42
Şekil 5-2: Mamdani nöro-bulanık sistem.....	44
Şekil 5-3: Takagi Sugeno nöro-bulanık sistem	45
Şekil 5-4: YSA' nın temel özellikleri	47
Şekil 5-5: Yapay sinir ağı (YSA) yapısı	48
Şekil 5-6:YSA girdi-çıkı ilişkisi	51
Şekil 5-7: İleri beslemeli çok katmanlı YSA modeli	54
Şekil 5-8: YSA kullanım alanları	56
Şekil 6-1:YSA talep tahminleme süreç işleyişi.....	59
Şekil 6-2:ABC analizi grafik örneği	60
Şekil 6-3: MATLAB arayüzü.....	66
Şekil 6-4: Input(girdi) ve Output(çıkı) değişkenlerinin tanımlanması	66
Şekil 6-5: Sinir ağı başlatma ekranı	67
Şekil 6-6:Sinir ağı modeli	67
Şekil 6-7: Girdi- çıkı tanımlama	68
Şekil 6-8: Eğitim, doğrulama ve test verilerinin tanımlanması	69
Şekil 6-9: Eğitim algoritmasının seçilmesi	70
Şekil 6-10: Ürün grubu için korelasyon sonucu.....	71
Şekil 6-11: Ürün grubu için en iyi doğrulama performansı	72

Şekil 6-12: Veri seti eğitim hata histogram sonucu	73
Şekil 6-13: MATLAB-ANFIS girdi- çıktı tanımlama	74
Şekil 6-14: Bulanık mantık komutunun çalıştırılması	75
Şekil 6-15: Bulanık mantık model seçimi.....	76
Şekil 6-16: Bulanık mantık girdi-çıkıtı değişkenlerinin seçilmesi.....	77
Şekil 6-17: Bulanık mantık girdi-çıkıtı değişkenlerinin tanımlanması	78
Şekil 6-18: Bulanık mantık eğitim ve test verisinin tanımlanması	79
Şekil 6-19: ANFIS modelinin çalıştırılması.....	79
Şekil 6-20: Giriş üyelik fonksiyonlarının tanımlanması	80
Şekil 6-21: Bulanık mantık eğitim sürecinin başlatılması	81
Şekil 6-22: Eğitim veri setinde gerçek çıktı ve tahmini çıktı değerlerinin verimlilik grafiği	82
Şekil 6-23: Test veri seti gerçek çıktı ve tahmini çıktı verimlilik grafiği	83
Şekil 6-24: Model kural tabanı.....	83
Şekil 6-25: ANFIS model kuralları	84
Şekil 6-26: ANFIS 3 boyutlu grafik.....	84
Şekil 6-27: Ürün grubu girdi-çıkıtı ilişkisinin 3 boyutlu grafiği.....	85
Şekil 6-28: Bulanık küme kurallarının MATLAB'a aktarılması	86
Şekil 6-29: ANFIS-MATLAB model oluşum kodu	87

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 5-1: YSA modelinde kullanılabilecek fonksiyonlar	49
Tablo 5-2: Aktivasyon fonksiyonları.....	50
Tablo 6-1: ABC analizi özet tablosu	62
Tablo 6-2: Kayıp fonksiyonu için iterasyon geçmişi.....	63
Tablo 6-3: Model anlamlılığı tablosu	64
Tablo 6-4: Bağımsız değişken katsayılarının anlamlılığı tablosu	64
Tablo 6-5: Nftool- curvefitting tahmin özet tablo	88
Tablo 6-6: ANFIS tahmini özet tablo	88
Tablo 6-7: Curve-Fitting ve ANFIS yöntemlerin sonuçları	88

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kisaltmalar	Açıklama
ANFIS	: Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems (Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi)
AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
BOM	: Bill of Material (Malzeme Listesi)
BWE	: Bullwhip Effect (Kamçı Etkisi)
CARTEG	: Kategorik Regresyon Analizi
DRP	: Distribution Requirement Planning (Dağıtım İhtiyaç Planlaması)
EDI	: Electronic Data Interchange (Elektronik Veri Değişimi)
ERP	: Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
LR	: Linear Regression(Doğrusal Regresyon)
LVQ	: Learning Vector Quantization(Öğrenme Vektör Nicelendirmesi)
MLP	: MultilayeredPerceptrons(Çok Katmanlı Algılayıcılar)
MF	: Membership Function (Üyelik Fonksiyonu)
MRP II	: Manufacturing Resources Planning (Üretim Kaynakları Planlaması)
MRP	: Materials Requirement Planning (Malzeme İhtiyaç Planı)
POS	: Point of Sales (Satış Noktaları)
SCM	: Supply Chain Management (Tedarik Zinciri Yönetimi)
SCP	: Supply Chain Planning (Tedarik Zinciri Planlama)
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi
YSA	: Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Tedarik zincirleri, nihai tüketicilerin üretim ve hizmet ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yönelik olarak birden çok paydaştan oluşan bütünleşik bir yapıya sahiptir. Bu kompleks yapı içerisinde de farklı süreçler ve bölümler belirli bir hiyerarşi içerisinde operasyonlarını yönetmektedir. Günümüzde, 2019 sonlarında başlayan Covid-19 virüsü kaynaklı hastalığın yol açmış olduğu salgının, 2020 yılının tamamında 2021 yılının büyük bir bölümünde tedarik zincirlerinin önemini ve ülke ekonomisi için oynadığı hayati rolü bir kez daha gözler önüne sermiştir. Çeşitli aşı tedavileri geliştirilmiş olsa da salgın etkisinin, tedarik zincirleri içerisindeki etkileri devam etmektedir. Hali hazırda bu mevcut zincirlerde yer alan üye sayısı çoğaldıkça bilgi akışında bozulma yaşanmakta olup tüketicilerin reel talebini sadece tedarik zincirinin son kullanıcısı olan toptancı / müstahsil / hizmet sağlayıcı / nihai ihtiyaç sahibi bilmektedir. Tedarik zinciri içinde yer alan diğer halkalar olan toptancı, lojistik partner ve üretimi sağlayan gruplar ise kendilerine iletilen sipariş bilgilerine göre ihtiyaç planları doğrultusunda üretim ve satın alma planlarını yapmaktadırlar. Bu bakımdan tedarikçi ve üretimi sağlayan gruplar bu değer zincirinin ilk halkaları olduğu için oluşacak bilinmezliklerden ileri düzeyde etkilenmektedir. Örnek vermek gerekirse, müşterinin talebi beş birimlik artışta, toptancı tüketici talebinde giderek artış olacağı düşüncesiyle tedarik zincirinin bir önceki halkası olan toptancılara olan sipariş miktarlarında on birimlik artış göstermektedir. Görülen on birimlik artış toptancı tarafından siparişlerine on beş birim olarak yansıtılmaktadır. Lojistik partner bu döngüyü başlatan üretimi sağlayan gruplara yirmi birim sipariş artışı yapmaktadır. Gerçek talebe uygun olmayan bu üretim fazlası stok doluluğa neden olmaktadır. Tedarik zincirinin bütün üyeleri için fazladan stoklama maliyeti çıkarmaktadır. Stok artışı yüzünden sisteme girilen sipariş miktarı gerçek talepten az olur. Böylece üretim ihtiyacı oluşturmayacağı için üretim duruşuna neden olabilmektedir. Talep tahmini, parti siparişi, fiyat dalgalanmaları ve stok tahsisi etkenleri görülmektedir. Kelime anlamı olarak buna ‘kamçı veya kırbaç’ etkisi denir.

Üretim ve hizmet sistemlerinin ilk adımı olarak kabul edilen talep tahmini, stok seviyelerinin hesaplanması ve korunması, müşteri daha iyi servis sağlayabilmek için zamanında ve miktarında teslimat oranlarının sağlanması, kapasite kullanımlarının optimize edilmesi, kar seviyelerinin ve nakit artış hızının artırılması gibi konularda önem arz etmektedir. Günümüzde talebi tahmin etmek için gerek basit gerek karmaşık pek çok yöntem geliştirilmiştir. Farklı organizasyonlar için ilgili ürün portföyünün satış özelliklerine göre uygun tahmin yöntemleri işletmelerde olumlu sonuçlar

sağlamaktadır. Mevcut tahmin yöntemlerin kullanmasının yanı sıra ikinci önemli bir adım da tahmin doğruluğunu tahmin yönteminin yapısının incelenmesi olmaktadır. Tahmin doğruluğunun yanında şirket hedeflerine yönelik bir başka önemli bir konu da kamçı etkisidir. Hedefler ile yönetilen bir tedarik zinciri yapısında kamçı etkisinin minimum düzeyde olması esastır. Bununla birlikte kamçı seviyesinin en aza indirgenmesi ve en doğru tahmin değerleri elde etme çalışma yapılması gerekmektedir. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS)'inde mevcut tedarik zincirleri içerisinde kritik roller oynamaktadır. Olası bir kırbaç etkisinin lojistik operasyonlardaki etkisi hem termin sürelerinin uzamasına hem de maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Bu etkiyi akıllı talep tahminleri ile azaltarak AUS içerisinde geliştirmeler yapılmaktadır. Ayrıca her bir AUS projelerinde, olası senaryo analizlerinde talep tahminleri hesaplamaların özünde önemli bir yer tutmaktadır. Liman, konteynır, köprü, gar, rota vb. hesaplamalarında tahminlerin doğruluğu projenin maliyet ve zaman açısından başarılı olmasını sağlamaktadır.

2. TALEP TAHMİNİ

2.1 Tahmin

Tahmin, hayatımızda her açıdan önem arz etmektedir. Kuruluşlar toptancılara, üretici fabrikalara, satıcılara ve yeni ürünlere tahminlere güvenerek yatırımlar ve sözleşmeler yapmaktadırlar. Kurumlar sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlerin etkilerinin tahminlerine gereksinim duymaktadırlar. Doğru tahminlerde bulunarak gerek özel sektör gerekse kamuda yatırım planlamaları yapmak tasarruf, istihdam, verimlilik ve ekonomik faydaları açısından önemli katkılar sağlar.

Tahmin basit dille ifade edilecek olursa; geçmiş dönemler hakkındaki verilerden yararlanılarak geleceğe dair model oluşturmaktır. Herhangi bir durum veya olay hakkında geçmiş dönemlere ait verileri birçok farklı yöntem ile elde edebilir. Bu yöntemlerden birisi yansız ve sayısal verileri matematiksel yöntemler ile işlemektir. Diğerisi ise uzman görüşüne göre durumun geçmiş ve gelecek hakkındaki birikimlerini analiz etmektir. Kısacası, en basit şekli ile tahmin etmek gelecekte neyin olabileceği hakkında senaryolar üretmek için tarihsel gerçekleri ve bilimsel tecrübeleri kullanmaktır[1].

2.2 Talep Tahmini Tanımı

Talep tahminini kısaca ifade edecek olursak; gelecek dönemlerde tüketicilerin talepte bulundukları hizmet ya da mal miktarlarının ön görülmesidir. Üretim planlama, malzeme planlama, hammadde ve malzemenin işletmeler için kontrolünün sağlanabildiği sistemler içerisinde temel olan girdi miktarlarının yapılabilmesini sağlamaktır. İşletmelerin ve hizmet üreticilerinin üretim planlama ve hammadde-malzeme kontrol düzeneği içerisinde öncelikli temel girdiyi, talep tahminleri oluşturmaktadır. Satın alınacak malzemenin, üretilecek ürününün belirlenmesi ve bu ürünün ne kadarının tüketiciye satılacağı, tüketicinin bu üründen ne kadar talep edeceği hangi tarih aralıklarında talep edeceğinin gerçekleşme olasılığının belirlenmesi talep tahmini olarak tanımlanmaktadır.

Bir sonraki dönemlerde oluşabilecek durumların netlik kazanamaması, başarılı ve doğru bir planlama sürecinin oluşturulmasında güçlük teşkil etmektedir. Bundan dolayı bir sonraki dönemlere yönelik makro ve mikro düzeyde bilinmeyenleri azaltmak için yapılabilecek her çalışma yöntemi

planlama sürecinin başarılı olmasında etkili olacaktır. Doğru bir tahminleme ile doğru zamanda ve doğru tutarda hammaddenin alınması maliyetlerin azaltılmasında oldukça etkili olacaktır. Fayda sağlayabilecek bir tahminle birlikte hammaddelerin uygun bir zaman diliminde ve tutarda alınmasıyla maliyetler azaltılabilir, bu ayrıca ürünlerin ve hizmetlerin katma değerlerinin artırılması demektir. Uzun vadeli yapılan anlaşmaların maliyetlerindeki azalış lojistik ve satın alma bölümleri için doğru bir tahminleme ile sağlanabilmektedir. Ürün türü, yapım türü, araç, gereç ve yöntemi, tüketici davranışı, rakiplerin ve stokların durumu, dağıtım hatları vb. etkenler işletmelerin talep tahminine ihtiyaç duymasını sağlar. Tüketici talebinin başlaması, ürünün tüketiciye iletilmesine kadar geçen süre artış gösterdikçe talep tahmin ihtiyacında artış olmaktadır [2].

2.3 Talep Tahmin Kriterleri

Talep tahmininin oluşturma evrelerinde sistematik bir yapı mevcuttur. Bu evrelerde önemli birkaç kriter bulunmaktadır. Bu kriterler doğrultusunda tahminler amaca uygun ve hatalar azaltılmış olur. Talep tahminlerinde dikkate alınması faydalı olan kriterler;

- Hatasız tahminler elde edebilmek neredeyse olanaksızdır. Çoğunlukla tahmin edilen değerler ve gerçekleşen değer sonuçları birbirinden farklılık gösterebilirler. Bu farklılığın oluşmasının başlıca iki sebebi vardır. Birincisi tahmin değerleri etkileyen bağımsız değişkenlerinin hepsinin göz önünde bulundurulmaması, ikincisi ise rastlantı sonucu gerçekleşen durumların gerçekleşmesidir[2].
- Tahminler belirli bir oranda hata içerebileceği, sapma oranları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yüzden tahminleme çalışmalarında tek bir tahmin değerini belirlemek ile beraber bir açıklığın yani yapılan tahmin değeri için alt ve üst sınırların belirlenmesi gerekmektedir.
- Talep tahminleri miktar ve çeşit olarak büyük olan gruplar için yapılırsa daha duyarlıdır[3]. Duyarlılık oranları büyük gruplar için daha yüksektir.
- Tahminlerin içerdiği süre dilimi kısaldıkça (kısa vadeye gidildikçe) hassaslık artmaktadır.
- Yapılan talep tahmin araştırmalarının sonuçları kullanıma geçilmeden önce kullanılan talep tahmin yöntemlerinin uygunluğu test edilmelidir[2].
- Tahmin, finansal piyasa koşulları, toplumsal değerler ve kurallar, rakiplerin durumu gibi temel çevresel etkenlerin içerisine dahil olabilmelidir.

- Talep süreci, sosyal ve piyasa çevresindeki değişimler karşısında reaksiyon verebilecek şekilde enerjik bir yapıda olmalıdır. Mümkünse talep senaryosunda alternatifler olmalıdır.
- Piyasa koşulları ve elde mevcut olan veriye göre en elverişli yöntemin tercih edilmesi gerekmektedir. Tüketicilerin uygulanacak yöntem üzerine fikir birlikleri sağlanmalıdır.
- Hata formülleri ile talep tahmin sapmaları tespit edilmelidir.
- Aynı ayrı her ürün için yapılan talep tahminler ile bir grup ürün için yapılan tahminler karşılaştırıldığında; bir grup ürün için yapılan tahminler daha doğru sonuç vermektedir[4].
- Tahminin öngörülerinin net bir ifadesi olmalıdır.

2.4 Talep Tahmin Yöntemleri

Karar sürecinde kullanılan tahminleme ve öngörü teknikleri nicel ve nitel olmak üzere iki kategoriye ayrılırlar. Nicel yöntemler matematiksel kurallar yoluyla bir olgu hakkında geçmiş bilgiyi düzenlemektedir. Ayrıca geçmiş örneklere ait bazı durumların gelecekte de devam edeceği varsayılmaktadır.

Nitel yöntemler aynı zamanda yargısal yöntemler olarak da adlandırılırlar. Tahmin değişkeni hakkındaki geçmiş bilgi, matematiksel kurallardan çok, uzmanların kendi kararlarına dayanır. Bunlar nicel yöntemlerden daha ekonomik ya da uygulaması daha kolay değildir. Nitel yöntemler hakkındaki ana problem, tahmincilerin kendilerine fazla güvenmeleri ve işletme içerisindeki politikaları yüzünden, tahminleri iş planlarına uyacak şekilde değiştirmeleri ve satış miktarları ile çelişen tahminler yapmalarıdır[1].

Karar vericilerin göz önünde bulundurması gereken husus; tahmin yapacakları konunun yapısına en uygun tahminleme tekniğini bulmalarıdır. Tahminleme çalışmaları; tahmin türü, tahminin içerdiği süre, ulaşılabilir bilgi kaynakları ve kullanılan tahmin yönteminin işlevsel vasfının olması gerekmektedir[3].

2.4.1 Nitel Yöntemler

2.4.1.1 Uzman Görüşünün Alınması

İşletmede uzman bireylerin yıllardır edinmiş olduğu bilgi ve tecrübelerine dayanılarak yapılan tahminlerdir. Bu tahminlerde kişisel yorum ve sezgili unsurlar ön plana çıktığı için tahmin

neticelerinin hatalı olma olasılığı yüksektir. Ancak hata payının düşürülmesi istatistiki yöntemler ile sağlanabilir.

Görüşleri toplama yönteminde, tahmin oluşturma sürecinde yararlı olacağı düşünülen kişilerin görüşleri alınır. Görüşlerine başvurulacak kişiler ve görüşlerin toplama şekli, işletmeden işletmeye farklılık gösterir. Örneğin bazı işletmelerde, satış çalışanlarından satış bölgelerine ilişkin tahminde bulunmaları beklenir. Ardından, bölge satış yöneticisi, satış çalışanlarının geçmişte yapmış oldukları tahminlerde olumlu veya olumsuz etkenleri dikkate alarak ve kendi görüş ve bilgilerini de katarak, gerekli düzeltmeleri yapar. Satış bölgelerinden gelen tahminler, işletmenin araştırma ekibi tarafından yeniden incelenir. Böylece, bölge satış elemanları tarafından düşünülmesine veya bilinmesine imkan olmayan unsurlar ve veriler göz önüne alınarak yeniden tahminler üzerinde düzenlemeler yapılır. Bu yöntemin avantajı basit ve düşük maliyetli olmasına karşın tamamen tecrübeye ve yargıya dayanması gibi dezavantajları bulunmaktadır[3].

2.4.1.2 Delphi Tekniği

Kısa ve uzun süreli durumların ortaya çıkmasına ilişkin tahminler yapan Delphi tekniği, özel bir araştırma yöntemi olup ilk olarak 1946'da Rand Corporation tarafından geliştirilmiştir.

Delphi yöntemi uzman görüşlerini bir araya getiren bir disiplinler arası analiz metodudur. Belirli bir konu hakkında analiz yapma sürecinde, oybirliğine ulaşmak için araştırmacı tekrarlı düşünme süreci ile seçilmiş uzmanlara rehberlik yapmaktadır. Yöntem, strateji düzeyini arttırmayı ve kompleks problemleri çözmeyi amaçlamaktadır. Katılan kişilerin kimlik bilgisinin gizli olması, takım reaksiyonlarının istatistiki analizi ve kontrollü geriye doğru beslemeli Delphi tekniğinin genel üç özelliği olarak bilinir.

Katılımcılara ait kimlik bilgilerinin gizli olması Delphi yönteminin başarısında etkili olduğu görülmektedir. Araştırma yapılma süresince katılımcılar tarafından sunulan görüşlerin sahipleri saklı tutulmaktadır. Böylece sunulan görüşlerin kimler tarafından öne sürüldüğü bilinmeden görüş değerleri tarafsız bir şekilde değerlendirilmektedir[1].

İkinci özellik ise takım reaksiyonlarının istatistiki yöntemler ile analiz edilmesidir. Her anket çalışmasından sonra analiz edilmesi için rehberlik eden kişi tarafından toplanır ve özetlenir. Üst üste uygulanan anketlerin istatistiki analizleri bittikten sonra analiz neticelerinin yani tahmin özetini kapsayan anket, tüm katılımcılara dağıtılır ve fikirleri sorulur. Bu da Delphi yönteminin üçüncü özelliği olup kontrollü geriye doğru beslemeli olmasıdır. Böylece katılım sağlayan kişilerin

görüşlerini ve diğer katılım sağlayan kişilerin görüşleri ile karşılaştırılarak tekrar yorumlanır. Tekniğin uygulanma süreci anlaşma ile birlikte bitirilir.

2.4.1.3 Anket Yöntemi

Anket yöntemi, nitel tahminleme yapılırken sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Model seçilen tüketicilere anket tekniği uygulanmaktadır. Anket yoluyla elde edilen bilgiler yeni bir ürün geçişinde, halihazırda olan bir üründe yapılan değişiklik ve tazeleme gibi hizmetler yapılırken taleplerin tahminleme sürecinde kullanılmaktadır. Anketin iletildiği kişilerin veya tüm işletmelerin cevap vermesi beklenmemelidir. Anket sonucu toplanılan cevaplar istatistiksel yöntemleri ile bütün tüketici ya da müşterileri içerecek şekilde analizi yapılarak, talep tahmin yapılmaya çalışılır [2].

Gelişmiş ülkeler tarafından pazar incelemesinde en çok kullanılan yöntem olmasına rağmen bilimsellik oranı düşüktür. Soru yöneltilen kişi veya işletmelerin istenilen cevap vermemeleri, verilen cevapların doğruluğunun düşük ve eksik olması bilimsellik oranının düşürmektedir[4].

2.4.1.4 Senaryo Analizi

Senaryo analizi geçmişteki verilerin elde edilemediği ya da şu anki koşullar için uygun olmadığı durumlarda kullanılan nitel bir tahmin yöntemidir. Günlük hayatta bireyler olarak senaryo analizlerini gün içerisinde düşüncelerimizde de kullanırız. Örneğin, herhangi bir konuda günlük faaliyette bulunacak bir kişi, bu faaliyetin sonuçlarını düşünür. Ardından bu ilk hareketten farklı olan alternatif bir hareketi ve onun sonuçlarını da değerlendirir. Bu şekilde alternatif senaryo ve olası geleceği formül etme imkânı sağlanmış olur.

Temel olarak, senaryo gelecek olaylara varsayımsal bir bakış açısı getirmektir. Senaryolar belirli bir başlama noktasını şu anki yani içinde bulunulan zaman olarak, gelecek durumun veya alternatif gelecek durumlar kümesinin gelecekte nasıl ortaya çıkabileceğini gösterir[1].

İşletmelerin senaryo analizi kullanım sebeplerinden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Belirsizliğin sürekli ve çokça olması.
- Geçmiş dönemlerde maliyeti çokça tahakkuk eden durumların meydana gelmiş olması,
- Halihazırda farkındalık oluşturulan fırsatların anlamsız olması,
- Taktiksel fikirlerin üzerindeki yaratıcılığın azalması,
- Bünyesinde bulunulan sanayi ile birlikte gelen değişimin olması veya olma ihtimali.

2.4.2 Nicel Yöntemler

2.4.2.1 Nedensel Yöntemler

Düzenin çıktılarının, düzen girdilerinin bir işlevin olduğu kabul edilmektedir. Bu yüzden düzen çıktılarını, düzen girdilerinin kesin formülasyonu olarak ifade edilmektedir. Regresyon analizi ve korelasyon analizi nedensel yöntemlerin en çok kullanılan iki yöntemidir.

2.4.2.1.1 Regresyon Analizi

Regresyon analizinin temel özelliği bağımlı değişkenlerin hesaplanmasında bir veya birden fazla değişkenin etkisinin incelenmesini sağlamasıdır. Regresyon değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyerek ilişkinin matematiksel fonksiyonunun belirlenmesi amacıyla kullanılır. İlişkinin matematiksel fonksiyonunun ortaya belirlenmesinden başka değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve derecesinin belirlenmesi için korelasyon analizi kullanılır. Korelasyon ise bir değişken değişirken diğerinin değişip değişmediğini, değişiyorsa hangi yönde değiştiği ve değişimin derecesini belirlemek amacıyla uygulanır. Modelde bir bağımlı değişken kullanılıyorsa “tek değişkenli regresyon analizi”, birden çok değişken kullanılıyorsa “çok değişkenli regresyon analizi” olarak adlandırılmaktadır.

Basit regresyon: Tek bir bağımsız değişken içeren regresyon modelidir. X bağımsız değişkeni ve Y bağımlı değişkeninin olduğu durumda, gerçekte iki değişken arasındaki ilişkiyi veren matematiksel fonksiyon $Y_t = \alpha + \beta X_t$ iken tahmin edilen ilişki fonksiyonu $Y_t = a + bX_t$ ‘dir. İlgili doğrunun kesim noktasını veren değer a iken eğimini veren değer b dir. Bu değerlerin bulunması için kullanılacak yöntem en küçük kareler yöntemidir. Yöntemin aslı a ve b değerlerini hata terimlerinin tahminleri arasındaki farkın karelerinin toplamı minimum olacak şekilde seçmektir.

Çoklu regresyon: Bağımlı değişkenin birden fazla bağımsız değişken tarafından etkilendiği durumda kullanılır. Tahmin edilecek olan regresyon doğrusu iki bağımsız değişkenin olduğu durumda $Y_t = a + bX_t + cZ_t$ durum halini alır. Y’deki değişimler kısmen X kısmen Z’deki değişimlerden kaynaklanmaktadır. Burada b, Z sabitken Y’nin X’e göre değişimini veren katsayı, c ise X sabitken Y’nin Z’ye göre değişimini veren katsayıdır[5].

2.4.2.1.2 Korelasyon Analizi

İki değişken arasındaki ilişkinin derecesi korelasyon analizi ile ölçülmektedir. Korelasyon analizi, bir talep tahmini yöntemi olarak kullanılabilmekte ve elde edilen sonuçların ihtimallerini

tespit etmede kullanılmaktadır. Oluşturulan denklemin ne oranda betimlediğini göstermektedir. İlişki ne kadar güçlü ise oluşturulan tahminlerin o kadar doğru olması beklenmektedir. Korelasyon R simgesi ile gösterilmektedir[4].

$$r = \frac{\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i / n}{\sqrt{(\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n)(\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2 / n)}} \quad (2-1)$$

Korelasyon analizi sonucunda elde edilen katsayı değeri [-1 ile +1] arasında bakılarak ilişkisi değerlendirilir. İlişki;

- Doğrusal değilse $r=0$,
- 0 ile -1 aralığındaysa ters orantılı ilişki,
- 0 ile 1 aralığındaysa ilişki doğru orantılı ilişki
- 0'dan uzaklaştıkça ilişkinin gücü artmaktadır.

2.4.2.2 Zaman Serileri Analizi

Geçmiş dönemlere ait satış bilgilerinin analizi yapılarak ulaşılan verileri aylık veya yıllık bir yönelim belirtisi olup olmadığı ve verilerin bir mevsimsellik gösterip göstermediğini ortaya çıkartmaktır. Bu veriler ışığında bir model oluşturulur. Geçmiş veriler incelenerek bir model oluşturulur. Model gelecek dönemler için tahmin ve hipotezlerde bulunur[6].

2.4.2.2.1 Basit (Naive) Tahmin Yöntemi

En basit tahmin yöntemi olan Naive bir sonraki dönemin en son gözlemlenen değer ya da en son gözlenen değerden belirli bir yüzdenin eklenmesi veya çıkartılmasıyla elde edilmektedir. Matematiksel eşitlik formülü;

$$F_{t+1} = y_t \quad (2-2)$$

Basit tahmin tekniği zaman serilerinde tahminleme yapmak için herhangi bir oynama göstermeyen kullanılabilen maliyetsiz ve kolay bir yöntemdir. Yöntemin en büyük avantajı, zaman

serileri analiz yöntemleri için bir başlangıç değeri oluşturmastır. Zaman serilerinin çoğunda dalgalanmalar mevcut olduğu için bu yöntem pek kullanışlı değildir[2].

2.4.2.2.2 Aritmetik Ortalama Yöntemi

Aritmetik ortalama yöntemi, gelecek döneme yönelik talep tahmini yaparken kullanılan en basit yöntemlerden biridir. Talebin, geçmişte olan talebin ortalamasına yönelik eğilim göstereceğini varsayarak geçmişte olup bitenlerin toplanarak ortalaması alınmaktadır. Aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n} \quad (2-3)$$

Hesaplanacak dönem tahmini, önceki dönem taleplerinin hepsinin toplanıp kaç dönem var ise buna bölünmesiyle elde edilir. Geçmiş dönemdeki veriler pek fazla değişim göstermeyerek ortalama bir trend etrafında seyir gösteriyorsa ve mevsimsel dalgalanmaların etkisinin olmadığı durumlarda kullanılır. Avantajı uzun matematiksel hesaplamalar gerektirmemektir.

2.4.2.2.3 Hareketli Ortalamalar Yöntemi

Kendisinden bir önceki dönemlerin ortalamasının bir sonraki dönemin ortalamasına eşitliğini varsayarak hesaplanan aritmetik ortalama yöntemi bir gibi ortalama yöntemidir. Bu yöntem, hazır yani çok yakın dönem geçmişinin tahminlerde daha önemli olacağını düşünülmektedir. Yalnızca bir dönem tahmini yapılarak belirlenen n adet dönemin ortalamasını alınabilmektedir.

$$F_{t+1} = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-n+1}}{n} \quad (2-4)$$

Zaman serisi mevsimsellik içeriyorsa n değeri çok büyük bir değer olmaması gerekmektedir. Artan bir eğilim gösteren serinin geçmiş dönem ortalaması alınacağı için değer çok küçük kalabilir ve eğilim parçasını bozabilir. Ayrıca azalan bir eğilim varsa tahmin değeri beklenen değerin çok üstünde

bir değer çıkabilmektedir. ‘n’ dönemin belirlenebilmesi çok önemlidir. Dönem sayısı arttırıldıkça seride düzgünleştirme sağlanacaktır. Eğer dönem sayısı az seçilecek olursa son dönemin talep tahminlerinden fazlaca etkilenecektir. Dönem sayısının çok seçilmesi durumunda yakın dönemin talep tahmin oranlarındaki istenilen etkiye ulaşamayabilir.

2.4.2.2.4 Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi

Basit hareketli ortalamalar yöntemi gibi belirlenmiş olan n adet dönemin ortalamasını almaktadır. Fakat basit hareketli ortalamadan farklı olarak ağırlıklı hareketli ortalama yönteminde talep oranları ağırlıklandırılırken basit hareketli ortalama talep oranları eşit sayılmaktadır.

$$F_{t+1} = \frac{w_1 y_t + w_2 y_{t-1} + \dots + w_n y_{t-n+1}}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad (2-5)$$

Bu yöntemde belirlenecek ağırlık değerleri doğrusal olarak belirlenebilir. Eğer belirli dönem reaksiyonu veya son alınan dönem reaksiyonun etkili olacağı düşüncesi oluşursa bu sefer sezgili belirlenmektedir. Böylece model Naive yönteminden daha hızlı cevap vermiş olur[4].

2.4.2.2.5 Üstel Düzeltme Yöntemi

Basit stel düzeltme yöntemi, bir periyota ait oran rastgele hesaplanırken, basit ve ağırlıklı hareketli ortalamadan farklı olarak yakın geçmişte gerçekleşen değerlerin geleceğe etkisinin daha yüksek olacağı varsayımı ile tahminde bulunurken yakın geçmiş değerlerinin ağırlığı daha yüksek yapılır. Bir bakıma, üstel düzeltme yöntemi, tüm gerçekleşen verilerin hareketli ortalaması olmaktadır.

Üstel kavramı, üstel bir şekilde azalarak eskiyen ağırlıklı ve değerleri tanımlar. Başka bir deyişle, tahmini hesaplarırken ele alınan bir önceki dönem değerleri yakın geçmişteki gerçekleşenlerden yüksek, değerler gittikçe üstel bir şekilde azalmasıdır. Üstel düzeltme, en yakın geçmişteki verileri daha fazla ağırlıklandırma fırsatı verir ve bu yöntemle tahminde bulunmak için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$F_t = a x_{t-1} + (1 - a) F_{t-1} \quad (2-6)$$

Burada α katsayısı $0 \leq \alpha \leq 1$ arasında bir değer almaktadır. Bu yöntemde, veri adedinin gözle görülebilecek derecede azalmasını sağlayan α katsayısının kullanılmaktadır. Sadece bir önceki döneme ait gerçekleşen değerler ve tahmini talep değerlerinin elde olması içinde bulunulan dönemin talep tahmin değerlerini bulunmasında yeterli olacaktır. Bir önceki dönemde yapılan hata göz ardı edilebilmesi α katsayısının 0 değerine yaklaştırılmasıyla sağlanacaktır[3].

2.4.2.3 Box-Jenkins Yöntemi

Tek bir değişkinden oluşan modelin süre aralığı kısa olduğu zamanlar doğru sonuç verebilen bir tekniktir. Box-Jenkins veya ARIMA modeli olarak adlandırılan zaman serilerinin kesikli, doğrusal ve tahmini işleyiş içerisinde olmasıdır. Hareketli olan serilere fark alma işlemi uygulanarak sabit serilere kullanılan modeller Birleştirilmiş Otoregresif Hareketli Ortalama (ARIMA-Auto Regressive Integrated Moving Average) modeli adına tanımlanmaktadır. Box-Jenkins tekniğinin en doğrusal sabit modeli Otoregresif (AR-Auto-Regressive) ve Hareketli Ortalama (MA-Moving Average) modellerinin birleşimi olan Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA-Auto Regressive Moving Average) modeller olarak isimlendirilmektedir. Zaman serisine eş olan ve çokça az miktarda katsayı barındıran doğrusal modelin oluşturulmasıdır[5].

2.4.2.4 Yapay Zekâ Tabanlı Yöntemler

Yapay Zekâ(YZ), “makinelere daha zeki davranmalarına olanak veren uygulamalar” şeklinde tanımlanabilir. YZ’nin temeli bilgisayarın insan gibi düşünerek problemlere çözüm yolları bulabilmesine olanak sağlamasıdır. YZ’ da kullanılan yöntemler genel anlamda çok yönlü ve karmaşık ilişki bulunduran problemlerin çözümünde iyi sonuç vermektedir. YZ’da kullanan akıllı bir makinenin kendisini ve çevresini doğru algılaması ve göstermesi, bu bilgileri kodlaması ve kodlanmış bilgiyi çözmesi ve bilgiye kolay ulaşım için sıralaması gerekmektedir. Tüm bu etkinlikler de YZ’nin elemanlarını oluşturur. YZ için çok önemli bir başka etkinlik ise öğrenmedir. Donanım teknolojisi her geçen gün ilerlemekte ve daha hızlı çalışabilen, daha çok bilgiyi saklayabilen, daha karmaşık sistemleri ve fonksiyonları yerine getiren bilgisayarlar ve bilgisayar sistemleri oluşturulmakta iken diğer yandan yazılım teknolojisi ilerlemekte ve bilgi işleme nitelikleri, karar verebilme, öğrenme, problem çözmeye dayalı yazılım sistemleri geliştirilmektedir. Bu gelişmeler sayesinde zeki sistemlerin her geçen gün daha yaygın olarak bilinmesine ve günlük hayatta insanların kullanmasına imkan tanımaktadır[3].

2.5 Tahmin Hata Ölçüsü

Talep tahmin değerlerinin güvenilirliğinin ölçülmesi işlemidir. Tahmin yöntemlerinin hiçbiri %100 doğru sonuç veremez. Geleceği %100 doğru bilmemizin imkânı olsaydı tahmin yöntemlerine ihtiyacımız olmazdı. Bu sebeple her tahminde bir hata payı vardır. Gerçek değerler her zaman tam doğru sonucu vermeyebilir, kırılma yani sapma değerler olabilir. Oluşan kırılmaların tespit edilmesi tahmini modele ne derecede ihtiyaç duyulacağını saptanmaktadır. Tahmin doğruluğu hataların analizi ile oluşturulur. Kırılmalar göz ardı edilebilecek bir oranda ise çıktı sonucu açıklayıcı kabul edilir. Kırılmalar göz ardı edilemeyecek bir oranda ise modelde iyileştirilmeye ve tekrardan oluşturulmasına başvurulur.

Tahmin hatası; tahmin edilen değer ile gerçekleşen değer arasındaki farktır. Aşağıdaki denklemde gösterildiği üzere e_t tahmin hatasıdır. A_t gerçekleşen değer, F_t ise tahmin edilen değerdir. Pozitif hata tahminin gerçek değerinin altında kaldığını, negatif hata ise yüksek tahmin yapıldığını göstermektedir[5]. Tahmin doğruluğu ölçümlerinde sıklıkla kullanılan teknikler şöyledir;

2.5.1 Ortalama Hata Kareleri (Mean Square Error-MSE)

MSE, tahminleyici performansını ölçmeye yarayan, her zaman olumlu değeri veren ve sıfır değerine yakın olan tahminleyicisinin en iyi sonucu verdiğini tespit eden bir modeldir. Hata oranlarını büyüterek oluşan hataları gözle görünür bir seviye getirmeye çalışır.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n} \quad (2-7)$$

2.5.2 Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error-MAE)

MAE, aynı fenomeni ifade eden hata ölçüm değerlerinin mutlak değerleri alınarak belirtilerden arındırılır. Tahmin edilene karşı gözlenen ilişkine karşılaştırmaları içermektedir.

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (2-8)$$

2.5.3 Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error-MAPE)

Ortalama mutlak yüzde sapma olarak da bilinen MAPE tahmin doğruluğunun bir ölçüsüdür. Sapmaların yüzdesel olarak ifade edilmesini sağlayarak sapma değerleri arasında kıyaslama yapılır.

$$MAPE = 100 \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{A_t}}{n} \quad (2-9)$$

2.5.4. Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE)

Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE), artıkların (tahmin hataları) standart sapmasıdır. Artıklar, regresyon çizgisi veri noktalarından ne kadar uzakta olduğunun bir ölçüsüdür; RMSE, bu artıkların ne kadar yayıldığına bir ölçüsüdür. Başka bir deyişle, verilerin en uygun çizgi etrafında ne kadar yoğun olduğunu söylemektedir. Ortalama karekök hata, deneysel sonuçları doğrulamak için klimatoloji, tahmin ve regresyon analizinde yaygın olarak kullanılır.

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (2.10)$$

3. KAMÇI ETKİSİ

Tedarik zinciri, mamulün üreticiden, lojistik partnere, toptancıya, perakendeciye en son olarak müşteriye iletilmesi sürekliliğin tamamını kapsamaktadır. Bu süreci departmanlar ve sistematik düzenler ile yönetebilmektir. Tüketicilerin gerçek taleplerinin tespit edilmesi ve tedarik zincirinin tüm halkalarında işlem görerek hizmet sağlanmaktadır. Tüketici taleplerine göre bir sonraki dönem için talep tahminleri oluşturulmaktadır. Kamçı etkisi ise tedarik zincirindeki tahminlerin verimsizliğini ve büyük dalgalanmaları ifade eden bir yöntemdir.

Üretim ve hizmet sistemlerinin ilk adımı olarak kabul edilen talep tahmini, stok seviyelerinin hesaplanması ve korunması, müşteri daha iyi servis sağlayabilmek için zamanında ve miktarında teslimat oranlarının sağlanması, kapasite kullanımlarının optimize edilmesi, kar seviyelerinin ve nakit artış hızının artırılması gibi konularda önem arz etmektedir. Günümüzde talebi tahmin etmek için gerek basit gerek karmaşık pek çok yöntem geliştirilmiştir. Farklı organizasyonlar için ilgili ürün portföyünün satış özelliklerine göre uygun tahmin yöntemleri olumlu iş sonuçları sağlamaktadır. Mevcut tahmin yöntemlerin kullanmasının yanı sıra ikinci önemli bir adım da tahmin doğruluğunu tahmin yönteminin yapısının incelenmesi olmaktadır. Tahmin doğruluğunun yanında şirket hedeflerine yönelik göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli bir konu da kamçı etkisidir. Hedefler ile yönetilen bir tedarik zinciri yapısında kamçı etkisinin minimum düzeyde olması esastır. Dolayısıyla bir yandan en doğru tahminleri elde etmek için kullanılan yöntemin aynı zamanda minimum seviyede kamçı etkisini sağlama amacı ile de çalışması gerekmektedir.

3.1 Kamçı Etkisinin Sektörel Kanıtları

Kamçı etkisi ilk kez Procter & Gamble'daki (P&G) lojistik yöneticilerinin en çok satan ürünlerinden biri olan bebek bezi satışı üzerine yapılan bir incelemede kullanılmıştır. İnceleme sonucunda talebin perakendecide fazla dalgalanma göstermemesine rağmen perakendeciden toptancıya ve tedarikçiye kadar olan talepteki dalgalanmaların daha büyük olduğu görülmüştür. Tedarik zincirindeki talep siparişi değişkenlikleri tedarik zincirinde yukarı çıktıkça artmıştır. P&G bu olguyu kamçı etkisi olarak adlandırmıştır[7].

Aslında Procter ve Gamble “kamçı etkisi” ifadesini müşteriler ve tedarikçiler arasında tanık oldukları çocuk bezi sipariş davranışını tanımlamak için kullanmışlardır. Bebeklerin çocuk bezi

kullanımı oldukça düzenlidir. Mutlaka, doğum oranlarında mevsimsel dalgalanmalar söz konusudur ve ilkbaharda doğum oranları daha fazladır. P&G'nin market ve dağıtım merkezleri siparişler verildikten sonra dalgalanan ve değişken üretim oranları ile karşılaştırıldığında mevsimsel değişimin çok küçük olduğu görülmektedir. P&G hammadde tedarikçilerine siparişler verdiğinde dalgalanmaların daha da yüksek olduğunu gözlemlemiştir.

Barilla, İtalya'nın büyük çaplı ve önemli üreticisidir. Üç farklı dağıtım yöntemi olan üretici firma gecikmeli on günlük teslimatlarıyla ve sipariş takvimini hafta bir, stok değerlerine rağmen geniş müşteri hizmet seviyesine ulaşamamıştır. Firma talep tahminleri, tutar belirleme ve teşvikler olarak üç faktörü gerçekleştirdiği ve kamçı etkisinin 3.75 olduğu tespit edilmiştir. Firmaya ait elde edilen doğrultusunda talep veya ters talep verilmesine fırsat tanınan az ve sıkça sevkiyatların kontrolü yetkisi verilmiştir. İlaveten miktarda azalışa ve fiyat teşviklerinde kısıtlama yapılmıştır.

İspanya, Sebastian de la Fuente'de yapılmış olan bir çalışmada firmanın stokta kalmama riskini azaltmak için sakladığı fazladan ürün miktarının gittikçe büyümesi ve en uygun düzey için fazladan sipariş oluşturması yüzünden altı kamçı etkisinin oluşmasına neden olmuştur. Bunların dört tanesi mantıklı, akılcı; iki tanesi davranışsaldır. Tüm dağıtıcıların aynı şekilde davranışı sergilemesi durumunda kapasite kısıtlığına neden olmaktadır. Devamlı miktar belirleme problemi oluşturmaktadır.

Hollanda, SNEEL işletmesinin satım merkezi değerlerini kamçı etkisini azaltıp azaltmadığını belirlemek için yaptıkları çalışmada satış noktası verilerinin kamçıyı azaltıp azaltmadığı test etmek için bir çalışmada POS değerlerinin talep tahminlerini ve kamçı etkisini ne dercede etkilediğini analiz etmiştir.. Bir diğer faktörler sabit tutularak POS değerlerinin paylaşımının olumlu etkisi tespit edilmiştir[8].

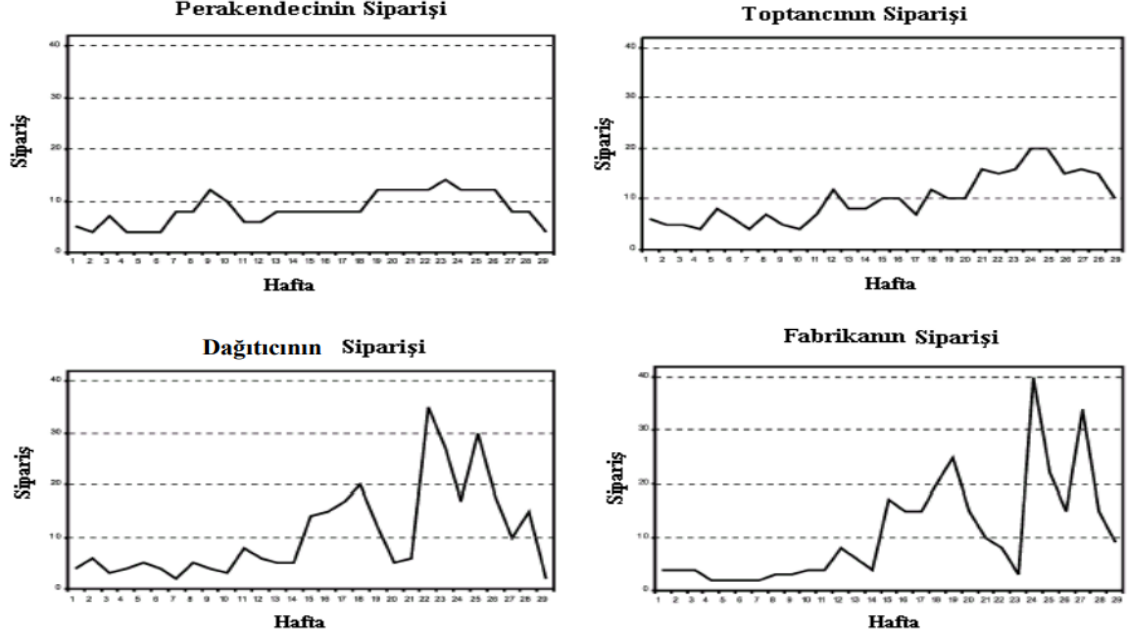
3.2 İçecek Oyunu

İçecek oyunu ilk kez 1960 yılında Sterman tarafından uygulanan asit bir tedarik zinciri oyunudur. Bir içecek markası var ve bu içecek markasının üreticisi ve lojistik partneri olmak isteyen katılımcılar mevcuttur. Katılımcılar (öğrenciler, yöneticiler, analistler vb.) tüketici, toptancı, perakendeci ve bilindik bir içecek markasının üretici grubunu temsil ederler. Her konumdaki katılımcı statüsünü korumak amacıyla uygun gördükleri kararları alma yetkisi vardır. Sipariş verilecek katılımcı hariç diğer katılımcılarla konuşulması yasaktır.

Fiyatından dolayı hep aynı içecek markası tercih eden bir grup kesim olduğu varsayılır. Her hafta günlük düzenli gazete satışı yapan perakendeci düzenli içecek satışı da yapmaktadır. Her hafta düzenli dört sandık satışı yaptığı için her Pazartesi içecek dağıtıcısı geldiğinde dört sandık içecek siparişı vermekte ve stoklarında on iki sandık içecek bulundurmaktadır. Fakat bir anda içecek satışlarında yükseliş meydana gelerek hafta dört sandık yerine sekiz sandık satışı olmaya başlar. Perakendeci bu artışı bir kerelik olduğunu düşünerek stoktaki fazla sandıkları kullanmaya başlar. Ancak satışlar haftada sekiz sipariş olarak devam etmektedir ve stok miktarları tükenmektedir. Lojistik partneri dört hafta önceki sipariş olduğu için sadece dört sandık sipariş getirmiştir. Stokta da dört sandık kaldığı için toplamda bulunan sekiz sandığın hafta boyunca satılması anlamına gelmektedir. Perakendeciye olan sipariş artışıları satışların artmasına ve toptancıdan daha fazla içecek kasası talebi oluşturmaktadır. Fakat toptancıda sadece beş sandık gönderebilmesi neticesinde perakendecinin siparişleri karşılayamaması neticesinde onurunu kaybetmesine neden olmaktadır. Toptancı eldeki tüm stokları göndermeye başlar fakat yetmemektedir. Bu arada perakendeci de toptancı da sürekli sipariş vermeye devam etmektedir. Fabrika içecek üretimi artmaya başlamaktadır. Sipariş artışılarıyla birlikte talep karşılanmayınca perakendeci, toptancı ve fabrika maliyetlerinde artışı başlar. Fabrika toptancının siparişlerini karşılayabilecek stoku yapabilmiştir ve toptancıya göndermeye başlamıştır. Toptancıda perakendecinin siparişlerine karşılık vermeye başlamıştır. Fakat geçen bu süre zarfında içecek olan istekler azalmıştır. Sonuç olarak perakendecide 98 sandık, toptancıda 220 kamyon stoku, fabrikada 220 kamyon stoku oluşmuştur. Sterman bu durumu stokun yanlış anlaşılması ve kırbaç etkisine neden olduğu belirtmiştir.

İçecek Oyunu'nda, tedarik zincirinde sipariş varyansının yukarı yönlü artışıını şekil 3-1' deki gibi tespit etmişlerdir[9].

Tedarik Zincirinde Bilgi Çarpıtmasının Etkisi: Kırbaç Etkisi



Şekil 3-1: Bir grup öğrenci tarafından oynanan içecek oyunun gerçek verileriyle kırbaç etkisi

3.3 Kamçı Etkisinin Nedenleri

Yukarıda bahsettiğimiz İçecek Oyunu, aslında Kamçı etkisini en iyi anlatan teknik ve anlatım yoludur. Katılımcılar bu içecek oyununda hem tüketici, hem perakendeci, hem toptancı hem de lojistik partneri olma fırsatı yakalıyor. Oyuncuların birbiriyle konuşması yasaktır. Sipariş emirleri oluşturulurken en alt kademedeki katılımcıların talepleri göz ardı edilmemelidir. Oynanan oyun sonucunda malzemeyi tedarik edenin talep süreci, en alt kademedeki katılımcılardan çokça fazla farklılık göstermektedir.

Kamçı etkisini etkileyen faktörler aşağıda verilmiştir.

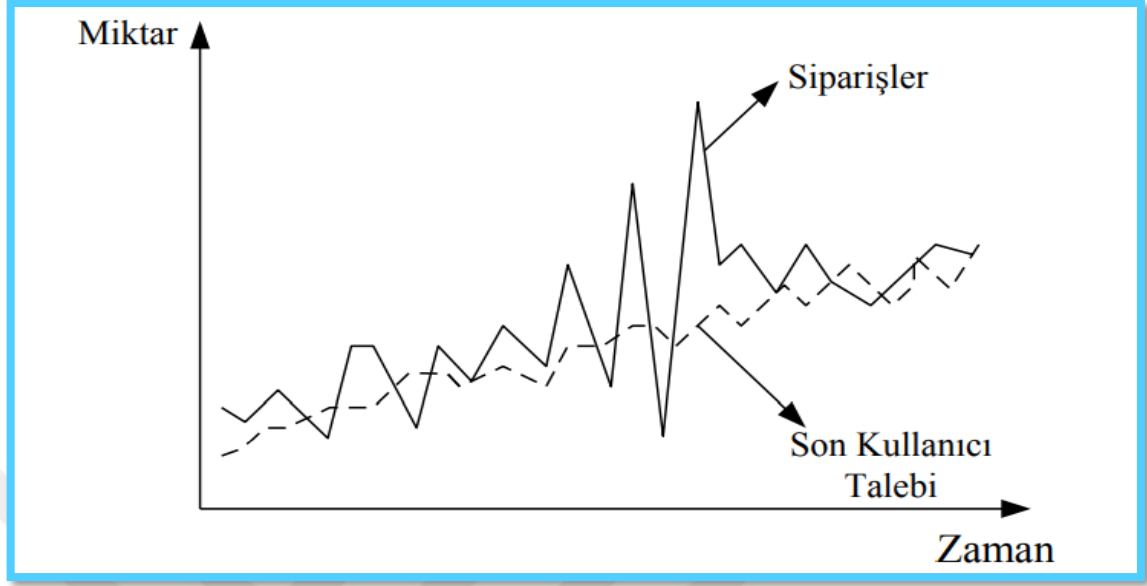


Şekil 3-2: Kamçı etkisini etkileyen faktörler

3.3.1 Talep Tahminlerindeki Güncelleme

Talep tahminleri üretim planlamadan, kapasite planlamaya; stok kontrolünden malzeme ihtiyaç planına kadar tedarik zincirinin birçok dalında ihtiyaç duyulmaktadır. Tahminler işletmenin geçmiş dönem koşullarındaki satışlarını değerlendirerek oluşturur.

Şirket idarecileri tahminlerde deneyim ve hislerini kullanabilmektedirler. Katılımcıların gözlemleri talep tahmininin önemli bir faktörüdür. Alt kademedeki bir katılımcı sipariş talebi oluşturduğunda bir üst yönetici katılımcı kendi sipariş talepleri için bir uyarıcı olarak değerlendirir ve kendi sipariş taleplerini belirlemektedir. Üst katılımcının yaptığı bu davranış biçimi kamçı veya kırbaç etkisinin en önemli faktörü olarak saymaktadır. Örneğin tedarikçiye ürün sipariş talebi oluşturulmak istendiğinde çok kolaylıkla kullanılabilen yöntemlerden biri üstel düzeltme yöntemidir. Üstel düzeltme yöntemiyle bir sonraki gelecek dönemler için oluşturulan sipariş talepleri daima güncellenmektedir. Tedarikçinin stoklarının karşılayabilecek bir seviyede sipariş talebi oluşturulması gerekmektedir. Güvenlik stokları düzeltme tekniğiyle bir sonraki dönemlere ait talep tahminlerinin güncellenmesi gerekmektedir. Talep tahminlerindeki oynamalar sipariş miktarındaki oynamalardan daha az olmaktadır. Alt kademedeki bir bölümün vereceği sipariş miktarı ne kadar doğru olursa üretici tarafından o kadar doğru bir ilerleme olur.(Şekil 3-3).



Şekil 3-3: Üreticinin siparişlerinin son kullanıcı (nihai müşteri) talepleri ile karşılaştırılması

3.3.2 Parti Siparişi Verme

İşletmeler tarafından tedarikçilere talep miktarı belirtilirken stok denetimi ve izleme politikası yapmaktadır. İşletmelerin stok miktarlarında azalma olabilir fakat hemen sipariş oluşturmaz çünkü işletmeler siparişleri yükler halinde ve birikmiş bir şekilde vermektedir.

Yük halinde siparişler oluşturulurken iki yol izlenir;

1. Periyodik Sipariş Yönetimi
2. İtme Siparişi Yöntemi

Sürekli ve az gelen ürün olduğunda tedarikçi üstesinden gelemeyebilir. Bu yüzden sık sipariş değil de haftalık, iki haftalık veya aylık olarak sipariş vermektedirler. Zamanda erteleme, kararsız sipariş kaynağından dolayı çok sipariş vermeye engellemektedir. Oluşan bu kararsız sipariş değişkenliği işletmenin talep ettiği kararsız sipariş kaynağından daha büyüktür. Bu nedenle düzenli siparişlerin kararsızlığı arttığında kamçı etkisi ortaya çıkmaktadır. Siparişlerin aralıklı verilmesinin bir diğer sebebi ise tam dolu kamyon veya yarı dolu kamyonun ulaşım giderlerinden kaynaklanmaktadır. Bütün müşterilerin talep siparişleri bütün haftaya dağıtılacak şekilde planlarsa kamçı etkisi daha düşük düzeylerde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Ama talep siparişi üst üste olursa, talepte oluşan oynaklık ve kamçı etkisi çok yüksek seviyelerde gözlemlenir. İşletmelerin ay başında ve ay sonunda müşterin siparişlerini girmek için kullandığı MRP (Materials Requirement Planning)

veya DRP (Distribution Requirement Planning) gibi programlar müşteri siparişlerinin denk gelmesine neden olmaktadır. Bu da kamçı etkisinin yine yükselmesine neden olmaktadır.

3.3.3 Fiyat Dalgalanmaları

Araştırmalara göre üretici ve dağıtıcı grupların çoğu (%80) ‘gelecek için alım (forward buying)’ politikasıyla ihtiyaçlarının çoğunu önceden sipariş etmektedir. Bu uygulama pazarda fiyatların oynaklığının artmasına neden olmaktadır. Hem üretici hem dağıtımçı fiyatta ve miktarda iskonto yaparak, kuponlar ile özendirme yaparak düzenlemeler yapabilir. Bu özendirici taktikler tüketicilerin ihtiyaç duymadığı alımlar yapmasına ve tedarik zincirinde maliyetlere neden olmaktadır. Geleceğe dair alımlarda büyük ölçekli alımlar yaparak stok yapmaktadır. Tüketici fiyatlarda düşüş olduğunda dolu miktarda ürün alımı ile stok yapar, fiyatlar standart haline gelince tüketici ürün alımını durdurur. Stokları tükendiğinde tekrar sipariş vermeye başlar. Tüketicinin yaptığı burada yaptığı miktar değişkenliği, tüketimdeki değişkenlik çokça fazla olur ki bu da kamçı etkisine neden olmaktadır. İşletmelerin bazıları fiyatı düşürüp yükselterek bir çalışma stili oluşturabilir fakat dağıtıcı ile üretici arasında gönderilen mal ve oluşturulan siparişlerde oynaklıklar, fazla mesai yapma durumu, bazen boş kapasite durumu gibi kötü sonuçlar doğurabilir.

3.3.4 Stok Tahsis Etme (Orantılama Oyunu)

Bir ürüne olan talep arz aşıldığı zaman üreticilerin stoklarında bulunan miktarlar kadar karşılık vermeye çalışır. Mesela Toplam talep arzı %50 kadarsa tüm müşterilere talep ettikleri siparişin %50’si kadarını karşılar. Üreticinin talep siparişi karşılayamamasının sebebi tüketicilerin asıl ihtiyaçlarından fazlasını talep etmesidir. Bir süre sonra süreçte en son tüketicinin talep ettiği siparişleri iptal etmek, geri çevirmek zorunda kalacaktır. Bu oluşan durum üretici için hoş olmayan durumlara neden olmaktadır. Örneğin 1980’ li yıllarda sac varil yetersizliği olmuştur. Bu yetersizlik firmalara aktarılan siparişlerin en son kullanıcının artan talepleri değil, işletmelerin beklenti ve önsezileri yüzündendir. Bu dönemde çeşitli firmalar sipariş gönderen üreticiler malları en hızlı temin edenlerden almışlar ve diğer üreticilere gönderdikleri siparişleri iptal etmişlerdir[10].

3.3.5 Kamçı Etkisinin Ölçülmesi

Talep tahminlerinin yenilenmesi, siparişlerin partilenmesi, fiyatların oynaklığı ve miktarları saptamak kamçı etkisinin dört ana nedeni sayılmaktadır. Arz miktarı talep miktarından düşük olduğunda malzeme temin eden kimse sipariş miktarlarında atama oyunu yaparak kapasiteye uyumlu bir değer belirlemektedir. Bu oyunu fark eden tüketici de ihtiyacı fazlası sipariş talebi oluşturmaktadır. Bu durum noksanlığın ortadan kalkmasıyla sipariş fazlasının ortadan kalkmasına bununla birlikte talep değişkenliği artışına neden olmaktadır. Holmström, değişkenliği oranlamak için, belirli dönemlerin taleplerini temel alınmıştır. Detaylı veri ortalaması ve kamçı sebeplerinden hangisine dayandığını açıklamaktadır.

Fransoo ve Wouters, kamçı etkisinin, tedarik zincirinin her düğümünde farklı orana sahip olan, bu oranın düğüme denk gelen ve üst düğüme iletilen sipariş taleplerinin oynaklığının oranları eşit olarak belirtilmiştir. Bu değişkenlik aşağıdaki şekilde formüle edilebilir[11].

$$w = \frac{c_{out}}{c_{in}} \quad (3-1)$$

$$C_{out} = \frac{\sigma(D_{out}(t,t+T))}{\mu(D_{out}(t,t+T))} \quad (3-2)$$

$$C_{in} = \frac{\sigma(D_{in}(t,t+T))}{\mu(D_{in}(t,t+T))} \quad (3-3)$$

D_{inl} : Zincirin l aşamasına bir alt aşamadan gelen talepler

D_{outl} : Zincirin l aşamasına bir alt aşamadan gelen talepler

Kamçı değerinin sonuçları değerlendirildiğinde düğümden ortaya çıkan ve düğüme iletilen sipariş taleplerinin klasik ayrıklarının ortalamaları oranının oranı olarak hesaplanmaktadır. Kamçı

oranının hangi ortalama değerinde hesaplandığı çok önemlidir çünkü her düğümün birden fazla noktadan ve birden fazla ürün için talep siparişı göz önüne alınmaktadır.

3.3.5.1 Ürün / Distribütör Bazlı Hesaplama (w_1)

p adet ürünün m adet dağıtıcıdan gelen talep dizileri parça parça ele alınarak ve standart sapma ile ortalamaları hesaplanmaktadır. En teferruatlı hesaplama bu ortalama yönteminde kullanılmaktadır. Neticede p x m uyumu kombinasyon sayısı kadar kamçı değeri hesaplanmaktadır.

3.3.5.2 Ürün Bazlı Hesaplama (w_2)

m adet dağıtıcıdan iletilen sipariş taleplerinin ürün esaslı toplamaları temel alınmaktadır. p adet ürün için p adet kamçı değeri bulunmaktadır.

3.3.5.3 Distribütör Bazlı Hesaplama (w_3)

Her bir dağıtıcıdan iletilen p adet ürüne dair sipariş talepleri toplamı esas alınmaktadır. Bu yüzden m adet dağıtıcı için kamçı değeri bulunmaktadır.

3.3.5.4 Aşama Bazlı Hesaplama (w_4)

m adet çeşitlilikte dağıtıcıdan iletilen ve her düğüm p çeşitlilikte ürün için sipariş taleplerinin toplamı alınmaktadır, talep edildiğinde ürünlerin öncelik derecesine göre ağırlık oranı tanımlanmaktadır.

Tedarik zincirindeki kamçı etkisinin hangi sebepten dolayı oluştuğunu anlatılan bu dört hesaplama yöntemlerinden biri ile tespit edilebilir. Dört yöneme göre kamçı oranlarında farklılığın oluşması bu tezi desteklemektedir.

3.4 Blok Yapısı ile Kamçı Etkisinin Azaltılmasına Dair Sektör Uygulaması

Tedarik süreçlerinin hızlı ve verimli gerçekleşmesi, karar sistemlerinin güvenilir ve doğru çalışması için bilişim ağıları kurulmaya başlanmıştır. Oluşturulan bilişim ağıları ekipmanları (römork, anten, kartvizit okurları, akıllı kartvizitler vb.) ihtiyaçların yanı sıra yazılım ihtiyaçlarını da oluşturmaktadır. Böylece 3 boyutlu yazıcılar, bulut bilişim sistemleri, siber fiziksel internet, nesnelerin interneti (IoT), hizmetlerin interneti, RFID teknoloji ile haberleşen ekipmanlar

kullanılmaya başlanmıştır. Hammadde ve mamullerin nakil sürelerinin anlık takip edilmesi, stok süreçlerinin izlenmesi ve hata risklerini ortadan kaldırılmasına amacıyla yarar sağlamaktadır.

Dağıtım ve imalat işleyişlerinin dünya ticaretinde birçok karışık işlemlerin bulunması, işletmelerin etkinliğini güçleştirmektedir. İşletmeler bu karışıklıkları sağlıklı idare edilebilmesi için teknolojik gelişmeler yararlanmaktadırlar. Talep edilen sipariş miktarı ne kadar büyük olursa olsun ürünler zamanında gönderilmelidir. Üretimlere ilişkin her bir iş emrinin ve kayıplı stok kapasitelerinin, aşamalar yeni iş emirlerine karşılayabilecek bir stok seviyesinde bulunması gerekmektedir. Bu bağlamda veriyi akıllı bir şekilde kullanmak için bloklar arasında bu verinin akışını güncel tutarak ve iletişimi kuvvetlendirerek kamçı etkisinin azalmasına yönelik Assan Gıda firmasında bir uygulama ve çalışma başlatılmıştır. Bu uygulamada atıfta bulunduğumuz teknolojiler Blockchain ve ERP sistemleri olmuştur. Firma tanıtımı, uygulama amacı ve metodolojisi ile beraber envanter değişimlerini kamçı etkisi bazında aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

3.4.1 Firma Tanıtımı: Assan Foods (Assan Gıda)

Assan Foods, Kibar Holding tarafından, 1998 yılında salça üretiminde kullanılan sanayi domatesinin en yoğun olarak yetiştirildiği Karacabey Ovası'nın yanında, Bandırma -Susurluk otoyolunun üstünde en yeni teknolojilerle kurulan bir işletmedir.

Sektöre ilk olarak domates, biber işleme ve domates-biber salçası üretimi ile adım atmıştır; 2000 yılında ketçap, 2002 yılında mayonez ve sos üretimine başlamıştır. Aynı zamanda konservelik sebzelerden konserve üretimi de yapılmıştır. Ancak 2012 yılından sonra konserve üretimi maliyetler açısından durdurulmuştur.

Bugün Susurluk ve Ege Serbest Bölgesi'ndeki tesisleri ile üstün kaliteli domates ve biber salçası, ketçap, mayonez ve çeşitli soslar olmak üzere 300'ün üzerinde ürün üretmektedir. Susurluk'ta yer alan fabrika, Türkiye'de tek bir yerde en yüksek domates işleme kapasitesine sahip fabrikalardan biridir. 200 bin m² açık alan üzerine kurulu tesis, 21.600 m²'lik üretim, depo, yönetim, hizmet binaları ve sosyal tesislerden oluşmaktadır. Günde 4500 ton taze domates işleyebilme kapasitesi ile yine bir günde 2,5 milyon ürün üretilme kabiliyeti bulunmaktadır. Endüstriyel yatırımları 50 milyon dolar üzerindedir ve yatırımları hızlı bir şekilde devam etmektedir. Ege Serbest Bölge'de bulunan Ege Assan tesisi ise 4500 m²'lik alanda yılda 24 bin ton domates salçası paketleme kapasitesine sahiptir.

Kurulduğu günden beri 70'den fazla ülkeye ürün ihraç etmektedir ve halen 4 kıtada 30'dan fazla ülkeye ihracat gerçekleştiren bir şirkettir.

Orta Doğu, Kafkaslar ve Afrika'da birçok ülke için salça, Avrupa'da özellikle büyük zincir marketler ihracatta önemli pazarlama kanallarıdır. Ayrıca dünyanın birçok ülkesindeki çok uluslu şirketlere hammadde olarak salça, biber salçası ve biber suyu ihraç etmektedir. Türkiye'de kendi markası olan Kingtom, Colorado ve Oba ile EDT pazarında yer almaktadır. Bu markalar ile Türkiye'nin neredeyse her tarafına geniş distribütör ağı ile ürünler ulaştırılmaktadır. Türkiye'de ayrıca özel müşteri markalı ürünler üretilmektedir. Ayrıca Türkiye'nin ve Avrupa'nın Pazar lideri olan perakende satıcılarına da ürün tedarik etmektedir. Bu bakımdan tahmin planlama düzeni müşteriler ve satış kanalları bazında farklılıklar gösterebilmektedir.

Assan Foods hijyen standartları ve kalite sistemleriyle çalışmakla birlikte hem sertifikasyon kuruluşları hem de müşteriler tarafından devamlı olarak denetimler almaktadır. Ayrıca Halal, TSE, BRC ve IFS gibi sektörün önde gelen güvenlik ve kalite belgelerine sahip bir kuruluştur[12].

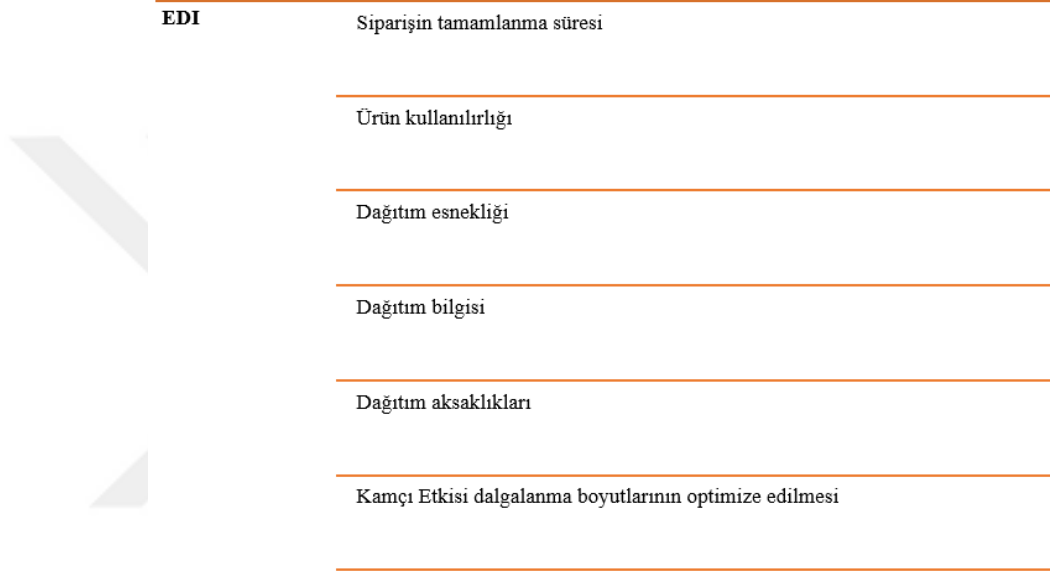
3.4.2 EDI (Electronic Data Interchange) Sistemi

Alıcı ve tedarikçi sağlayan arasındaki bilgilerin aktarılması tedarik zinciri yönetimi (TZY) önemli işaretlerinden biri olarak sayılabilmektedir. Her iki tarafa da bilgi akışının sağlanması sanal TZ oluşturmaktadır. TZY uyumlama kavramı TZ' ne kadar yakın ve tek bir birim olarak tanımlanmaktadır. Üretimin belirli kısımlarına otomatik iletişimli hareketliliğinde yüksek derece uyumluluk oluşturduğu tespit edilmiştir. Elektronik Veri Değişimi (EDI), TZ bünyesinde yüksek seviyelerde uyum ve düzeni için bilgi akışının otomatik bilgi akışı sağlanmaktadır.

EDI, uyumlu TZ ulaşabilmek için uyarıcı bir etken ve tetikleyici bir faktördür. Veriye olan önem arttıkça EDI de doğru orantılı artmaktadır. EDI işletme verilerinin uygun formatta bilgisayar işletiminde bir diğer bilgisayar işletimine aktarılmasıyla sağlanmaktadır. Standart bir formatta olan EDI, iletişimi mümkün kılan bir standartlar setidir.

Bu standartlar setleri içerisinde zaman içerisinde yazılımlar geliştirilerek, kurumsal kaynak planlama sistemlerine uyumlama yapılabilecek formata getirilebilir. EDI arada olan işleyişleri değiştirebilen/saf dışı bırakan bir yöntem olarak sayılabilmektedir. EDI, kendine özgü işleyiş modülü ile güvenilir oluşu, veri kaçırmama özelliği, hızlı oluşu ve organizasyonları yeniden düzenlemelerine

imkan sağlamaktadır. EDI; işletmelerin, tedarikçilerine anında, belgesiz sipariş verme olanağı vermektedir. Müşteriye ulaştırılması gereken ürünün daha kısa sürede ulaştırılmasını da sağlamaktadır. Tedarikçiler ve müşteriler, dağıtım operasyonlarında EDI'den yararlandıkları sürece müşteriye verilen hizmette olumlu geliştirmeler sağlamaktadır. EDI'nin iyileşme özelliği şöyle tanımlanabilmektedir.



Şekil 3-4: Electronic Data Interchange (EDI)

TZ sistemin geliştirilmesi için EDI teknolojisine odaklanmıştır. EDI' de yer alan bazı özelliklerinde kısıtlamalar olduğu için internet ile entegre işlemi yapılmıştır. Bu da kapasite düzeylerini izleme ve kontrol altında tutma otomatik Satın alma siparişinin tedarikçiye iletilmesi, üretim planlama ve kontrol sağlayan yazılımlar, tam zamanında teslimat üretim ilkesi gerçekleştirme, tam zamanında teslimat sağlanması özellikleri sayesinde kullanımı arttırmıştır[13].

TZY ve planlaması (SCM/SCP) yazılım teknolojileri yinelemeli düzenlemeler gerektirmeyen stok kontrol ve planlama algoritmalarıyla işletmelerin arz ve taleplerine hızlı cevap verebilen gerçek zamanlı planlama yeteneklerini kullanmaktadır. Bunun gibi kontrollü ve gelişmiş sistemlerin kullanımı kamçı etkisini de azalmasına ve değer kaybının minimize edilmesine olanak sağlamaktadır.

SCM/SCP

Gelirin artması

Verimliliğin artması

Operasyonel maliyetlerde azalma

Düşük stok

Siparişi yerine getirme süresinin azalması

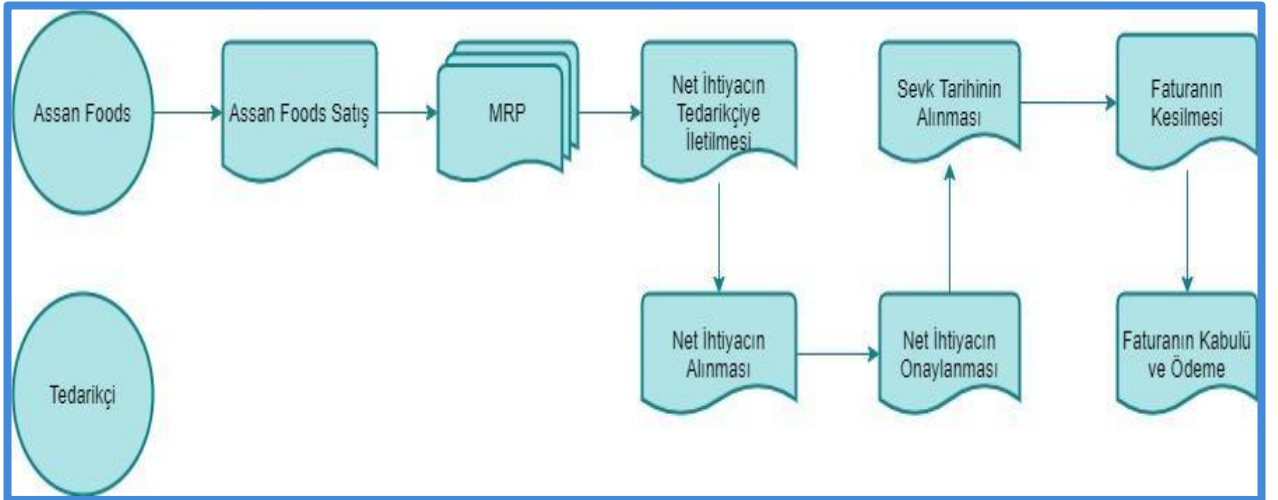
Şekil 3-5: Tedarik zinciri yönetimi/planlaması

Görüldüğü üzere yukarıdaki yararlar aynı zamanda kamçı etkisinin etkilerini optimizasyonun çıktıları ile aynı amaç fonksiyonlarına sahiptir. Bu bağlamda tahmin planlamasının ve değişikliklerinin hızlı ve doğru bir şekilde paylaşılması, değer zincirindeki tüm paydaşlar için tek rakam bilgisinin sağlanması ile verimliliği artırmaktadır. Verinin hızlı ve akıllı bir şekilde aktarılması kamçı etkisini azaltarak firmanın tedarik zinciri yapısını güçlendirmektedir. Aynı zamanda finansal olarak da nakit akışına ve sermaye optimizasyonuna katkı sağlamaktadır. Bundan sonraki kısımda Assan Foods işletmesinde yapılan uygulamaya yer verilmiştir.

3.4.3 Assan Foods Tahmin Planlama Sistemi ve Uygulama Amacı

Assan Foods, tedarik zinciri organizasyonu içerisinde satış planlama fonksiyonun esas görevi satıştan gelen tahminleri kümüle ederek, analiz etmektir. Farklı satış kanallarından gelen 3 aylık satış tahminleri (forecast), mamul (Sku) kodları bazında kümüle edilerek bir mamul için bir talep rakamı belirlenir. Bu rakam 3 aylık olarak satış planlama ile paylaşılır. Satış planlama bu rakamların bazılarını örneklem metodu ile MAPE yöntemi uygulayarak doğruluğunu analiz etmektedir. Analiz sonucunda tolerans dışı kalan rakamlar için Satış Departmanından tekrar teyit alınır. Teyit sonrasında,

ERP programı olan AXAPTA'ya bu rakamlar satış planları olarak sisteme dahil olur. Böylece (t) anından sonra gelen 3 aylık satış planları sistemde tedarik sürecini tetiklemiş olur. MRP (Material Requirement Planning) bu kapsamda çalışarak her bir ürün için BOM'lardan gelen malzeme ihtiyaçları belirlenir. Aynı zamanda MRP ile beraber, iş merkezlerine binen kapasite yükü ve işçilik hesapları yapılır. Üretim Planlama Departmanı tarafından MRP ihtiyaçları doğrultusunda tedarik planı oluşturulur. Tedarik planı içerisinde bu satış planlarının tutarlılığı doğrultusunda kamçı etkisi hesaplanır. Tedarik planı aylık bir dönemi kapsarken bu plan haftalık ve günlük olarak üretim planlarına dönüşür. Üretim planlarından ise malzeme planına geçilir. Bu kapsamda kritik tedarikçilere haftalık ve günlük malzeme ihtiyacı mail ile iletilir. Aynı zamanda Axapta sistemi üzerinden bu malzemeler için Satın alma siparişleri (PurchaseOrders-PO) açılır. Mal kabul prosesi de bu siparişler yapılarak sipariş ve stok takibi Axapta üzerinden yapılır. Buradaki çalışma ve uygulama amacımızda talebin değişikliklerini en hızlı şekilde katmanlar arasında yürüterek malzeme planına ve tedarikine en hızlı şekilde etki ederek kamçı etkisinin süresini ve miktarını azaltmaktır. Bu amaçta, 2 tedarikçi ve 2 malzeme belirlenerek, Assan Gıda ve tedarikçi ERP Sistemleri üzerinde EDI (Electronic Data Interchange) metodu ile eş zamanlı veri akışı sağlanmaktadır.



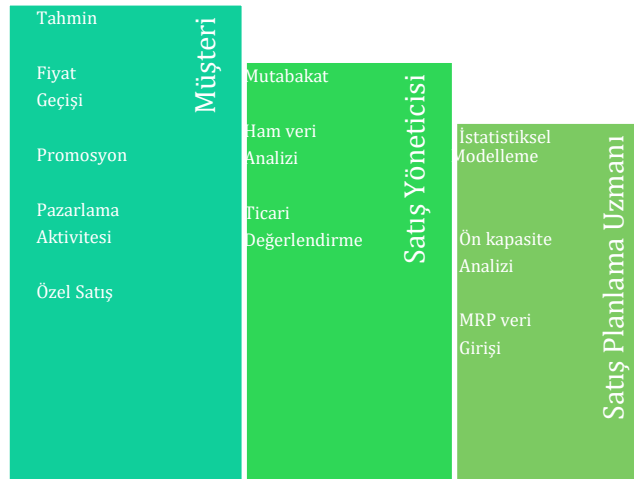
Şekil 3-6: EDI veri akışının genel bazda gösterilmesi

Yukarıda Şekil 3-6'ya göre 3 ana blokta işlem yapılır. Buna göre Satış departmanı, müşteriden veri almaya çalışır. Veri alınır ise değerlendirme sonrası sisteme girişi ya da revizesi yapılır. Müşteriden veri alınamaz ise Satış departmanı elindeki analiz ve istihbarat ile sisteme girişini ya da revizesini yapar. Buna göre MRP verileri güncellenir. Güncellenen veriler, MRP uyarı maili ile

Planlama departmanı önüne düşer. Planlama departmanı buna göre MRP'deki job komutunu çalıştırır. Job komutu ile MRP otomatik olarak değil, spesifik madde kodları bazında, BOM (Bill of Material) – ürün ağacını çalıştırır. Buna göre yeni bir ihtiyaç planı çıkar. Bu ihtiyaç planı tedarikçi ile paylaşılır. Günlük bu job komutu ile tedarikçi kendi stok seviyelerini ve üretim planını günceller. Bu güncelleme neticesinde yeni malzeme akış planını ve teyidini Assan Gıda ile paylaşır.



Şekil 3-7: Genel blok yapısı

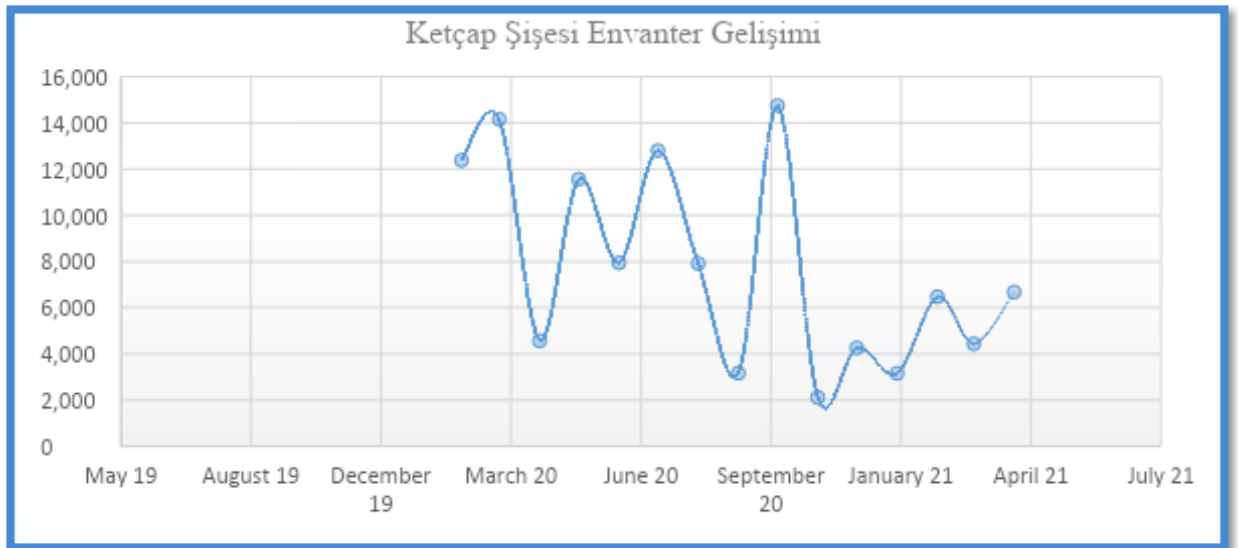


Şekil 3-8: Satış blok yapısı görev ve kayıt listesi

Veri akışı sağlandıktan sonra Ocak 2021’den itibaren dalgalanmanın azaldığı, verinin anlık paylaşımı ile artan iletişimin sistem üzerinde bloklar arasında eş zamanlı kayıtlar oluşmuştur. Bu kayıtlar tek rakamın uçtan uca yansımaları doğru bir şekilde göstermektedir.

Tablo 3-1: Ketçap şişesi dönem başı envanter değişimleri (Ocak 2020- Mayıs 2021 arası)

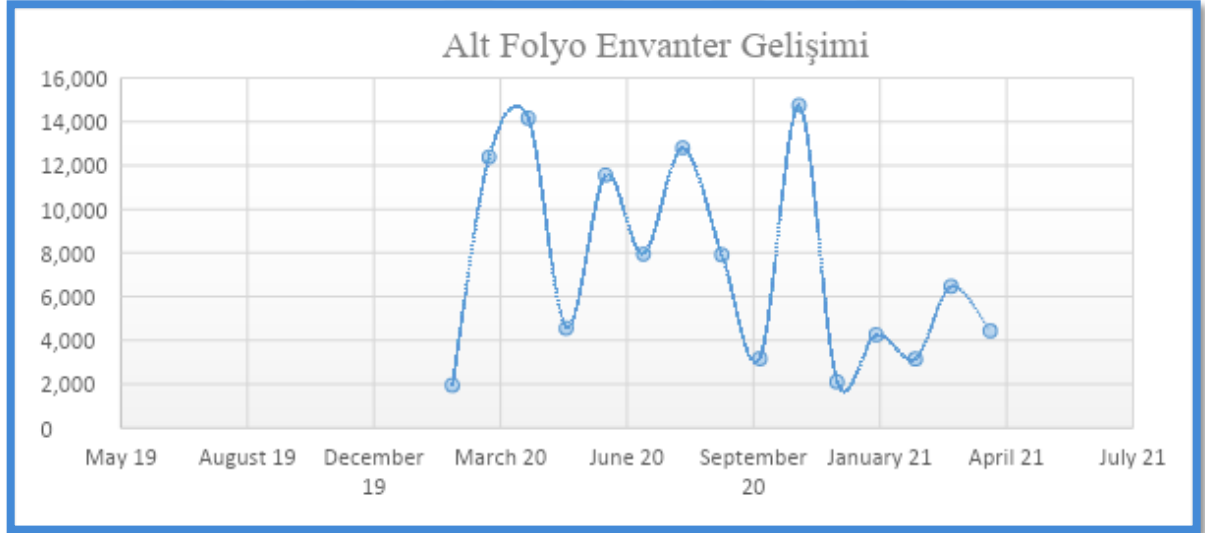
Dönem	Madde kodu	Madde adı	Miktar	ÖB
1.Oca.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	42.084	Adet
1.Şub.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	179.810	Adet
1.Mar.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	86.198	Adet
1.Nis.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	89.889	Adet
1.May.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	212.189	Adet
1.Haz.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	135.292	Adet
1.Tem.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	17.414	Adet
1.Ağu.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	155.422	Adet
1.Eyl.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	43.400	Adet
1.Eki.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	4.268	Adet
1.Kas.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	120.357	Adet
1.Ara.20	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	145.067	Adet
1.Oca.21	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	2.082	Adet
1.Şub.21	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	71.577	Adet
1.Mar.21	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	63.963	Adet
1.Nis.21	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	45.076	Adet
1.May.21	410051	ŞİŞE PLS. 900 ML SEMBOL PE KETÇAP	66.431	Adet



Grafik 3-1:Ketçap şişesi dönem başı envanter değişimleri (Ocak 2020- Mayıs 2021 arası)

Tablo 3-2: Alt folyo dönem başı envanter değişimleri (Ocak 2020- Mayıs 2021 arası)

Dönem	Madde kodu	Madde adı	Miktar	ÖB
1.Oca.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	1.956	Kg
1.Şub.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	12.381	Kg
1.Mar.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	14.161	Kg
1.Nis.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	4.562	Kg
1.May.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	11.562	Kg
1.Haz.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	7.942	Kg
1.Tem.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	12.804	Kg
1.Ağu.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	7.916	Kg
1.Eyl.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	3.168	Kg
1.Eki.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	14.750	Kg
1.Kas.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	2.113	Kg
1.Ara.20	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	4.260	Kg
1.Oca.21	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	3.159	Kg
1.Şub.21	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	6.473	Kg
1.Mar.21	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	4.437	Kg
1.Nis.21	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	6.679	Kg
1.May.21	493037	ALT FOLYO BEYAZ 0,50*238 (EVOH) (500 MİKRON)	5.851	Kg



Grafik 3-2:Alt folyo dönem başı envanter değişimleri (Ocak 2020- Mayıs 2021 arası)

4. LİTERATÜR TARAMASI

Taşdemir, doktora çalışmasında pazara sürülen yeni bir ürünün satış miktarları üzerinden Yapay Sinir Ağları, gri teorimi ve bulanık zaman serileri yöntemlerini uygulayarak talep tahmini yapılmıştır. Üretici ve tedarikçi arasında oluşan ilişki neticesinde bir periyotluk ihtiyacı karşılayan 1-1 stok tutma ve iki periyotluk ihtiyacı karşılayan 2-2 stok tutma politikası ile talep tahmininde oluşan kamçı etkisinin oluşturduğu etkiyi ortaya koymaktadır. Tahminleme yöntemleri ile elde edilen sonuçların doğruluğu takibi ve kamçı etkisinin minimum seviyeye düşürülmesi açısından karşılaştırılmalı analizi yapılmıştır.

Cebeci, doktora çalışmasında yönetimli envanter yaklaşımlarının sağladığı faydaların çok kademeli tedarik ağlarına genişletilmesi amacıyla yeni bir “genişletilmiş satıcı yönetimli envanter” modeli önerilmiştir. Genişletilmiş modelde, değişken talep ve değişken teslim süreleri koşulları ile çalışan talep tahmini tabanlı dinamik stok kontrol politikası ele alınmıştır. Önerilen yeni modelin klasik tedarik zinciri yönetimi ve satıcı yönetimli envanter yaklaşımları ile karşılaştırılması için benzetim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırılan modellerin sonuçları toplam zincir maliyeti, kamçı etkisi, sipariş erteleme oranı ve stok miktarı performans ölçütleri açısından tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi ile değerlendirilmiştir. Genişletilmiş satıcı yönetimli envanter modeli ile kamçı etkisi değerlerinde önemli düşüşler sağlanmıştır. Ayrıca toplam zincir maliyetleri ve stok miktarlarını düşürülürken, sipariş erteleme oranlarında müşteri hizmet seviyesi hedeflerinden sapmanın olmadığı sonucuna ulaşılmıştır[14].

Zhang, makalesinde birinci dereceden otoregresif bir sürecin müşteri talebini tanımlamış ve envantere kadar sipariş politikasının stok yenileme kararını karakterize ettiği basit bir ikmal sistemi için tahmin yöntemlerinin kamçı etkisi üzerindeki etkisini ele almıştır. Belirtilen talep süreci için ortalama kare tahmin hatasını en aza indiren optimal tahmin prosedürü için bir kamçı etkisi ölçüsü türetilir. Hareketli ortalama ve üstel yumuşatma yöntemleri için benzer ölçüler elde edilir. Bulgular, farklı tahmin yöntemlerinin, teslim süresi ve talep sürecinin temelini oluşturan değişkenlerle ilişkili olarak farklı özelliklere sahip kamçı etkisi ölçümlerine yol açtığını göstermektedir. Ayrıca, yöneticilerin en düşük envanter maliyetini veren bir tahmin yöntemi seçmelerine yardımcı olmak için basit bir kural oluşturulmuştur[15].

Tektaş, Akbaş ve Topuz, 2002 yılında yapmış oldukları çalışma ile YZ(Yapay Zekâ) tekniklerinden olan YSA(Yapay Sinir Ağları), uzman sistemler, bulanık mantık ve genetik algoritma

yöntemleri ele alarak trafik kontrol sorunlarında kullanımları üzerine araştırma yapmışlardır. Yapılan çalışmada trafik kontrollerinin sağlanmasında kullanılan bu YZ yöntemlerin nerede ve nasıl uygulandığına ilişkin bir sınıflandırma yapılmıştır[16].

Jaksic ve Rusjan çalışmasında nedenlerinden sonuçlarına kadar kırbaç etkisinin bir incelemesini sunarak ve nihayetinde, olumsuz etkilerini hafifletebilen iyileştirmeleri göstermişlerdir. Sebeplerinin bir kısmı talep değişkenliğine ve tedarik zinciri ortakları arasındaki gerçek talebin iletilmemesine bağlanabilir. Diğer kısım ise bir tedarik zincirinde koordinasyonun önündeki engellerle bağlantılıdır. Koordinasyona ulaşmak için ortak bilgi yönetimine ve yönetsel kolların uygulanmasına yönelik oryantasyonun kamçı etkisini sınırlayabileceğini ve tedarik zincirini daha karlı hale getirebileceğini önermektedirler[17].

Luong, tedarik zinciri yönetiminde, başa çıkmak için çok çaba gerektiren en kritik sorunlardan birisi olarak kamçı etkisinin nasıl ölçüleceği ve azaltılacağını ele almıştır. Burada, yukarı akış sırasında talebe ilişkin bilginin bozulduğu etki olarak tanımlamıştır. Talep tahmini, teslim süresi, sipariş gruplaması, ktlık oyunları ve fiyat dalgalanmalarının kamçı etkisine yol açan ana kaynaklar olduğu iyi bir şekilde belirlenmiş olsa da, kamçı etkisinin nicelleştirilmesi sorunu, birçok durumda hala karmaşık doğası nedeniyle çözülmeden kalmaktadır. Bu araştırmada, perakendecinin envanteri için baz stok politikası kullandığı ve talep tahmininin ilk gerçekleştirildiği ortamda sadece bir perakendeci ve bir tedarikçiyi içeren basit iki aşamalı bir tedarik zinciri için kamçı etkisi ölçüsü geliştirilmiştir. Otoregresif katsayının ve teslim süresinin bu önlem üzerindeki etkisini daha sonra araştırılmak üzere çalışmayı sonuçlandırmıştır[18].

Duc vd. makalelerinde, bir tedarikçinin ve bir perakendecinin olduğu iki aşamalı basit bir tedarik zincirinde, talep hakkındaki bilginin tedarik zincirinde yukarı çıkarken çarpıtılmasıyla oluşan kamçı etkisinin etkisini ölçmüşlerdir. Perakendecinin bir temel stok envanter politikası kullandığını ve talep tahmininin karışık bir otoregresif hareketli ortalama modeli, ARMA (1, 1) ile gerçekleştirildiğini varsayarsak, otoregresif katsayının, hareketli ortalama parametresinin ve kamçı etkisi ile oluşan termin süresini hesaplamışlardır[19].

Wang, makalesinde çok aşamalı bir tedarik zincirindeki kamçı etkisi, çift hareketli ortalama ve çift üstel dağıtım tahminleri kullanılarak analiz etmiştir. Çift üstel dağıtım ve çift hareketli ortalama tahminlerin bazen tedarik zinciri üzerinde varyansı azaltıcı bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Özellikle, kamçı etkisi pozitif olarak ilişkili veya bağımsız ve aynı şekilde dağıtılmış (b.a.d) talepler için mevcuttur. Bununla birlikte, negatif ilişkili talepler için, kamçı etkisi mutlaka mevcut değildir.

Ek olarak, analizimiz, basit hareketli ortalama tahminine dayalı sıra varyansının her zaman çift hareketli ortalama tahminine dayalı sipariş varyansından daha büyük olduğunu ve basit üstel dağıtım tahminine dayanan sipariş varyansının her zaman ikiye dayalı sipariş varyansından daha büyük olduğunu göstermektedir. Bağımsız ve aynı şekilde dağıtılmış (b.a.d.) talepler için, çift üstel dağıtım için sipariş miktarı dalgalanma aralığının, çift hareketli ortalamadan daha büyük olduğu gösterilebilir[20].

J. Shao vd. makalelerinde tedarik zinciri yönetiminde önemli bir fenomen olarak bilinen kamçı etkisi, tedarik zincirinde arzdan talebe, yukarı çıktıkça talep belirsizliğinin ve değişkenliğinin arttığını göstermektedir. Kamçı etkisi, bir tedarik zincirindeki verimliliği ve karı büyük ölçüde azaltabilir. Bu nedenle, tedarik zinciri yönetiminde bu tür olguyu azaltmak veya ortadan kaldırmak çok önemlidir. Kamçı etkisinin, yönetim araştırması alanında tedarik zincirinde önemli bir fenomen olduğu konusunda pek çok tartışma olabilir, ancak bu konuda çok az literatür incelemesi yapılmıştır. Bu araştırma incelemesi, belirsizlik ortamında kamçı etkisine özgü tedarik zinciri yönetimi konularını ele alıyor, bir tedarik zincirinde kamçı etkisi yaratmanın nedenlerini gözden geçirmiş ve özetlemiştir. Kamçı etkisinin üretilmesi ve miktar analizinin nedenlerine göre, kamçı ile başa çıkmak için bazı önlemler getirildi. Bu nedenle inceleme, kamçı etkisine sistematik bir genel bakış sağlar. Amacımız, mevcut durumu belgeleyerek kamçı etkisi anlayışını geliştirmek ve ilgili yönetsel konular ile mevcut akademik literatür arasındaki kamçı etkisi fenomenini tanımlayarak gelecekteki verimli araştırmalara ilham vermek, yani iki yönlü olmaktır[21].

Adıyaman 2007 yılında yaptığı çalışmada büyük bir kuyumcu şirketinin İstanbul içerisindeki yedi mağazasının dokuz yıllık verileri bütün kuyum sektörünü temsil eder varsayımıyla yapmıştır. Çalışma içerisinde Yapay Sinir Ağları ve talep tahmini kavramları açıklanmıştır. Uygulama bölümünde Yapay Sinir Ağları kullanılarak altın ürün satışları ile ilgili bir tahmin modeli kurulmuş ve vurgulanmıştır. Yapay Sinir Ağları yönteminin yanı sıra regresyon analizi ve eğri uydurma yöntemleri ile de altın ürünlerin talep tahmini yapılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Uygulama sonucunda yapay sinir ağı yönteminin etkin bir talep tahmini yöntemi olduğu gösterilmiştir[22].

Tektaş, Türkiye'nin hava durumunu tahmin etmek için istatistiksel ve nöro-bulanık ağ modellerinin karşılaştırmalı bir çalışmasını sunmaktadır. Modelleri geliştirmek için günlük ortalama sıcaklık (kuru-ıslak), hava basıncı ve rüzgar hızını içeren dokuz yıllık (2000-2008) veriler kullanılmıştır. Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve Otomatik Regresif Hareketli Ortalama (ARIMA) modelleri uygulanmıştır. ARIMA ve ANFIS tekniklerinin etkinliğini sağlamak

için, farklı bir eğitim ve test veri seti kullanan farklı modeller test edilmiştir. ARIMA ve ANFIS modellerinin performanslarını tahmin etmek ve karşılaştırmak için performans değerlendirme kriterleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar üzerinde tahmin performansı, güvenilirliği ve verimliliğine göre en uygun model ve ağ yapısı belirlenmiştir. ANFIS ve ARIMA modellerinin MAE (Hareketli Ortalama Hatası), RMSE-R2(Kök-Ortalama-Kare hatası) kriterlerine göre performans karşılaştırmaları, ANFIS'in daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir[23].

Demirel'in yapmış olduğu yüksek lisans tezinde 1970-2007 yılları arasındaki Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH), Üretilen Enerji (ÜE), Tüketilen Enerji (TE), Nüfus (N) ve Kurulu Güç (KG) değişkenler verilerini kullanılarak YZ tahminleme yöntemleri ile 2006-2010 yıllarına ait elektrik tüketiminin Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems-ANFIS), Otoresif Hareketli Ortalamalar (Autoregressive Moving Average-ARMA) ANFIS ve ARMA modelleri yardımıyla tahminlemesi yapılmıştır. Hangi yöntemin talep tahmininde daha başarılı olduğu ortaya konulmuştur. ANFIS ve ARMA ile bulunan sonuçların karşılaştırmalı yorumları yapılarak önerilerde bulunulmuştur[24].

Petek tedarik zincirindeki kamçı etkisini ele alarak bir literatür araştırması yaparak durumun ciddiyetine değinerek bir durum analizi yapmıştır. Kamçı etkisi bir kontrol mühendisliği yaklaşımı olan sistem teorisi içerisinde ele alınmıştır. Bunun sonucunda kamçı etkisinin nedenleri ve sonuçları sistematik bir şekilde anlatılmış ve bunların standart hale getirilmesinin öneminden bahsedilmiştir. Ayrıca sistem teorisinin karmaşıklığından dolayı, kurulan bu modelin zorluklarından bahsedilmiş ve modele yeni yaklaşımlar getirilmiştir. Bu yaklaşımlara göre kamçı etkisinin nedenleriyle uğraşmak yerine zincirin yapısının geliştirilmesinin, kamçı etkisini ortadan kaldırmak adına daha başarılı olacağı gösterilmiştir. Sonuç olarak, kamçı etkisinin karmaşık bir yaklaşım olan sistem teorisiyle ve tedarik zincirinin entegrasyonu sayesinde oluşacak düzenli bilgi akışı ile engellenebileceği ortaya koyulmuştur[25].

L.Singh ve R. Challa göre sürekli değişen bir iş ortamında bir firmanın ticari rekabet avantajını artırmak için, dinamik iş ortamında her türlü değişikliği benimsemeyi daha esnek hale getirerek tedarik zinciri performansını artırmak çok önemlidir. Tedarik zinciri performansını iyileştirmek ve daha esnek hale getirmek için, tedarik zincirinin çeşitli aşamalarında sipariş büyütme veya kamçı etkisini kontrol etmek ve net stok büyütmeyi kontrol ederek envanter maliyetlerini kontrol etmek esastır. Bu görevler, doğru talep tahmini kullanılarak yapılmalıdır. Bu çalışma, çok düzeyli bir tedarik zinciri yapısında doğrusal olmayan müşteri talebine ilişkin bir tahmin metodolojisini; ayrık dalgacık

teorisinin entegre teknikleri ve Yapay Sinir Ağları ve uyarlanabilir ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi dahil olmak üzere Yapay Zekâ teknikleri kullanarak yapmıştır. Tahmin modellerinin doğrusal olmayan verilerle başa çıkma etkinliği ve tedarik zincirinin esnekliğini nasıl geliştirdikleri, gerçek işletme verileri kullanılarak kamçı etkisi ve net stok artışını (büyümesi) hesaplayıp göstermiştir[26].

S. Jaipuria göre bir tedarik zincirinde, tahmin yöntemi, tedarik zincirinin performansını olumsuz etkileyen kamçı etkisini (BWE) ve net stok büyütmesini (NSAmp) doğrudan etkiler. Bununla birlikte, bu tür olumsuz etkiler gerçekçi ve doğru talep tahmin modelleri kullanılarak hafifletilebilir. Bu çalışmada, talep tahmini için ayrık dalgacık dönüşümleri (DWT) analizi ve en küçük kare destek vektör makinesinin (LSSVM) entegre bir yaklaşımı önerilmiştir. Başlangıçta, önerilen DWT-LSSVM modeli açık literatürden bir veri seti kullanılarak test edilir ve doğrulanır. Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) ile önerilen model arasında karşılaştırmalı bir çalışma yapmıştır. Ayrıca model, iki farklı imalat firmasından toplanan talep verileriyle test etmiştir. Doğru talep tahmini ve BWE'yi düşürme açısından önerilen modelin ARIMA modelinden daha iyi performans gösterdiği görülmektedir[27].

Şahin'in 2018 yılında yaptığı doktora çalışmasında, TZ sürecinde paylaşılan bilginin performans etkilerinin yorumlamaktadır. Performansı etkileyen değişkenlerin Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) ve Yapay Sinir Ağı (YSA) modelleri ile analizi yapılmıştır. Çalışmada, firma performansının maliyet, esneklik, cevap verme, teslimat ve finansal performans ölçüleri olarak beş farklı model ile yorumlanmıştır. YEM yöntemi yapılan test sonu elde edilen veriler YSA tahminlemesi için girdi olarak MATLAB programı üzerinden değişkenler arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Gizli değişkenler arasında güçlü bir ilişki tespit edilmiştir[28].

Bayramoğlu vd. Türkiye için ANFIS modeli ile birincil enerji talep tahmini elde edebilmek için enerji talebinin belirleyicisi olan ve literatürde üzerinde en fazla durulan göstergelerden yararlanılarak, 2016-2030 yılları arasında Türkiye'nin enerji talebi, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) yöntemi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Türkiye'nin gelecekteki enerji talebinde diğer gelişmiş ülkelere benzer bir şekilde büyük bir artış olabileceği tespit edilmiştir. Ancak petrol ve doğal gaz gibi birincil kaynaklara dayalı enerji talebinde çok ciddi bir değişme olmayacağı sonucuna varılmıştır[29].

Topal ve Şahin'in çalışmasında işletmelerin tedarik zinciri sürecindeki bilgi aktarımının yanıt, maliyet, esneklik, teslimat ve finansal performans üzerindeki etkisini araştırmak için beş farklı model geliştirilmiştir. Bu modeller arasındaki ilişkiler yapısal eşitlik modeli (YEM) ile incelenmiştir.

Çalışmada belirlenen performans göstergeleri üzerindeki kümülatif etkileri incelenen TZ sürecinin, tedarik zincirinin esnekliğini, çevresel belirsizliklerin ve bilgi aktarımının gizli yapılarına odaklanılmaktadır. Yapılan analizlerde ISO 1000 kapsamındaki firmalardan elde edilen anket verileri kullanılmış olup, sonuçları önerilen tüm modellerin geçerlilik ve güvenilirlik açısından yeterli olduğunu göstermiştir. Ayrıca tüm modellerde çevresel belirsizliklerin tedarik zinciri sürecini etkilediği, tedarik zinciri esnekliğinin ise tedarik zinciri sürecini ve bilgi paylaşımını etkilediği tespit edilmiştir[30]. 2019’ da yapılan diğer bir çalışmada tedarik zinciri sürecindeki (SCP) bilgi paylaşımının genel olarak maliyet, finans ve işletme performansına etkisi belirlenmeye çalışmıştır. Deneme, teorik bir yaklaşıma dayalı bir ölçme aracı ile yapılmıştır. Bu amaçla, işletmelerde TZ biçimi, SCP, TZ esnekliği, çevresel belirsizlikler ve bilgi paylaşımı gizli yapıları ve maliyet ve finansal riskler dikkate alınarak yapısal eşitlik modeli (YEM) oluşturulmuştur. İki performans değişkenine yer verilmiş ve birden fazla gösterge ile ölçülebilen bu değişkenler gizli değişkenler olarak tanımlanarak model oluşturulmuştur. ISO 1000 kapsamındaki büyük firmalar üzerinde yapılan bir anket çalışmasından elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışmada TZY’deki işletmelerin maliyetini ve finansal performansını etkileyen faktörler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan analizler sonucunda önerilen YEM modeli çeşitli uygunluk kriterleri dikkate alınarak test edilmiş ve modelin geçerliliği ve güvenilirliği tespit edilmiştir[31].

Çıkmak(2020) tez çalışmasında otomotiv tedarik zincirindeki risk faktörleri, riskleri ve uygun risk azaltma stratejilerinin belirlenmesi amacıyla otomotiv sektöründe faaliyet gösteren 15 farklı işletmenin yönetici kademesinde bulunan 20 tedarik zinciri uzmanıyla yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Uzmanlarla yapılan görüşmelerin değerlendirilmesinin ardından yine uzmanlardan elde edilen anket verileriyle risk olasılıklarını belirleyen ve risk azaltma stratejilerinin uygulanma olasılıklarını tespit edilmesini sağlayan bir Bayes ağı modeli oluşturulmuştur. Model üzerinde senaryo ve duyarlılık analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Otomotiv tedarik zinciri riskleri ve risk azaltma stratejilerinin neler olduğu konusunda uygulayıcıların değerlendirmelerine dayalı ve örneklerle desteklenen önemli bulgulara ulaşılmıştır. Elde edilen bulguların otomotiv sektöründe faaliyet gösteren yöneticilerin ve tedarik zinciri risk yönetimi alanındaki araştırmacıların bilgi birikimlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca yeni verilere ulaşıldıkça güncellenebilen Bayes ağ modeli sayesinde otomotiv sektöründeki karar vericilerin risk olasılıklarına göre risk azaltma stratejilerinin uygulanma olasılıklarının belirlenmelerine yardımcı olabilecek bir model önerisi sunulmuştur[32].

Akbal (2020), kamçı etkisinin en güncel örneği son dönemde tüm dünya ülkelerini etkisi altına alan COVID-19 pandemisidir. Salgın ve pandemi gibi doğal afetlerde sağlık sektöründe iyi işleyen bir tedarik zinciri yapısının oluşturulması önemlidir. Bu kapsamda çalışmanın amacı, son dönemde içerisinde bulunduğumuz pandemi sürecinin sağlık tedarik zincirinde ortaya çıkardığı kamçı etkisine yönelik literatür taraması yaparak etkilerin değerlendirilmesidir. Sonuç olarak Yakın zamanda ortaya çıkan ve etkilerini halen yaşadığımız COVID-19 pandemisi gibi doğal afet durumlarında sağlık sektöründe mükemmel işleyen bir tedarik zinciri yapısına ihtiyaç vardır. Hatanın telafı edilemediğı ve ikamesinin mümkün olmadığı bu sektörde kamçı etkisini önlemek için talep dalgalanmalarına karşı iyi işleyen ve esnek bir TZ yapısının kurulması, iletişim problemlerinin ortadan kaldırılması, zincirin her bir üyesinin bilgi paylaşımı konusunda hassas olması gerektiğı sonucuna varılmıştır.

5. TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ

5.1. Kategorik Regresyon (CATREG)

Kategorik regresyon analizi, değişkenler arasında doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkilerin bulunduğu, bağımlı değişkenin kategorik olduğu durumlarda da kullanılabilen çok değişkenli bir analiz tekniğidir. CATREG daha az varsayım gerektirmesi, uygulama alanının geniş olması ve bilgisayar programlarında da uygulamasının yapılabilmesi sebebiyle, daha çok kategorik verilerin bulunduğu sosyal bilim çalışmalarında kullanılabilecek etkin bir regresyon modeli olmaktadır[33].

Kategorik regresyon analizi, değişken düzeylerindeki dönüşümlerin doğrusal olmaması nedeniyle sebebiyle, doğrusal regresyon gibi çalışmamaktadır. Kategorik regresyon analizinde değişkenler orijinal kategorilerinin özelliklerini yansıtacak şekilde sayısallaştırılmakta ve sayısallaştırılan bu değişkenler nümerik değişkenler gibi regresyon modelinde yer almaktadır. CATREG, kategorik değişkenlerin dönüşümlerle nümerik hale getirilmesiyle, doğrusal regresyon analizi ile eş hale gelmektedir[34].

Kategorik regresyon sürecinde öncelikle sayısallaştırmalar yapılmakta ardından regresyon katsayıları tahmin edilmekte ve kayıp fonksiyonu hesaplanmaktadır. Daha sonra bir önceki adımda elde edilen kayıp fonksiyonu ile karşılaştırma yapılarak aralarındaki fark anlamsız oluncaya kadar iterasyonlar devam etmekte ve amaç fonksiyonunun optimizasyonu sağlandığında iterasyonlar durdurulmaktadır[35].

Kategorik regresyonda kayıp fonksiyonu,

$$\sigma(y_r; b; y_j) = (G_r y_r - \sum_{j=1}^m b_j G_j y_j)' (G_r y_r - \sum_{j=1}^m b_j G_j y_j) \quad (5-1)$$

Burada, j (1, 2,, m) bağımsız değişkenler, r ise bağımlı değişken olmak üzere ve

y_r : Bağımlı değişken için kategori sayısallaştırmalarını

y_j : Bağımsız değişkenler için kategori sayısallaştırmalarını

b_j : j. değişken için regresyon katsayısını

G_r : Bağımlı değişken için 0 ve 1 değerlerinden oluşan G gösterge matrisini

G_j : Bağımlı değişken için 0 ve 1 değerlerinden oluşan G gösterge matrisini göstermektedir.

Modelin kayıp fonksiyonu, $\| \cdot \|$ Öklit normu (uzaklığı) kullanılarak da ifade edilebilmektedir. Bunun amacı, tüm dönüştürülmüş değişkenlerin merkezileştirilmesi ve kareler toplamının N olacak şekilde normlaştırılmasıdır. Burada, N toplam gözlem sayısını ifade etmektedir. Sayısallaştırma vektörü y_j ve gösterge matrisi G_j dikkate alınarak her bir değişken için dönüşüm formülü hesaplanmaktadır. Öklit normu üzerinden kayıp fonksiyonu yazıldığında, $q_r = G_r y_r$ bağımlı değişken sayısallaştırmaları ve $q_j = G_j y_j$ bağımsız değişken sayısallaştırmalarını göstermek üzere;

$$L(q_r: q_1, \dots, q_j: b_1, \dots, b_j) = \left\| G_r y_r - \sum_{j=1}^m b_j G_j y_j \right\|^2 \quad (5-2)$$

şeklinde de ifade edilebilmektedir. Kategorik regresyon analizinde Dalgalı En Küçük Kareler (Alternating Least Squares (ALS)) algoritması yardımıyla sayısallaştırmalar tekrardan yapılmakta ve katsayılar hesaplanmaktadır. Kayıp fonksiyonu minimum değerine ulaştığında iterasyonlar durdurulmaktadır[35].

5.2. Yapay Sinir Ağları

Genel olarak Yapay Sinir Ağları (YSA), çeşitli problemleri çözmek için kullanılan matematiksel tekniklerdir. Bu alan ile ilgili araştırmaların birkaç asırlık tarihi vardır. 1970'lerden sonra azalan ilgiye rağmen 1980'lerde muazzam bir büyüme başlamıştır. Bugün Yapay Sinir Ağları, örüntü tanıma, veri işleme, sınıflandırma, tahmin etme ve proses modelleme gibi birçok alanda kullanılır. Yapay Sinir Ağları, doğrusal ya da doğrusal olmayan haritalandırma uygulamalarında mükemmel sonuçlar veren özelliklere sahiptir. Bu özellikler öğrenme, genelleştirme, paralel işleme, hata toleransı şeklindedir. Bu özellikler Yapay Sinir Ağlarının karmaşık problemleri doğru ve esnek bir biçimde çözmesini sağlar[36].

İnsan beyninin çalışma, yapan ve düşünme kabiliyetinden yararlanarak oluşturulmuş bir veri işleme modelidir[37]. İnsan beyninin çalışmasını örnek alan sınıflandırma ve kümeleme yöntemlerinde kullanılan YSA; gizli katmanlar ve bunları oluşturan sinir hücreleriyle birbirine ağırlıklarla bağlanmasından oluşmaktadır[38]. YSA, girdi, gizli katman ve çıktı olmak üzere sinir hücresi veya boğumlardan oluşan katmanlardan oluşmaktadır. YSA’da kullanılan her bir girdi çıktı olarak elde edilmeden önce bir aktivasyon değerine dönüştürülür. Girdiler önce gizli katmana aktarılır. Gizli katmanda girdi değerlere bir ağırlık ölçüsü verilir. Tanımlanan ağırlık ölçüleri eğitim(train) sürecinde tekrarlayan bir yapıda olup daha sonraki tahmin sürecinde kullanılmaktadır.

YSA, insan beyninin sinir hücrelerinden(nöron) oluşan yapısını ve öğrenmesi tekniklerini incelemektedir. YSA’lar özellikle öğrenme üzerinde odaklanmış ve doğrusal olmayan sistemlerde veya sisteme ait bilginin tam olmadığı, hatalı olduğu sistemlerde çözüme ulaşmak için uygundur. YSA kullanım alanları; kontrol ve sistem tanımlama, görüntü ve ses tanıma, tahmin ve kestirim, arıza analizi, tıp, haberleşme, trafik, üretim yönetimi vb. birçok alanda kullanılmaktadır[16]

YSA, insan beyninin öğrenme, yeni bilgiler üretebilme ve keşfedebilme yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen bilgisayar sistemleridir. YSA insan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzemektedir[39].

- Öğrenme
- İlişkilendirme
- Sınıflandırma
- Genelleme
- Özellik Belirleme
- Optimizasyon

YSA bir programcının konvensiyonel yetkinliklerine ihtiyaç duymadan kendi kendine öğrenebilme mekanizmalar olarak tanımlanabilmektedir. Bu ağlar öğrenmenin yanı sıra, ezberleme ve bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine sahiptir[40]. YSA, biyolojik sinir hücrelerinin yani nöronların yapısının bazı varsayımlarına dayanan matematiksel modellerin genelleştirilmesi sonucunda oluşturulmuştur[41].

1. Bilgilerin işlenmesi, sinir hücreleri olarak adlandırılan birçok unsurda gerçekleşmektedir.
2. Sinir hücreleri arasındaki sinyaller bağlarla iletilmektedir.
3. Her bir bağın bir ağırlık değeri olup bu değer gerçek sinir hücrelerinde olduğu gibi sinyalin iletilmesini sağlamaktadır.

4. Sinir ağlarının içindeki her bir sinir hücresine bir aktivasyon fonksiyonu uygulanmaktadır. Bu oluşturulan fonksiyonun girdi değeriyle çıktı sinyali hesaplanmaktadır.

İlaveten bir YSA;

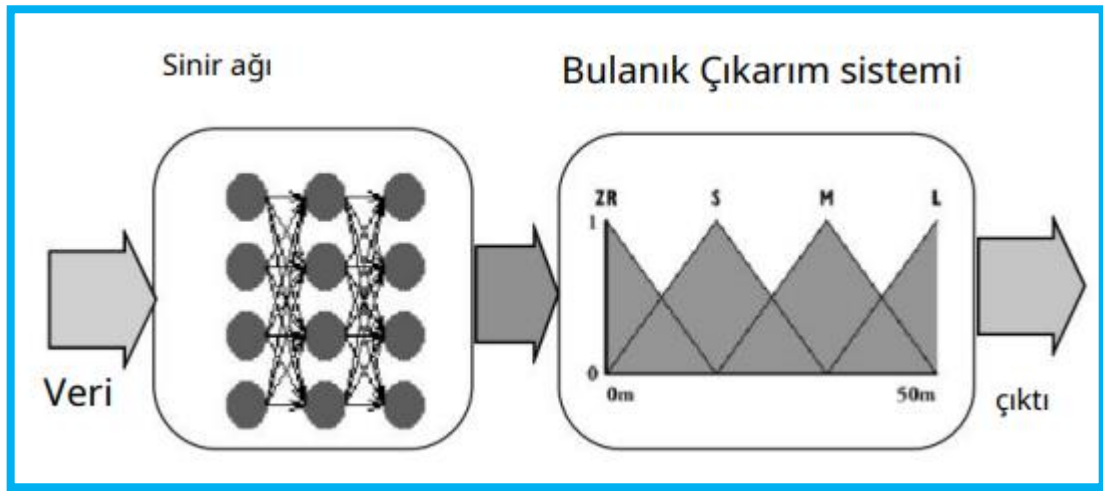
- a) Sinir hücreleri arasındaki bağlantının bir modeli veya mimarisiyle,
- b) Bağlantılardaki ağırlıkların hesaplanması yöntemiyle,
- c) Transfer fonksiyonuyla,

tanımlanmaktadır.

5.2.1. Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Neural-Fuzzy Inference Systems-ANFIS)

Bulanık Mantık kavramı, dilsel terimleri kullandığı için insan düşünme stiline yakındır. Değişkenlerin üyelik derecelerine izin verir. Her bir girdinin bulanık kümelerinin farklı durumları, bulanık sistemin ‘eğer-öyleyse’ kurallarına göre değerlendirilir. Bu işlem sonucunda hedef çıktılara çok yakın optimum çıktılar elde edilir. Sistem için optimum sonuçların oluşturulması, uzmanın deneyimine bağlıdır.

ANFIS, işlevsel olarak, düğüm işlevleri üzerinde neredeyse hiçbir kısıtlaması yoktur. ANFIS, bulanık mantık ile birlikte sinir ağı topolojisinin kullanımına izin veren uyarlanabilir bir ağıdır. Sadece her iki yöntemin özelliklerini içermekle kalmaz, aynı zamanda yalnız kullanım durumlarının bazı dezavantajlarını da ortadan kaldırır.



Şekil 5-1: Bulanık mantık modeli

ANFIS'in çalışması, ileri beslemeli geri yayılım ağına benzemektedir. Öncül parametreler geriye doğru hesaplanırken, sonuç parametreleri ileriye doğru hesaplanır. Sistemin nöral bölümünde iki öğrenme yöntemi vardır: Hibrit öğrenme yöntemi ve geri yayımlı öğrenme yöntemi. Bulanık bölümde sadece sıfır veya birinci dereceden Sugeno çıkarım sistemi veya Tsukamoto çıkarım sistemi kullanılabilir. ANFIS, hem sinir ağını hem de bulanık mantığı birleştirdiği için, karmaşık ve doğrusal olmayan problemlerin üstesinden gelebilir. Hedefler verilme bile ANFIS optimum sonuca hızla ulaşabilir[42].

Eşzamanlı bir modelde, sinir ağı, özellikle kontrolörün giriş değişkenleri doğrudan ölçülemiyorsa, gerekli parametreleri belirlemek için bulanık sisteme sürekli olarak (veya tam tersi) yardımcı olur. Bu tür kombinasyonlar bulanık sistemi optimize etmez, sadece genel sistemin performansını iyileştirmeye yardımcı olur. Öğrenme sadece sinir ağında gerçekleşir ve bu aşamada bulanık sistem değişmeden kalır.

Entegre bir modelde, bulanık çıkarım sistemlerinin parametrelerini belirlemek için sinir ağı öğrenme algoritmaları kullanılır. Entegre nöro-bulanık sistemler, veri yapılarını ve bilgi temsillerini paylaşır. Bulanık bir çıkarım sistemi, temel bileşenlerini kural tabanında ve veritabanında depolayarak insan uzmanlığından faydalanabilir ve genel çıktı değerini çıkarmak için bulanık akıl yürütme gerçekleştirebilir.

5.2.1.1.Mamdani Entegre Nöro-Bulanık Sistemler

Bir Mamdani nöro-bulanık sistemi, üyelik fonksiyonlarının parametrelerini öğrenmek için denetimli bir öğrenme tekniği (geri yayımlı öğrenme) kullanır. Mamdani nöro-bulanık sisteminin mimarisi Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Her katmanın ayrıntılı işlevi aşağıdaki gibidir:

Katman-1(giriş katmanı): Bu katmanda herhangi bir hesaplama yapılmaz. Bu katmandaki bir girdi değişkenine karşılık gelen her düğüm, yalnızca girdi değerlerini bir sonraki katmana doğrudan iletir. Katman 1'deki bağlantı ağırlığı birliktir.

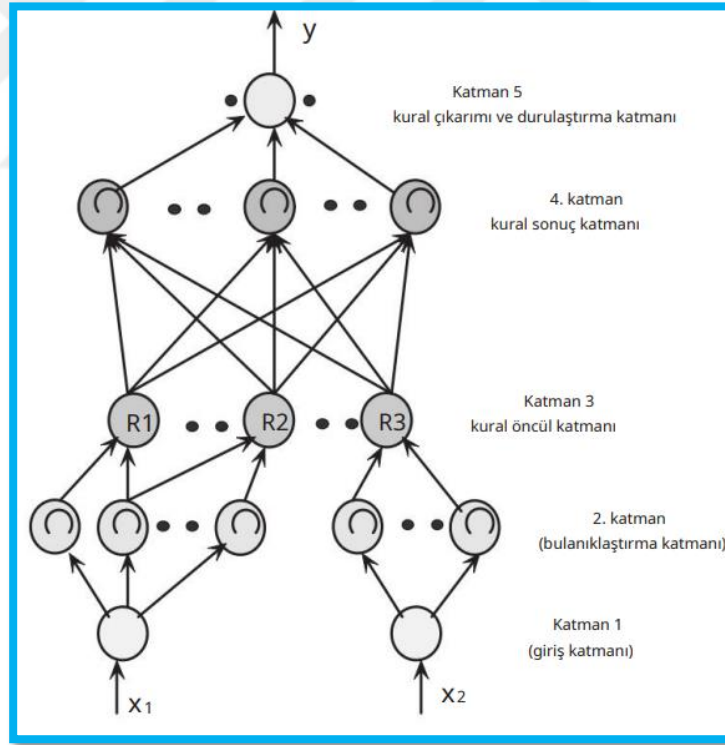
Katman-2 (bulanıklaştırma katmanı): Bu katmandaki her düğüm, katman 1'deki giriş değişkenlerinden birine bir dilsel etikete (mükemmel, iyi vb.) karşılık gelir. Bir girdi değerinin bir bulanık kümeye ait olma derecesi 2. katmanda hesaplanır. Bir kümeleme algoritması, girdi değişkenlerinin her birine tahsis edilecek üyelik fonksiyonlarının başlangıç sayısına ve tipine karar verecektir. MF(Membership Function- Üyelik Fonksiyonu)'lerin son şekilleri, ağ öğrenimi sırasında ince ayar yapılacaktır. Bir sinir ağındaki öğrenme prosedürleri azaltılabilir. Bununla birlikte, gerçekte,

a priori bilgi genellikle insan uzmanlardan elde edilir, bilgiyi bir dizi bulanık eğer-o zaman kuralları olarak ifade etmek en uygunudur ve bir sinir ağına kodlamak çok zordur.

Katman-3 (kural öncesi katman): Bu katmandaki bir düğüm, bir kuralın bir önceki bölümünü temsil eder. Bu düğümde genellikle bir T-norm operatörü kullanılır. Bu bir Mamdani nöro-bulanık sistemi, üyelik fonksiyonlarının parametrelerini öğrenmek için denetimli bir öğrenme tekniği (geri yayımlı öğrenme) kullanılmaktadır.

Katman-4 (kural sonuç katmanı): Bu düğümün temel olarak iki görevi vardır. Gelen kural öncüllerini birleştirir ve bunların ne derece çıktı dil etiketine aittir (yüksek, orta, düşük, vb.). Bu katmandaki düğüm sayısı kural sayısına eşit olacaktır. İkinci bölümde desenler tekrar yayılır.

Katman-5 (kombinasyon ve durulama katmanı): Bu düğüm, bir T-conorm operatörü kullanarak tüm kuralların sonuçlarının birleşimini yapar ve son olarak durulaştırmadan sonra net çıktıyı hesaplar.

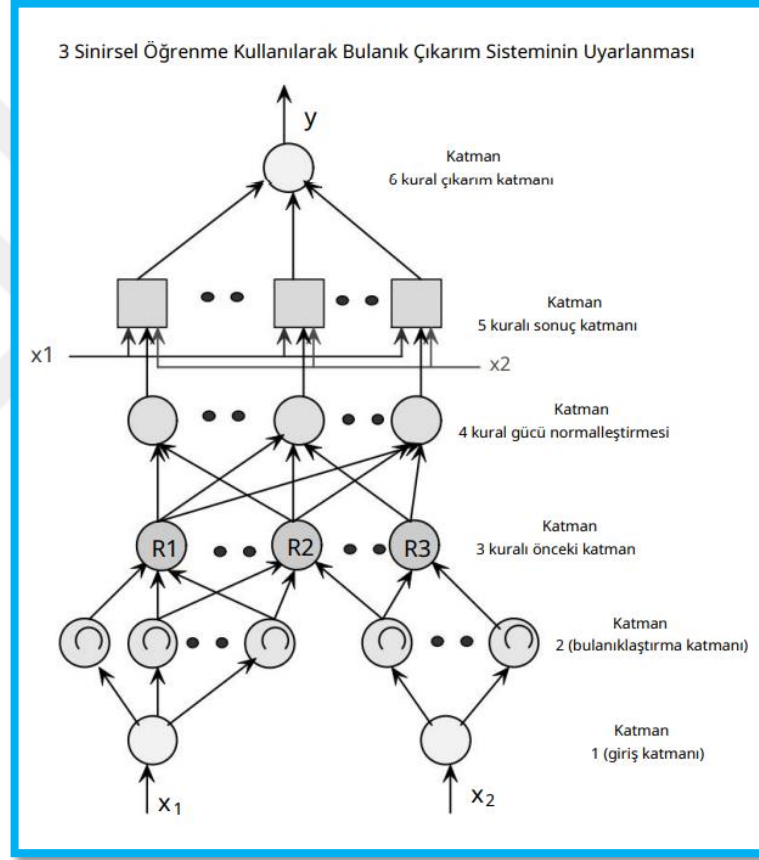


Şekil 5-2: Mamdani nöro-bulanık sistem

5.2.1.2. Takagi-Sugeno Entegre Nöro-Bulanık Sistem

Takagi-Sugeno sinirsel bulanık sistemler üyelik fonksiyonlarını öğrenmek için geri yayılımın bir karışımını ve en küçük ortalama kare tahminini kullanır. Kuralın sonuçlarındaki doğrusal

kombinasyonların katsayılarını belirler. Öğrenme prosedüründeki bir adım iki kısımdan oluşur: İlk kısımda girdi modelleri yayılır ve optimal sonuç parametreleri tahmin edilir. Öncül parametreler ise yinelemeli en küçük ortalama kareler prosedürü ile (üyelik fonksiyonlarının) mevcut döngü için sabit olduğu varsayılır. İkinci bölümde desenler tekrar yayılır ve sonuç parametreleri sabit kalırken, öncül parametreleri değiştirmek için geri yayılım kullanılır. Bu prosedür daha sonra tekrarlanır. Her katmanın (Şekil 5-3'te gösterildiği gibi) ayrıntılı işleyişi aşağıdaki gibidir[43].



Şekil 5-3: Takagi Sugeno nöro-bulanık sistem

5.2.2. Eğri Uydurma (Curve Fitting- NFTOOL)

Regresyon YSA, Neural Network aracı (nntool), regresyon tabanlı olması ya da olmaması durumunda herhangi bir YSA'nın tasarlanabileceği modelin tam olarak izlenmesini sağlayan ana niteliklerdir. LM algoritması ve alternatif olarak ölçek eşlenik gradyan BP ile iki katmanlı ileri beslemeli tasarıma göre kullanıcıların uydurma sorunlarını çözmelerine yardımcı olur. Bu şekilde, MATLAB

tarafından sağlanan veri veya numune setleri ile çeşitli konfigürasyonlar mümkündür. Eğitimin tamamlanmasının ardından ortalama hata karesi ve regresyon yöntemleri kullanılarak performans test edilir, ardından görselleştirme üzerine sonuçların başka bir değerlendirmesi yani, regresyon uyumları veya hata histogramları elde edilir.

Model sonucunda, araç kutusunda sağlanan test seçeneği ile ağ verimliliği için denenmektedir.

5.3. Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

YSA, insanoğlunun beyninin çalışma şekline örnek olarak gerçek olan örneklerle girdi değeri ve çıktı değerinin arasındaki ilişkiyi öğrenen bir düzendir. YSA örneklere dair bilgiyi kullanma özelliği olan muhafaza etme ve benzer çalışma niteliğine sahip bir bilgi işlemcisidir. Sistemi oluşturan sinir hücreleri senkronik olarak çalışmaktadırlar. Sayıca çok olan küçük sinir hücresinin çalışmasının sonucu bir araya gelmesi fonksiyon oluşturmaktadır. Zaman ilerledikçe YSA'nın ağ yapısındaki herhangi bir sinir hücresinin işlevsiz kalması durumu olsa bile, elde edilen sonuçlar çok etkilemeyecektir[44].

Ağ yapısının eğitim süresi boyunca kullanılan sayısal bilgiler, eşleştirme yaparak kullanılan bilgileri modelden çıkarır. Kullanılmayan değerleri için daha doğru sonuçlar elde edilecektir. Bu YSA genelleme özelliğinden kaynaklanmaktadır. İlaveten Yapay Sinir Ağlarının öğrenme ve saklama yetkinlikleri sayesinde doğrusal olmayan(nonlinear) fonksiyonların olmasıdır.

YSA' nın temel özellikler şunlardır[39].

Örneklerle Öğrenme: Öğretilen örnek veri setiyle YSA modelleri öğrenir.

Doğrusal Olmama: YSA' da hücrelerin birleşiminde meydana gelen ağ doğrusal değildir. Çünkü işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir.

Paralellik: Hücre ağının sahip olduğu tüm bilgi bütün ağlara aktarılır. Benzer dağıtım yapılmış bir yapıya sahiptir. Çünkü sayısız hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından kaynaklanmaktadır.

Genelleme Yeteneği: Yeni örnekler ile ilgili bilgi üretebilirler.

Hata Toleransı: Hata özür payına sahiptirler ve belirsiz, tanımsız bilgileri işleyebilirler.

Uyarlanabilirlik: Problemlerdeki oluşabilecek değişikliklere göre yeniden eğitilmesi gerçekleştirilebilir ve farklı koşullara adaptasyonu sağlanabilmektedir[45].

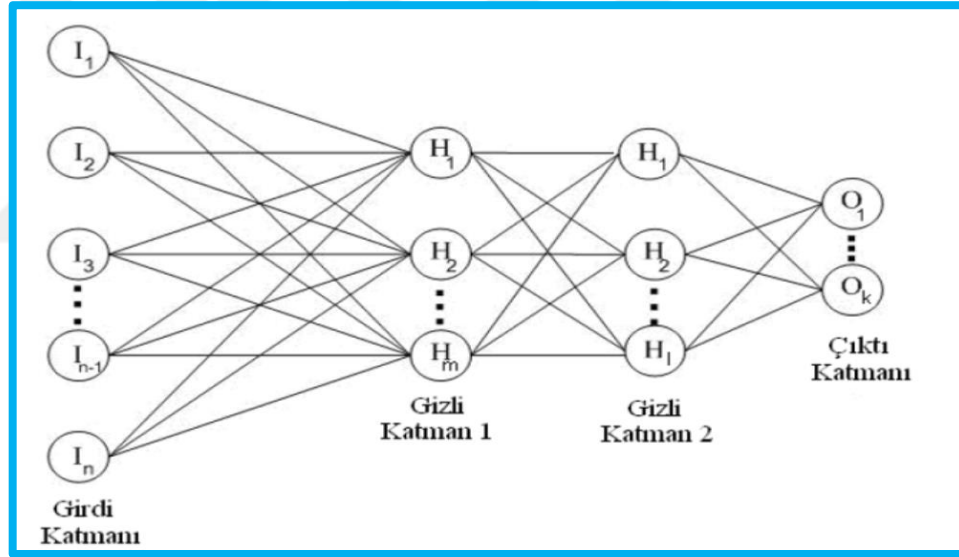
Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir:



Şekil 5-4: YSA' nın temel özellikleri

5.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

YSA sinir hücresi(nöron) adı verilen birçok biriminden meydana gelmektedir. Bir girdi katmanı, bir veya birden fazla gizli katman ve bir çıktı katmandan oluşmaktadır. Girdiye ait bilgilerin muhafaza edildiği girdi kümesi bulunmaktadır. Girdi katmanı ile çıktı katmanı arasında birden fazla ara katman bulunabilir. Bir katmandaki her bir sinir hücresi bir üstteki katmanda ki sinir hücrelerine birçok ağırlık değeri ile bağlıdır. Girdi katmanından iletilen her bir ağırlık değeri ile çarpılarak veri gizli katmanlara iletilir. Gizli katmanda aktarım fonksiyonundan geçirilir ve çıktı katmanına sonuçlar iletilir. Çıktının gizli katmandan 0 ile 1 arasında değişen çıktı ile karşılamak istenirse aktarım fonksiyonu olarak doğrusal sigmoid fonksiyonu kullanılabilir[46].



Şekil 5-5: Yapay sinir ağı (YSA) yapısı

Girdi Katmanı: Dışarıdan iletilen bilgileri mekanizmaya iletmektedir. Fakat bazı ağlarda girdi katmanına bilgi işleme ihtiyacı duymaz.

Gizli Katman: Ara katman durumunda olup giriş katmanına iletilen bilgileri işleyip sonuç katmanına iletmektedir. Birden fazla gizli katman olabilmektedir.

Çıktı Katmanı: Gizli katmandan aktarılan bilgileri işlemekte olup veriler için doğru sonuç bilgisi üretmektedir.

Toplama Fonksiyonu: Net iletilen bilgiyi işlemektedir. En çok kullanılan girdi değeriyle ağırlık değerlerinin çarpılması sonucu elde edilen toplamdır. Çeşitli fonksiyonlar kullanılmaktadır.

$$NET = \sum_i^n X_i W_i \quad (5-1)$$

X: Girdi

W: Ağırlık değeri

n: Girdi sayısını ifade etmektedir.

Bu fonksiyonun YSA modellerinde kullanımı zorunlu olmamakla birlikte Tablo 5-1'de gösterilen fonksiyonlarda kullanılabilmektedir.

Tablo 5-1:YSA modelinde kullanılabilecek fonksiyonlar

Toplam $Net = \sum_{i=1}^N X_i * W_i$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve bulunan değerler birbirleriyle toplanarak Net girdi hesaplanır.
Çarpım $Net = \prod_{i=1}^N X_i * W_i$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve daha sonra bulunan değerler birbirleriyle çarpılarak Net Girdi Hesaplanır.
Maksimum $Net = \text{Max}(X_i * W_i)$	n adet girdi içinden ağırlıklar girdilerle çarpıldıktan sonra içlerinden en büyüğü Net girdi olarak kabul edilir.
Minimum $Net = \text{Min}(X_i * W_i)$	n adet girdi içinden ağırlıklar girdilerle çarpıldıktan sonra içlerinden en küçüğü Net girdi olarak kabul edilir.
Çoğunluk $Net = \sum_{i=1}^N \text{Sgn}(X_i * W_i)$	n adet girdi içinden girdilerle ağırlıklar çarpıldıktan sonra pozitif ile negatif olanların sayısı bulunur. Büyük olan sayı hücrenin net girdisi olarak kabul edilir.
Kümülatif Toplam $Net = \text{Net}(\text{eski}) + \sum_{i=1}^N X_i * W_i$	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır. Daha önce hücreye gelen bilgilere yeni hesaplanan girdi değerleri eklenerek hücrenin net girdisi hesaplanır.

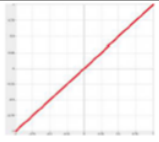
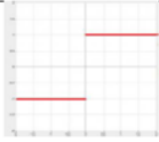
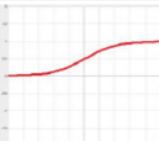
Aktivasyon Fonksiyonu: İletilen net girdiye karşılık olarak üretilebilecek çıktı değerini belirlemektedir. Bütün sinir hücreleri için aynı aktivasyon fonksiyonunun kullanılması zorunlu değildir. Uygun çıktı değerini belirlemek için deneme yanılma yoluyla tespit edilmektedir. Çoğunlukla Çok Katmanlı Algılayıcılar modeli içerisindeki sigmoid fonksiyonunun kullanımı tercih edilir[25].

$$f(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}} \quad (5-2)$$

NET: Girdi

Tablo 5-2’ de farklı aktivasyon fonksiyonları verilmiştir.

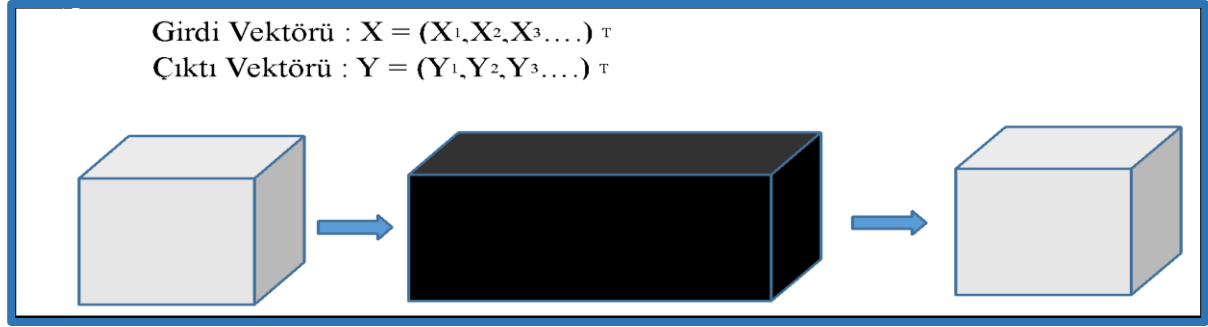
Tablo 5-2: Aktivasyon fonksiyonları

Doğrusal (Lineer) Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = A \cdot Net$ (A sabit bir sayı)	Doğrusal problemler çözmek amacıyla aktivasyon fonksiyonu doğrusal bir fonksiyon olarak seçilebilir. Toplama fonksiyonundan çıkan sonuç, belli bir katsayı ile çarpılarak hücrenin çıktısı olarak hesaplanır.
Adım (Step) Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = \begin{cases} 1 & \text{if } Net > \text{Eşik Değer} \\ 0 & \text{if } Net \leq \text{Eşik Değer} \end{cases}$	Gelen Net girdinin belirlenen bir eşik değerin altında veya üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerini alır.
Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}}$	Sigmoid aktivasyon fonksiyonu sürekli ve türevi alınabilir bir fonksiyondur. Doğrusal olmayışı dolayısıyla yapay sinir ağı uygulamalarında en sık kullanılan fonksiyondur. Bu fonksiyon girdi değerlerinin her biri için 0 ile 1 arasında bir değer üretir.
Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = \frac{e^{Net} + e^{-Net}}{e^{Net} - e^{-Net}}$	Tanjant hiperbolik fonksiyonu, sigmoid fonksiyonuna benzer bir fonksiyondur. Sigmoid fonksiyonunda çıkış değerleri 0 ile 1 arasında değişirken hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıkış değerleri -1 ile 1 arasında değişmektedir.
Eşik Değer Fonksiyonu		$F(Net) = \begin{cases} 0 & \text{if } Net \leq 0 \\ Net & \text{if } 0 < Net < 1 \\ 1 & \text{if } Net \geq 1 \end{cases}$	Gelen bilgilerin 0 dan küçük-eşit olduğunda 0 çıktısı, 1 den büyük-eşit olduğunda 1 çıktısı, 0 ile 1 arasında olduğunda ise yine kendisini veren çıktılar üretilebilir.
Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = \sin(Net)$	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumlarda kullanılır.

5.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Çalışması

YSA’ nın genel çalışma işleyişi bir girdiyi bir çıktıya çevirmektir. Doğru çıktının üretilmesi için öğretilen girdiler uygun bir hale gelmelidir. Öncelikle ağı öğretilecek girdiler bir vektör haline getirilmektedir. Vektöre dönüştürülen girdiler ağı tanıtılır ve eğitilir. Ağ bu vektör için gerekli çıktı vektörünü üretmektedir. Doğru çıktıyı elde edebilmek için ağın parametre değerleri

düzenlenmektedir. Bir YSA yapısının gizli katmanı “kara kutu” olarak adlandırılabilir. Kara kutunun nasıl çalıştığı bilinmemekle birlikte YSA sonucunda elde ettiği bulguları açıklayamamaktadır [25].



Şekil 5-6: YSA girdi-çıkı ilişkisi

5.3.3. Yapay Sinir Ağlarında Eğitim

YSA katmanlardaki sinir hücresi bağlantıların ağırlık değeri vektörlerinin belirlenmesine “ağın eğitilmesi” denir. Başlangıçta bu değerler rassal olarak belirlenir ve ağ kendisine eğitilen örnekler ile ağırlık değerleri değişmektedir. Böylece ağ öğretilen değerleri ile doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerini bulacaktır. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşabilmesi örnekler hakkında genellemeler yapmasına imkan sağlayacaktır. Bu işleme “ağın öğrenmesi” denir. Ağırlık vektörü değerlerinin değişmesi öğrenme kuralları şeklindeki kurallara göre yürütülmektedir.

Öğrenmenin YSA’nda iki aşaması vardır:

1. Ağa öğretilen örnek için ağın üreteceği çıktı belirlenir
2. Çıktının doğruluk derecesine göre ağın bağlantılarının sahip olduğu ağırlık vektörleri değiştirilir[39].

YSA’da ağırlık vektörünün değişimi olmuyorsa öğrenme işlemi bitmiş anlamına gelmektedir. Ağın eğitimi bittikten sonra öğrenmesi yani performansını ölçmek için ağ test edilir. Bu test işleminde ağın ağırlık vektörü değerleri değiştirilmeden daha önce öğrenmediği örnekler ağa gösterilir ve bu örnekler için çıktılar elde edilmektedir. Elde edilen çıktıların doğruluk değerleri ağın öğrenmesini ölçmektedir. Sonuçlara göre eğitimin performansı belirlenir. YSA’nın eğitim sürecindeki hata düzeyi, test sürecindeki hata düzeyine göre gözle görülebilir farklılıklar gösterdiğinde ağın ezberleme sorunuyla karşılaşmış olunur. Ezberleme sorunun ortaya çıkmasının sebebi eğitim aşamasının iyi gerçekleşmediğini ve girdi-çıkı eğrisinin düzgün çalışmadığını göstermektedir. Verilerin ezberlenmiş

olması YSA için istenmeyen bir durumdur. Verileri ezberleyen ağa ilişkin hata miktarı, eğitim verilerinde azalmaya, test verilerinde ise artmaya yönelir.

YSA, kendisine öğretilen örnek veriyle eğitilmektedir. Bir YSA problemi iyi tanımlanan ne kadar çok örnekle eğitilirse benzer problemleri çözme yeteneği artacaktır. Eğitim, kabul edilebilir bir hata ile yapılır. Bir yapay sinir ağında öğrenme, ağırlık matrisinde değişme olarak düşünülür. YSA’da öğrenme genel olarak iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Bunlar;

1. Öğreticili öğrenme,
2. Öğreticisiz öğrenmedir.

Öğreticili öğrenme giriş vektörlerinin veri setini ve ağ eğitmek için çıkış vektörlerinin cevabını kullanır. Ağırlık matrisi, toplam ağ hatasının kabul edilebilir hatadan daha büyük olması durumunda güncelleştirilir. Örneğe ait çıkış değeri ile ağ çıkış değeri karşılaştırılarak ağın hatası bulunur. Bu hata kabul edilebilir seviyeye gelinceye kadar yapay sinir ağı, nöronlar arasındaki ağırlıkları değiştirerek iterasyona devam eder. Ağın eğitilmesinde kullanılan veri setine “eğitim seti” denir.

Öğreticisiz öğrenmede, ağa sadece giriş değerleri tanımlanır, çıkış değerleri tanımlanmaz. Ağdan bu veri grubuna uyumlu bir çıkış değeri üretecek şekilde kendisini uygun ağırlık değerleriyle eğitmesi istenmektedir[44]. Öğreticisiz öğrenmeli ağlar, şimdilerde çok nadiren kullanılmaktadır. Öğreticisiz öğrenmeye kendi kendine öğrenebilme veya uyarlama da denilebilmektedir. Örneğin, bir çocuğun kendi kendine bisiklet sürmeyi öğrenmesi bir öğreticisiz öğrenme türü diyebiliriz. Bu tür öğrenme biçiminde ağ sadece girdilere sahiptir çıktıları bilinmemektedir[47].

5.3.4. Yapay Sinir Ağları Öğrenme Kuralları

Ağırlık vektörünün değerlerinin değişmesi “öğrenme kuralları” olarak tanımlanan belirli kurallara göre yürütülmektedir. Birbirinden farklı öğrenme kuralları öğrenme sistemlerinde yer alır. YSA’ da birkaç kural vardır bunlardan en çok kullanılan öğrenme kuralı Hebb kuralıdır.

Hebb kuralı ve diğer birkaç kural kısaca şöyle özetlenmiştir[39].

Hebb Kuralı: YSA’ da bilinen en eski öğrenme kurallarından biridir. Diğer öğrenme kurallarının temelini oluşturmaktadır. Kuralın işleyiş mantığı; bir hücre aktifse bağlı olduğu hücreyi aktif yapar, bir hücre pasifse bağlı olduğu hücreyi pasif yapmaya çalışmaktadır.

Hopfield Kuralı: İşleyiş mantığı olarak Hebb kuralına benzemektedir. YSA elemanlarının bağlantılarının ne kadar kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması gerektiği belirlenir. Eğer beklenen giriş ve çıkışların her ikisi de aktif veya pasifse öğrenme katsayısı kadar ağırlık vektörü değerleri kuvvetlendirilir veya zayıflatılır. Yani ağırlık vektörü değerlerinin kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması öğrenme katsayısıyla gerçekleştirilmektedir. Öğrenme katsayısı kullanıcı tarafından belirlenen genellikle 0-1 arasında belirlenen sabit ve pozitif bir değerdir.

Delta Kuralı: YSA' nın eski bilinen Hebb kuralının daha geliştirilmiş halidir. Beklenen çıkış değeri ile gerçekleşen çıkış değeri arasındaki fark değerini azaltmak için YSA elemanlarının bağlantılarının ağırlık vektörü değerlerinin sürekli değiştirilmesiyle geliştirilebilmektedir. Ağ modülünün ürettiği çıkış değeriyle üretilmesi beklenen çıkış değeri arasında, hatanın karelerinin ortalamasını en az indirmek hedeflenmektedir.

Kohonen kuralı: Bu YSA kuralında ağırlık elemanları ağırlık vektörü değerlerini değiştirmek için birbirleriyle yarış halindedirler. En büyük çıktıyı üretebilen hücre bağlantı ağırlıkları değiştirilmeye hak kazanan hücre olmaktadır. Bu, o hücrenin yakınındaki diğer hücrelere karşı daha kuvvetli hale gelmesini sağlamaktadır.

5.3.5. Yapay Sinir Ağlarında Modelleme Karakteristikleri

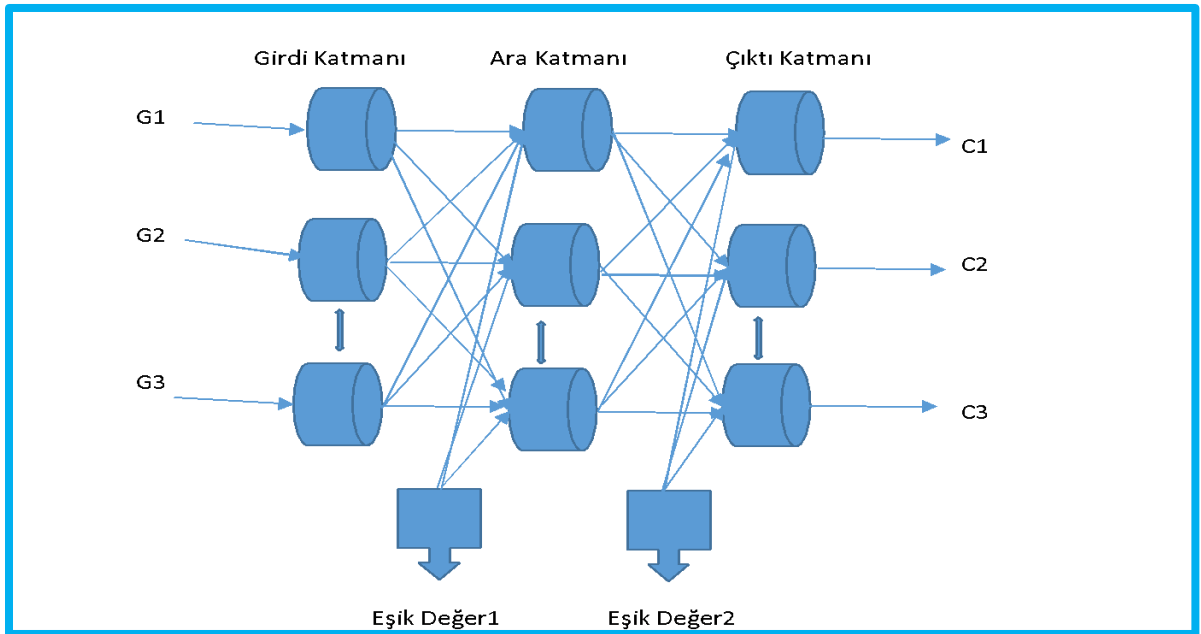
Bir yapay sinir ağı modeli oluşturabilmek için modellemeye uygun değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenlere ait verilerin toplanması gerekmektedir. Başlangıç aşamasında değişkenlerin seçimi deneyim ve önsezi ile gerçekleştirilir. Problemden hangi kriterin etkili olacağı karar vericinin uzmanlığına bağlı olarak değişmektedir.

YSA'ları belirli sınırlar dahilindeki sayısal veriler ile işlem görülmektedir. Sayısal olmayan verilerde tekrar bir şekilde sayısal hale dönüştürerek sisteme tekrardan dahil edilebilmektedirler. YSA örneklerden öğretilirler ve örnekleme verileri üzerinde genelleştirme özelliğini kullanırlar. Genelleştirme özelliği, sinir ağının örnekleme veri kümesi içerisinde bulunmayan yeni veriler ile karşılaştırma yapılmasıdır. Genelleştirme özelliği ne kadar iyiye bir sinir ağının gücü örnekleme verilerine bağlı olarak değişmektedir, verilerin genelleştirme özelliği ne kadar iyiye sinir ağının gücü o kadar iyi olur. Hata fonksiyonu hedef çıkış vektörü ile gerçekleşen çıkış vektörü arasındaki farktır. Bu fonksiyonu kullanarak; öğrenme algoritması, eğitim kümesi üzerindeki ortalama hata değerini azaltacak şekilde, ağ içindeki ağırlık vektörü değerlerinin denk gelmesini sağlamaktadır. Eğer

güvenilir olarak gerçekleştirildiğinde, yeni giriş verileri için güvenilir tahminleme yapabilme kabiliyeti kazanacaktır[48].

5.3.6. Yapay Sinir Ağları Sınıflandırılması

YSA sınıflandırılması yapı ve öğrenme algoritmalarına göre iki farklı türde sınıflandırılabilir. YSA sinir hücreleri arasındaki bağlantı yönlerine ve ağ içerisindeki sinyallerin ileri veya geri akış yönüne göre; ileri beslemeli(feed-forward) sinir ağları ve geri beslemeli (feedback) sinir ağları olarak ikiye ayrılmaktadır. İleri beslemeli sinir ağlarda işlemci elemanları genellikle katmanlar şeklinde görülmektedir. Tek girişli bağlantı girdi katmanından çıktı katmanına doğru ilerlemektedirler. İleri beslemeli YSA'da, hücreler katmanlar şeklinde gösterilmektedir. Bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden girişleri şeklinde aktarılır. Giriş katmanına dışardan aktarılan bilgileri hiçbir değiştirilmeden gizli katmandaki sinir hücrelerine aktarılmaktadır. İleri beslemeli sinir ağlarına örnek olarak Çok Katmanlı Algılayıcılar (Multilayered Perceptrons-MLP) ve Öğrenme Vektör Nicelendirmesi (Learning Vector Quantization-LVQ) ağları gösterilebilmektedirler[49]



Şekil 5-7: İleri beslemeli çok katmanlı YSA modeli

Lineer(doğrusal) fonksiyonları tahminleme algılayıcı tek bir katmandan oluşmaktadır. İleri beslemeli çok katmanlı algılayıcılar, tek katmanlı algılayıcıların aksine tüm sınırları ortadan kaldırmaktadırlar [36]. Doğrusal olamayan bir problem tasarlanmak istendiğinde bu yapay sinir ağı ile modellemek pek mümkün olmayabilir. Bu yüzden bu tür problemlerin çözümü için çok katmanlı algılayıcılara ihtiyaç duyulmuştur. Bir giriş, bir çıkış ve birden fazla gizli katmanı olması birçok öğrenme algoritmasının bu ağı eğitmede kullanılabilir olması, bir veya birden fazla sayıda işlem elemanın olması bu modelin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Katmanlar arasındaki bilgi akışı ileri beslemeli olup geri beslemesi yoktur. Bu yüzden bir katmandaki bütün işlemler bir üst katmandaki bütün işlem elemanlarına aktarılmaktadır. Gizli katman sayısı ve aradaki işlemci eleman sayısı deneme yanılma yoluyla ile bulunmaktadır.

Genellikle öğreticisiz öğrenme kurallarının uygulandığı geri beslemeli ağ mimarileri, en az bir hücrenin çıkışı kendisine veya diğer hücrelere giriş olarak kullanılmaktadır. Geri beslemeli ağ genellikle bir gecikme elemanı üzerinden yapılmaktadır. Geri beslemeli ağlar katmanlar arasındaki hücreler arasında da olması nedeniyle YSA' da doğrusal olmayan dinamik bir davranışa neden olmaktadır. Bu ağlara Hopfield, Elman ve Jordan ağları örnek olarak verilebilmektedir[49].

İleri beslemeli ağların aksine dinamik bir yapıya sahip olan geri beslemeli ya da diğer adıyla yinelemeli Yapay Sinir Ağları yüksek performans göstermelerine karşın yapılarının belirlenmesi oldukça zor olabilmektedirler ve denge noktasına ulaşınca kadar sürekli olarak yeni girdiler vermesi gerekebilmektedir. Giriş veya bir önceki gizli katmanlardaki işlemci elemanları veya çıkış ile gizli katmandaki işlemci elemanları arasında geri beslemeli bir yapıya sahiptirler. Bu yüzden girdiler hem ileriye hem de geriye aktarılmış olurlar.

5.3.7. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

YSA son yıllarda oldukça karmaşık ve çözümü güç olan ya da ekonomik olmayan birçok farklı alanlardaki problemlerin çözümünde kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. YSA, günümüzdeki araştırmaları iki alan üzerine yoğunlaşmıştır. YSA kullanıldığı alanlar şu şekilde sıralanabilir[40].



Şekil 5-8: YSA kullanım alanları

Bunların yanı sıra her türlü bilgiyi işlemeyebilmek, analiz etmek amacıyla da kullanılabilir. İş hayatında, finasta, endüstride, eğitimde ve birçok sayılamayan karmaşık problemleri bilim alanlarında, doğrusal olmayan sistemlerde, bulanık veya var olan yöntemlerle çözülemeyen problemlerin çözümünde başarıyla uygulanabilmektedir. Başarılı uygulamalar incelendiğinde YSA'nın çok boyutlu, karmaşık, kesin olmayan, eksik, kusurlu, hata olasılığı yüksek veriler olduğunda ve problemi çözmek için bir algoritma ya da matematiksel modelin olmadığı bunun yanında sadece örneklerin olduğu durumlarda daha yaygın kullanılmaktadır[50].

Arıza tespiti ve analizi: Normal bir sistemde, ekipmanda veya alette düzenli çalışma modelini öğrenebilen YSA daha sonra oluşabilecek bir arıza oluşabilecek bir arıza durumunda bulunmasını ve çözümünü kolaylaştıracaktır. Bu nedenle elektrik makinalarında, uçak ve bileşenlerinde, entegre devrelerinde ve arıza analizinde YSA kullanılabilir.

Finansal: Makro ekonomik tahminlerde, kredi kartında dolandırıcılık ve hilelerin tespitinde, kredi kartlarının iflas durumu tahminlerinde, banka kredilerinin değerlendirilmesinde, konut kredilerinin idaresinde, döviz kurlarının tahminlerinde, risk analizlerinde kullanılmaktadır.

Tıp: YSA tıp uygulamalarında, EEG ve ECG gibi tıbbi sinyallerin analizinde, kanserli hücrelerin tespit ve analizinde, protez tasarımında, organ nakli süreçlerinde ve hastane masraflarının eniyilemesinde kullanılmaktadır.

Savunma sanayi: Silah vb. savunma ekipmanlarında otomasyonunda ve hedef izlemede, nesneleri algılama veya görüntüleri ayıklama ve tanımlama, yeni algılayıcı sistemlerinin tasarımında ve gürültü engellemede kullanılmaktadır.

Haberleşme: Görüntü ve veri sıkıştırma, otomatik bilgi sunma servislerinde, konuşmaların gerçek zamanda çevirisinde kullanılabilmektedir.

Üretim: Üretim planlama sistemlerinde eniyileme işlemlerinde, ürün analizinde ve tasarımında, kalite analizinde ve kontrolünde, planlamasında ve yönetim analizlerinde kullanılabilmektedir.

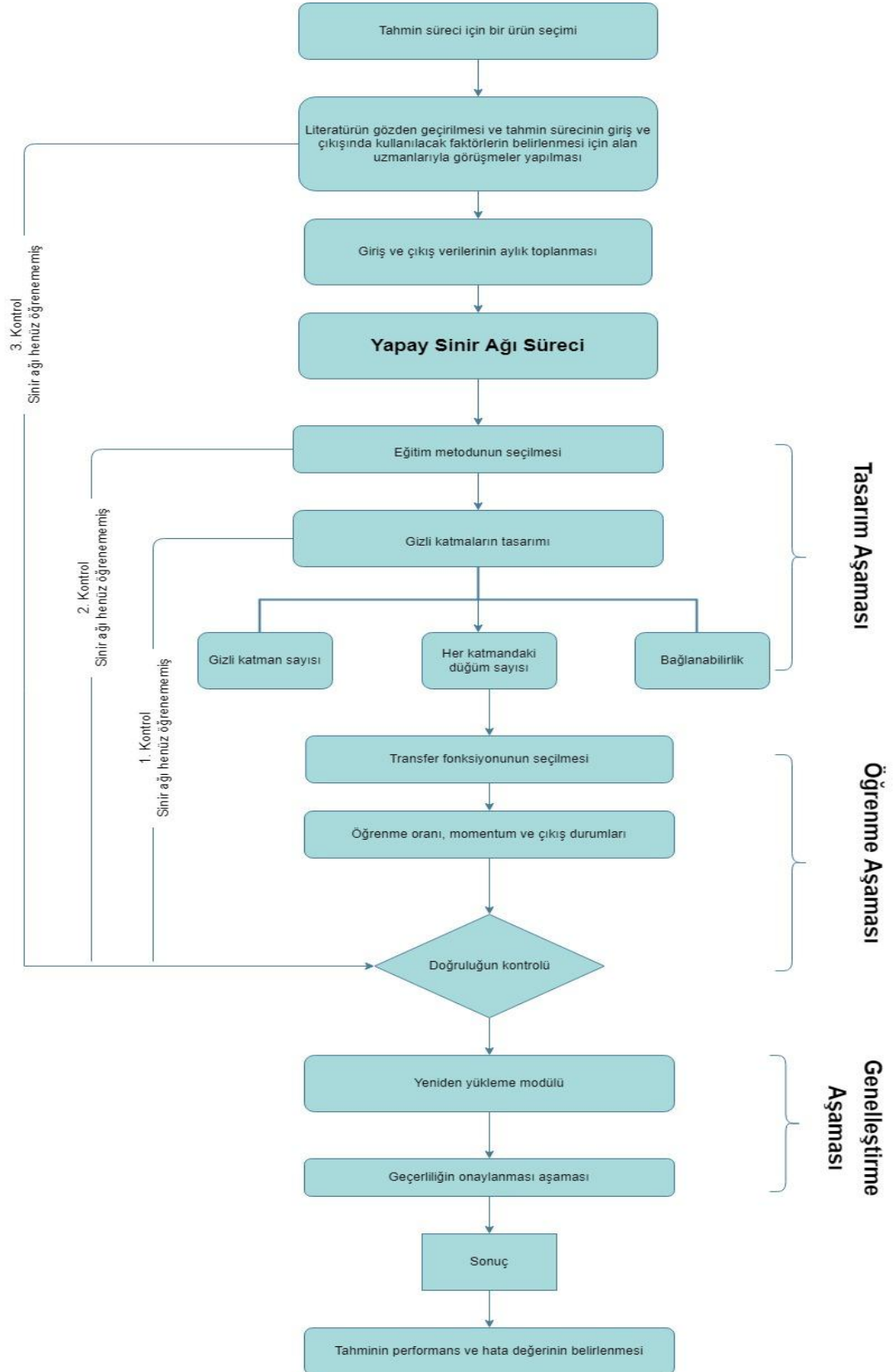
Otomasyon ve kontrol: Uçaklarda otomatik pilot sistemi endüstrisinde, ulaşım araçlarında otomatik yol ve yön bulmada, robot sistemlerinin kontrolünde, doğrusal olmayan sistem modellemelerinde ve kontrolünde, elektrikli araç sürücü sistemlerinde kontrolü sağlamak gibi farklı bir çok alanlarda kullanılmaktadır[39].

Bu tez çalışmasında özellikle üzerinde durduğumuz alan; tahmin ve planlamadır. YSA ile daha hızlı, tutarlı olmasını sağlayabilmek ve kamçı etkisini azalttığını takip edebilmektir. İleriye yönelik satışların, üretim ihtiyacının belirlenmesi, pazar performansının, ekonomik delillerin, enerji ihtiyacının belirlenmesi, tıbbi sonuçların, kimyasal reaksiyon ürünlerinin, çevresel risklerin tespit edilmesidir[40].

6. YAPAY SİNİR AĞLARI VE ANFİS İLE ÜRÜN TALEP TAHMİNİ UYGULAMASI

Model alınan işletmeye ait gerçek veriler kullanılarak YZ yöntemlerinden olan YSA ve ANFİS ile talep tahmini yapılmıştır. Tahmin süreci yapılırken öncelikle ürün seçimi yapılarak performans ve hata değerleri ölçülmüştür. Ürün seçimi ve YZ akış süreci Şekil 6-1’ de gösterildiği gibidir.

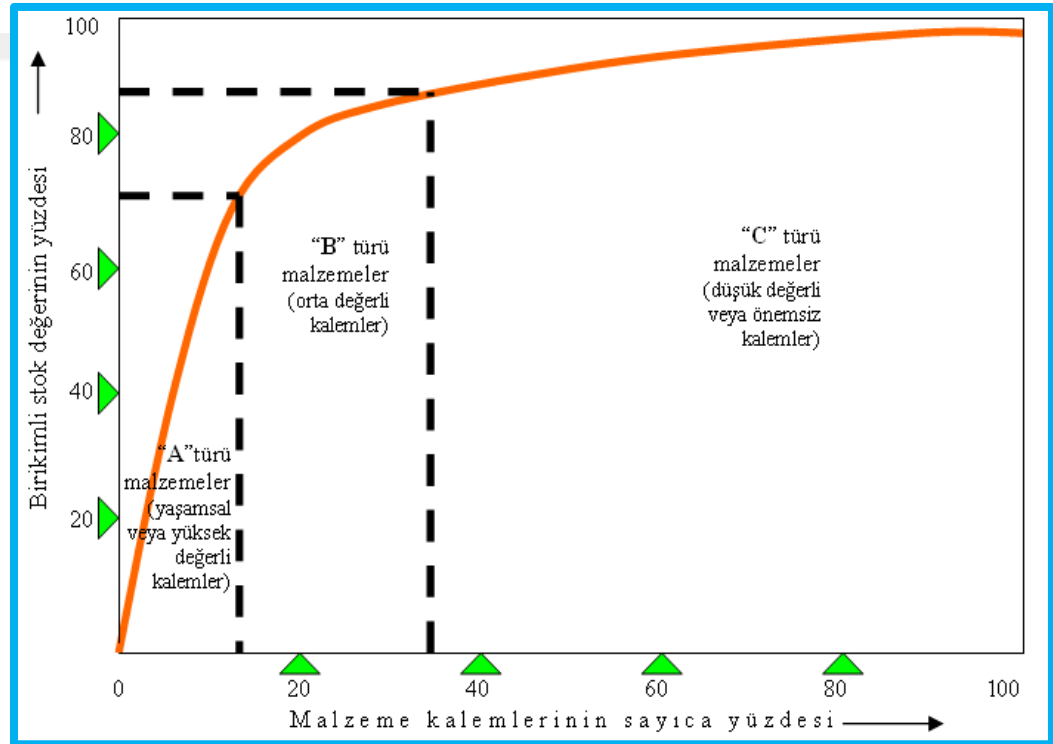




Şekil 6-1:YSA talep tahminleme süreç işleyişi

6.1.ABC Yöntemiyle Ürün Grubu Seçimi

İşletmeye ait kaynaklar, stoklar, satış artışında etkili olacak ürünler önem kademesine göre sınıflandırılmış ve analiz yapılacak dönemler içerisinde güvenilir ve hatasız kararların alınmasına yardım olacaktır. Şekil 6-1’de ABC yöntemiyle yapılan sonuç grafiği örneği verilmiştir. Literatürde daha çok pareto analizi olarak bilinen, işletmelerde ise de 80-20 kuralı ile belirli dağılım analizine giren ürünler için yapılan ABC çalışmasında asıl amaç toplam ürün portföyünde bulunan %20’lik ürün gamının ciro etkisinin toplam ciroya etkisinin %80 olması beklenmektedir. Mesela 100 tane ürün satan bir işletmenin en çok satan 20 ürünü ele alındığında toplam satış cirosunun %80’ni yani 80 birimlik hacmi bu 20 ürün oluşturuyorsa burada ABC analizi yapılabilir. Genellikle işletmelerde mühendislik ve iyileştirme çalışmaları ile kök neden analizleri bu dağılım çalışması ile başlar. Assan Foods ticari yapısı ve ürün portföyü olarak bu dağılıma uygun bir davranış sergilemektedir. Aşağıdaki şekilde, tabloda ve grafikte bu dağılım gösterilmiştir.



Şekil 6-2:ABC analizi grafik örneği

6.2.Ürün Grubu Seçimi

Yardımcı gıda grubu işkolunun önde gelen sos üretim kolunda etkinlik gösteren işletmede çalışma yapılmıştır. Daha çok ketçap ürün takımlarını ele almıştır. Dolayısıyla marka değeri öteki ürün takımlarında farklı olarak seçkin ve yüksek olan ürün ele alınmıştır.

Günümüzde ketçap, domates, acı biber, şeker ve baharatlardan yapılan bir sos olarak tanımlanmaktadır. Bu karışıma zaman zaman soğan, kereviz ve diğer sebzeler de eklenebilmektedir. Ketçap, sos, özellikle de mantar ve baharatlardan yapılan soslar için kullanılan genel bir terim olarak ortaya çıkmıştır. Bugün hâlâ bazı ülkelerde, örneğin Birleşik Krallık'ta, mantar ketçabı satılmaktadır. Yabanmersini, ançuez, ıstıridye, ıstakoz, ceviz, limon, ceviz ve üzüm eskiden popüler olan ketçap içerikleri arasındadır. İçerisinde bulunan acı biber ile az da olsa acı olarak üretilir. Ekstra olarak acılı olanlar daha acıdır. Ketçap genellikle patates kızartması, hamburger, sandviç, makarna ve kızartılmış veya ızgara et ile birlikte kullanılmaktadır[51].

Özellikle pandemi döneminde evde kalışların artması ile birlikte sos grubu ürün tüketimlerinde önemli ölçüde artışlar gözlenmiştir. Evde yemek pişirmenin yaygınlaşması ile birlikte kendini ödüllendirme ve farklı lezzet arayışları da önem kazanmıştır. Bu arayışlar özellikle sos gruplarına olan ilgiyi arttırmıştır. Bu artış sadece ülkemizde değil, tüm dünya ülkelerinde sos grubu kategorisinin büyümesine katkı sağlamıştır. Ketçap da bu grup içerisindeki payını arttırmıştır. Türkiye'nin 2020 yılı ketçap ve domates bazlı soslar ihracatı 19.4 milyon dolar, salça ihracatı 157 milyon dolar, mayonez ihracatı da 15 milyon dolar düzeyinde gerçekleşmiştir. Ketçapta Avrupa'daki birçok zincir markete ihracat yapılmaktadır. Rekabet çok yüksek olduğundan en düşük katma değerli ihraç edilen ürün ketçap olarak bilinmektedir. Salça ve mayonez grubu soslar ise pazar payı olarak ketçabın arkasında yer almaktadır[52].

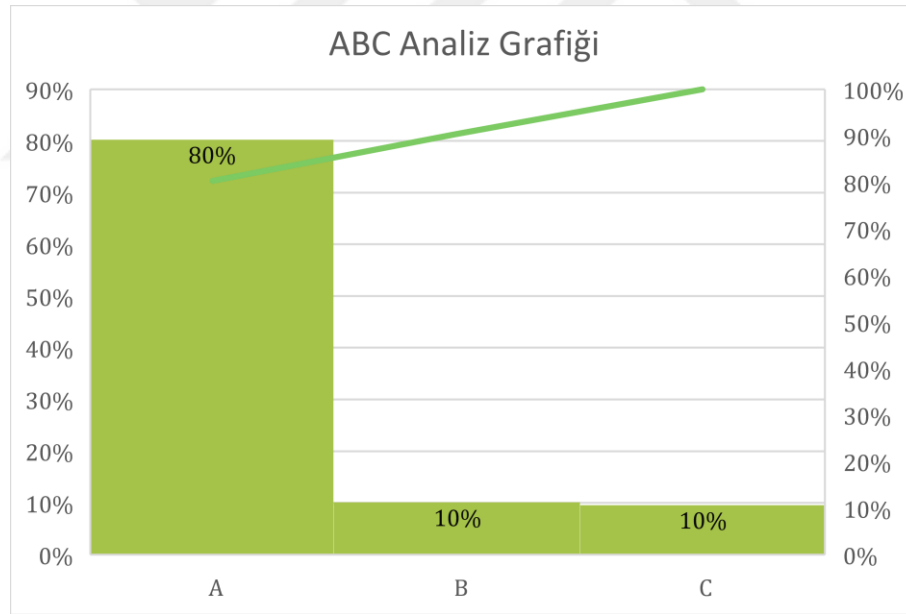
Ürün grubunda ilk aşama olarak rağbet edilen ürünlerin talep tahminini yapılabilmesi için grubun belirlenmesi daha sonra ürün grubu talep tahminlemesi yapılmaktadır.

Yapılan çalışmada toplam kazanç değerini, ürün grubu yıllık satış miktarı ve satış fiyatının çarpımıyla elde edilmiştir. Elde edilen değerler önemlilik derecesine göre sıraya konulmuştur. Tablo 6-1'de analize ait derleme değerler verilmiştir.

Tablo 6-1: ABC analizi özet tablosu

Ürün grubu	Ürün adı	Toplam satış miktarı	%	Kümülatif %
1	A-1	612717795,6	1%	65%
2	A-2	731318783,2	1%	62%
3	A-3	475980737,6	1%	67%
4	A-4	354415345,2	1%	69%
1	B-1	88025129,8	0%	86%
2	B-2	87137799,2	0%	86%
3	B-3	65674623,5	0%	87%
4	B-4	95715952,12	0%	86%
1	C-1	86065972,09	0%	98%
2	C-2	76336467,69	0%	98%
3	C-3	79780231,79	0%	98%
4	C-4	90838942,18	0%	98%

Ürün grubu için yapılan ABC analizi eğrisi Grafik 6-1’ de verilmiştir.



Grafik 6-1: ABC analizi grafiği

Ketçap, mayonez, salça ve soslar olarak dört ürün grubu mevcuttur. ABC tekniğinin uygulanması ile en fazla kazanç sağlayıcı ürün grubu bulunmak istenmiştir. Geçmiş son iki yıla ait tüm ürün gruplarının ortalama ve satış fiyatı değerleri, üretim değerleri ele alınmıştır. Her farklı ürün için tek tek hesaplama yapılmıştır. Ürün gruplarından olan A ürün grubunun dört ürünü ortalama fiyat

değeri maksimum miktarı vermese de satış miktarından meydana gelen fazlalık nedeniyle en çok getiri sağladığı ürün grubu olarak tespit edilmiştir.

6.2.1. Veri Setinin Hazırlaması ve Düzenlenmesi Süreci

İşletmenin 2021(Ocak-Mayıs)-2022(Ocak-Mayıs) yılları arasında ketçap, mayonez, salça ve sos olmak üzere dört temel üründen oluşan grup ürün grubu olarak ele alınmıştır. Satış miktarları bağımlı değişken; satış tutarı, müşteri sayısı ve rakip sayısı bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. Ürün grubu için bağımlı ve bağımsız değişkenleri YSA yöntemlerinin uygulanabildiği MATLAB programından Curve-Fitting ve ANFIS yöntemleri ile analizi yapılmıştır. Verilerin normal dağılım uygun olmadığı görüldüğünden normalizasyon işlemi yapılmıştır.

6.3.Verilerin Kategorik Regresyon Analizi Uygulaması

Örnek firmaya ait gerçek verilerin normalizasyon işleminden sonra bağımlı değişken olan satış miktarının, diğer bağımsız değişkenlerle ilişkisi kategorik regresyon analizi kullanılarak incelenecektir.

Tablo 6-2: Kayıp fonksiyonu için iterasyon geçmişi

	Multiple (Çoklu) R ²		Tahmin Hatası	Tahmin Hatasındaki Azalma
	İterasyon Sayısı	değeri		
	0	0	0	
	1	0,612	0,388	-0,388
	2	0,62	0,38	0,007
	3	0,622	0,378	0,002
	4	0,623	0,377	0,001
	5	0,624	0,376	0,000
	6	0,624	0,376	0,000
	7	0,624	0,376	0,000
	8	0,624	0,376	0,000
	9	0,624	0,376	0,000
	10	0,624	0,376	0,000
	11	0,624	0,376	0,000
	12	0,624	0,376	0,000
	13	0,624	0,376	0,000
	14	0,624	0,376	0,000
	15	0,624	0,376	0,000
	16	0,624	0,376	0,000

Yapılan analizlerde; 16 iterasyon sonucunda kayıp fonksiyonun minimizasyonunun sağlandığı görülmektedir. İterasyonlar, yakınsama sağlandığı ve geçerli test değerine 16.aşamada ulaşılmıştır. Aşağıdaki Tablo 6-2’ de modelin anlamlılığı ile test sonuçları yer almaktadır.

Tablo 6-3: Model anlamlılığı tablosu

	Kareler Toplamı	s.d.	Kareler Ortalaması	F	p
Regresyon	355,791	11	32,345	84,256	,001
Hata	214,209	558	0,384		
Toplam	570	569			
Multiple R= 0,79 R²= 0,624 Düzeltilmiş R²= 0,617					

Model test edildiğinde; kategorik regresyon sonucunda kurulan model istatistiksel bakımdan anlamlı bulunmuştur (F=84,256; p=.00). Modelin çoklu R değeri 0,79; R² değeri ise 0,617 bulunmuştur ve bağımsız değişkenlerin satış miktarına güven düzeyini yaklaşık olarak %62 oranında açıklayabildiği sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 6-3).

Tablo 6-4: Bağımsız değişken katsayılarının anlamlılığı tablosu

Değişkenler	Standartlaştırılmış Katsayılar		s.d.	F	p
	Beta	Standart Hata			
Müşteri sayısı	0,14	0,05	4	7,978	0,001
Rakip sayısı	0,325	0,062	6	27,508	0,001
Satış tutarı	0,727	0,041	1	316,26	0,001

Bağımsız değişkenlerin modele olan katkısı incelendiğinde; satış tutarı, müşteri sayısı ve rakip sayısı değişkenlerinin satış miktarını açıklamada anlamlı ve başarılı olduğu görülmektedir (p< .05) (Tablo 6-4).

6.4.Verilerin Nftool-Curve Fitting ve ANFIS ile MATLAB Ortamında Uygulamaları

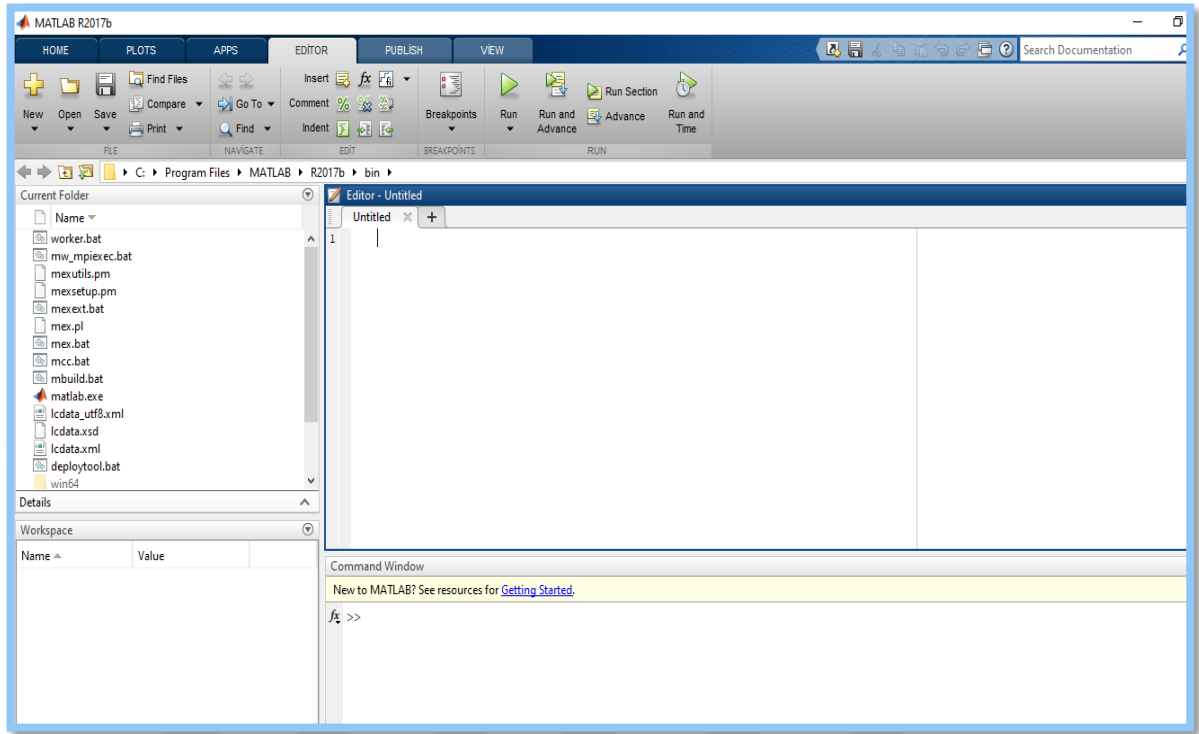
6.4.1. Verilerin Nftool-Curve Fitting MATLAB Ortamında Uygulaması

Normalizasyonu yapılan veriler; satış miktarı, satış tutarı, müşteri sayısı, rakip sayısı ile YSA yöntemlerinden olan eğri uydurma(curve-fitting)-nftool ile talep tahmini yapılmıştır. Burada satış

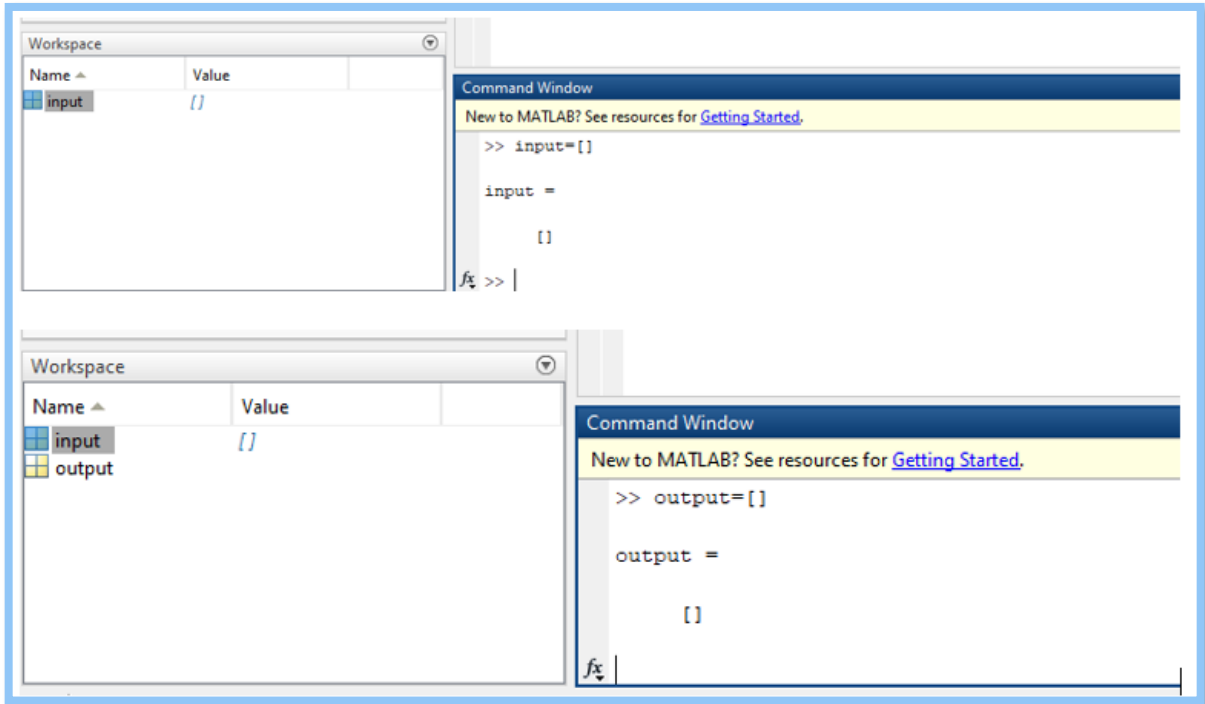
miktarı bağımlı değişken; satış tutarı, müşteri sayısı, rakip sayısı bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin derecesi belirlenmiştir.

Nftool Kullanımı;

1. “FittingTool”u ve ilgili nftool seçeneğini seçin;
2. Verileri MATLAB' den yükleyerek “Veri Seç” bölümünde “Girdiler ve Hedefler”i seçin;
3. “Validational Test Data” yı seçin”, burada setler anakütlenin %15'ini oluşturur. Daha sonra, girdi ve çıktı vektörleri aşağıdaki üç kategoriye içermek için rastgele bölünebilir:
 - Eğitmek için %70;
 - Genelleştirme ve durdurmadan sonra doğrulamak için %15
 - Tüm ağ genelleştirmesini test etmek için %15
4. ‘İleri(Next)’ yi seçin. Burada, standart bir YSA, gizli katmanda bir sigmoid transfer seçeneği ve çıktı katmanında doğrusal bir transfer seçeneği ile çift katmanlı ileri beslemeli ağ şeklinde takılmaya hazırdır. Gizli nöronlardaki varsayılanların sayısı10 olarak ayarlanmıştır; bu, eğitimin ilk denemede yeterli olmaması durumunda daha sonra artırılabilir.
5. “Eğit(Train)” seçeneğini seçin.
6. Bundan sonra eğitimi başlatır.
7. “Plots”ta, ağı doğrulamak için “Regression” öğesini seçin. Bu grafikler, eğitim, doğrulama ve test hedefleri için çıktı kümelerini gösterir. Maksimum uyum için, veri kümesinin, çıktıların bulunduğu konum olarak 45 derecelik bir çizgide üst üste gelmesi gerekir.
8. İstenilen hedefe ulaşılmadığında “Yeniden Eğit(Retrain)” seçeneği ile doğrulama işlemi, tekrarlanılarak iyileştirme işlemi yapılabilir.

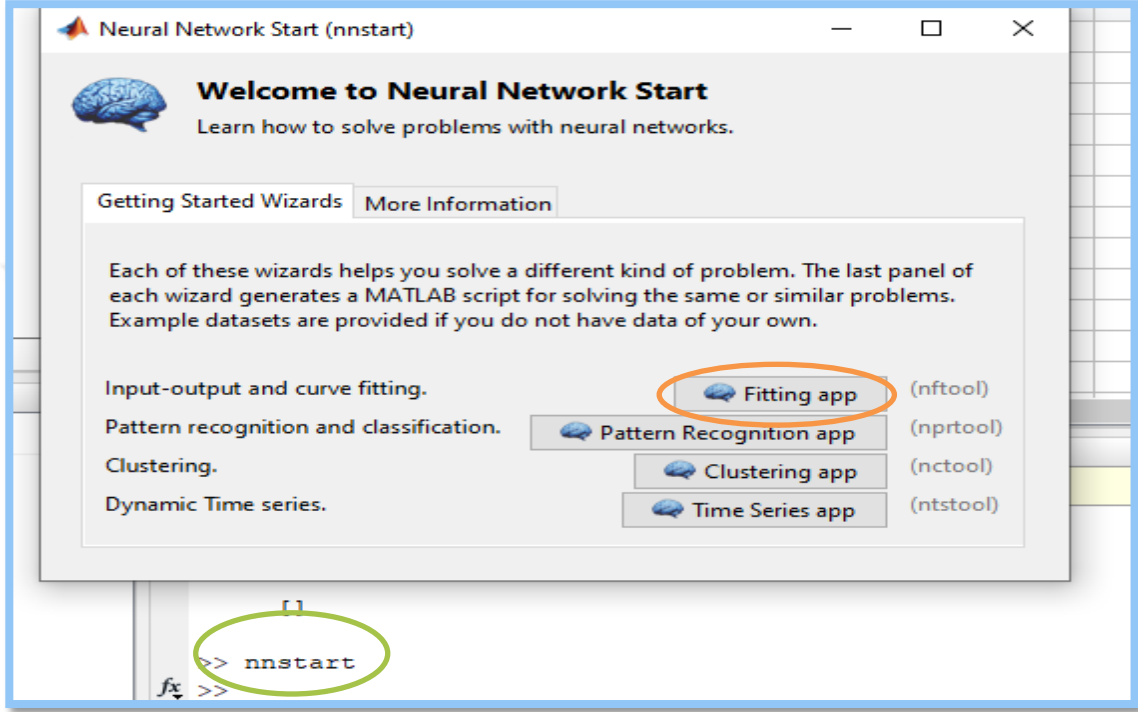


Şekil 6-3: MATLAB arayüzü



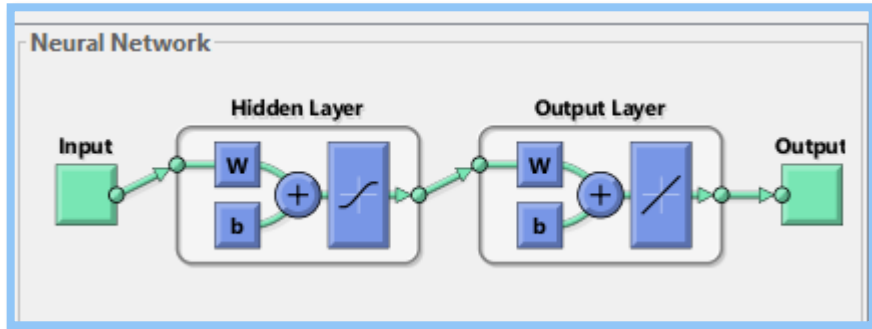
Şekil 6-4: Input(girdi) ve Output(çıkıtı) değişkenlerinin tanımlanması

Veri setinde satış tutarı, müşteri sayısı ve rakip sayısı input olarak; satış miktarı output olarak tanımlanmıştır. Daha sonra MATLAB komut penceresinde “nnstart” komutu ile YSA modeli oluşturulmak ekranı gelmektedir.



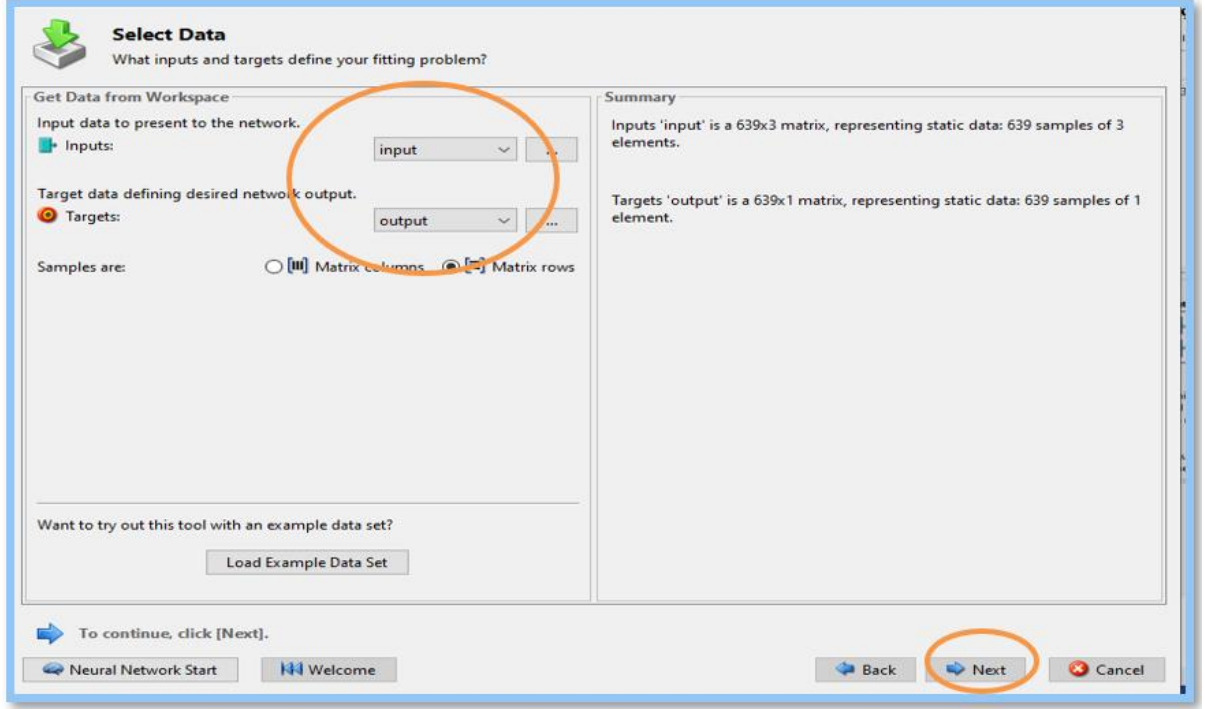
Şekil 6-5: Sinir ağı başlatma ekranı

Veri seti normal dağılım göstermediği için zaman serisi modeli kullanılamamıştır. Sinir ağı ile eğri uyurma yöntemi kullanılarak talep tahmini ve değişkenler arasındaki ilişki incelenmiştir.



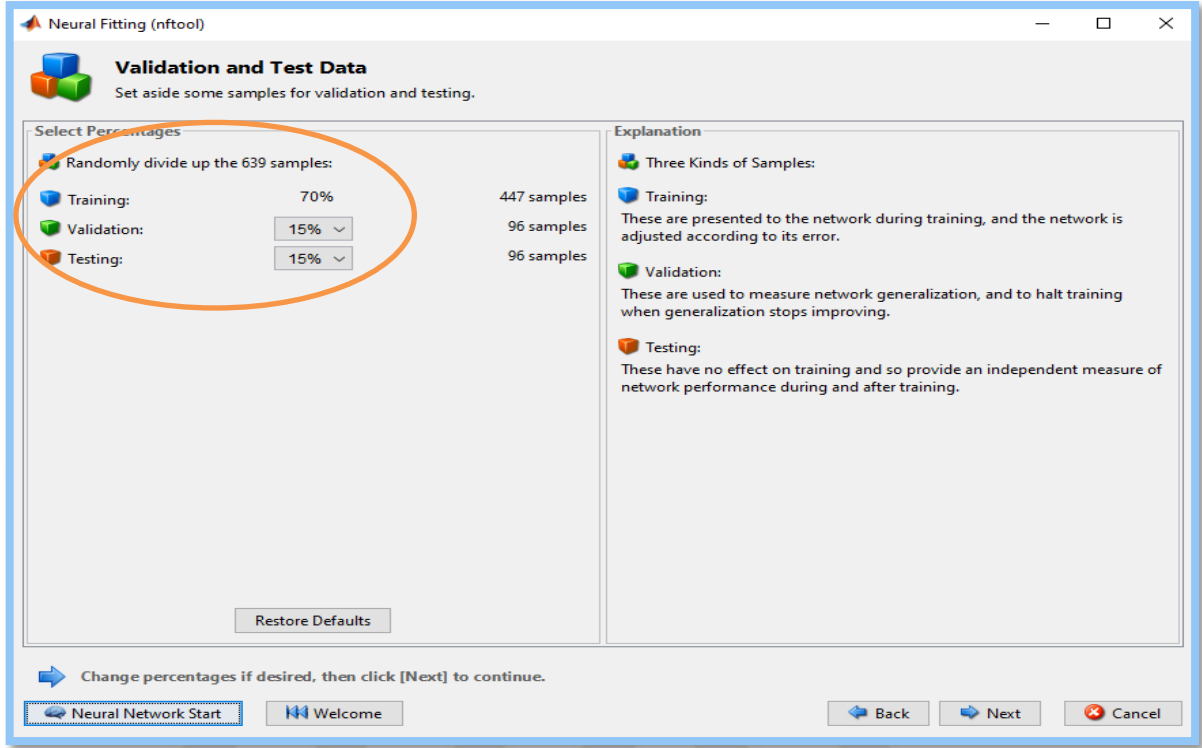
Şekil 6-6: Sinir ağı modeli

Neural Network(NN), gizli katmanlar tarafından belirtilen, gizli katman boyutuna ve eğitim işlevine sahip sinir ağına uygun bir işlev çevirir. Bu gizli katmanda yeterli sayıda sinir hücresi bulunduğunda çok boyutlu haritalar ile problemlere çözüm aramaktadır.



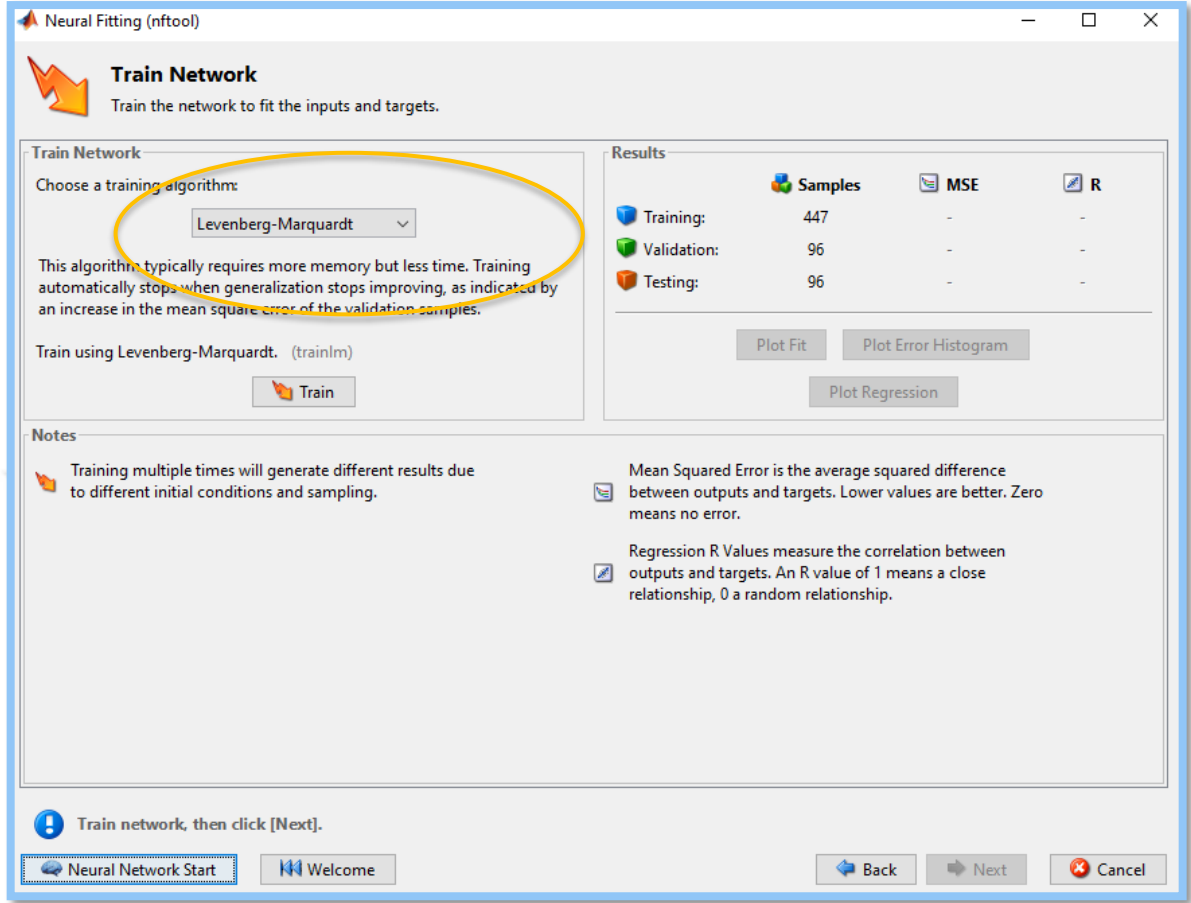
Şekil 6-7: Girdi- çıktı tanımlama

Veri setinin YSA modeli oluşturulabilmesi için komut penceresinde tanımlanan girdiler (input) yani bağımsız değişken olarak, çıktı (output) bağımlı değişken olarak tanımlanmaktadır. MATLAB ağ modeli oluştururken matrisler kullanmaktadır. Bundan dolayı tanımlanmış olan veri setinin transpozesi alınarak veri eğitime hazır hale getirilir.



Şekil 6-8: Eğitim, doğrulama ve test verilerinin tanımlanması

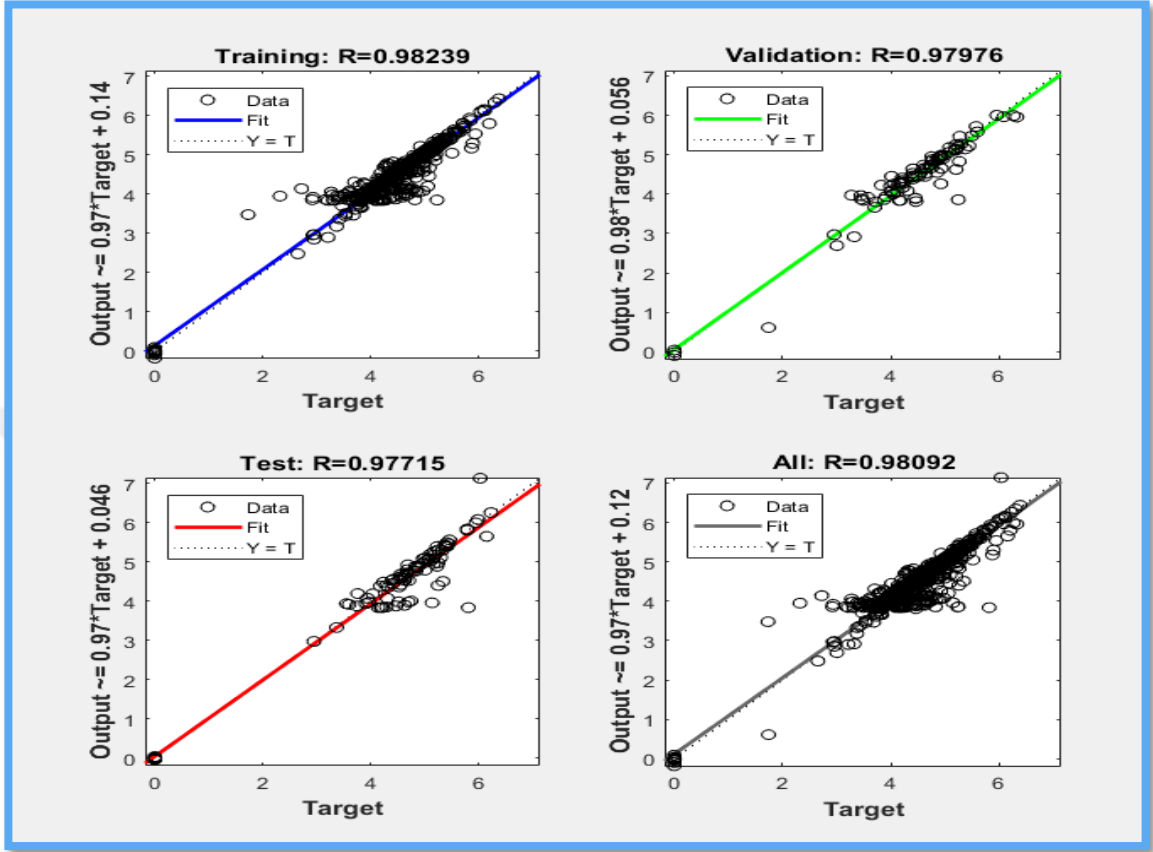
Veri setinin analizi yapılırken eğitim(train) için %70(447), doğrulama(validation) için%15(96) ve test için %15(96) kullanılarak oluşan sinir ağ modelinin tahminlemesi yapılmıştır.



Şekil 6-9: Eğitim algoritmasının seçilmesi

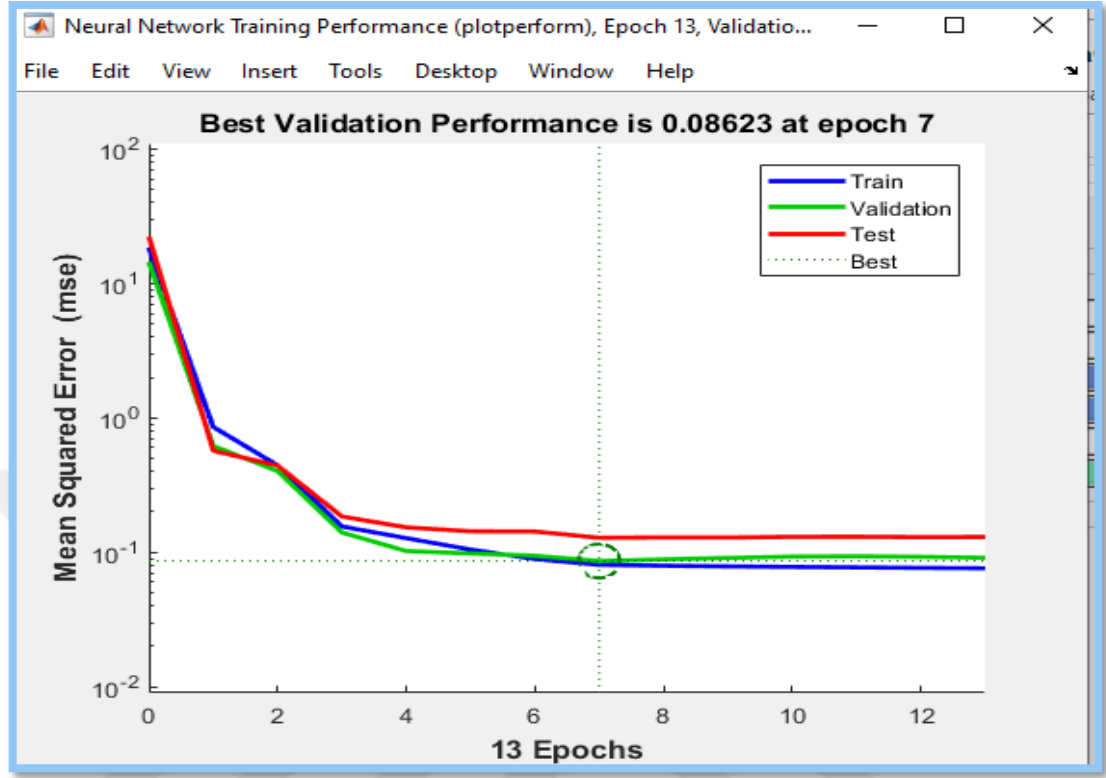
Gizli katman sayısı bir olarak belirlenip, gizli katmanda bulunması gereken nöron sayısına deneme yanılma yolu ile karar verilmiştir. Modellemede kullanılması gereken öğrenme algoritması belirlenirken üç farklı öğrenme algoritması denenmiştir. Bu algoritmalar sırasıyla Levenberg-Marquardt(LM), Bayesian Regularization(BR), Scaled Conjugate Gradient(SCG)'tir. Bu öğrenme algoritmaları için aynı nöron sayısı denenerek hangi algoritmanın daha iyi performans sergilediği analiz edilmiştir. Bu öğrenme algoritmaları için kurulan modellerden alınan sonuçlar aşağıda verilmiştir. LM, Bayesian Regularization, Scaled Conjugate Gradient algoritmaları kullanılarak elde edilen modelleme sonuçları verilmiştir.

Ürün grubu sonuçları;



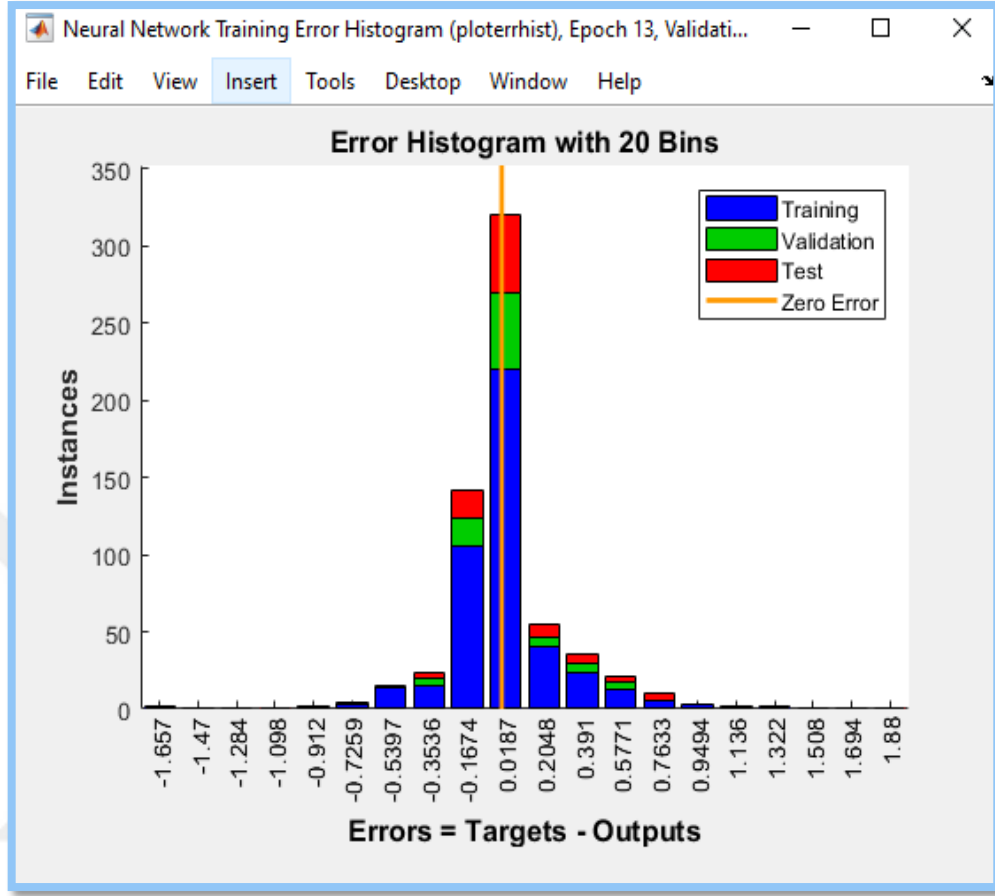
Şekil 6-10: Ürün grubu için korelasyon sonucu

Şekil 6-10'daki korelasyon sonuçları karşılaştırıldığında, tahmin edilen değerlerin eğitim, test ve validasyon aşamasındaki korelasyon katsayısı ($R > 0,97$) olup oldukça yüksektir. Ürün grubunun en iyi doğrulama performansı aşağıdaki Şekil 6-11'da verilmiştir.



Şekil 6-11: Ürün grubu için en iyi doğrulama performansı

Hata histogram, verilerinin eğitilmesi hakkında daha fazla bilgi elde etmek için kullanılan araçlardan birisidir. Histogram grafiği aykırı değerlerin en iyi göstergesi olarak da bilinmektedir. Satış miktarlarına ait hataların histogram grafiği Şekil 6-12’ de görülmektedir.



Şekil 6-12: Veri seti eğitim hata histogram sonucu

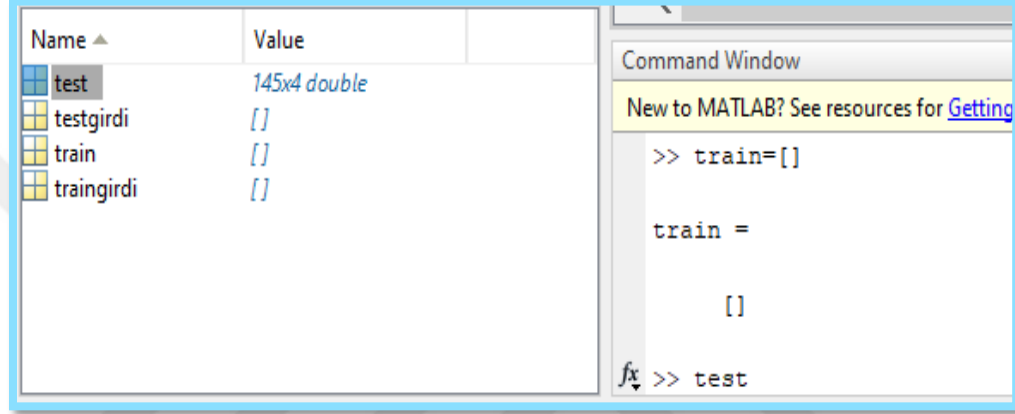
Grafikte yer alan mavi ile gösterilen çubuklar eğitim verilerini, yeşil çubuk doğrulama verilerini ve kırmızı çubuk ise test verilerini göstermektedir.

6.3.2 Verilerin ANFIS MATLAB Ortamında Uygulanması

Normalizasyonu yapılan veri seti ürün grubu ile YSA yöntemlerinden olan ANFIS ile analizi yapılmaktadır. Eğitim için düzenlenilen veri setinden rastgele test verisi seçilir. Girdi ve çıktı değerleri modeli kendi eğitim kurallarını oluşturarak gerçek değerler ile tahminlenen değerlerin bulanık mantık ile benzerlikleri tespit edilmektedir.

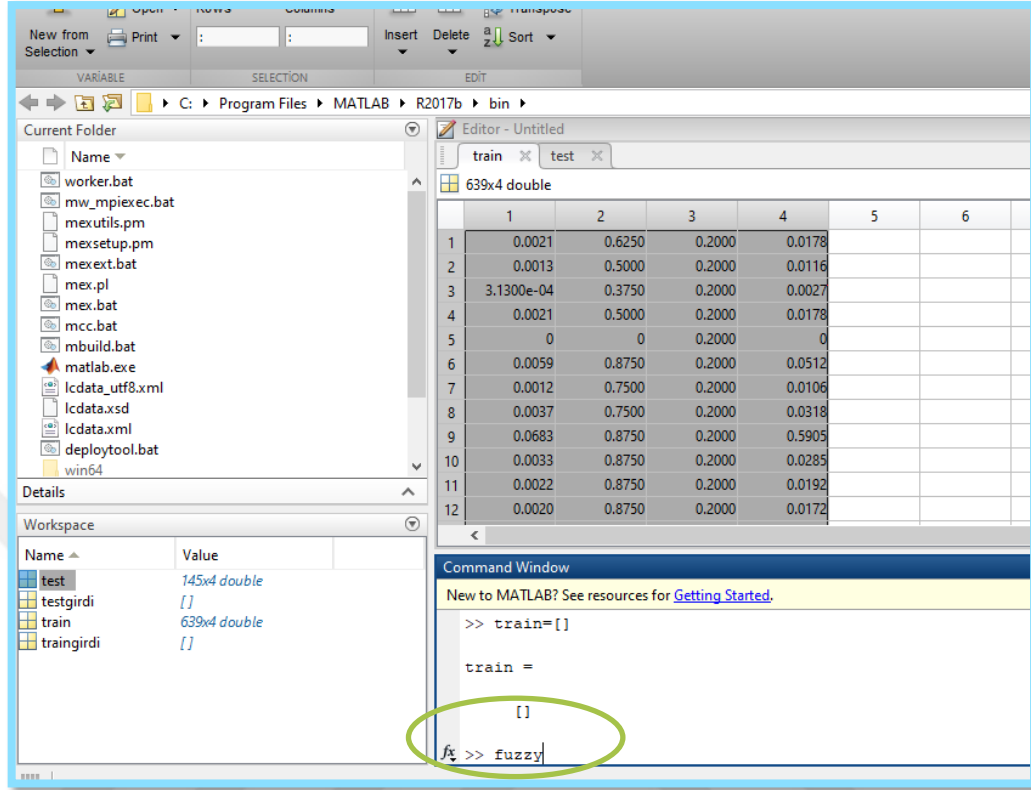
ANFIS, öngörülen giriş-çıkış veri çiftlerine dayalı bir giriş-çıkış yapısı oluşturabilir. Hem sinir ağlarını hem de bulanık mantık çıkarım yöntemlerini entegre ettiği için yapıların her ikisinden faydalanır. ANFIS yönteminin uygulanabilmesi için genelde giriş-çıkışa dayanan bir veri kümesine

ihtiyaç duyulmaktadır. Seçilen üyelik fonksiyon (membership function) adedi ve tipine bağlı olarak kurulan model bir öğrenme algoritması kullanılarak oluşturulur. Yöntem, oluşturduğu bulanık eğer-ise kurallar kümesini kullanır. ANFIS mimarisi, ağın tamamının çıkışı ile hedef değer arasındaki farkı, yani hatayı minimum yapacak şekilde değişkenlerle belirlenmesi suretiyle oluşturulur. Teorik olarak, ANFIS herhangi bir sürekli fonksiyona mükemmel yaklaşabilir.



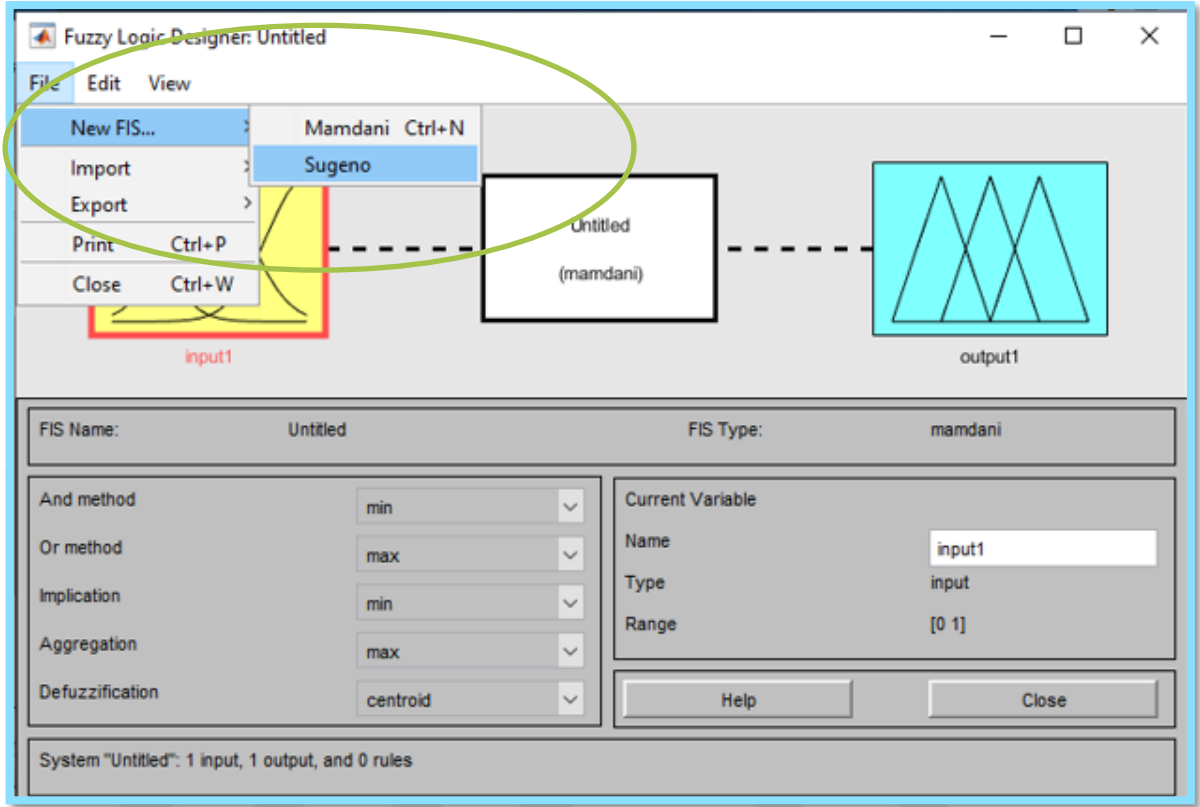
Şekil 6-13: MATLAB-ANFIS girdi-çıkış tanımlama

YSA tahmin yöntemlerinden olan ANFIS tekniği uygulanmadan önce eğitim ve test değerleri tanıtılmaktadır. Üç girdi ve bir çıktı değişkeni olmak üzere tüm değişkenler MATLAB komutuyla açılan train ve test değer hücrelerine çağırılır. Test değerleri eğitim değerleri içerisinde rastgele seçilir.



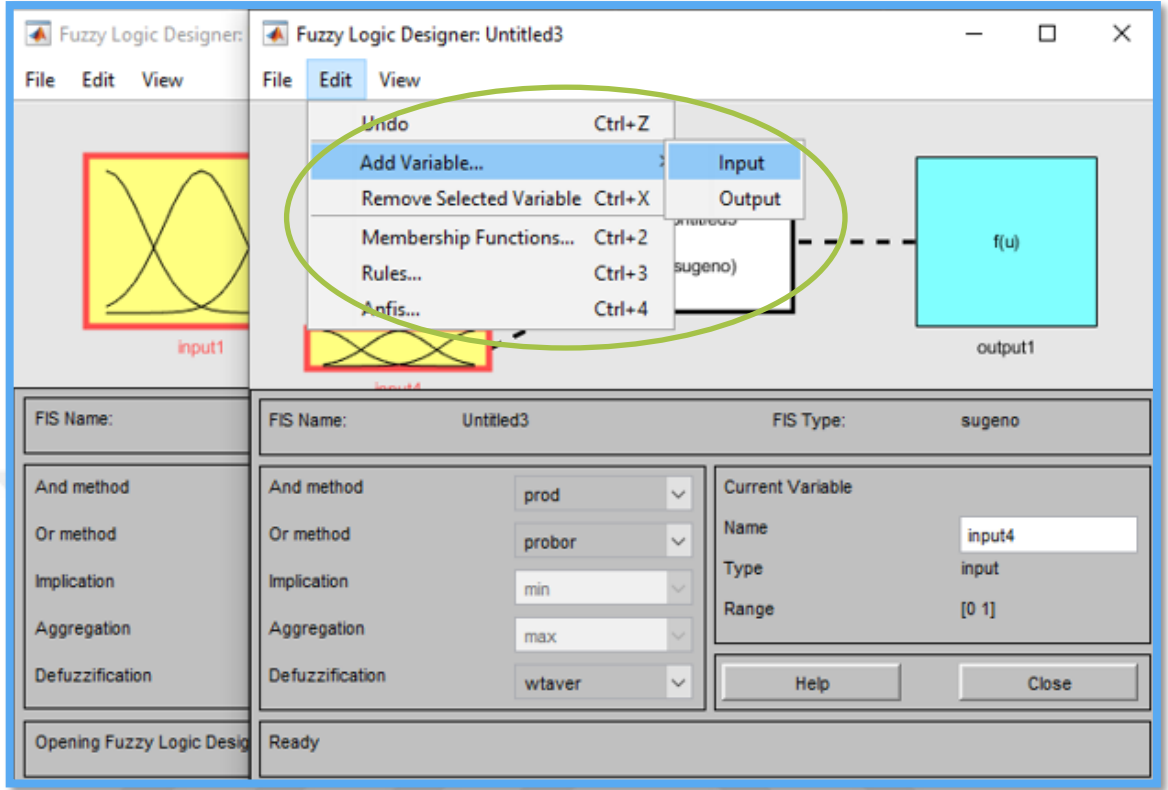
Şekil 6-14: Bulanık mantık komutunun çalıştırılması

Veri setleri tanıtıldıktan sonra 'fuzzy' komutuyla ANFIS (Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems) modeli oluşturulmaya başlanmaktadır.



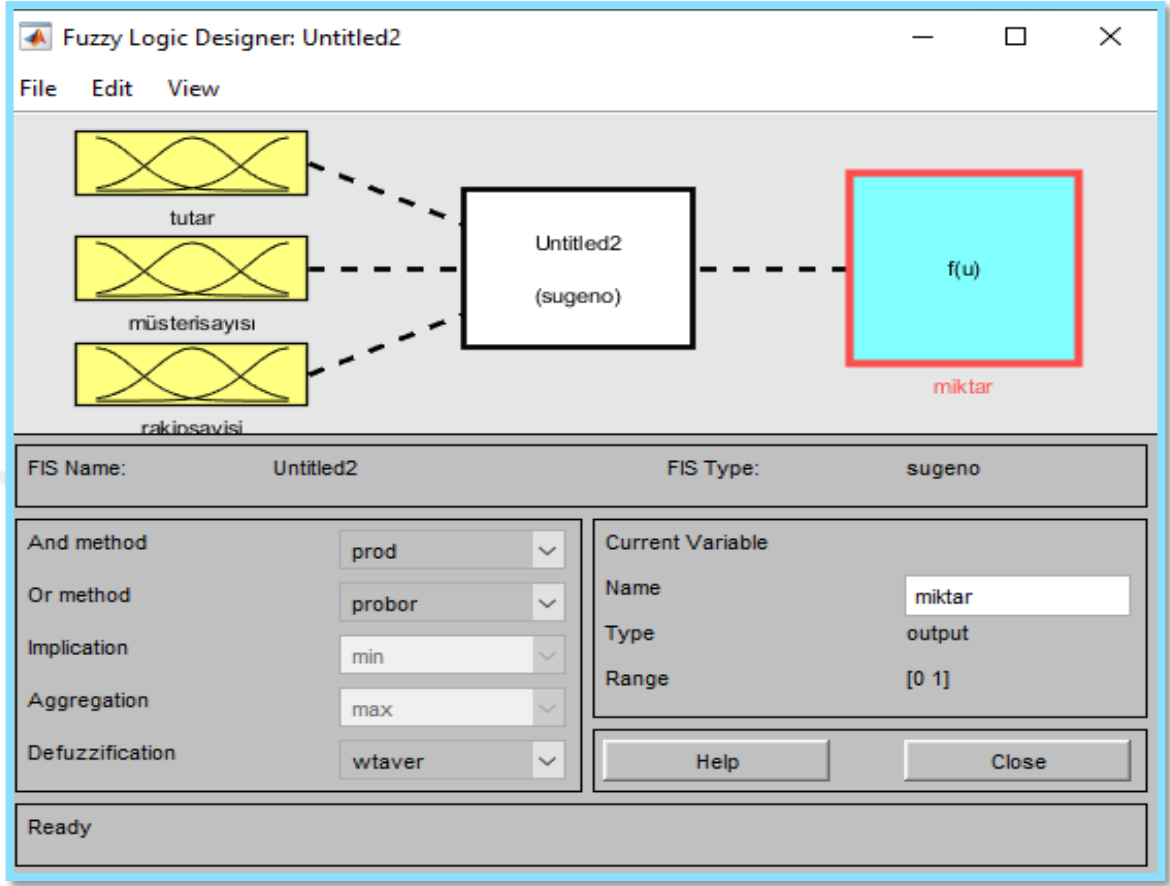
Şekil 6-15: Bulanık mantık model seçimi

Bulanık mantık modeli oluşturulmaya başlandığında, hedef verilen giriş-çıkış veri kümesinden bulanık kuralların üretilmesi olduğundan ‘Sugeno’ kuralı ile sonuçlara ait üyelik fonksiyonu olarak bulanık teklik (singleton) önerilmektedir. Evrensel küme üzerindeki tek bir noktada tam üyelik derecesine sahip bir üyelik fonksiyonlu bir bulanık küme oluşturmaktadır.



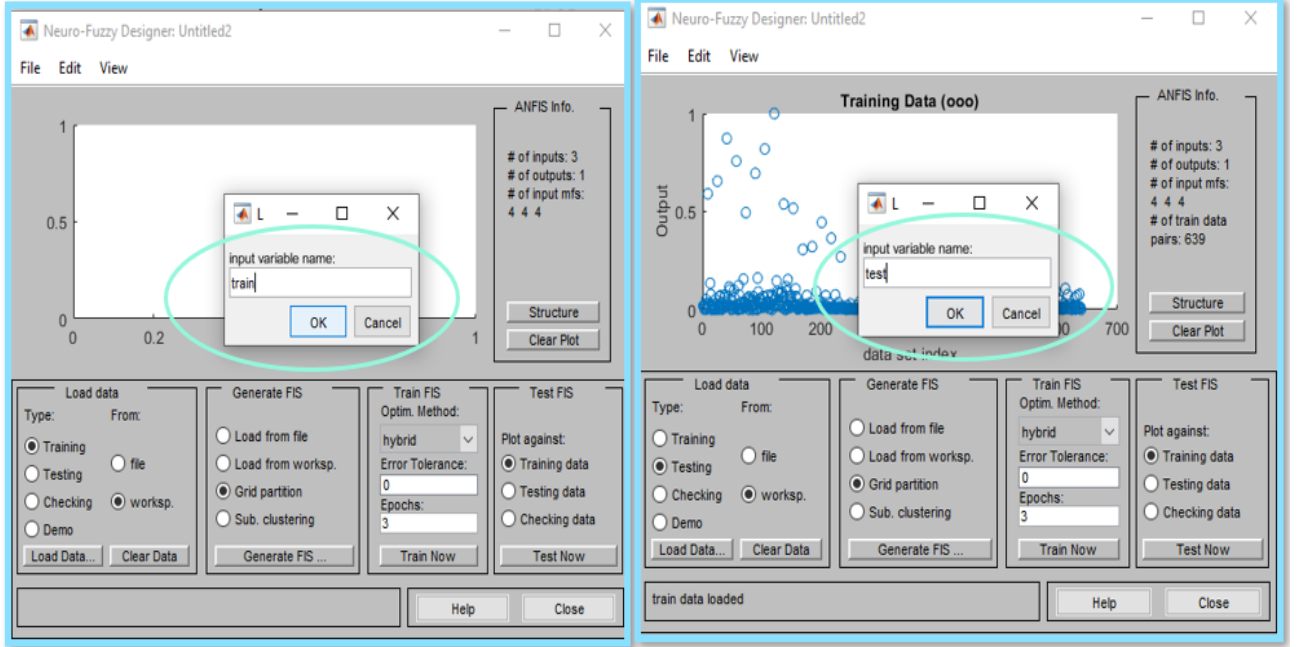
Şekil 6-16: Bulanık mantık girdi-çıkıtkı değişkenlerinin seçilmesi

Sugeno tekniği seçilen modele bağımsız değişken sayısı kadar girdi(input) değişkeni açılır.



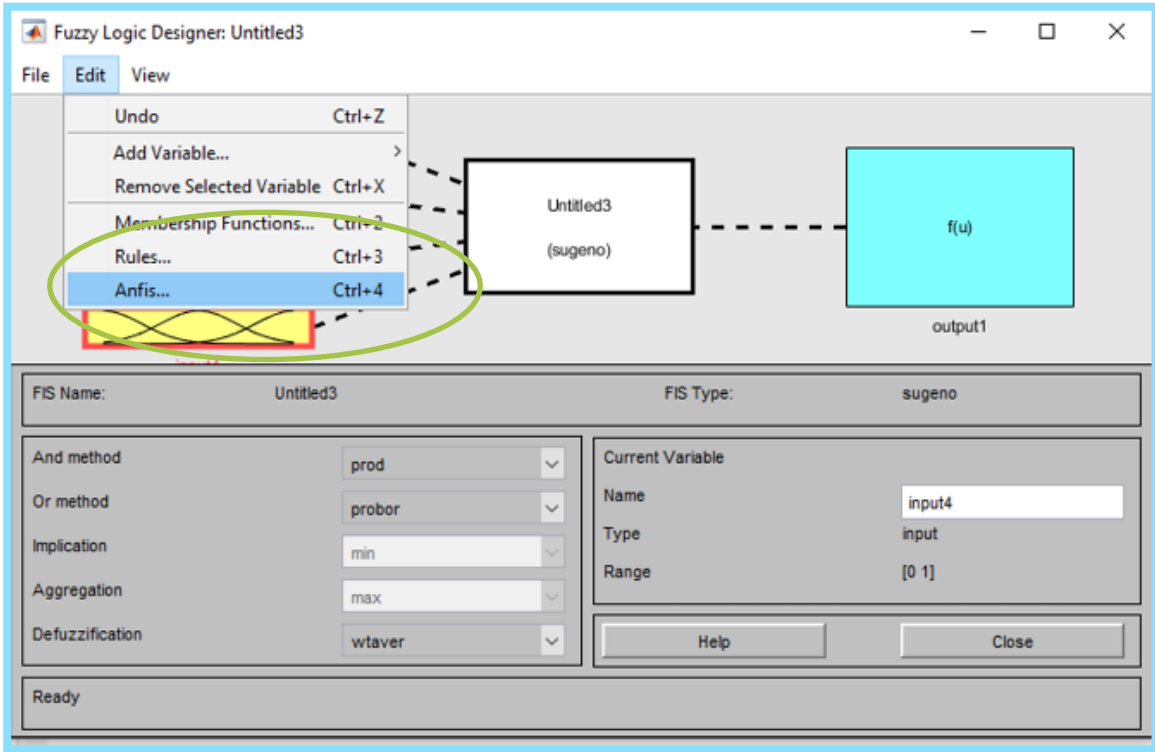
Şekil 6-17: Bulanık mantık girdi-çıkı değişkenlerinin tanımlanması

Çalışmada tanımlanan girdi değişkenlerinden sora ANFIS modeli oluşturulmaya başlanmaktadır.

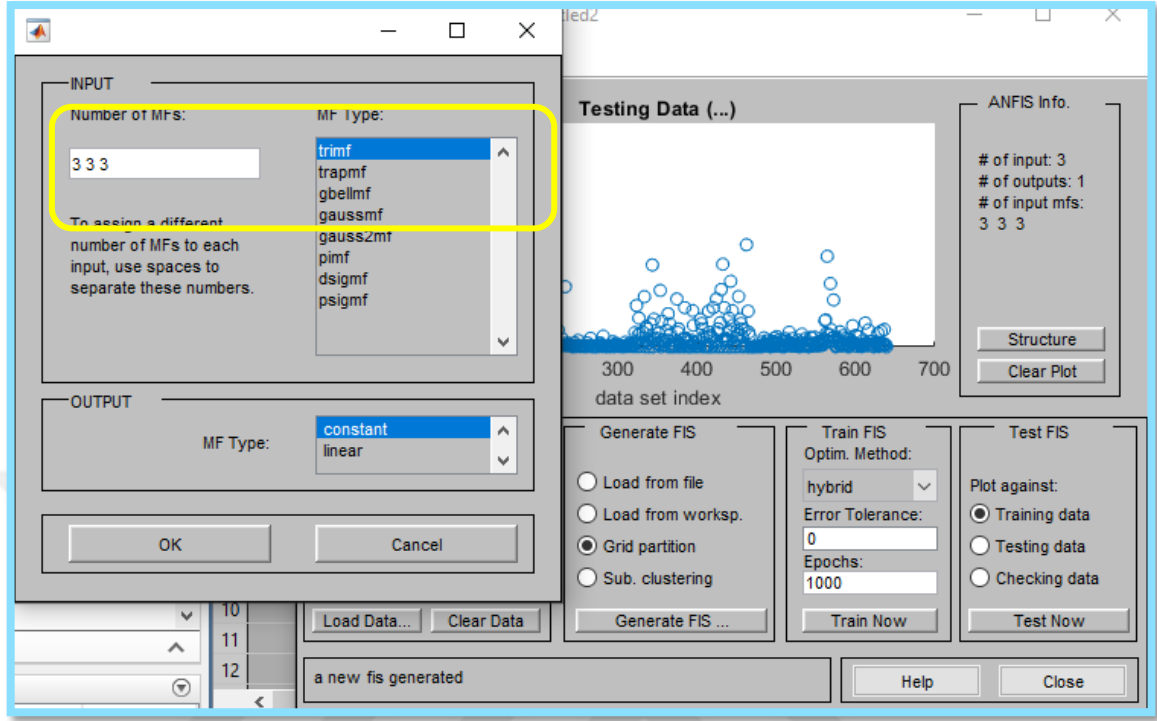


Şekil 6-18: Bulanık mantık eğitim ve test verisinin tanımlanması

Matlab komut penceresinden ANFIS modele eğitim ve test verileri load data ile çağırılır.

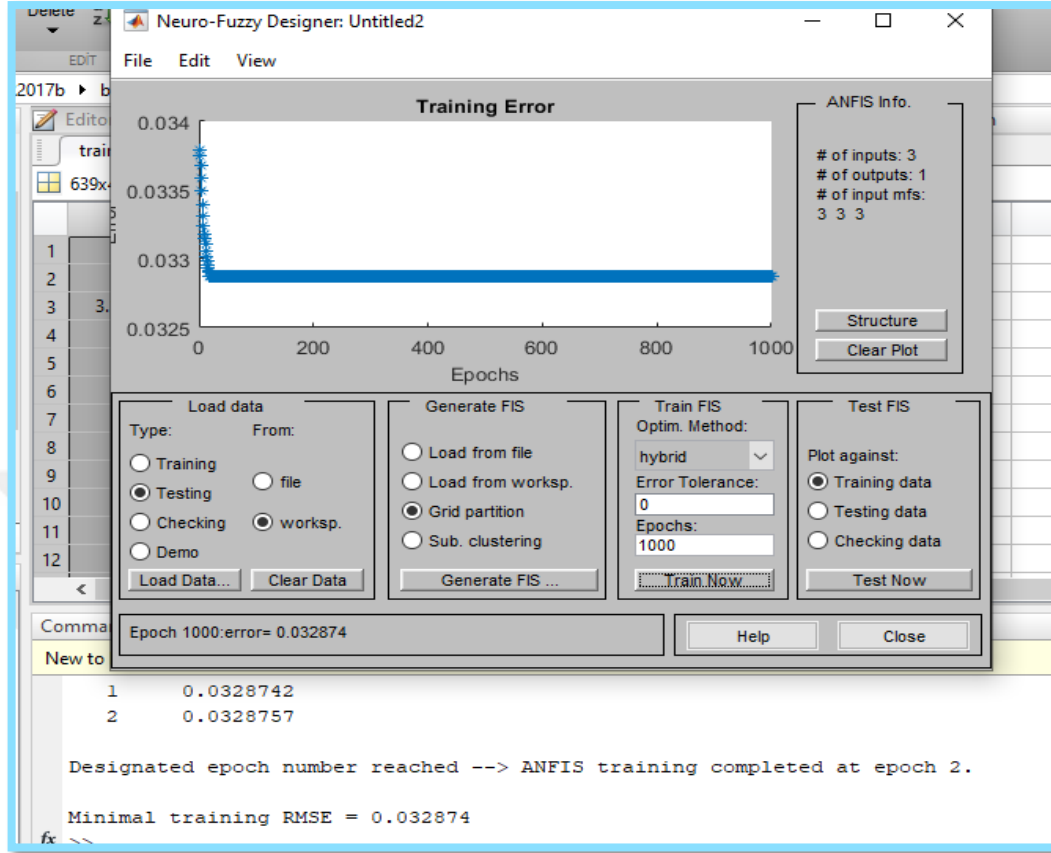


Şekil 6-19: ANFIS modelinin çalıştırılması



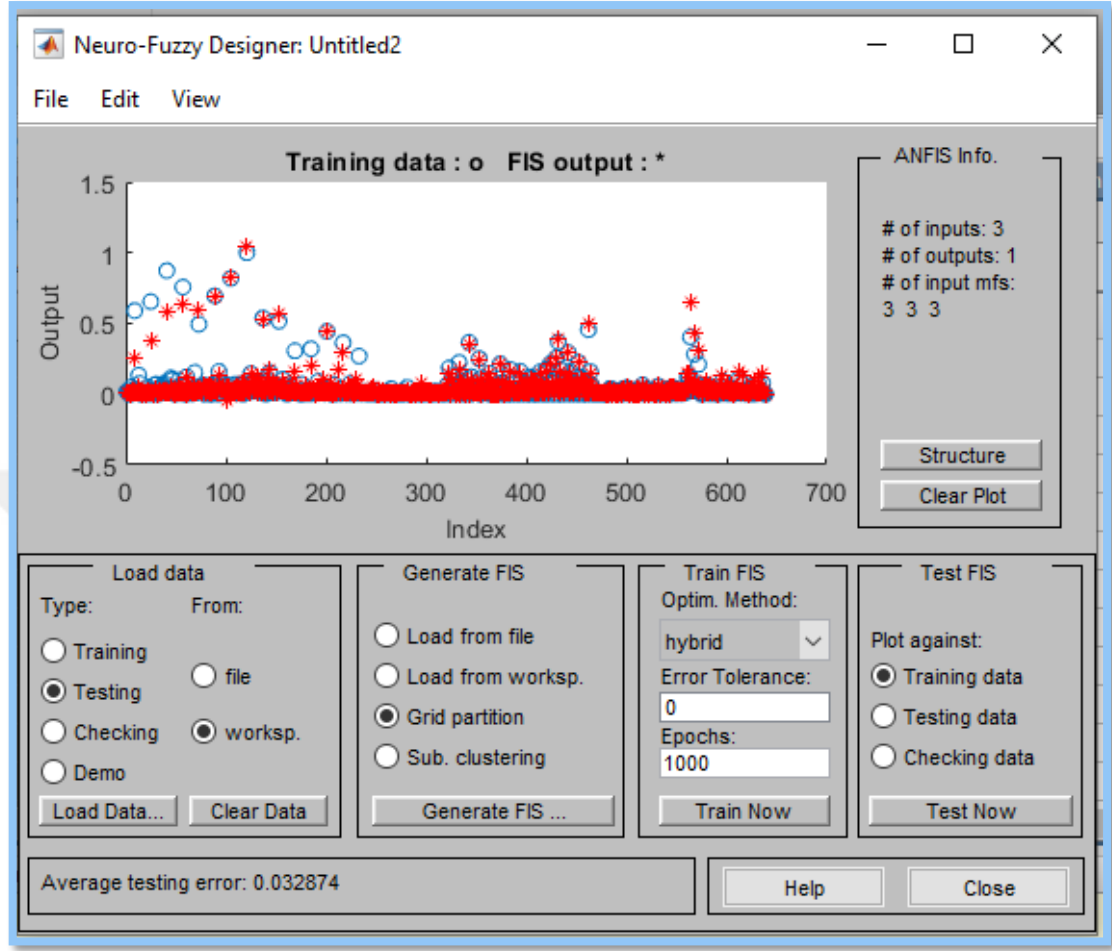
Şekil 6-20: Giriş üyelik fonksiyonlarının tanımlanması

Eğitim ve test verilerinin tanıtılmasından sonra üyelik fonksiyonu tipinin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada en uygun, diğer bir ifade ile eldeki girdi-çıkı setini en az hata ile açıklayabilen üyelik fonksiyonu tipini seçebilmek amacıyla, her bir üyelik fonksiyonu tipi tek tek kullanılarak eğitim verisi 1000 çevrim eğitilmiş olup 'trimf' üyelik fonksiyonu en düşük hata değeri tespitinde kullanılmıştır.



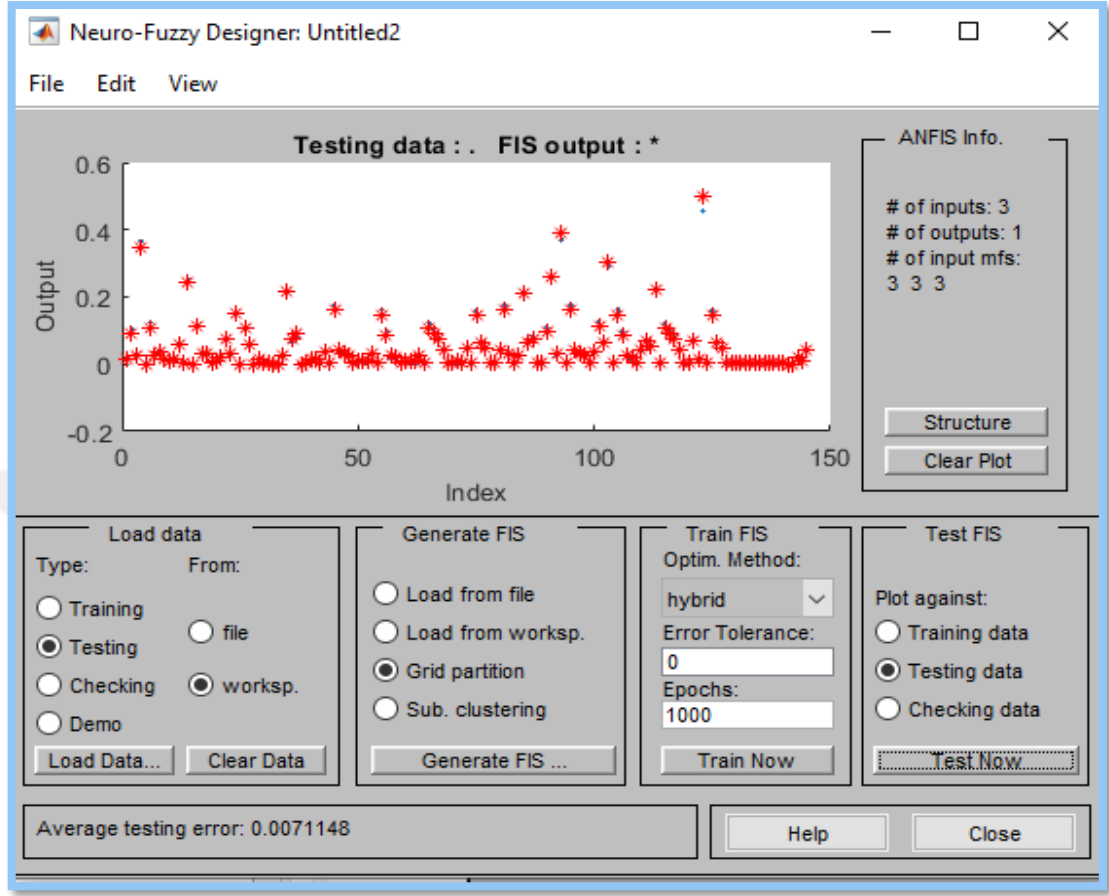
Şekil 6-21: Bulanık mantık eğitim sürecinin başlatılması

Eğitim ve test verileri için minimum hata değerinin tespit edilmesi amacıyla bulanık mantık eğitim sürecinin başlatılması. Hata değeri ne kadar düşüğe o kadar iyi bir öğrenme süreci gerçekleştirmiştir.



Şekil 6-22: Eğitim veri setinde gerçek çıktı ve tahmini çıktı değerlerinin verimlilik grafiği

Bu aşamada, test veri seti ile oluşturulan modelin verimliliği ölçülmektedir. Gerçek veri çıktısı ile yani talep miktarı ile model tahminleme çıktı değeri karşılaştırılmıştır. Çarpı ile gösterilen veriler ANFIS modelinin test girdileri kullanarak tahminlediği değerlerini yuvarlak işareti ile gösterilen veriler, gerçek çıktı değerlerini göstermektedir. RMSE değeri 0,032874 olarak bulunmuştur. Bu değer tahminlemenin istenilen ölçüde başarılı olduğunu göstermektedir.

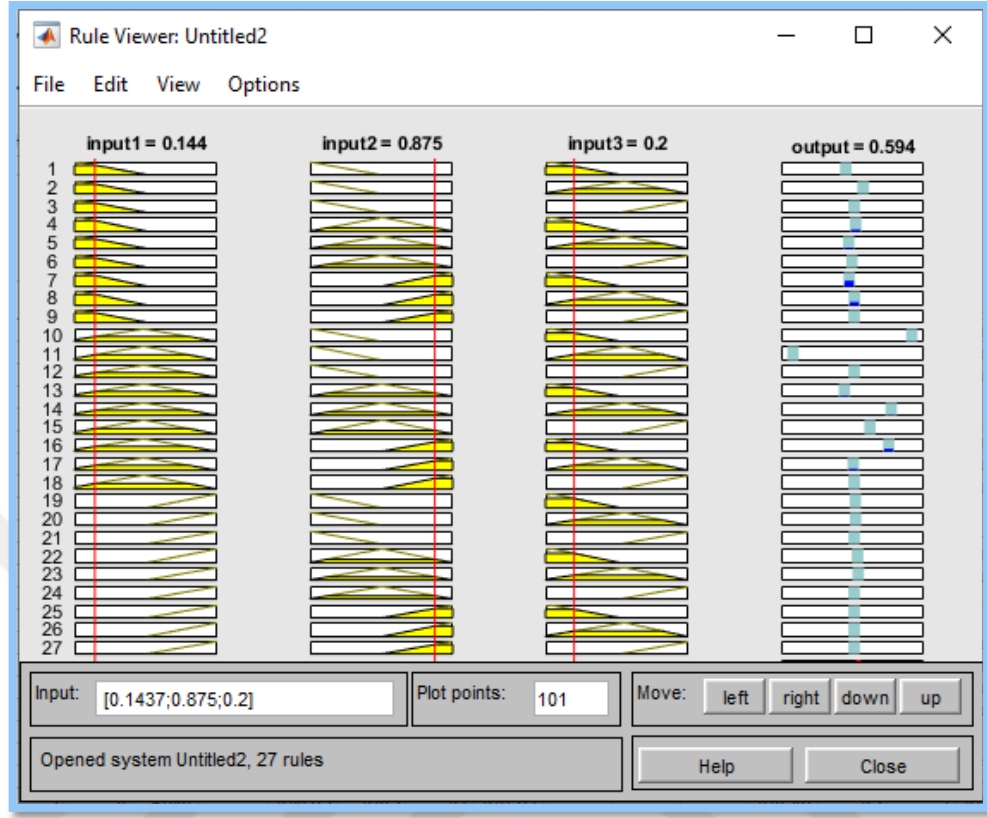


Şekil 6-23: Test veri seti gerçek çıktı ve tahmini çıktı verimlilik grafiği

Üç girdi, bir çıktı değişkeni içeren, her girdi değeri için bir küme değeri atanmış olup eğitim kuralları oluşturulmuştur. Mavi noktalar tahmin değerlerini, kırmızı yıldızlar gerçek değerleri temsil etmektedir. Ortalama test hata değeri 0.0071 olup tahmin doğruluğu için oldukça uygun bulunmuştur.

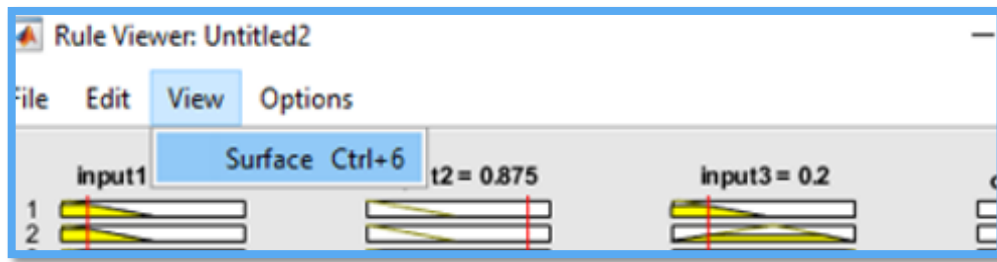


Şekil 6-24: Model kural tabanı

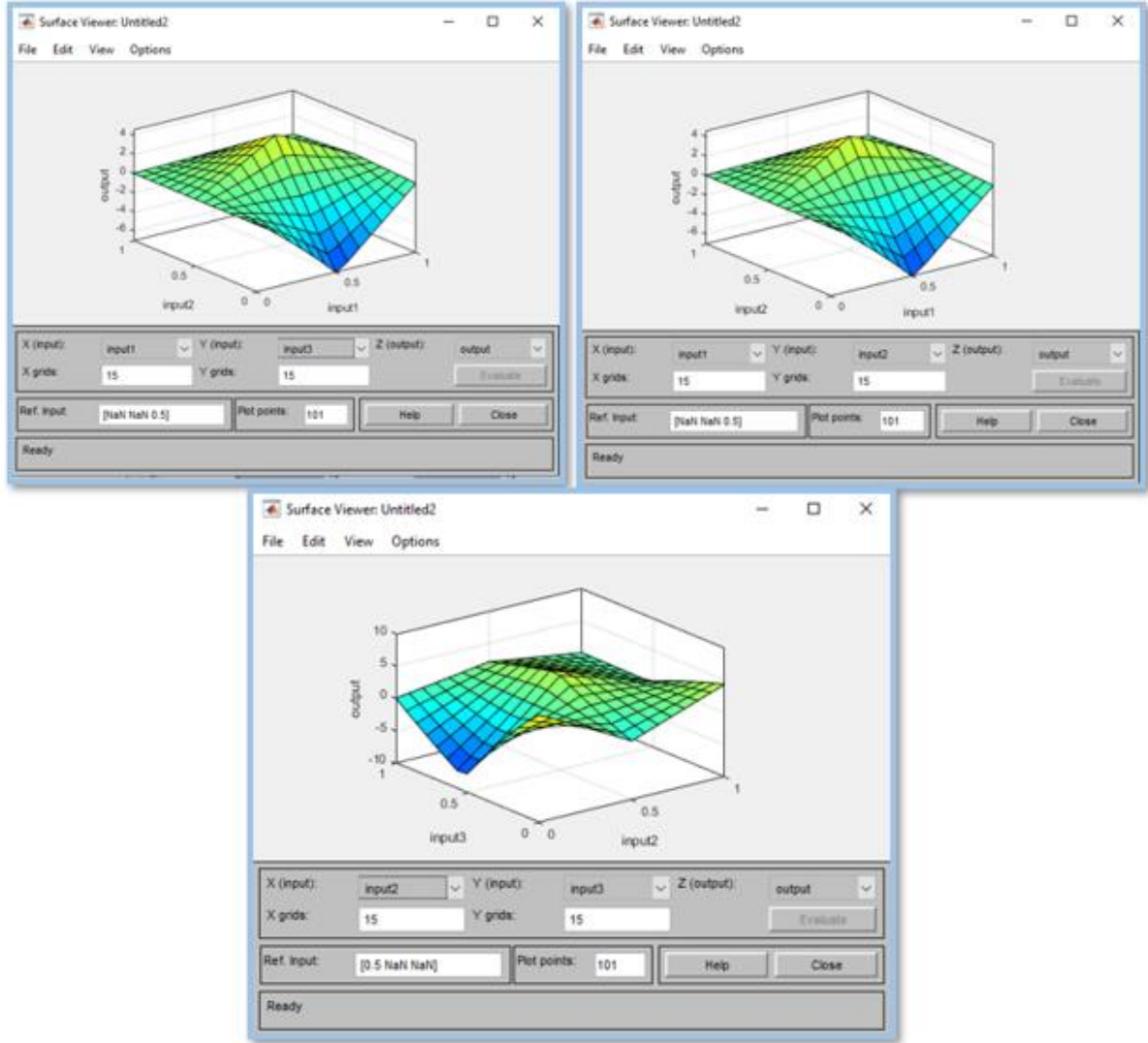


Şekil 6-25: ANFIS model kuralları

Eğitimi tamamlanan modelin değişken aralıklarını ve bulanık mantık kurallarını ANFIS otomatik olarak belirlemektedir. Kural editörü, bulanık çıkarım sistem editöründe tanımlanan girdi ve çıktı değişkenlerine bağlı olarak kuralları otomatik olarak oluşturmaktadır. ANFIS modeli, değişken aralıkları ve kurallar üzerinde istedikleri ekleme ya da çıkarmaları yapabilmelerine olanak sağlamaktadır. Şekil 6-26' te modelin üç boyutlu yüzey grafiğinin nasıl elde edileceğinin ekran görüntüsü ve Şekil 6-27 şekil grafiği verilmiştir.

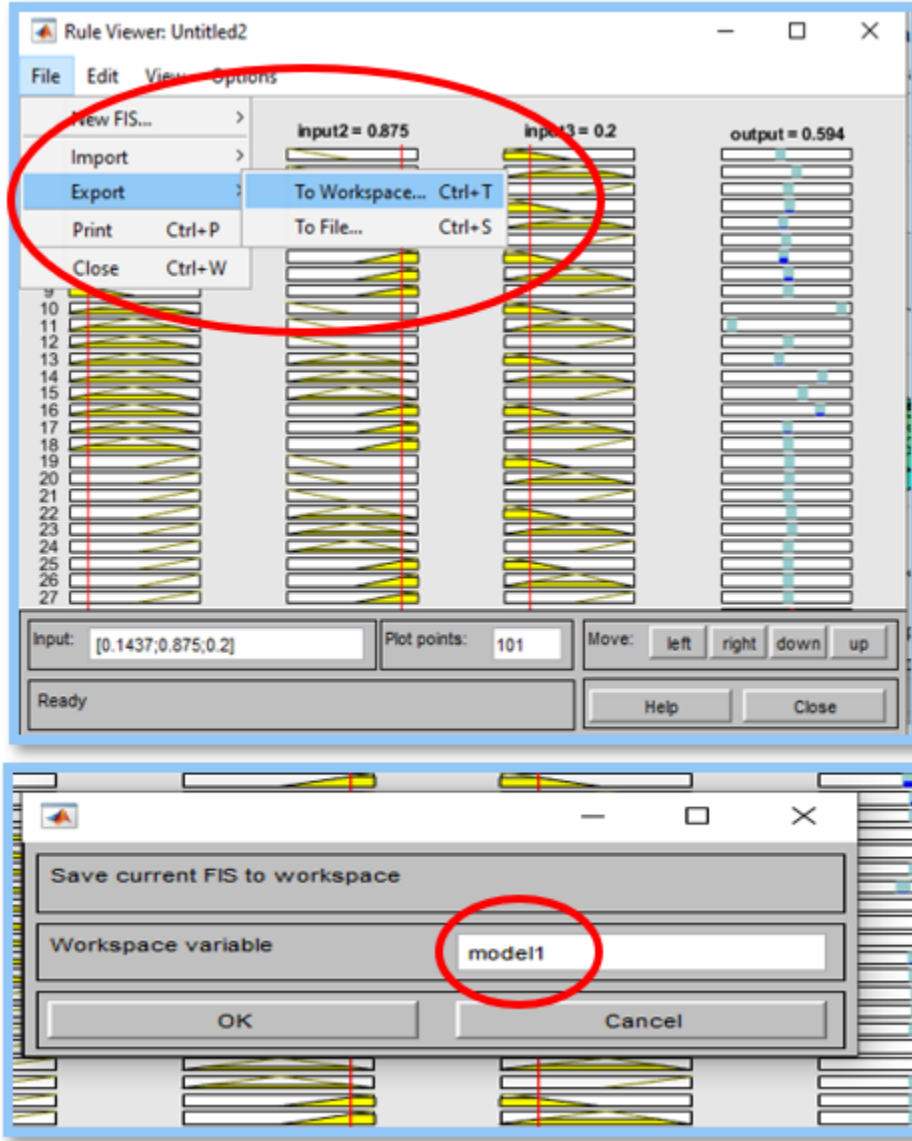


Şekil 6-26: ANFIS 3 boyutlu grafik



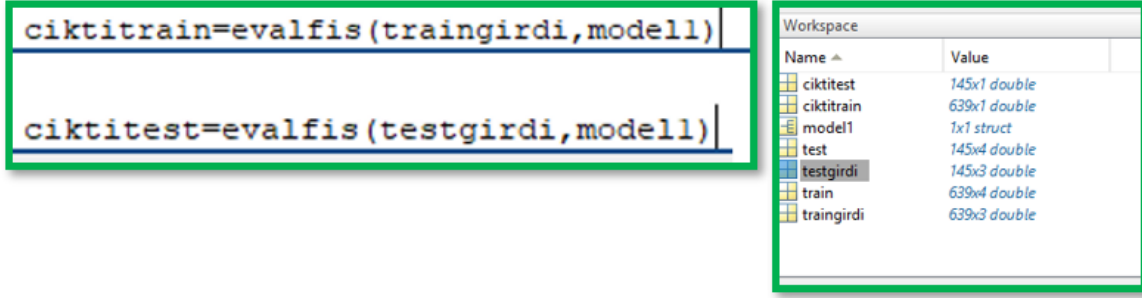
Şekil 6-27: Ürün grubu girdi-çıkı ilişkisinin 3 boyutlu grafiği

Her bir girdi değerinin çıktı ile ilişkisini 3 boyutlu grafiği ile gösterimi yapılmıştır. İkili girdi değişkenleri kendi aralarında değiştirilebilmektedirler.

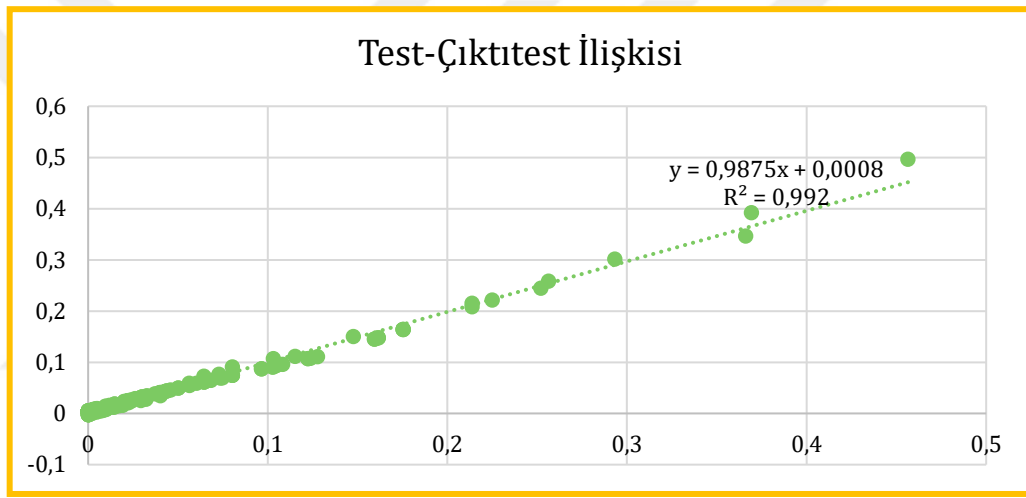


Şekil 6-28: Bulanık küme kurallarının MATLAB'a aktarılması

Burada yapılan işlem oluşturulan bulanık küme kuralları ve ANFIS modeli MATLAB arayüzüne aktarılmaktadır. Daha sonra model çıktıların elde edilmesi için aşağıdaki Şekil 6-29' da yazıldığı gibi MATLAB kodu ile girdi ve test çıktıları oluşturulan ANFIS modeli üzerinden aktarılmaktadır. Elde edilen çıktı değerleri gerçek değerlerle karşılaştırılarak talep tahminlemesi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 6-29: ANFIS-MATLAB model oluşturma kodu



Grafik 6-1: Test veri seti ve ANFIS ile tahminlenen değer karşılaştırılması

Gerçek çıktı değerleri ile model çıktı değerleri arasında $\alpha = 0,05$ düzeyinde anlamlı bir ilişki vardır. ($p < 0,05$) R değeri 0,992 olarak bulunmuştur. Bu değer, veriler arası ilişkinin yüksek düzeyde ve pozitif yönlü olduğunu göstermektedir.

6.5.Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Karşılaştırmalı Yorumlanması

Çalışmada tasarlanan YSA modelinin, üç adet girdi ve bir adet çıktı değişkeni vardır. İki farklı YSA yöntemi olan nftool-curve fitting ve ANFIS yöntemleri kullanılarak talep tahmini yapılmıştır. Her iki yöntem için özet tablolar verilmiştir.

Tablo 6-5: Nftool- curvefitting tahmin özet tablo

YSA yöntemi-Nftool	R²	MSE	RMSE
Levenberg-Marquard	0.98	0.086	0.293258
Bayesian Regulaqrization	0.98	0.774	0.879773
Scaled Conjugate Gradient	0.97	0.113	0.336155

YSA yöntemlerinden eğri uydurma yöntemi ile üç farklı öğrenme algoritmasıyla yapılan tahminleme sonucunda; ürün grubu için Levenberg-Marquard, Bayesian Regulaqrization ve algoritmalarıyla aynı R² değeri %98 hesaplanmıştır. Scaled Conjugate Gradient algoritmasına göre R² değeri %97 olarak bulunmuştur. Ürün grubunda Levenberg-Marquard algoritmasına göre 0.29325757 en iyi sonuç bulunmuştur. Yani satış tutarları, müşteri sayıları ve rakip sayılarının, satış miktarına açıklama gücünün yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 6-6:ANFIS tahmini özet tablo

YSA yöntemi	RMSE
ANFIS	0.032874

ANFIS tahminlemesi için gerçek veriler ile bulanık ağı tahmin ettiği verilerin hesaplanması sonucu RMSE değeri sırasıyla ürün grubu için 0,032874 olarak bulunmuştur.

Tablo 6-7: Curve-Fitting ve ANFIS yöntemlerin sonuçları

Yöntem	RMSE
Curve- Fitting	Levenberg-Marquard
	Bayesian Regulaqrization
	Scaled Conjugate Gradient
ANFIS	0.032874

Tablo 6-6' ya göre Curve-Fitting ve ANFIS yöntemlerinin RMSE değerlerinin karşılaştırılması sonucunda en uygun değerlerin ANFIS yönteminde olduğu görülmüştür.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay Sinir Ağları YSA, sensör verilerinin analiz edilmesi hataların tespit edilmesi, performansın ayarlanması ve ilgili süreçlerin gözden geçirilmesi söz konusu olduğunda yararlı bir seçenek olarak kullanılmaktadır. Temel özelliği mevcut çalışma şekli ile ANN modellemesinden yararlanmaktadır. Örnek firmanın 2021-2022 yılları arasında Ocak-Mayıs aylarına ait satış miktarı, satış tutarı, müşteri sayısı ve rakip sayısı verileri üzerine kategorik regresyon analizi ve YSA yöntemlerinden olan nftool curve-fitting ve ANFIS yöntemleri kullanılarak talep tahmini yapılmıştır. Kullanan deneme-yanılma yöntemi MATLAB sinir ağı uydurma aracı (nftool) ve bulanık mantık ANFIS amaca ulaşmak için en iyi işlevlerin düzenlenmesini belirlemeye yardımcı olmuştur. Mümkün olan en yüksek hassasiyetle yaklaşım ileri beslemeli geri yayılıma dayalıdır. Gizli katman içindeki bir dizi sinir hücresi ve tümü MATLAB'ın sinir ağı eğri uydurma aracında (nftool) kullanılan çıkış düğümündeki doğrusal transferin (purelin) işlevidir. Üç farklı öğrenme algoritmasıyla yapılan tahminleme sonucunda; ürün grubu için Levenberg-Marquard, Bayesian Regulaqrization ve Scaled Conjugate Gradient algoritmasına göre LM algoritmasının daha başarılı sonuç elde ettiği tespit edilmiştir. Algoritmanın tahmin ettiği örnek firmadan alınan gerçek değerlerin karşılaştırılması yapılmış olup en az hata değerini LM algoritması ile bulunmuştur. Belirlilik katsayısı sonuçlarına göre üç algortmada bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yüksek olduğunu tespit etmiştir. En az hata ve yüksek belirlilik katsayısı değeri ile LM algoritması en iyi algoritma olarak seçilmiştir. Burada satış tutarlarını, müşteri sayılarını ve rakip sayılarını, satış miktarını %98 oranında etkilemektedir ve bağımsız değişkenler bağımlı değişkeni açıklama performans başarıım oranı çok iyi sonuç vermiştir. Örnek firmaya ait gerçek veriler ve ANFIS tarafından oluşturulan kurallar ile test edilerek etkin hata değerinin (RMSE) istenilen ölçüde açıklayıcı olduğu tespit edilmiştir. RMSE değeri 0,032874 olarak bulunmuştur. Örnek ürün grubu üzerinde yapılan YSA yöntemlerinden olan curve-fitting ve ANFIS modellerine göre elde edilen RMSE değerlerinden en düşük hata oranı ANFIS modeli ile başarılı sonuç elde edilmiştir.

Kategorik regresyon sonuçlarına göre satış miktarı ile satış tutarı, müşteri sayısı ve rakip sayısı arasında pozitif bir ilişki olduğu bulunmuştur. Kategorik regresyon analizi sonucunda bağımsız değişkenlerin modele olan katkısı incelendiğinde; satış tutarı, müşteri sayısı ve rakip sayısı değişkenlerinin satış tutarını açıklamada anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Müşteri

sayısının satış miktarını açıklama gücü %14, rakip sayısının satış miktarını açıklama gücü %33, satış tutarının satış miktarını açıklama gücü %73 olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kamçı etkisini en aza indirmek için örnek firma üzerinden yapılan YSA yöntemlerinden olan curve-fitting ve ANFIS algoritmalarıyla yapılan talep tahmin çalışmasında üretim hat kapasitelerinin daha verimli kullanılabilmesi, gerekli olan kaynakların daha etkin olarak kullanılabilmesi, daha düşük envanter seviyelerine sahip olunabilmesi, stoksuz kalma veya fazla stok maliyetine katlanma durumunun daha az yaşanması gibi durumlarda faydalı olduğu görülmektedir.

Paketli gıda üretim sektöründe çalışan firmanın ürün grubu üretim verileri kullanılması ile yapılan bu tez çalışmasında anlatılan ve uygulanan tahmin yöntemleri, aynı sektörde faaliyet gösteren firmalarda da rahatlıkla uygulanabileceği ve üretim planlamanın temel verisi sayılan talep tahmininin doğruluğu sonucunda, işletmeler açısından talep değişimleri üzerine kurulacak diğer tüm faaliyet planlamalarının doğruluğu ve güvenilirliği artacaktır.

Üretim fonksiyonlarının talep tahmin doğruluğu daha tutarlı veriler ile çalışmasının yanı sıra bu verilerin iç ve dış lojistik ile akıllı lojistik kapsamında etkinliği de artmaktadır. Neticede üretim gibi, lojistik faaliyetleri de tahmin hesaplamaları üzerine planlar yapılmaktadır. Bu hesaplamalar içerisinde akıllı tahminleme yöntemleri ile lojistik faaliyetlerine değer katılabilir. Örnek firma için yapılan ABC analizinde 435 adet ürün incelenmiştir. Ele alınan ürün grubu sonucunda kamçı etkisindeki satış tutarına ağırlığı %80 civarında olup, burada en az hata değerinin incelenen ürün grubunda çıkması kamçı etkisini minimize edecektir. Bu sonuca her iki analiz ile de ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra bu analiz ile çeşitli envanter taktikleri de yapılabilir. Gerçek veriler ile yapılan çalışmada TZ hangi gruplarının daha çok tercih edilmesi ve bu tercih edilen ürünlerde ne kadar envantere gidilmesi gerektiği konusunda fikir sağlarken kamçı etkisinin en aza indirgenmesi de hedeflenmektedir. Tahmin doğruluğu etkisi, envanter taktikleri ve bir üçüncü iyileştirme konusu da hangi gruplarının ne kadar tercih edildiği konusunda TZ en kısa yol ve en az kamçı etkisiyle en akıllı şekilde taşınması konusunda optimizasyon sağlamaktadır. Bu da AUS' ta akıllı lojistik ile akıllı tahminlemenin sonucunda firma bünyesinde sağlıklı bir ilerleyişini sağlamaktadır.

Akıllı lojistik, Akıllı Ulaşım Sistemleri içerisinde kritik bir role sahiptir. Bu rol kapsamında talep tahmin doğruluğunun bu tezdeki gibi YSA kullanılarak akıllı lojistik faaliyetlerine değer katılabilir. AUS'ta önemli bir bileşen olan lojistik ve bu sektörün en önemli bileşeni tedarik zinciri için bu tip çalışmalar yaygınlaştıkça hem özel hem kamu sektöründe istihdama, ülke ekonomisine

katkı sağlanır. Bunun yanında yapılan tez çalışması saha uygulaması ve gerçek verilerle yapıldığı için akademik dünyada benzer çalışmalara katkı sağlayacaktır.



8. KAYNAKLAR

- [1] F. Ahmetoğlu Taşdemir, “Zeki talep tahmin yöntemlerinin doğruluk ve kamçı etkisi açısından değerlendirilmesi: Kimya sektöründe bir uygulama | AVESİS,” 2012.
- [2] M. Çakır Aydın, “Giyim endüstrisinde talep tahmin yöntemlerinin uygulanması: Örnek bir uygulama,” 2017. <https://9lib.net/document/wq29pnrz-giyim-enduestrisinde-talep-tahmin-yoentemlerinin-uygulanmasi-oernek-uygulama.html> (accessed Jun. 27, 2022).
- [3] P. Çiğdem, “Yapay Sinir Ağları ve Üstel Düzeltme Yöntemleri ile Talep Tahmini ve Bir Uygulama,” Dokuz Eylül Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü , 2016.
- [4] Z.Serdar Aksoy, “Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılımlarında Talep Tahmin Yöntemleri Ve Uygulamaları,” 2008.
- [5] N. KURU, “Otomotiv Yan Sanayi Firmasında Yapay Sinir Ağları İle Talep Tahmini,” 2017.
- [6] F. Çoban, “Belirsiz Koşullar Altında Talep Tahmini ve Gıda İşletmesinde Bir Uygulama,” 2019.
<http://acikerisim.pau.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11499/28193/10230766.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed Jul. 05, 2022).
- [7] H. L. Lee, V. Padmanabhan, and S. Whang, “Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect,” *Manage. Sci.*, vol. 50, no. 12 SUPPL., pp. 1875–1886, Dec. 2004, doi: 10.1287/MNSC.1040.0266.
- [8] B. Kandemir, “Uluslararası Dağıtım Sistemlerinde Sipariş İçin Üretim Ve İkmal Yapılarına İlişkin Kamçı Etkisinin Dinamik Simülasyon İle Analizi,” 2009.
- [9] S. O. Kimbrough, D. J. Wu, and F. Zhong, “Computers play the beer game: can artificial agents manage supply chains?,” *Decis. Support Syst.*, vol. 33, no. 3, pp. 323–333, Jul. 2002, doi: 10.1016/S0167-9236(02)00019-2.
- [10] İ. Doğan, “Tedarik Zincirinde Kamçı Etkisi Ve Envanter Yönetimi,” 2002.
- [11] J. C. Fransoo and M. J. F. Wouters, “Measuring the bullwhip effect in the supply chain,” *Supply Chain Manag.*, vol. 5, no. 2, pp. 78–89, 2000, doi: 10.1108/13598540010319993.
- [12] URL1, “Assan Foods | Türkiye - Assan Foods.” <https://www.assanfoods.com/tr-tr/> (accessed Mar. 05, 2022).
- [13] N. Özgür Doğan and A. İ. Özdemir, “Tedarik Zinciri Entegrasyonu Ve Bilgi Teknolojileri,” pp. 19–41, 2010.

- [14] H. İ. Cebeci, “Çok kademeli tedarik zincirlerinde kamçı etkisinin azaltılması için yeni bir model önerisi : genişletilmiş satıcı yönetimli envanter modeli,” 2011.
- [15] X. Zhang, “The impact of forecasting methods on the bullwhip effect,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 88, no. 1, pp. 15–27, Mar. 2004, doi: 10.1016/S0925-5273(03)00128-2.
- [16] M. Tektaş, A. Akbaş, and V. Topuz, “Yapay Zeka Tekniklerinin Trafik Kontrolünde Kullanılması Üzerine Bir İnceleme,” 2002.
- [17] M. Jaksic and B. Rusjan, “Bullwhip Effect in a Supply Chain | Organizacija,” 2007. <https://organizacija.fov.um.si/index.php/organizacija/article/view/212> (accessed Jul. 05, 2022).
- [18] H. T. Luong, “Measure of bullwhip effect in supply chains with autoregressive demand process,” 2007. <https://ideas.repec.org/a/eee/ejores/v180y2007i3p1086-1097.html> (accessed Jul. 05, 2022).
- [19] T. T. H. Duc, H. T. Luong, and Y.-D. Kim, “A measure of bullwhip effect in supply chains with a mixed autoregressive-moving average demand process,” 2008, Accessed: Jul. 05, 2022. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/ejores/v187y2008i1p243-256.html>.
- [20] C. Wang, “Quantitative analysis on the bullwhip effect in a supply chain using double moving average and double exponential smoothing forecasts,” *Proc. - Int. Symp. Inf. Process. ISIP 2008 Int. Pacific Work. Web Min. Web-Based Appl. WMWA 2008*, pp. 114–118, 2008, doi: 10.1109/ISIP.2008.32.
- [21] J. P. Shao, S. H. Dong, L. H. Wu, T. Y. Ma, and D. Wang, “Research review on bullwhip effect controlling methods in a supply chain under uncertainty environments,” *2008 3rd IEEE Conf. Ind. Electron. Appl. ICIEA 2008*, pp. 1803–1808, 2008, doi: 10.1109/ICIEA.2008.4582830.
- [22] F. Adıyaman, “Talep Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması,” 2007.
- [23] M. Tektaş, “Weather Forecasting Using ANFIS and ARIMA MODELS. A Case Study for Istanbul,” no. 1, pp. 5–10, 2010.
- [24] Ö. Demirel, A. Kakilli, and M. Tektaş, “ANFIS ve ARMA Modelleri ile Elektrik Enerjisi Yük Tahmini,” *Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Cilt*, vol. 25, no. 3, pp. 601–610, 2010.
- [25] E. Petek, “Kararsız Bir Sistem Olarak Kamçı Etkisi,” 2010.
- [26] L. P. Singh and R. T. Challa, “Integrated Forecasting Using the Discrete Wavelet Theory and Artificial Intelligence Techniques to Reduce the Bullwhip Effect in a Supply Chain,” *Glob. J. Flex. Syst. Manag.* 2015 172, vol. 17, no. 2, pp. 157–169, Nov. 2015, doi: 10.1007/S40171-

015-0115-Z.

- [27] S. Jaipuria and S. S. Mahapatra, “An improved demand forecasting method to reduce bullwhip effect in supply chains,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 41, no. 5, pp. 2395–2408, Apr. 2014, doi: 10.1016/J.ESWA.2013.09.038.
- [28] H. Şahin, “Tedarik Zincirinde Bilgi Paylaşımının İşletme Performansına Etkileri,” 2018.
- [29] T. Bayramoğlu, H. Pabuçcu, and F. Çelebi Boz, “Türkiye İçin Anfis Modeli İle Birincil Enerji Talep Tahmini | TR Dizin,” 2017, Accessed: Jul. 09, 2022. [Online]. Available: <https://app.trdizin.gov.tr/makale/TWpNM05EZ3lNZz09/turkiye-icin-anfis-modeli-ile-birincil-enerji-talep-tahmini>.
- [30] B. Topal and H. Sahin, “The Influence of Information Sharing in the Supply Chain Process on Business Performance: An Empirical Study,” 2018, Accessed: Jul. 12, 2022. [Online]. Available: <https://sic.ici.ro/wp-content/uploads/2018/07/Art.-8-Issue-2-2018-SIC.pdf>.
- [31] H. Şahin and B. Topal, “Examination of effect of information sharing on businesses performance in the supply chain process,” <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1484954>, vol. 57, no. 3, pp. 815–828, Feb. 2018, doi: 10.1080/00207543.2018.1484954.
- [32] S. Çıkmak, “Tedarik Zinciri Risklerinin Ve Risk Azaltma Stratejilerinin Bayes Ağlarıyla Modellenmesi,” 2020.
- [33] K. Güç, E. Başar, “Categorical Regression Based on Optimal Scaling and An Application” *Eurasian Academy of Sciences Eurasian Econometrics, Statistics & Emprical Economics Journal*, vol. 5, pp. 14–27, Sep. 2016, doi: 10.17740/eas.stat.2016-V5-02.
- [34] X. Jie, L. F. Capretz, and D. Ho, “Building an OSS Quality Estimation Model with CATREG,” *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, 2010, Accessed: Jul. 26, 2022. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/49620467_Building_an_OSS_Quality_Estimation_Model_with_CATREG.
- [35] A. J. Van Der Kooij, J. J. Meulman, and W. J. Heiser, “Local minima in categorical multiple regression,” *Comput. Stat. Data Anal.*, vol. 50, no. 2, pp. 446–462, Jan. 2006, doi: 10.1016/J.CSDA.2004.08.009.
- [36] A. Azadeh, S. F. Ghaderi, and S. Sohrabkhanı, “Annual electricity consumption forecasting by neural network in high energy consuming industrial sectors,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 49, no. 8, pp. 2272–2278, Aug. 2008, doi: 10.1016/J.ENCONMAN.2008.01.035.
- [37] M. Pankaj and W. W. Benjamin, *Artificial Neural Networks: Concepts and Theory*. IEEE

Computer Society Press, 1992.

- [38] M. F. Adak, K. Canpolat, and N. Yumuşak, “Genetik Algoritma Kullanan Yapay Sinir Ağları ile İkili Gaz Karışımlarının Sınıflandırılması,” | *4th Int. Symp. Innov. Technol. Eng. Sci.* 3-5 Nov 2016 Alanya/Antalya - Turkey, 2016, Accessed: Jul. 10, 2022. [Online]. Available: <https://sites.info/PastConferences/ISITES2016/ISITES2016/Allpapers/B5-ISITES2016ID22.htm>.
- [39] E. Öztemel, *Yapay Sinir Ağları*. 2012.
- [40] Ç. Elmas, *Yapay Sinir Ağları*. 2003.
- [41] L. Fausett, *Fundamentals of Neural Network*. 1994.
- [42] H. Atmaca, B. Cetişli, and S. H. Yavuz, “The Comparison of Fuzzy Inference Systems and Neural Network Approaches with ANFIS Method for Fuel Consumption Data,” 2001.
- [43] A. Abraham, “Adaptation of Fuzzy Inference System Using Neural Learning,” pp. 53–83, Jul. 2005, doi: 10.1007/11339366_3.
- [44] S. Haykin, *Neural Networks - A Comprehensive Foundation* . 2007.
- [45] P. K. Simpson, *Artificial neural systems : foundations, paradigms, applications, and implementations*, 2. pr. New York: MacGraw-Hill, 1991.
- [46] B. Kutlu and B. Badur, “Yapay Sinir Ağları ile Borsa Endeksi Tahmini,” *Yönetim İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Derg.*, vol. Haziran, no. 63, pp. 25–40, 2009, Accessed: Jul. 10, 2022. [Online]. Available: <https://kutuphane.dogus.edu.tr/mvt/pdf.php?pdf=0006198&lng=0>.
- [47] S. Boran and K. Goztepe, “Development of a fuzzy decision support system for commodity acquisition using fuzzy analytic network process,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 37, no. 3, pp. 1939–1945, Mar. 2010, doi: 10.1016/J.ESWA.2009.07.017.
- [48] T. Efendigil, S. Önüt, and E. Kongar, “A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 54, no. 2, pp. 269–287, Mar. 2008, doi: 10.1016/J.CIE.2007.07.009.
- [49] B. Ataseven, “Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi,” *Öneri Derg.*, vol. 10, no. 39, pp. 101–115, Feb. 2013, doi: 10.14783/OD.V10I39.1012000311.
- [50] V. S. Kargı, “Yapay Sinir Ağ Modelleri Ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama ,” Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2013.
- [51] URL3, “Faydalıbilgiler- İlginç bilgiler ketçap ortaya nasıl çıktı.”

<https://ideallyfree.com/faydali-bilgiler/ilginc-bilgiler-ketchup-nasil-ortaya-cikti> (accessed May 05, 2022).

[52] URL2, “Pandemide sos dedik-Milliyet haber.”
<https://www.milliyet.com.tr/ekonomi/pandemide-sos-dedik-6506985> (accessed Jul. 11, 2022).



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Adı Soyadı	Serhat DOĞAN	
Doğum Yeri		
Doğum Tarihi		
Uyruku		
Telefon		
E-Posta Adresi		
Web Adresi		

Fotoğraf

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Gaziantep Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik
Bölümü	Endüstri
Mezuniyet Yılı	2005

Yüksek Lisans	
Üniversite	Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı
Programı	Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri

Makale ve Bildiriler
Serhat Doğan, Prof. Dr. Mehmet Tektaş (2021). Blok Zincir ve Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Uygulama Alanları. 2. Uluslararası Akıllı Ulaşım Sistemleri Konferansı