

**ÜRÜN SATIŞ TAHMİNİ VE TEDARİKÇİ SIRALAMASINI
DİKKATE ALARAK SİPARİŞLERİN TEDARİKÇİYE
ATANMASI**

Didem CİVELEK
221403101

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı
Danışman: Prof. Dr. Sinan APAK

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mayıs, 2025

**ÜRÜN SATIŞ TAHMİNİ VE TEDARİKÇİ SIRALAMASINI
DİKKATE ALARAK SİPARİŞLERİN TEDARİKÇİYE
ATANMASI**

Didem CİVELEK

221403101

ORCID: 0000-0002-8871-9495

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Prof. Dr. Sinan APAK

İstanbul

T.C. Maltepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mayıs, 2025



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

DİDEM CİVELEK'in "Ürün Satış Tahmini ve Tedarikçi Sıralamasını Dikkate Alarak Siparişlerin Tedarikçiye Atanması" başlıklı tezi 30.05.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği" nin ilgili maddeleri uyarınca Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans/Doktora/Sanatta Yeterlik tezi oy birliğiyle/oy çokluğuyla, başarılı/başarısız olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Prof. Dr. Sinan APAK Fenerbahçe Üniversitesi
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin YENER Maltepe Üniversitesi
Üye	Dr. Öğr. Üyesi İlkün ORBAK Maltepe Üniversitesi

Prof. Dr. Selva ERSÖZ
KARAKULAKOĞLU
Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.



TEŞEKKÜR

Bu tez çalıŐması sűresince bana destek olan, yolumu aydınlatan ve katkı sunan herkese iten teŐekkűr ederim. Her aŐamada bilgi ve deneyimlerini benimle paylaŐarak geliŐimime katkı sađlayan, sabrı ve rehberliđiyle bu çalıŐmanın oluŐmasında bűyűk rol oynayan deđerli danıŐmanım Prof. Dr. Sinan Apak'a teŐekkűr ederim. Akademik yolculuđum boyunca bana farklı bakıŐ aları kazandıran, bilgilerini paylaŐan tűm hocalarıma da teŐekkűr ederim. Tez sűrecinde beni her zaman koŐsulsuz destekleyen geniŐ aileme, varlıđıyla bana moral veren ve yanımda olan sevgili arkadaŐlarıma gűnűlden teŐekkűr ederim. Bu yolculuđu sizinle paylaŐmak benim için çok deđerliydi. Tez jűrimde yer alarak çalıŐmama katkı sunan Dr. Őđr. Őyesi Hűseyin Yener ve Dr. Őđr. Őyesi İlknűn Orbak'a da yapıcı yorumları için ayrıca teŐekkűr ederim. Son olarak, bu çalıŐmanın ortaya çıkmasında dođrudan ya da dolaylı katkısı olan herkese teŐekkűr eder, saygılarımı sunarım.

Didem CİVELEK

Mayıs, 2025

ÖZET

ÜRÜN SATIŞ TAHMİNİ VE TEDARİKÇİ SIRALAMASINI DİKKATE ALARAK SİPARİŞLERİN TEDARİKÇİYE ATANMASI

Didem Civelek

Yüksek Lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman: Prof. Dr. Sinan Apak

Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2025

Bu tez çalışmasında, taze meyve-sebze ürünlerinde sipariş atama süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla bir uçtan uca bir sistem geliştirilmiştir. Çalışmanın temel çıkış noktası, hangi ürünün, hangi tedarikçiden, ne zaman ve ne kadar sipariş edilmesi gerektiği sorusuna yanıt aramaktır. Bu kapsamda üç aşamalı bir metodolojik yaklaşım benimsenmiştir.

Birinci aşamada, satış fişi verilerinden yararlanarak haftalık bazda ürün satış tahmini yapılmıştır. Çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları denenmiş ve elde edilen tahminlerin hata oranları literatürde kabul edilebilir seviyelerde bulunarak, modelleme başarısı doğrulanmıştır.

İkinci aşamada, tedarikçiler belirlenen maliyet, kalite, teslimat süresi ve sürdürülebilirlik gibi kriterler üzerinden çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile değerlendirilmiş ve sıralanmıştır. Bu süreçte, yalnızca maliyet odaklı seçim yapılmasının önüne geçilmesi hedeflenmiş, kriter ağırlıkları ve tedarikçi sıralamaları modele entegre edilmiştir.

Üçüncü aşamada, satış tahminleri ve tedarikçi sıralamaları birleştirilerek sipariş atama optimizasyon modeli oluşturulmuş ve çeşitli senaryolarla test edilmiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, bu modelde tedarikçi sıralamaları yalnızca kısıt olarak değil, amaç fonksiyonunda minimizasyon unsuru olarak kullanılarak özgün bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Tez çalışmasının sonunda, sistemin doğruluğu ve uygulanabilirliği gösterilmiş; satış tahmininden sipariş atamaya kadar tüm süreci kapsayan bütüncül bir karar destek mekanizması ortaya konmuştur. Çalışma, özellikle taze ürünlerin tedarik zinciri yönetiminde, veri temelli karar alma süreçlerinin geliştirilmesi açısından önemli bir katkı sağlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Tahminleme, Karar Verme Modelleri, Optimizasyon



ABSTRACT

ORDER ASSIGNMENT TO SUPPLIERS BASED ON PRODUCT SALES FORECASTING AND SUPPLIER RANKINGS

Didem Civelek

Master Thesis

Industrial Engineering Department

Industrial Engineering Master Programme with Thesis

Thesis Advisor: Prof. Dr. Sinan Apak

Maltepe University Graduate School, 2025

In this thesis, an end-to-end system has been developed to improve order allocation processes for fresh fruit and vegetable products. The primary objective of the study is to determine which product should be ordered, from which supplier, when, and in what quantity. To achieve this goal, a three-stage methodological approach has been adopted.

In the first stage, weekly product sales were forecasted using sales receipt data. Various machine learning algorithms were tested, and the resulting prediction errors were found to be within acceptable levels in the literature, confirming the success of the modeling process.

In the second stage, suppliers were evaluated and ranked based on criteria such as cost, quality, delivery time, and sustainability using multi-criteria decision-making (MCDM) methods. This stage aimed to prevent supplier selection based solely on cost. The criteria weights and supplier rankings were integrated into the model.

In the third stage, the sales forecasts and supplier rankings were combined to form an order allocation optimization model, which was tested under various scenarios. Unlike existing studies in the literature, this model offers a novel approach by incorporating supplier rankings not only as constraints but also directly into the objective function as a minimization component.

At the conclusion of the study, the accuracy and applicability of the system were demonstrated. A comprehensive decision support mechanism was established, covering the entire process from sales forecasting to order allocation. The study provides a significant contribution to data-driven decision-making processes in the supply chain management of fresh products.

Keywords: Forecasting, Decision Making Models, Optimization



İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
KISALTMALAR.....	xvii
SEMBOLLER.....	xx
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problem	1
1.2 Amaç	2
1.3 Önem.....	3
1.4 Varsayımlar	4
1.5 Sınırlıklar.....	4
1.6 Tanımlar	4
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1 Literatür Araştırması	6

2.1.1	Satış tahminlemesi üzerine literatür çalışmaları	6
2.1.2	Tedarikçi sıralama üzerine literatür çalışmaları.....	11
2.1.3	Sipariş atama üzerine literatür çalışmaları.....	14
3.	YÖNTEM	21
3.1	Satış Tahminleme Algoritmaları	21
3.1.1	Destek vektör regresyonu(SVR).....	21
3.1.2	Catboost	21
3.1.3	Light GBM,.....	22
3.1.4	Adaboost	22
3.1.5	LASSO.....	22
3.1.6	Gradyan artırma regresyonu(GBR)	22
3.1.7	Rastgele orman regresyonu (RFR)	22
3.1.8	Linear SVR	23
3.1.9	Ekstra ağaç regresyonu(ETR).....	23
3.1.10	Elastik net CV	23
3.2	Tedarikçi Sıralama Algoritmaları	23
3.2.1	SWARA.....	23
3.2.2	MOORA.....	24
3.2.3	Ağırlıklı MOORA.....	24
3.2.4	Küresel bulanık DEMANTEL	24
3.3	Sipariş Atama Algoritmaları	24

3.4	Araştırma Modeli	25
3.5	Evren ve Örneklem	25
3.6	Veriler Tipleri ve Verilerin Toplanması	25
3.6.1	Satış tahminleme verileri	25
3.6.2	Tedarikçi sıralama verileri	26
3.6.3	Optimizasyon verileri	27
3.7	Satış Tahmin, Tedarikçi Sıralama ve Sipariş Optimizasyon Çalışmaları	28
3.7.1	Satış tahminleme çalışmaları	28
3.7.1.1	Tahmin yapılacak ürünlerin seçimi	28
3.7.1.2	Verilerin temizlenmesi	29
3.7.1.3	Satış tahmininde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler	44
3.7.1.4	Test ve eğitim setinin ayrılması.....	46
3.7.1.5	Satış tahmin sonuçları.....	46
3.7.2	Tedarikçi sıralama çalışmaları	48
3.7.2.1	SWARA ile tedarikçileri seçim kriterlerini ağırlıklandırma	48
3.7.2.2	MOORA ve ağırlıklı MOORA yöntemi ile tedarikçilerin sıralanması	52
3.7.2.3	Küresel bulanık DEMATEL yöntemi ile tedarikçilerin sıralanması .	64
3.7.3	Optimizasyon çalışmaları	70
3.7.3.1	Karma tam sayılı programlama modeli	70
3.7.3.2	Model sonuçları	77

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	80
4.1 Bulgular ve Tartışma.....	80
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	83
KAYNAKÇA.....	85
ÖZ GEÇMİŞ.....	93



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1 Ürünlerin Satış Hacim Tablosu.....	29
Tablo 2 Ürünlerin Ortalama Mutlak Hata Yüzdeleri	46
Tablo 3 Ürünlerin Ortalama Karekök Hata Değerleri.....	47
Tablo 4 Ürünlerin Ortalama Mutlak Hata Değerleri.....	47
Tablo 5 Tedarikçi Seçim Kriterleri	48
Tablo 6 Tedarikçi Sıralama.....	48
Tablo 7 Kriterlerin Göreceli Önem Tablosu	49
Tablo 8 Kriterlerin Önem Katsayısı Tablosu.....	50
Tablo 9 Düzeltilmiş Katsayı Değerleri	51
Tablo 10 Kriterlerin Ağırlıkları.....	52
Tablo 11 Kriterlerin Kodları	52
Tablo 12 Tedarikçi Kriter Bilgileri	53
Tablo 13 Kriterler Bazında Kareler Toplamı ve Karekökler Matrisi.....	54
Tablo 14 Kriterler Bazında Normalizasyon Matrisi.....	55
Tablo 15 Amaç ve Referans Değer Tablosu	57
Tablo 16 Referans Nokta Uzaklık Matrisi	58
Tablo 17 Tedarikçilerin Sıralanması.....	59
Tablo 18 Ağırlıklı Normalizasyon Matrisi.....	60
Tablo 19 Ağırlıklı Amaç ve Referans Değer Tablosu	61

Tablo 20 Ağırlıklı Referans Nokta Uzaklık Matrisi	62
Tablo 21 Ağırlıklı Metot Tedarikçilerin Sıralanması.....	63
Tablo 22 Dilsel Terimler Önem Dereceleri	64
Tablo 23 Bulanık Direk İlişki Matrisi	64
Tablo 24 Normalize Edilmiş Direk İlişki Matrisi	65
Tablo 25 Toplam İlişki Matrisi	66
Tablo 26 D+R ve D-R Değerleri	67
Tablo 27 Durulaştırılmış D+R ve D-R Değerleri ve Ağırlıklar	68
Tablo 28 Küresel Bulanık DEMANTEL Tedarikçi Sıralama.....	69
Tablo 29 İlk 10 Tedarikçi için Karşılaştırma Tablosu	70
Tablo 30 1. Senaryo Parametre ve Çözüm Süreleri	78
Tablo 31 2. Senaryo Parametre ve Çözüm Süreleri	78
Tablo 32 3. Senaryo Parametre ve Çözüm Süreleri	79
Tablo 33 4. Senaryo Parametre ve Çözüm Süreleri	79

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Geliştirilecek Çözümün Akışı	3
Şekil 2 Örnek Veri Deseni.....	26
Şekil 3 99153 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	30
Şekil 4 99153 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali.....	30
Şekil 5 99165 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	31
Şekil 6 99165 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali.....	31
Şekil 7 99178 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	32
Şekil 8 99178 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali.....	32
Şekil 9 99184 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	33
Şekil 10 99184 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	33
Şekil 11 99211 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	34
Şekil 12 99211 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	34
Şekil 13 99222 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	35
Şekil 14 99222 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	35
Şekil 15 99278 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	36
Şekil 16 99278 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	36
Şekil 17 99303 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	37
Şekil 18 99303 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	37
Şekil 19 99360 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	38

Şekil 20	99360 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	38
Şekil 21	99394 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	39
Şekil 22	99394 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	39
Şekil 23	99424 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	40
Şekil 24	99424 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	40
Şekil 25	99425 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	41
Şekil 26	99425 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	41
Şekil 27	99466 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	42
Şekil 28	99466 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	42
Şekil 29	99490 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	43
Şekil 30	99490 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	43
Şekil 31	99504 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri	44
Şekil 32	99504 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali....	44

KISALTMALAR

AHP	: Analytic Hierarchy Process	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANP	: Analytic Network Process	: Analitik Ağ Prosesi
ARIMA	: AutoRegressive Integrated Moving Average	: Otomatik Regresyon Entegre Hareketli Ortalama
BWM	: Bad-Worst Method	: İyi-Kötü Metodu
CAHP	: Correlation-based Analytic Hierarchy Process	: Korelasyonlu Analitik Hiyerarşi Prosesi
DEA	: Data Envelopment Analysis	: Veri Zarflama Analizi
DEMANTAL	: The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory	: Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı
ETR	: Extra Trees Regressor	: Ekstra Ağaçlar Regresyonu
FIS	: Fuzzy Inference System	: Bulanık Çıkarım Sistemi
Fuzzy AHP	: Fuzzy Analytic Hierarchy Process	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
GBR	: Gradient Boosting Regression	: Gradyan Artırma Regresyonu
GDEA	: Green Data Envelopment Analysis	: Yeşil Veri Zarflama Analizi
GRA	: Grey Relational Analysis	: Gri İlişki Analizi

IFAHP	: Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process	: Sezgisel Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
WLD	: Win-Loss-Draw	: Kazan-Kaybet-Berberlik
KT-DLP	: Mix Integer Linear Programming	: Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama
LBWA	: Level Based Weight Assessment	: Seviye Bazlı Ağırlık Değerlendirmesi
LIGHTGBM	: Light Gradient Boosting Machine	: Hafif Gradyan Artırma Makinesi
LP	: Linear Programming	: Doğrusal Programlama
LSTM	: Long Short Term Memory	: Uzun Kısa Vadeli Bellek
MOILP	: Multi-Objective Mixed Integer Linear Programming	: Çok Amaçlı Karma Tamsayılı Lineer Programlama
MOMINLP	: Multi-Objective Mixed Integer Programming	: Çok Amaçlı Karma Tamsayılı Karışık Programlama
MSE	: Mean Squared Error	: Ortalama Karesel Hata
RBOP	: Ranking	: Noktalara Göre Sıralama
PCA	: Principal Component Analysis	: Temel Bileşen Analizi
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations	: Tercih Sıralama Organizasyon Metodu ile Zenginleştirme Değerlendirmesi
QFD	: Quality Function Deployment	: Kalite Fonksiyon Dağıtımı

RFR	: Random Forest Regressor	: Rastgele Orman Regresyonu
RMCGP	: Revised Multi-Choice Goal Programming	: Gözden Geçirilmiş Çoktan Seçmeli Hedef Programlama
RMSE	: Root Mean Squared Error	: Ortalama Karekök Hata
SARIMA	: Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average	: Sezonal Otomatik Regresyon Entegre Hareketli Ortalama
SVM	: Support Vector Machine	: Destek Vektör Makinesi
SVR	: Support Vector Regression	: Destek Vektör Regresyonu
SWARA	: Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis	: Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution	: İdeal Çözüme Benzerlik Sıralama Tercih Tekniği
VIKOR	: VlseKriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje	: Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşım Çözümü
XGBoost/XGBR	: XGradient Boosting Regression	: Ekstrem Gradyan Artırma Regresyonu

SEMBOLLER

- k_j : Öncelik katsayısı
- s_j : Göreceli önem
- q_j : Öncelik katsayılarının düzeltilmiş değerleri
- w_j : Kriterlerin ağırlıkları
- mx_{ij} : Tedarikçi kriter matrisi
- MB : Matris boyutu
- $N_{mx_{ij}}$: Normalize edilmiş mx_{ij} değeri
- Z_{ij} : i . kriterin j . kriteri etkileme derecesini
- i : Ürünler
- j : Tedarikçi Firmalar
- k : Zaman
- s_{ij} : i ürünü için j tedarikçisindeki indirim seviyesi
- P_{ij} : i ürününün j tedarikçisindeki indirimsiz fiyatı
- $PD_{ijs_{ij}}$: i ürününün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki fiyatı
- $A_{ijs_{ij}}$: i ürününün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki alt sınır
- $U_{ijs_{ij}}$: ürününün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki üst sınır

- D_{ik} : i ürününün k zamandaki talebi
- T_j : j tedarikçisinin birim ürün transfer maliyeti
- FC_j : j tedarikçisinin sabit maliyeti
- HC_{ik} : i . ürünün k . zamandaki stok tutma maliyeti
- K_{ij} : j tedarikçisinin i ürününden kapasitesi
- MS_{ij} : i ürünü için j tedarikçisinden sipariş verilirse verilmesi gereken minimum miktar
- DA_k : k zamandaki toplam depo kapasitesi
- MT_k : k zamanda sipariş verilecek maksimum tedarikçi sayısı
- KM_i : i ürünün karşılayamama maliyeti
- KO_{ij} : i ürünün j tedarikçisindeki kusurlu oran yüzdesi
- M : Büyük bir sayı
- O_{ij} : i ürününe göre j tedarikçisinin önceliği
- E_i : i ürününün emniyet stoğu
- A_i : i ürününün birim alanı
- TD : Toplam depo alanı
- d_{ij} : i ürünün j tedarikçisindeki indirim varsa 1 yoksa 0
- dk_{ij} : i ürünün j tedarikçisinde sabit aralık indirimi varsa 1 yoksa 0
- $PDA_{ijs_{ij}}$: i ürünün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki alt sınır
- $PDU_{ijs_{ij}}$: i ürünün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki üst sınır

x_{ijk} : i ürününün j tedarikçisinden k . zamanda verilen sipariş miktarı

z_{jk} : j tedarikçisinden k zamanda sipariş verilmesi durumunda 1 diğer durumda 0

y_{ijk} :

Env_{ik} i ürününden j tedarikçisinden k zamanda sipariş verilmesi durumunda 1 diğer durumda

i ürünün k zamandaki stok miktarı

SP_{ik} : k zamanda i üründen teslim edilen miktar

B_{ik} : k zamanda i ürünün eksik teslim edilen miktar

w_{ijs} : i ürüne j tedarikçisinden s indirim miktarını seçilmesi durumunda 1 diğer durumda 0

F_{ijksij} : amaç fonksiyonunun lineerize edilmesi aşamasında kullanılan yardımcı değişken

1. GİRİŞ

1.1 Problem

Tüketici talepleri ve beklentileri göz önüne alındığında gelişen teknolojiye en çok etkilenen sektörler bakıldığında perakende ilk başlarda yer almaktadır.

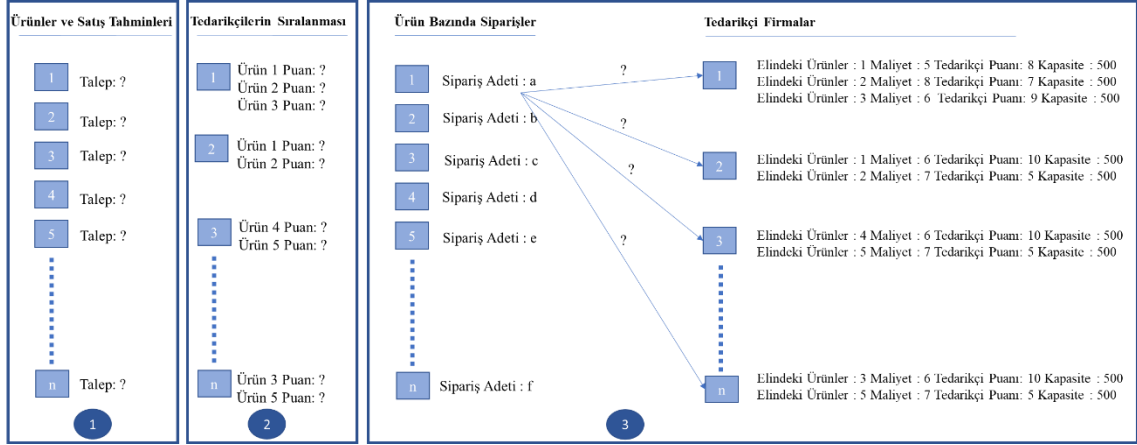
Tahminleme, geçmiş talep verileri ve diğer değişken faktörler dikkate alınarak gelecekteki müşteri talebinin istatistiksel yöntemler kullanılarak belirli bir hassasiyetle tahmin edilmesi işlemidir. Pek çok iş sürecinde şirketlerin kaynaklarını uygun şekilde düzenleyerek müşteri talebine doğru ve en uygun maliyetli şekilde yanıt verebilmesi önemlidir. Satışların doğru bir şekilde tahmin edilmesi; maliyet avantajı ve karlılığı beraberinde getirmesinin yanı sıra perakende sektöründe, son kullanıcının tüketici olması ve rekabetin yoğun olduğu bir sektör olması nedeniyle de önemli bir aşamadır. Bu durumun yanı sıra market zincirlerinde taze ürünlerin satış tahmini de ayrıca üzerinde çalışılan ve geliştirilmesi gereken konulardandır. Taze ürünlerin satışının tahmininin doğru bir şekilde yapılması ile satış noktasında doğru zamanda doğru miktarda ürünün bulunması hem ürünlerin bozulma riskini azaltmakta, hem de müşteri talebinin zamanında karşılanması ile müşteri memnuniyetini artırmaktadır. Perakende sektöründe özellikle taze ürünlerin satış tahminine yönelik literatür çalışmaları incelendiğinde her çalışmada belirli ürünler üzerinden tahmin yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmalarda makine öğrenmesi ve istatistiksel öğrenme olarak farklı birçok metod kullanılmış ve sonuç karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar baz alınarak Türkiye’de faaliyet gösteren bir perakendecinin seçilen meyve ve sebzelerine yönelik talep tahmin çalışması gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Baz alınacak çalışmalara ilişkin özet bilgiler 1.1 Satış Tahmin Üzerine Literatür Çalışmaları bölümünde yer almaktadır. Sipariş adetleri belirlenen ürünlerin uygun maliyet ve kalite standartlarını sağlayacak şekilde tedarikçilerden sipariş edilmesi de tahminlerin doğru yapılması kadar önemli bir konudur. Bu aşamada öncelikle ürün için doğru tedarikçinin tespit edilip alternatif tedarikçilerin sıralanması gerekmektedir. Tedarikçi seçiminde maliyet, sürdürülebilirlik, teslim zamanı, kalite gibi birçok kriter öne çıkmaktadır. Kriterler bazında her tedarikçinin elde edilen puanları üzerinden de tedarikçi sıralama çalışmalarının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Tedarikçi sıralama aşamasında baz alınacak çalışmalara ilişkin özet bilgiler 1.2 Tedarikçi Sıralaması Üzerine Literatür Çalışmaları bölümünde yer almaktadır. Tedarikçi sıralaması ve satış tahminleri baz alınarak siparişlerin ilgili tedarikçiye atanması çözülmesi gereken bir optimizasyon problemidir. Burada satış tahminleri, tutulabilecek stok miktarı, tedarikçi kapasitesi, tedarikçilerin sıralamasını gibi kısıtları dikkate alan bir matematiksel model geliştirilecektir. Sipariş atama aşamasında baz alınacak çalışmalara ilişkin özet bilgiler 1.3 Sipariş Atama Üzerine Literatür Çalışmaları bölümünde yer almaktadır.

Bu çalışmada perakende sektörüne özel seçilen taze ürünler için satış tahminlemesi ve tedarikçi sıralamasını dikkate alan bir sipariş atama modeli önerilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında tedarikçi sıralaması ve sipariş tahsisi bir arada ele alan birçok çalışma olduğu görülmüştür. Tedarikçi sıralaması genellikle çok kriterli karar verme problem olarak çözülmektedir. (Kaviani, Peykam, Khan, Brahimi ve Niknam, 2020), (Babbar ve Amin, 2018), (Mohammed, Harris ve Govindan, 2019) makalelerinde yazarlar elde ettikleri sıralama veya tedarikçi skorlarını optimizasyon modellerine kısıt veya parametre olarak entegre etmişlerdir. Literatürdeki bunlar ve benzeri yapılan çalışmalarda AHP, TOPSIS veya BWM gibi yöntemlerle belirlenen skorlar, optimizasyon modelinde ön eleme ya da ağırlıklandırma aracı olarak kullanılmıştır. Bu tez çalışmasının literatürdeki diğer çalışmalardan farkı tedarikçi sıralamasını yalnızca çok kriterli karar verme aşamasında değil, aynı zamanda optimizasyon modelinin amaç fonksiyonuna maliyet minimizasyonunun yanı sıra tedarikçi sıralamalarının da minimizasyon olarak eklenerek bütüncül şekilde optimize edilmesini sağlamaktır. Bu yaklaşım, literatürde yaygın olan kısıt-tabanlı modellere göre daha geniş bir çözüm uzayı sunmakta ve optimal çözüme ulaşmada esneklik sağlamaktadır.

1.2 Amaç

Perakende sektöründe tedarikçiden müşteriye ulaşana kadar olan tüm sürecin birlikte ele alınması sürecin etkin bir şekilde yönetilmesine yardımcı olur. Bu çalışmanın sonucunda da perakende sektöründe gıda marketlerinin ürün siparişlerini; mevcut tedarikçilerine en uygun şekilde atanması sağlanacaktır. Geliştirilen modelin çözüm akışı Şekil 1’de yer almaktadır.



Şekil 1 Geliştirilecek Çözümün Akışı

Bu hedefe ulaşabilmek için Şekil 1’ in 1. bölümünde seçilen marketin çoklu tedarikçisinin olduğu ürün grubu üzerinden belirli sayıda ürün seçilip satış tahmini yapılmıştır. Talep tahmin aşamasında minimum hata ile ürün satışlarının haftalık olarak tahmini amaçlanmıştır. Bu nedenle çeşitli talep tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Tedarikçilerin Sıralamasının olduğu Şekil 1’in ikinci bölümünde tedarikçiler belirlenen kriterler çerçevesinde sıralanmıştır. Şekil 1’in 3.bölümünde ise ürün bazında elde edilen talep tahminleri ve tedarikçilerin sıralamaları sipariş atama modelinde kısıt olacak kullanılarak minimum maliyetli olacak şekilde siparişlerin tedarikçilere atanması sağlanmıştır.

1.3 Önem

Talep tahmini tedarik zincirinde birçok sektör için önemli bir aşamadır. Perakende sektörü özelinde bakıldığında ürünün satışlarının doğru bir şekilde tahmin edilmesi bu üründen ne miktarda sipariş verileceği ve ne zaman sipariş verileceği sorularını yanıtlarken, hangi tedarikçiden ne zaman, ne kadar sipariş vereyim sorularını da beraberinde getirmektedir. Bu çalışma kapsamında da seçilen ürünlerin satış tahminlerinin yüksek doğrulukta yapılması hedeflenmiştir. Talebin doğru tahmini ile hangi hafta, hangi üründen ne miktarda ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Tedarikçi sıralanması çalışmalarının çıktısının matematiksel modelde kısıt olarak kullanılması ile en düşük maliyet amaç fonksiyonu çerçevesinde tedarikçilerin performansı da dikkate alınmıştır. Tüm sisteme komple bakıldığında ise; doğru zamanda doğru siparişlerin verilmesi ile müşteri memnuniyeti ve sadakatinde artış sağlanması beklenmektedir. Aynı zamanda da rekabet ortamında başarı elde etme ve rakiplerin önüne geçilmesi

sağlanırken, tedarikçi performanslarının kısıt olarak optimizasyon modeline dahil edilmesi ile tedarikçilerin etkin kullanıldığı düşünülmektedir. Böylelikle sadece maliyet üzerinden değil performansları da dahil ederek sipariş atamalarını optimize eden bir çözüm gerçekleştirilmiştir.

1.4 Varsayımlar

Çalışmanın 3 aşamasında farklı varsayımlar bulunmaktadır. Talep tahmin aşamasında 4 yıllık verinin talep tahmini için yeterli olduğu varsayılmıştır. Talebi etkileyen faktörlerin belirlenmesinde kampanya verisinin veri deseni içerisinde doğru bir şekilde tespit edildiği kabul edilmiştir.

Tedarikçi sıralama aşamasındaki değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi konusunda literatürden faydalanılmış ve bu verilerin tedarikçi seçimindeki en doğru kriterler olduğu varsayılmıştır. Bu verilerin değerlendirilmesinde bireysel görüş yöntemini kullanılmış, farklı görüşlerle yapıldığında farklı sonuçlar alınabileceği varsayılmıştır. Tedarikçinin sıralanması aşamasında çalışmalar tek bir ürün için yapılmıştır.

Optimizasyon aşamasında tedarikçi sıralama verisi optimizasyon modelinin çalışabilmesi ve performans testlerinin yapılabilmesi için ürün bazında çoklanmıştır. Optimizasyon aşamasında; her tedarikçinin üç tip indirim yaptığı varsayılmıştır.

1.5 Sınırlıklar

Sipariş atama modelinin çözümünde veri setinin büyümesi durumunda atama problemlerinin doğası gereği optimum çözümün bulunamaması veya çözüme makul sürelerde erişilememesi durumları ile karşılaşılabilceği düşünülmüştür. Tek mağaza belirli ürün grubu için makul çözüm sürelerinde optimale yakın sonuçlar elde edilmiştir. Atama probleminin gerçek ortamda deneme ihtiyacı geliştiğinde yani problemin boyutu büyüdüğünde problemin çözümü için sezgisel bir yöntem tercih edilebilir.

1.6 Tanımlar

Yapay zeka, eldeki problemin tanımını bilinen ama çözüm algoritmasının bilinmemesi durumunda akıl yürüten, öğrenen, doğru ve etkili bir algoritma üretebilen otomatik sistemlerdir. Yapay zekasının 3 bileşeni; sembolik çıkarım, yapay öğrenme ve genetik

algoritma olarak düşünülebilir. Problem tiplerine göre bileşenler kullanılmaktadır (Köroglu, 2017). Yapay zekanın bir bileşeni olan yapay öğrenme bir başka deyişle makine öğrenmesi denetimsiz, denetimli ve pekiştirmeli öğrenme olarak üç başlık altında detaylandırılmaktadır. Bu tez kapsamında geliştirilen çalışmalarda satış tahmini yapılmış olup denetimli öğrenme algoritmaları kullanılmıştır.

Çok kriterli karar verme birden fazla kriterin optimize edildiği ve bir kümeden en iyinin seçimine bağlı olan problemlerdir (Turan, Yıldırım ve Önder, 2015). Bu tez kapsamında geliştirilen çalışmalarda tedarikçilerin sıralanması aşamasında çok kriterli karar verme tekniklerinden sıralama ve derecelendirme algoritmaları kullanılmıştır.

Karar değişkeni yapısına dayalı olarak iki tür optimizasyon modeli vardır: kesikli optimizasyon ve sürekli optimizasyon. Problemlerin çeşidine göre farklı kısıtlar, amaç fonksiyonu ise maliyet minimizasyonu, kar/gelir maksimizasyonu, personel minimizasyonu, satış maksimizasyonu gibi maksimizasyon veya minimizasyon olabilmektedir. Bu tez kapsamında geliştirilen sipariş atama matematiksel modeli karma tamsayı doğrusal programlama olarak çözülmüştür.

2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde tezin üç ana aşamasını oluşturan konulara ilişkin literatür çalışmalarına yer verilmiştir. 2.1.1. bölümde Satış tahminlemesi üzerine literatür çalışmaları, 2.1.2. bölümde Tedarikçi sıralama üzerine literatür çalışmaları, 2.1.3. bölümde Sipariş atama üzerine literatür çalışmaları yer almaktadır.

2.1 Literatür Araştırması

2.1.1 Satış tahminlemesi üzerine literatür çalışmaları

Du ve arkadaşları 2013 yılında taze gıda tarım ürünlerine yönelik talep tahmin çalışması yapmıştır. Üç farklı süpermarketten muz ve elma ürünlerine ait veriler ile Destek Vektör Makinesi (SVM) kullanılarak tahminler yapılmışlardır. Çalışmada tahminler günlük olarak yapılmıştır. Tahmin edilen gün için; önceki günün satış miktarı, iki gün öncesinin satış miktarı, önceki hafta aynı gün gerçekleşen satış miktarı, tahmin gününün hafta sonu ve çalışma günü olarak ayrılması, tahmin edilen günden bir gün öncesinin gün tipi, tahmin edilen günden bir gün öncesinin en yüksek sıcaklığı ve en düşük sıcaklığı, tahmin gününün en yüksek ve en düşük sıcaklığı, tahmin gününün hava durumu(güneşli, bulutlu, kapalı veya yağmurlu) ve tahmin edilen günün bir önceki gününün hava durumu modelde kullanılan değişkenlerdir. Elde edilen sonuçlar Radial Baz Fonksiyon (RBF) yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada kullanılan metrikler Göreceli Ortalama Hata-Relative Mean Error (RME) ve Tahmin Hassasiyeti-Forecast Precision (FP) değerleridir. Deneysel sonuçlarda bozulabilir tarım ürünleri için SVM yönteminin başarılı sonuçlar ürettiğini tespit etmişlerdir (Du, Leung, Zhang ve Lai, 2013).

Ma ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptığı çalışmada orta büyüklükte bir süpermarketten alınan gıda ve içecek ile ilgili on beş ürün için tahminleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Süt, yoğurt, mayonez, kahve, margarin gibi ürünler tahmin için seçilen ürünler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada ayrıca promosyon etkisinin tahminler üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Ürün bazında hangi özelliklerin önemli olduğuna ilişkin ise Temel Bileşen Analizi (PCA) Metodu kullanılmıştır. Lasso Regresyon yöntemi ile tahminler

gerçekleştirilmiş olup üç aşamalı olarak uygulanan model tek aşamalı Lasso'ya göre daha doğru sonuç verdiği tespit edilmiştir (Ma, Fildes ve Huang, 2016).

2018 yılında Rincon-Patino ve arkadaşları yaptıkları çalışmada avokado satış tahminlemesi üzerine çalışılmıştır. Amerika'daki avokado marketlerinden farklı hava koşullarına göre alınan veriler üzerinde çalışılmıştır. Tahminleme çalışmalarında Doğrusal Regresyon, Çok Katmanlı Algılayıcı, Çok Değişkenli Regresyon ve Regresyon için Destek Vektör Makinesi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Çok Değişkenli Regresyon Tahmin Modelinin çıktılarının avokado üretici ve satıcıları için anlamlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Rincon-Patino, Lasso ve Corrales, 2018).

2018 yılında Wang ve arkadaşları Hangzhou'da taze ürünler satan bir süpermarketin 64 günlük verisini kullanarak satış tahmin çalışması yapmışlardır. Tahmin çalışmaları yapılırken hava koşulları, rüzgar seviyesi ve hava kalitesi endeksi gibi veriler modele dahil edilmiştir ve bunların etkisi incelenmiştir. Tahmin yöntemleri olarak Ridge Regresyon, SVM ve Rastgele Orman Regresyonu (RF) kullanılmıştır. Hava faktörlerinin eklenmesi ile hata oranlarında belirgin seviyede azalma görülmüştür. En iyi sonuçlar ise Ridge Regresyon yönteminde alınmıştır (Wang, Lin, Fan ve Wang, 2018).

2019'da Çatal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Walmart'ın kamuya açık verileri kullanılmıştır. Satış hacmini çeşitli özelliklere göre tahmin etmek için makine öğrenmesi regresyon teknikleri ve zaman serisi analiz teknikleri uygulanmıştır. Tahmin çalışmalarında mağaza, departman, ayın haftası, yılın ayı, önceki hafta satışları, bayram olup olmadığı, dönem, mevsim, üretici fiyat endeksi, hanehalkı başına gelir miktarı, yakıt fiyatı gibi değişkenler kullanılmıştır.. Regresyon tekniklerinden Doğrusal Regresyon, Sinir Ağı Regresyonu, Bayes Regresyonu, Karar Ormanı Regresyonu (Decision Forest Regression) ve Artırılmış Karar Ağacı Regresyonu (Boosted Decision Tree Regression) kullanılmıştır. Zaman serisi tekniklerinden ise Otomatik Regresyon Entegre Hareketli Ortalama, Sezonsal Otomatik Regresyon Entegre Hareketli Ortalama, Üstel Yumuşatma, Mevsimsel Üstel Yumuşatma, Ortalama (Average) Metodu, Kaba Tahmin (Naive) Metodu ve Temayül (Drift) Metodu kullanılmıştır. Model karşılaştırmalarında Ortalama Mutlak Hata-Mean Absolute Error (MAE) ve Kök Ortalama Kare Hata-Root Mean Squared Error (RMSE) metrikleri değerlendirilmiştir. Eldeki veriler için en iyi sonucu

Artırılmış Karar Ağacı yönetiminin verdiği görülmüştür (Catal, Ece, Arslan ve Akbulut, 2019).

2019’da Priyadarshi ve arkadaşlarının yaptığı çalışma eğitim kampüsü içerisinde günlük ihtiyaçların karşılandığı perakende mağazasının verileri ile gerçekleştirilmiştir. Raf ömürlerine göre düşük, orta ve uzun vade olarak sınıflandırılmış olan taze ürün kategorisindeki domates, soğan ve patates ürünleri tahmin için seçilen ürünlerdir. Verinin normalize edilmesi çalışmalarında Min–Maks Ölçekleyici (Min-Max Scalar) kullanılmıştır. Tahminleme çalışmalarında Box-Jenkins temelli Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama modeli, Destek Vektör Regresyonu (SVR), Uzun Kısa Vadeli Bellek (LSTM) ağırları, Rastgele Orman Regresyonu, Ekstrem Gradyan Artırma Regresyonu (XGBoost/XGBR) ve Gradyan Artırma Regresyonu (GBR) gibi makine öğrenimi tabanlı algoritmaları kullanılmıştır. Parametre optimizasyonu çalışmaları Gradyan Arama Çapraz doğrulama (Grid Search CV) ile gerçekleştirilmiş, en iyi parametre sonuçları üzerinde K-katlı Çapraz Doğrulama yöntemi uygulanmıştır. Seçilen sebzeler üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde LSTM ve SVR yöntemleri kullanıldığında diğer algoritmalara göre daha iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür (Priyadarshi, Panigrahi, Routroy ve Garg, 2019).

Aydın 2019 yılında İstanbul’da bir süpermarketin 104 haftalık satış verilerini kullanarak yaptığı tahmin çalışmasında Zaman Serisi yöntemlerinden Otomatik Regresyon Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA)’yı ve Yapay Sinir Ağlarını denemiştir. Ürün olarak Dana, Kuzu ve Tavuk etleri tercih etmiştir. Yapılan testlere göre; üç et türünde de Yapay Sinir Ağından elde edilen sonuçların hatalarının, ARIMA modelinden elde edilen sonuçların hatalarından daha az olduğu görülmüştür (Aydın, 2019).

2020 yılında Antipov ve arkadaşları akademik amaçlar için kullanılan haftalık satış veri kümesini kullanarak tahmin çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Veri seti; simit, mısır gevreği gibi ürünlerin 156 haftalık verilerini içermektedir. Tahmin çalışmalarında Gradyan Artırma, Rastgele Orman ve Elastik Ağlar yöntemleri kullanılmıştır. Gradyan Artırma yönteminin sonuçlarının diğer yöntemlere nazaran daha iyi düzeyde olduğu görülmüştür (Antipov ve Pokryshevskaya, 2020).

2020 yılında Bajaj ve arkadaşlarının yaptığı çalışma Big Mart şirketinin geçmiş verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tahmin çalışmalarında Doğrusal Regresyon, K-Komşu Regresörü, XGBoost Regresör ve Rastgele Orman Regresörü kullanılmıştır. Ürün ağırlığı, ürün yağı, ürün görünürlüğü, satış noktası gibi parametreler kullanılmıştır. Çalışmada eksik veriler diğer verilerin o veri sınıfına ait diğer verilerin ortalama değeri baz alınarak doldurulmuştur. %93,53 doğruluk oranı ile Rastgele Orman algoritmasında en iyi sonuca ulaşılmıştır (Bajaj, Ray, Shedge, Vidhate ve Shardoor, 2020).

Weng ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptığı çalışmada üç veri seti kullanılmıştır. Aykırı değerlerin temizlenmesi aşamasında Kalman Fitresi yöntemi kullanılmıştır. Hafif Gradyan Artırma (LightGBM) ve LSTM baz alan hibrit model geliştirilmiştir. Bu modelin doğruluk ve etkinliğini kanıtlamak için üç ayrı perakendecinin verileri ile test çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yine model doğruluğunun test edilmesinde karşılaştırma yapılması için Ridge Regresyon, SVM, RF ve XGBoost algoritmaları kullanılmıştır. Geliştirilen bütünleşik modelin test çalışması yapılan tüm veri setlerinde en iyi sonucu verdiği görülmüştür (Weng, Liu, ve Xiao, 2020)

2021 yılında Massaro ve arkadaşları perakende sektöründe büyük ölçekli bir firmanın çok parametrelili satış tahminlerinin yapılması üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Ürünün satın alındığı gün, hafta, promosyon durumu, hava durumu (güneşli, yağmurlu vb.), hissedilen sıcaklık, ürünü satın alan kişi sayısının o gün mağazadan alışveriş yapan toplam kişi sayısına oranı, müşteri alışveriş alışkanlıklarına göre sınıflandırmada kullanılan kümeye ait fiş sayısının o gün toplam fiş sayısına oranı, ürünün bulunduğu bölümden kesilen fiş sayısının o gün toplam fiş sayısına oranı, birim fiyat, günlük toplam müşteri sayısı, rakip ürünün promosyonda olup olmadığı bilgisi, tatil haftası, tatil öncesi hafta, tatil günü, tatil sonrası gün, tatil öncesi gün, yılın son günü olup olmadığı bilgisi tahmin çalışmalarında kullanılan değişkenleri oluşturmaktadır. Modelin doğru çalışması ve doğruluğunun artırılması konusunda eksik verilerin tamamlanması için Artırılmış Veri tekniğini kullanılmıştır. Bu teknik sonucunda tamamlanan veriler ile XGBoost yöntemini kullanarak tahmin çalışmaları yapılmıştır. Krema, domates, ekmekek, un, süt, mozzarella gibi ürünler tahmin için seçilen ürünler arasında yer almaktadır. Yapılan çalışma neticesinde; artırılmış veri ile yapılan tahminlerin Ortalama Kare Hata (MSE) ve

Ortalama Karekök Hata (RMSE) seviyelerinde orjinal veri ile yapılan tahminlere göre belirgin bir azalma olduğu görülmüştür (Massaro, Panarese, Giannone ve Galiano, 2021).

2021 yılında Zhang ve arkadaşları Pekin'deki iki mağazaya ait satış verileri ve aynı döneme ait hava durumu kayıtları kullanarak tahmin çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Ürün olarak aynı markaya ait çay ve süt ürünleri seçilmiştir. Model geliştirme ve karşılaştırma çalışmalarında LSTM, ARIMA ve Facebook tarafında geliştirilen Prophet Algoritması, GBR ve XGBoost algoritmaları kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık gibi dış faktörlerin de eklediği modellerde en iyi doğruluk oranına XGBoost yönteminde ulaşılmıştır (Zhang ve Zhang, 2021).

Acı ve arkadaşlarının 2022'de yaptığı çalışma yerel bir süpermarketin e-ticaret verileri ile gerçekleştirilmiştir. Seçilen kategorideki ürünlerin tahmini için 24 farklı yöntem denenmiş, bu yöntemler SVR, Yapay Sinir Ağları, Derin Öğrenme, Gauss Süreç Regresyonu, Regresyon Ağacı, ve Topluluk Öğrenme olarak 6 başlıkta toplanmaktadır. TÜFE oranı, işsizlik oranı, indirim oranı, satın alınan ürünün toplam tutarı, müşterinin yapmış olduğu alışverişteki ürünlerin toplam adedi, müşterinin yapmış olduğu alışverişin toplam tutarı, satışın yapıldığı tarihte alışveriş yapan toplam müşteri sayısı, satışın yapıldığı tarihteki toplam ürün satış adedi, satışın yapıldığı tarihteki toplam ürün satış tutar bilgisi, tatil olup olmadığı bilgileri tahmin çalışmalarında özellik olarak kullanılmıştır. Tahmin yapılan ürünler için LSTM yönteminin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür (Acı ve Dogansoy, 2022)

Pavlyshenko'nun 2022 yılında yaptığı çalışma Rossman Satış datası üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ay, haftanın günü, mağaza, müşteri, mağaza tipi, resmi tatiller, okul günleri, rakip uzaklığı gibi veriler modele özellik olarak eklenmiştir. Aynı zamanda geliştirilen derin öğrenme modeline normalize edilmiş zaman değeri, zaman eğilimi olarak ağırlıklandırılarak trend düzelmesi olarak eklenmiştir. Sabit olmayan ürünler için bu yöntemin tahmin doğruluğunu arttırdığı tespit edilmiştir (Pavlyshenko, 2022).

2022 yılında Falatouri ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Avusturalya'lı bir perakendecinin 37 aylık verisi kullanılmıştır. Veri seti lahana, salatalık, domates ve patates gibi ürünleri içermektedir. Seçilen bu ürünler için LSTM ve Sezonsal Otomatik Regresyon Entegre Hareketli Ortalama (SARIMA) algoritmaları ile tahminleme

çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İstikrarlı ve düzenli geçmiş verisi olan ürünler (patates) için LSTM metodu daha tutarlı sonuçlar ürettiği görülmüştür. Sezonal efekt gösteren ürünlerde (salatalık) ise SARIMA yöntemi ile daha iyi sonuçlar ürettiği görülmüştür. Aynı zamanda promosyon etkisi dış faktör olarak eklenmiş (SARIMAX) ve promosyon olan ürünlerde tahmin doğruluğunun arttığı görülmüştür (Falatouri, Darbanian, Brandtner ve Udokwu, 2022).

2.1.2 Tedarikçi sıralama üzerine literatür çalışmaları

2011 yılında Agarwal ve arkadaşlarının yaptığı çalışma PQR Coffee Company firmasının 3 ürünü için 9 farklı tedarikçisinin değerlendirilip seçiminin gerçekleştirilmesi amacıyla yapılmıştır. Seçilen ürünler sıcak çikolata, şeker ve ketçaptır. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır (Agarwal ve Vijayvargy, 2011).

Amindoust ve arkadaşlarının 2012'de yaptıkları çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçiminde kullanılacak kriterler ve alt kriterler belirlenmiştir. Belirlenen kriterlere göre tedarikçilerin değerlendirilmesi ve sıralanması için bulanık mantık kullanılmış ve tedarikçi seçiminde Bulanık Çıkarım Sistemi (FIS) temelinde yeni bir sıralama yöntemi geliştirmişlerdir. Bu modelin denenmesi aşamasında beş tedarikçinin üç satınalma yöneticisi tarafından yapılan değerlendirmelerinden elde edilen veriler ile bulanık çıkarım sistemi kullanılarak tedarikçilerin sıralama işlemi yapılmıştır (Amindoust, Ahmed, Saghafinia ve Bahreininejad, 2012).

2013'de Nawi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma Malezya'daki taze ürün tedarikçilerinin seçiminde önemli kriterlerin belirlenmesine yöneliktir. Çalışmada 53 toplantıcının alıcılarından anket aracılığıyla veriler alınmıştır. Faktör Analizi ile; ürün kalitesi, tedarik yeteneği, ürün görünümü ve tedarikçinin rekabetçiliği tedarikçi seçimindeki en önemli dört kriter olarak belirlenmiştir (Nawi ve Mohamed, 2013).

2018'de Zhou ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sürdürülebilir en iyi tedarikçinin bulunması için hibrit bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model FX süpermarketinde Mürekkep balığı tedarikçisinin bulunması aşamasında denenmiştir. Geliştirilen hibrit model Analitik Ağ Prosesi (ANP), Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (DEMATAL) ve Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşma Çözümü (VIKOR) yöntemlerini

içermektedir. Modelinin doğruluğunun test edilmesinde duyarlılık analizi yapılmış ve sonuçlar İdeal Çözüme Benzerlik Sıralama Tercihi Tekniği (TOPSIS) ile karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemin duyarlılık testinde daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Zhou ve Xu, 2018).

Wang ve arkadaşlarının 2018'de yaptıkları çalışma Vietnam'da gıda işletmecisinde yağ üretimi için en iyi tedarikçinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Uzman görüşlerinden elde edilen tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Fuzzy AHP) ve Yeşil Veri Zarflama Analizi'nin (GDEA) birlikte kullanıldığı hibrit bir model geliştirilmiştir. Yeşil veri zarflama analizi ile de tedarikçilerin sıralanması çalışması gerçekleştirilmiştir (Wang, Nguyen, Thai, Tran, ve Tran, 2018).

2018'de Banenian ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma yenilebilir yağ ürünlerinin üretimi ve tedarikini sağlayan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Zeytinyağı, Palm yağı, Soya Yağı ve Ayçiçek yağının tedarik edildiği tedarikçilerin seçimi üzerine çalışmışlardır. Zeytinyağı için dört tedarikçi, palm yağı için üç tedarikçi ve ay çiçek-soya yağı için de üç tedarikçi üzerinden çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir tedarikçi üç karar verici tarafından daha önceki çalışmalarda kabul görmüş kriterlere göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmada bulanık küme teorisi geleneksel yöntemlerden VIKOR, TOPSIS ve Gri İlişki Analizi (GRA)'ya entegre bir şekilde çalışması gerçekleştirilmiştir. GRA yönteminin daha kolay uygulanarak en iyi sonuca ulaştığı tespit edilmiştir (Banaeian, Mobli, Fahimnia, Nielsen ve Omid, 2018).

Paramaporn'un 2019 yılındaki tez çalışmasında uluslararası bir gıda ticaret şirketi için AHP yöntemiyle tedarikçilerin seçimi yapılmıştır. Seçilen ürünler dünya çapında ihraç edilen konserve gıdaları içermektedir. Araştırmada 1 yönetici ve 2 pazarlama yöneticisi yer almıştır. Seçim kriterlerinin ağırlıkları belirlenmiş ve en iyi tedarikçi bu kriterlere göre seçilmiştir (Paramaporn, 2019).

Segura ve arkadaşlarının 2020'de yaptıkları çalışmada tedarikçilerin değerlendirmesini modellemek için Tercih Sıralama Organizasyon Metodu ile Zenginleştirme Değerlendirmesi (PROMETHEE) yöntemi kullanılmıştır. Bu model bir süpermarketin organik meyvelerinin tedarikçilerinin değerlendirilmesi ve sıralanmasında kullanılmıştır.

PROMETHEE yönteminin tedarikçi sıralamalarında gıda tedarik zinciri sürdürülebilirliği çalışmalarında fayda teorisi MAUT ve TOPSIS'e göre daha efektif olduğunu savunmaktadırlar (Segura, Maroto, Segura ve Casas-Rosal, 2020).

Karakaya ve arkadaşlarının 2020'de yapmış oldukları çalışmada bozulabilir ürünler için tedarikçi seçiminde risk faktörlerini önceliklendirilmiş ve en uygun tedarikçinin bulunması amacıyla Shannon entropisi ve COPRAS yöntemleri denenmiştir. Kriterlerin belirlenmesinde mevcut literatür çalışmaları ve uzman görüşlerinden faydalanmışlardır. Kriterlerin sayısının azaltılmasında faktör analizi ve kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde entropi yöntemini kullanmışlardır. Cooper'ın metodu ile tedarikçileri sıralamışlardır (Karakaya ve Ghorbani, 2020).

2020'de Ramos ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada Brezilya'da bir et paketleme endüstrisinde bulunan bir gıda firmasının ilk aşamada tedarikçi seçimine ve değerlendirilmesine yönelik kriterleri belirlemiştir. Sonraki aşamada seçilen hammadde için tedarikçilerin puanlanması ve kriterlerin ağırlıklandırılması çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise tedarikçilerin genel performanslarına göre sıralanması çalışmaları Fuzzy AHP yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemle göre tedarikçi seçiminde en önemli kriterin gıda güvenliği olduğu ve bu kriterle göre de hangi tedarikçinin ilk sırada yer aldığı ortaya çıkmıştır (Ramos, Silva ve Lima-Júnior, 2020).

2021'de İkinci ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada yemek sağlayıcı firmaların gıda tedarikçisinde tedarikçi seçimine yönelik kriterlerin belirlenmesi ve kriterler baz alınarak tedarikçi seçimi yapılmıştır. Seçimindeki kriterlerin belirlenmesinde 30 uzmandan anket verileri alınmış ve elde edilen bu verilere göre tedarikçiler Analitik Hiyerarşi Süreci ile belirlenmiştir. Tedarikçi seçiminde en önemli kriter ise kriz yönetimi olarak tespit edilmiştir (İkinci ve Tipi, 2021).

2022 yılında Yazdani ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada geliştirilen model İspanya'daki WineSol Corporation şirketinde denenmiştir. Gıda tedarik zincirine yönelik geliştirilen bu modelin ilk aşamasında, Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi (SWARA) ve Seviye Bazlı Ağırlık Değerlendirmesi (LBWA) yöntemlerinin hibrit metoduyla tedarikçi seçim kriterinin ağırlıkları belirlenmiştir. İkinci aşamada Alternatiflerin Ölçümü

ve Uzlaşma Çözümü (MARCOS)-D ile tedarikçilerin sıralaması çalışması gerçekleştirilmiştir (Yazdani, Pamucar, Chatterjee ve Torkayesh, 2022).

2022’de Zakeri ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bir hipermarketin peynir tedarikçilerinin değerlendirilmesi ve sıralanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Yöntem olarak karar vericinin isteğine en yakın tercihin yapılmasını sağlamak amacıyla sıralamada Noktalara Göre Sıralama (RBOP) yönteminin yeni yaklaşımı insan davranış kalıplarını taklit eden bir versiyonu geliştirilmiştir. Yine kriter ağırlıklandırmada insan davranışına dayalı Kazan-Kaybet-Beraberlik (WLD) modeli geliştirilmiştir (Zakeri, Chatterjee, Cheikhrouhou ve Konstantas, 2022).

2.1.3 Sipariş atama üzerine literatür çalışmaları

2011 yılında Zhang ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, stokastik talep altında tedarikçi seçimi ve satın alma problemine çözüm getirilmiştir. Stok tutma, ürün bulamama maliyetlerinin yanı sıra seçilen tedarikçi için bir de sabit maliyet bulunmaktadır. Geliştirilen modelde tedarikçi seçim, satın alma, stok tutma ve stok yokluğuna yönelik maliyetlerin toplamını minimize ederek tedarikçi ve sipariş atamalarını gerçekleştirmektedir. Karma tam sayılı programlama olarak modellenmiş ve dal sınır algoritması ile çözümlenmiştir (Zhang ve Zhang, 2021).

2014 yılında Singh’in yaptığı çalışmada, tedarikçilerin sıralanması ve talebin tedarikçilere dağıtılmasına yönelik hibrit bir algoritma geliştirilmiştir. Bütçe, talep, teslimat süresi ve tedarikçi kapasitesini dikkate alan ürünlerin toplam satın alma değerini maksimize edecek bir karma tam sayılı lineer programlama modeli geliştirilmiştir. Müşteri talebini dikkate alarak ideal çözüme benzerliğine göre sıralama işlemi ise TOPSIS kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Singh, 2014).

Cui ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptıkları çalışmada tedarikçi seçimi ve sipariş ataması probleminde karı maksimize edecek aynı zamanda müşteri esnekliğini dikkate alan Kısıt Programlama ve Benzetimli Tavlama algoritmasını içeren hibrit bir yöntem geliştirilmiştir (Cui, Mak ve Newman, 2015).

Ranjbar ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları çalışmada, bir tedarikçi seçimi ve stok kontrolü problemi ele alınmıştır. Çözüm için Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama

(KT-DLP) modeli geliştirilmiştir. Her aşamada stok seviyelerini dikkate alan, karı maksimize edecek şekilde siparişlerin atamasını en uygun şekilde yapacak şekilde matematiksel model kurgulanmış ve çeşitli simülasyonlar ile testler gerçekleştirilmiştir (Ranjbar Tezenji, Mohammadi, Pasandidehve Nouri Koupaei, 2016).

2017 yılında Hamdan ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada yeşil tedarikçi seçimi ve sipariş atama sorununa üç kademeli çözüm yaklaşımı getirilmiştir. İlk aşaması; her tedarikçinin geleneksel ve çevresel olarak iki kriterde ağırlıklandırılması performansa dayalı olarak Bulanık TOPSIS (Fuzzy TOPSIS) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. İkinci aşamada, üst yönetim ve firma stratejisine göre kriter setleri bazında önem ağırlığı atama çalışması analitik hiyerarşi prosesi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çıktılar, ürünlerin deterministik talepleri baz alınarak çok amaçlı tam sayılı lineer programlama modelinde girdi olarak kullanılmış ve dal sınır algoritması kullanılarak MATLAB’de çözülmüştür. Bu çalışmada aynı zamanda miktar bazında indirimlerin dikkate alınması ve alınmamasına yönelik karşılaştırma yapılmıştır (Hamdan ve Cheaitou, 2017).

2018 yılında Rao ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, Korelasyonlu Analitik Hiyerarşi ve Lineer Fiziksel Programlama tekniklerini kullanarak entegre bir yöntem geliştirilmiştir. Korelasyonlu Analitik Hiyerarşi Prosesi (CAHP), Analitik Hiyerarşi prosesindeki kriterler arasındaki korelasyon etkisinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Lineer Fiziksel Programlama modeli ile çoklu kriterlerin dikkate alınması ve bu kriterlerin tercih edilebilirlik dereceleri de değerlendirilmiştir. Geliştirilen model ile uygun tedarikçilerin seçilmesini ve siparişlerin optimal olarak atanmasını sağlamaktadır (Rao ve Rao, 2018).

2018 yılında Anna ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, talebi karşılamak üzere hangi tedarikçilerin seçileceği ve seçilen tedarikçilere hammadde siparişlerinin atanması amacıyla tam sayılı lineer programlama modeli geliştirilmiştir. Modelin amaç fonksiyonunu; satın alma, sipariş verme ve elde tutma maliyetlerinin toplamını minimize etmek oluşturmaktadır. Tedarikçi kapasitesi, sipariş miktarı, talep, emniyet stoğu, teslimat süresi modelin kısıtlarındandır. Duyarlılık analizi ile tedarikçi kapasitesi ve talep parametrelerinin hassas parametreler olduğu tespit edilmiştir (Anna ve Fhiliantie, 2018).

2018 yılında Cheraghalipour ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, çok periyotlu, çok ürünli ve çok tedarikçili bir ortamda indirimleri dikkate alan sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve sipariş atama problem için çözüm geliştirilmiştir. İlk aşamada, tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi ve tedarikçilerin seçimi için İyi-Kötü Metodu (BWM) yöntemi kullanılmıştır. Tedarikçilerin toplam skorunu maksimize etmeyi ve seçilen sürdürülebilirlik kriterlerine göre maliyetleri minimize edecek karma tam sayılı lineer programlama modeli geliştirilmiştir. Bu iki amaçlı matematiksel model Gözden Geçirilmiş Çoktan Seçmeli Hedef Programlama (RMCGP) yöntemi ile çözülmüştür (Cheraghalipour ve Farsad, 2018).

2018 yılında Babbar ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada tedarikçi seçimi ve sipariş atama üzerine matematiksel bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model iki aşamalıdır. Kalite Fonksiyon Dağıtımı (QFD) ve stokastik çok amaçlı bir matematiksel modelden oluşmaktadır. Stokastik model, sipariş atama aşamasında belirsizlikle başa çıkmak amacıyla kullanılmıştır. İnsan fikirlerindeki belirsizliği dikkate almak için trapezoidal bulanık sayılar kullanılmıştır. Geliştirilen modeli içecek endüstrisinde denenmiştir (Babbar ve Amin, 2018).

2018 yılında Nourmohamadi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, çok dönemli, çok ürünli ve çoklu tedarikçili bir sistemde sürdürülebilir tedarikçi seçimini ve sipariş atamasını birlikte ele alan çok amaçlı matematiksel programlama modeli geliştirilmiştir. İndirimler iki varsayımla (tüm birime, artırımsal) modele dahil edilmiştir. Çoklu seçeneikli amaç programlama yöntemi ile çözülmüştür (Nourmohamadi, Paydar ve Hajiaghaei-Keshteli, 2018).

Mohammed ve arkadaşları 2021'de yaptıkları çalışmada, ekonomik, çevresel ve sosyal kriterleri dikkate alarak tedarikçinin değerlendirilmesi ve sıralamasında TOPSIS ve Bulanık AHP yöntemlerine dayalı hibrit bir model geliştirilmiştir. Tedarikçinin seçimi ve optimal sipariş miktarının atanması aşamasında ise Çok Amaçlı Optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Girdi verilerinde belirsizlikler dikkate alınarak Bulanık Çok Amaçlı Optimizasyon modeli olarak düzenlenmiştir. Epsilon Kısıt ve Doğrusal Programlama (LP) metriği yaklaşımları ile geliştirilen model 2 set olarak Pareto çözümü ortaya çıkarmıştır. TOPSIS ile optimal çözüme en yakın ve en uzak çözüm seçilmiştir. Bir metal

fabrikasının hammadde tedarikçisinde en iyi sürdürülebilir tedarikçinin seçilmesinde geliştirilen model denenmiştir (Mohammed vd., 2021).

2020 yılında Kaviani ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada şişelenmiş su üretimi için tedarikçi seçimi ve sipariş atama için birleşik bir model geliştirilmiştir. Tedarikçi seçimi ve kriterlerin ağırlıklandırılmasında Sezgisel Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (IFAHP) ve tedarikçiye uygun miktarda siparişlerin ataması için ise bulanık çok amaçlı optimizasyon yaklaşımı geliştirilmiştir. Geliştirilen model bir gıda şirketinin şişelenmiş su fabrikasında bir vaka çalışmasında başarıyla denenmiştir (Kaviani, Peykam, Khan, Brahim ve Niknam, 2020).

2020 yılında Khoshfetrat ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve sipariş ataması için çok ürünlü, bulanık çok amaçlı, ve çok dönemli bir çözüm geliştirilmiştir. Geliştirilen model otomotiv sektöründe bir vaka çalışmasında uygulanmıştır. Bu çalışmada enflasyon, risk ve belirsizlik içeren durumlar dikkate alınmıştır. Tedarikçi seçiminde AHP kullanılmış ve her dönemde her tedarikçiden alınacak optimum miktarın belirlenmesi aşamasında iste matematiksel model geliştirilmiştir. Modelin çoklu amaç fonksiyonu toplam maliyet, ekonomik puan, sosyal puan, çevresel puan, enflasyon oranı ve risk seviyesinden oluşturulmuştur (Khoshfetrat, Galankashi ve Almasi, 2020).

2021 yılında Li ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, dinamik tedarikçi seçimi ve tedarikçilere sipariş atama amacıyla iki aşamalı matematiksel model geliştirilmiştir. İlk olarak en iyi-kötü yöntemine dayalı risk değerlerine göre tedarikçilerin seçimi yapılmıştır. Bunun ardından dinamik tedarikçi seçimi ve sipariş atamasına yönelik çok amaçlı olarak matematiksel model geliştirilmiştir. Bu kapsamda geliştirilen model yeni enerji otomotiv araçlarının imalatını gerçekleştiren bir firmada uygulanmıştır (Li vd., 2021).

2021 yılında Nasr ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, kapalı döngü bir tedarik zincirinde çevresel, sosyal ve döngüsel kriterleri baz alınarak tedarikçi seçiminde bulanık BWM çok dönemli, çok ürünlü, kapalı döngü tedarik zinciri ağı tasarlamak amacıyla Çok Amaçlı Karma Tam Sayılı Lineer Programlama (MOMILP) modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modelde toplam ağ maliyetleri, istenmeyen çevresel etkiler ve kayıp

satışlar minimize edilirken iş fırsatları ve sürdürülebilir tedarikçi alımları maksimize edilmiştir. Bulanık hedef programlama yaklaşımı ile MOMILP modeli tek amaçlı bir modele dönüştürülmüştür. Geliştirilen model giyim imalatı ve dağıtım endüstrisindeki bir firmada denenmiştir (Nasr, Tavana, Alavi ve Mina, 2021).

2019 yılında Mohammed ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada tedarikçi seçiminde yeşil ve dayanıklılık başlıklarına bağlı kriter ve alt kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanmasında AHP kullanmışlardır. Tedarikçilerin optimal çözüme göre sıralanması için TOPSIS metodu kullanılmıştır. Bu algoritmalarından elde edilen çıktılar siparişlerin atanması için oluşturulacak çok amaçlı programlama modeline girdi oluşturmuştur. Problemin çözümünde epsilon kısıt yöntemini kullanmışlardır. Geliştirilen modelin, organik bileşiklerin analizi için bilimsel ekipman geliştiren bir firmada vaka çalışması olarak denemesi yapılmıştır (Mohammed, Harris ve Govindan, 2019).

2021 yılında Yousefi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, tedarikçi seçmek, sipariş tahsis etmek ve fiyat belirlemek amacıyla iki aşamalı bir hibrit model geliştirilmiştir. İlk aşamada maliyet minimizasyonu ve tedarikçileri değerlendirmek için entegre Çok Amaçlı Karma Tam Sayılı Karışık Programlama (MOMINLP) modeli geliştirilmiştir. Bu model tek alıcı çoklu tedarikçiye yönelik olup Veri Zarflama Analizini (DEA) de içermektedir. Bu model daha sonra basitleştirilerek ikinci dereceden programlama modeline dönüştürülmüştür. İkinci aşamada, alıcı ve seçilen tedarikçiler arasında anlaşılan fiyatı belirlemek için Pazarlık oyunu ve Nash dengesi kavramını dahil edilerek bir model geliştirilmiştir (Yousefi, Rezaee ve Solimanpur, 2021).

2022 yılında Yazdani ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, tedarikçi seçimi ve uygun maliyetli sipariş miktarını tahmin etmede iki aşamalı karar modeli geliştirilmiştir. Tedarikçileri değerlendirmek için karar kriterlerine göre tedarikçiler TOPSIS yöntemi ile puanlandırılır. Bu puanlar ve ekonomik sipariş miktarı dikkate alınarak talep, fiyat, kapasite gibi kısıtların olduğu lineer programlama modeli geliştirilmiştir. Model denemeleri bir süt firmasında yapılmıştır (Yazdani, Chatterjee ve Stevic, 2022).

Hosseini ve arkadaşlarının 2022 yılında yaptıkları çalışmanın ilk aşamasında BWM ile tedarikçi seçiminde sürdürülebilirlik kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi ve belirsizlik altında tedarikçileri değerlendirmek için ispatlama (ER) yöntemleri birlikte kullanılarak

hibrit BWM-ER modeli geliştirilmiştir. Talep, kapasite, envanter gibi kısıtlamaların olduğu sürdürülebilirlik ve maliyet arasında denge kurmak amacıyla çoklu amaçlı matematiksel model geliştirilmiştir. Belirsizlik altındaki çoklu amaçlı matematiksel modeli çözmek için stokastik programlama ve dinamik programlamaya dayanan hibrit bütünleşik çözüm önerilmiştir. Geliştirilen model; gerçek veri seti üzerinde çoklu seçenekli hedef programlama ve Epsilon kısıt yönteminden elde edilen sonuçla karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalara göre önerilen yaklaşımın daha kısa sürede daha doğru sonuçlara ulaştığı görülmüştür (Hosseini, Flapper ve Pirayesh, 2022).

2022 yılında Aouadni ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada Tedarikçi Seçimi ve Adil Sipariş tahsisine yönelik; ilk aşamada en iyi-kötü yöntemi (BWM) ve MMD-TOPSIS tekniklerini içeren karma bir model kullanılarak önce ağırlıkların belirlenmesi ve ardından tedarikçilerin sıralaması yapılmıştır. İkinci aşamada çok amaçlı bir Lineer Programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemin performansını test etmek Tunus Elektrik Derneği'nin verileri kullanılmış ve bu derneğin yöneticisinin verdiği çözüme göre kabul edilebilir bir kazanç sağladığı tespit edilmiştir (Aouadni ve Euch, 2022).

Rajak'ın 2023 yılında yaptıkları çalışmada, çoklu tedarikçinin olduğu bir sistemde tedarikçilere uygun miktarda ürün siparişinin atanması amacıyla parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak çok amaçlı bir lineer programlama modeli geliştirilmiştir. Tedarik maliyeti, kusurlu ürün miktarı ve teslimat gecikme günleri dikkate alınmış kullanılan veriler ise bulanık çıkarım sistemi ile elde edilmiştir. Modelin doğrulanması için otomotiv endüstrisindeki bir firmanın verileri kullanılmış ve geliştirilen modelin tedarik maliyetinde %3,11'lik bir düşüş sağladığı gözlemlenmiştir (Rajak, 2023).

Chauhan ve arkadaşlarının 2023 yılında yaptıkları çalışma literatürde tedarik zinciri boyutu ve değişken sayısı açısından büyük ölçekli bir çalışma olarak öne çıkmaktadır. Çoklu ürün, çoklu tedarikçi, çift sipariş ataması, çift kaynaktan alım ve ceza kısıtlamalarını dikkate alan bir çözüm önerisi sunmaktadır. Sipariş atamalarında karma tam sayılı programlama kullanılmıştır. Geliştirilen çözüm bir imalat şirketinde uygulanmıştır. Geliştirilen matematiksel modele alternatif sezgisel çözüm olarak Genetik Algoritma kullanılmıştır. Geliştirilen matematiksel modelin uygulanan vaka çalışmasında

tedarik zincir maliyetinde %10'dan fazla bir azalma sağladığı tespit edilmiştir (Chauhan vd., 2023)

Saputro ve arkadaşlarının 2023 yılında yaptıkları çalışmada, sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve sipariş ataması için AHP-TOPSIS ve hedef programlamanın yer aldığı hibrit bir sistem geliştirilmiştir. AHP-TOPSIS yöntemleri tedarikçi seçim kriterlerini ve alt kriterlerini ağırlıklandırmak için kullanılmıştır. Yine TOPSIS yöntemi tedarikçi sıralaması için kullanılmıştır. Sipariş atama aşamasında toplam tedarik maliyetini minimize etme, toplam satın alma değerini maksimize etme ve karbon emisyonlarını azaltma olmak üzere üç amaç üzerinden hedef programlama yöntemi kullanılarak çözülmüştür (Saputro, Khusna ve Dewi, 2023).

3. YÖNTEM

Bu çalışmanın ilk aşamasında satış tahminlemesi yapılmıştır. Satış tahminlemesine yönelik literatürde taze ürünlerin tahminlemesinde kullanılmış olan makine öğrenme algoritmalarından SVR, CatBoost, Light GBM, AdaBoost, Lasso, GBR, RFR, Linear SVR, ETR, ElastikNet CV yöntemleri ile satış tahmini yapılması tercih edilmiştir.

3.1 Satış Tahminleme Algoritmaları

3.1.1 Destek vektör regresyonu(SVR)

Büyük veri hacimleri, lineer ve lineer olmayan veriler için regresyon analizini gerçekleştirmede Destek Vektör Regresyonu avantajlı denetimli öğrenme yöntemlerindedir (Acı, Avcı, ve Acı, 2017). Destek Vektör veri noktalarını hiper düzlem üzerinde gruplandırarak tahmin yapmaktadır. Bunu yaparken hiper düzlemde veri noktalarının belirli bir marjinal hata ile yapılmasını hedeflemektedir. İfade edilen marjinal hata her verinin hiper düzlemle arasında ne kadar farkı olduğunu anlatmaktadır. Destek Vektör Regresyon algoritması marjinal hatanın minimize edilmesi hedefini baz alarak tahmin yapmaktadır (Öztemel, 2023).

3.1.2 Catboost

Tahminleme çalışmalarında kategorik değişkenlerin etkili bir şekilde işleyebilen ve hızlı öğrenebilen bir algoritmadır. Kategorik değişkenleri herhangi bir önışlemeye tabii tutmadan Ordered Target Based Encodin yöntemi ile modele dahil edebilir. Aşırı uyum sorunlarının önüne geçmek için simetrik ağaç yapısını kullanır. Veri sürekli olarak permütasyona tabii tutulur ve her ağacın daha önceki ağaçlardan bağımsız öğrenmesi sağlanmaktadır. Veri haciminin büyük olduğu ve gürültünün çok olduğu verilerde iyi performanslar sergilemektedir (Prokhorenkova, Gusev, Vorobev, Dorogushve Gulin, 2018).

3.1.3 Light GBM,

Bu algoritma gradyan artırmalı karar ağacı tabanlıdır. Büyük veri setlerinde hızlı çözüm süreleri ile öne çıkmaktadır. Yaprak merkezli bölünme ve histogram bazlı yaklaşım ile doğruluğun artırılmasında önemli bir algoritmadır (Weng, Liu ve Xiao, 2020),

3.1.4 Adaboost

Adaboost algoritmasının çalışma mantığı basit karar ağaçlarını birleştirerek güçlü bir regresyon modeli oluşturma üzerine kuruludur. Küçük veri setlerinde yüksek doğruluk oranı vardır. Yanlış tahmin edilen veriye daha yüksek ağırlıklar vererek iteratif olarak modeli güçlendirerek tahmin kalitesini arttırmaktadır. (Zhu, Zou, Rosset ve Hastie, 2009).

3.1.5 LASSO

Doğrusal regresyona regülarizasyon uygulanması Lasso algoritmasına karşılık gelmektedir. Amacı; değişken katsayıların mutlak değerlerinin toplamını minimize etmektir. Bu da değişken seçiminin etkili bir şekilde yapılmasına yardımcı olur. Önemli katsayıları sıfır olarak alır. Bu yaklaşımı ile lineer modellerde aşırı uyumu azaltmakta ve modeli basit hale getirerek performansının artmasını sağlamaktadır (Ma, Fildes ve Huang, 2016).

3.1.6 Gradyan artırma regresyonu(GBR)

Bu yöntemde tahmin ile gözlemlenen değer arasındaki farkın iyileştirilmesi amacıyla kayıp fonksiyonun türevi kullanılmaktadır. Kayıp fonksiyonu ortalama hatanın karesi olarak ifade edilmektedir. Zayıf tahminlerin iyileştirilmesi ve algoritmik olarak kayıp fonksiyonun optimize edilmesinde, örüntülerin tahmininde parametre yapısını kullanmaktadır. İterasyonlar ile çalışır ve her iterasyonda bir önceki hatayı azaltmaya çalışır.

3.1.7 Rastgele orman regresyonu (RFR)

Rastgele Orman modeli regresyon ve sınıflandırma şeklinde iki ayrı şekilde kullanılabilir. Rastgele Orman modelinde kök düğümü (Root Node) bulma ve düğümleri bölme işlemleri rastgele yapılmaktadır. Bu özelliği ile karar ağaçlarından ayrılmaktadır.

Random Forest modelinde Aşırı Uyum (Overfitting) problemleri ile karşılaşılabilir. Yeteri kadar ağaç ve düğüm bulunması durumunda overfitting problemi meydana gelme olasılığı çok düşüktür (Nacar ve Erdebilli, 2021).

3.1.8 Linear SVR

Linear SVR, destek vektör regresyonunun doğrusal versiyonudur. Doğrusal veri setlerinde ve büyük boyutlu veriler için hız büyük boyutlu problemler için epsilon duyarsız marj prensibini kullanarak lineer optimizasyon yapmaktadır (Awad, Khanna, Awad ve Khanna, 2015).

3.1.9 Ekstra ağaç regresyonu(ETR)

Extra Trees Regressor algoritması, verileri ve bölünme noktalarını rastgele oluşturmaktadır. Çok sayıda rastgele veriden bootstrap kullanılmadan bir çok karar ağacı oluşturur. Bu yöntem, daha az varyans ve daha iyi genelleme özellikleri ile diğer algoritmalarından ayrılmaktadır. Veri setinin yüksek boyutlu olması veya çok sayıda gürültülü özelliğin bulunması durumunda etkin (Zou ve Hastie, 2005) sonuçlar sağlar (Rodriguez-Galiano, Sanchez-Castillo, Chica-Olmo ve Chica-Rivas, 2015).

3.1.10 Elastik net CV

ElasticNetCV yöntemi, Ridge ve LASSO regresyonun birleştirilerek, katsayıların hem karelerinin toplamını hem de mutlak değerlerinin toplamını minimize eden hibrit bir yöntemdir. Çapraz doğrulama ile optimal parametre seçimi yaparak değişken azaltımı ve model optimizasyonunu sağlar. Bu yöntem yüksek boyutlu verilerde optimal katsayı tahmini yaparak, değişken seçimi konusunda daha esnek ve güvenilir sonuçlar vermektedir (Zou ve Hastie, 2005).

3.2 Tedarikçi Sıralama Algoritmaları

3.2.1 SWARA

SWARA yöntemi, karar vericilerin değerlendirmelerine dayanarak kriter ağırlıklarının belirlenmesini sağlayan bir tekniktir. Bu yöntemde, kriterler önem derecelerine göre sıralanır, her bir kriterin bir öncekine göre göreceli önemi belirlenir. Kriterler arası farklar

kullanılarak ağırlıklar hesaplanır ve normalizasyon işlemi yapılır (Keršuliene, Zavadskas ve Turskis, 2010).

3.2.2 MOORA

MOORA çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin ilk aşamasında karar matrisi normalize edilir. Fayda ve maliyet kriterleri dikkate alınarak her bir alternatifin toplam fayda ve toplam maliyet skorları hesaplanır. Bu skorlar arasındaki fark alınarak net skor elde edilir ve alternatifler sıralanır (Brauers ve Zavadskas, 2006).

3.2.3 Ağırlıklı MOORA

Ağırlıklı MOORA yöntemi, MOORA yöntemine ek olarak kriterlerin önem derecelerini dikkate alarak daha doğru sonuçlar üretmeyi amaçlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde, normalize edilen karar matrisi kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı karar matrisi oluşturulur. Sonrasında fayda ve maliyet kriterleri ayrı ayrı değerlendirilerek net skorlar hesaplanır (Brauers ve Zavadskas, 2012).

3.2.4 Küresel bulanık DEMANTEL

Sistem içindeki faktörler arasındaki ilişkilerin bulanık mantık kullanılarak değerlendirildiği yöntemdir. Uzman görüşlerindeki belirsizliği ifade etmek amacıyla bulanık sayılar kullanılır. Kriterler arasındaki etkiler, belirli bir dereceye kadar belirsizdir, kriterlerin birbirlerine göre etkileri analiz edilerek, hangi faktörlerin daha fazla etkili olduğu belirlenir (Albayrak ve Erkayman, 2018).

3.3 Sipariş Atama Algoritmaları

Bu çalışmanın üçüncü aşamasında siparişlerin tedarikçiye atanmasına yönelik matematiksel model yazılmıştır. Sipariş atamaya yönelik çalışmalar incelendiğinde bu problemin Karma Tam Sayılı Programlama ile çözüleceği görülmüş ve karma tam sayılı programlama olarak modellenmiştir.

3.4 Araştırma Modeli

Bu çalışmada ilk olarak tahmin çalışması yapılacak ürünler belirlenmiştir. Belirlenen ürünlerin tahmin çalışmaları için geçmiş yıllara ait verileri alınmıştır. Alınan veriler veri temizleme sürecine tabii tutulmuştur. Temizlenen veriler için SVR, CatBoost, Light GBM, AdaBoost, Lasso, GBR, RFR, Lineer SVR, ETR, ElastikNet CV yöntemleri kullanılarak tahmin çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki aşamada tedarikçi sıralama problemi ele alınmıştır ve tedarikçilerin seçim kriterlerinin ağırlıklandırılmasında SWARA, tedarikçilerin sıralamasında MOORA, Ağırlık MOORA ve Küresel Bulanık DEMATEL yöntemleri kullanılmıştır. Burada elde edilen sıralamalar siparişlerin ilgili tedarikçi atanmasında kullanılmıştır. Tedarikçi atama aşamasında önce matematiksel model yazılmış ardından modelin pythonda kodlama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Model performansı ve elde edilen sonuçlar çeşitli senaryolarla test edilmiştir.

3.5 Evren ve Örneklem

Talep tahmin çalışmalarında perakendeciden alınmış olan 4 yıllık verinin 3 yılının eğitim seti, son bir yılının test veri seti olarak kullanılmıştır. Verinin bu şekilde bölünmesinin amacı meyve ve sebze ürünlerinde sezonsal etkinin satışlar üzerindeki değişiminin yakalanabilmesi içindir. Elde edilen sonuçların test edilmesinde Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE- Mean Absolute Percentage Error), Ortalama Karekök Hata (RMSE- Root Mean Squared Error) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE- Mean Absolute Error) değeri baz alınmıştır.

Sipariş atamasına yönelik geliştirilecek optimizasyon algoritmasında tedarikçi ve ürün kombinasyonu bazında performans testleri gerçekleştirilmiştir.

3.6 Veriler Tipleri ve Verilerin Toplanması

3.6.1 Satış tahminleme verileri

Tahmin için müşteri ortamından ürün-satış miktarı-ürün fiyat-kampanya gibi verilerin alınmasına karar verilmiş ve gıda perakende sektöründeki bir zincir marketin 1 mağazasının Ocak 2016 ve Aralık 2019 arasındaki meyve-sebze satış verileri alınmıştır.

Veriler fiş bazında olup toplam 1.629.276 kayıt yer almaktadır. Örnek veri deseni Şekil 2'de yer almaktadır.

"TARİH"	"ID_BİRİM"	"ID_URUN"	"SATIS_MIKTARI"	"SATIS_FIYATI"
2018-01-04	99106	99161	0.456	3.99
2018-01-04	99106	99136	0.608	4.99
2018-01-04	99106	99397	0.758	6.99
2018-01-04	99106	9937010	0.560	3.99
2018-01-04	99106	99367	0.568	5.99
2018-01-04	99106	99278	1.316	2.49
2018-01-04	99106	99424	6.134	1.99
2018-01-04	99106	99446	1.160	2.49
2018-01-04	99106	99446	2.558	2.49
2018-01-04	99106	99425	0.754	5.99
2018-01-04	99106	99424	1.082	1.99
2018-01-04	99106	99129	1.048	3.99
2018-01-04	99106	99161	0.262	3.99
2018-01-04	99106	99259	0.592	8.99
2018-01-04	99106	99215	1.734	2.99

Şekil 2 Örnek Veri Deseni

3.6.2 Tedarikçi sıralama verileri

Tedarikçi sıralama çalışmalarında <https://www.kaggle.com/datasets/michaelclodeemil/suppliers-ranking-grades> veri seti kullanılmıştır. Veri seti 35 tedarikçinin 12 kriter üzerinden değerlendirmelerini içermektedir. Veri setinde bulunan kriterler aşağıdaki şekilde yorumlanmıştır.

Tedarikçi: Tedarikçiye ait kimlik numarasıdır. Sayısal bir tanımlayıcıdır.

Kalite: Tedarikçinin sunduğu ürünün kalitesi 1–5 arası puan ile değerlendirilmiştir.

Miktar: Tedarikçinin kapasitesidir. Fiziksel ölçü birimiyle kilogram olarak ifade edilmektedir.

Ödeme Koşulları ve Yöntemi: Ödeme türü sayısına göre değerlendirilmiştir. 1 ile 5 arasında puan verilmiştir.

Hizmet Verebilirlik ve İletişim: Tedarikçinin erişilebilirliği ve iletişim becerisi 1–10 arası puanla değerlendirilmiştir.

İtibar ve Yetkinlik: Şirketin sektördeki itibarı ve teknik kapasitesi 1–10 arası puanla ölçülmüştür.

Esneklik: Tedarikçinin değişen taleplere ve koşullara uyum sağlama yeteneği 1–5 arası puanla değerlendirilmiştir.

Mali Durum: Tedarikçinin finansal sağlamlığı ve kaynak yapısı 1–10 arası puanla değerlendirilmiştir.

Varlık Durumu: Tedarikçinin sahip olduğu fiziksel varlıkların (makine, ekipman, bina vb.) durumu 1–10 puan ile değerlendirilmiştir.

Fiyat: Ürünün birim fiyatı doğrudan TL ile ifade edilmiştir.

Teslim Süresi: Siparişin teslim edilme süresi gün cinsinden belirtilmiştir.

Konum ve Ulaşım İmkanları: Tedarikçinin konumu ve lojistik bağlantıları 1–10 puan arasında değerlendirilmiştir.

İş Sonuçları ve Çalışan Sayısı: Şirketin genel iş performansı ve çalışan sayısıdır. Sayısal olarak ifade edilmiştir.

3.6.3 Optimizasyon verileri

Optimizasyon çalışmaları için veriler excelde hazırlanmıştır. Veri excelinde; depo alanı ve toplam tedarikçi sayısı gibi genel parametrelerin bulunduğu bir sayfa bulunmaktadır. Her ürün için mevcut stok seviyesi, emniyet stokları, stok tutma maliyetleri ve karşılayamama maliyetleri gibi bilgiler yer aldığı ürün durum sayfası yer almaktadır. Ürün-Tedarikçi Kapasite sayfasında ise ürünlerin hangi tedarikçilerden alınabileceği,

birim fiyatlar, kusurlu ürün oranları, sipariş edilebilecek minimum miktarlar, kapasiteler ve teslim süreleri hakkında veriler yer almaktadır. İndirim-Miktar sayfasında sipariş miktarına göre değişen indirim seviyeleri gösterilmekte ve hangi aralıklarda sipariş miktarının hangi fiyatlarla karşılanacağı belirtilmektedir. Tedarikçi-İndirim Kademe sayfası, sabit indirim uygulayan tedarikçileri ve ilgili ürünleri içermektedir. Ürün-Zaman-Talep sayfasında ise belirli zaman aralıklarında ürünlerin talep miktarları yer almaktadır. Tedarikçi-İndirim sayfasında, hangi tedarikçilerin hangi ürünler için indirim yaptığı, hangi seviyede indirim yaptığı veya yapmadığı verileri yer almaktadır. Ürün-Tedarikçi Öncelik sayfasında ürünlerin tedarikçilerle olan eşleşmelerindeki öncelik seviyeleri gösterilmektedir. Son olarak, Tedarikçi Transport sayfasında tedarikçilerin taşıma ve sabit maliyetleri hakkında bilgiler bulunmaktadır.

3.7 Satış Tahmin, Tedarikçi Sıralama ve Sipariş Optimizasyon Çalışmaları

3.7.1 Satış tahminleme çalışmaları

Satış tahminlemede seçilen algoritmalar varsayılan (default) parametreler üzerinden çalıştırılmıştır. 3.7.1.1. bölümde Tahmin yapılacak ürünlerin seçimi, 3.7.1.2. bölümde Verilerin temizlenmesi, 3.7.1.3.bölümde Satış tahmininde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler, 3.7.1.4. bölümde Test ve eğitim setinin ayrılması, 3.7.1.5. bölümde Satış tahmin çalışmaları yer almaktadır.

3.7.1.1 Tahmin yapılacak ürünlerin seçimi

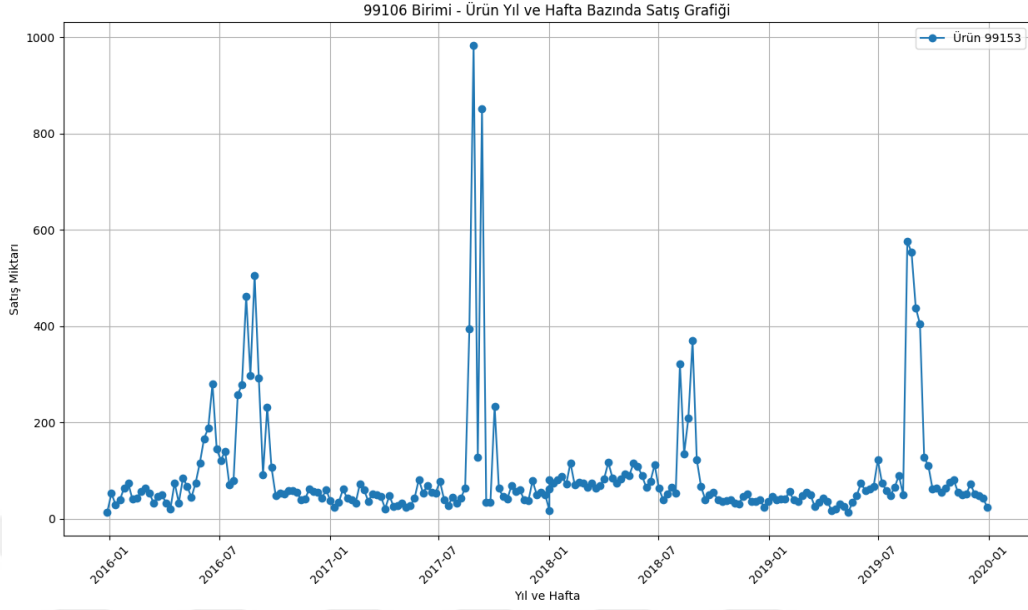
Seçilen mağazanın tüm verileri tahmin çalışmasına dahil edilmemiştir. ABC analizinde mağazanın son yıl yani 2019 yılındaki satışlar baz alınmıştır. Ürünlerin satış fiyatları ve satış miktarları çarpılarak satış hacimleri üzerinden sıralama yapılmış ve satış hacminin %80'inini oluşturan ürünler için tahmin çalışmalarının yapılmasına karar verilmiştir. Bu ürünlerin verisi incelendiğinde ise; sebze, meyve başlığı altında genel kullanılan ürünler, yeterli miktarda, düzenli verisi olmayan bazı ürünler de tahmin çalışmalarının dışında tutulmuştur. 37 üründen 15 tane ürün için satış tahmin çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Tahmin yapılan ürünler * işareti ile gösterilmiştir.

Tablo 1 Ürünlerin Satış Hacim Tablosu

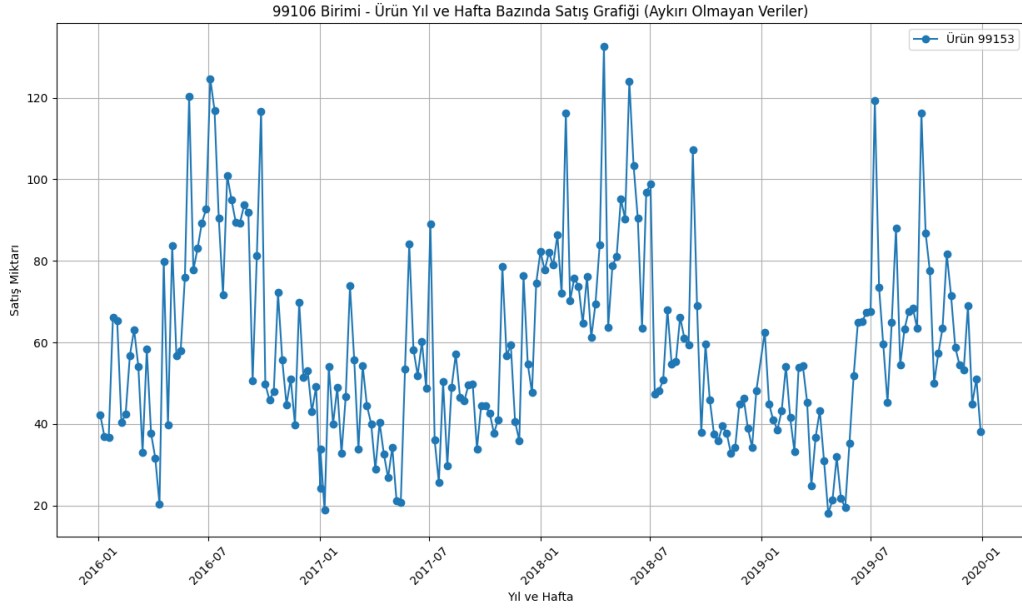
Ürün ID	Satış Hacmi (FiyatxSatış Miktarı)	Toplam İçerisindeki Yüzde	Kümülatif Yüzde
99424*	157.100,2	7,86%	7,9%
99178*	132.014,0	6,61%	14,5%
99394*	127.252,0	6,37%	20,8%
99314	92.608,9	4,64%	25,5%
99504*	91.648,8	4,59%	30,1%
99360*	73.647,3	3,69%	33,8%
99190	66.602,2	3,33%	37,1%
99466*	64.992,5	3,25%	40,3%
99397	59.666,2	2,99%	43,3%
9937010	44.831,1	2,24%	45,6%
99425*	40.790,3	2,04%	47,6%
99528	38.195,0	1,91%	49,5%
99165*	38.007,2	1,90%	51,4%
99222*	36.405,5	1,82%	53,3%
99446	32.236,7	1,61%	54,9%
99169	32.077,8	1,61%	56,5%
99153*	31.433,4	1,57%	58,0%
99184*	31.008,1	1,55%	59,6%
99478	29.866,4	1,50%	61,1%
99303*	27.038,9	1,35%	62,4%
99278*	26.561,4	1,33%	63,8%
99161	26.257,1	1,31%	65,1%
9963591	25.809,9	1,29%	66,4%
99318	23.366,7	1,17%	67,6%
99211*	23.280,1	1,17%	68,7%
99490*	23.137,7	1,16%	69,9%
99322	22.782,1	1,14%	71,0%
99406	22.053,7	1,10%	72,1%
99172	21.376,9	1,07%	73,2%
99219	19.337,7	0,97%	74,2%
99482	18.226,3	0,91%	75,1%
99445	18.002,5	0,90%	76,0%
99367	17.278,4	0,86%	76,8%
9945552	17.258,3	0,86%	77,7%
99400	16.985,0	0,85%	78,6%
9964133	16.390,0	0,82%	79,4%
99444	15.827,9	0,79%	80,2%

3.7.1.2 Verilerin temizlenmesi

Veri temizliğinde Çeyrekler Arası Açıklık (IQR) yöntemi kullanılmış, tespit edilen aykırı veriler, aykırı verinin tespit edildiği haftanın öncesindeki dört haftalık ortalama satış verileri ile doldurulmuştur. 99153 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 3'te, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 4'te yer almaktadır.

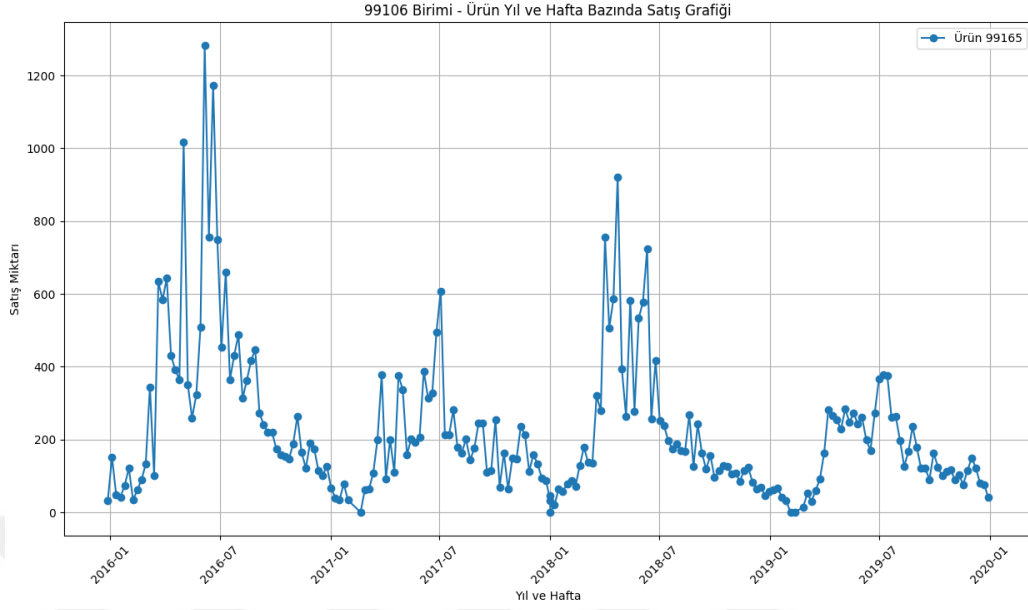


Şekil 3 99153 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

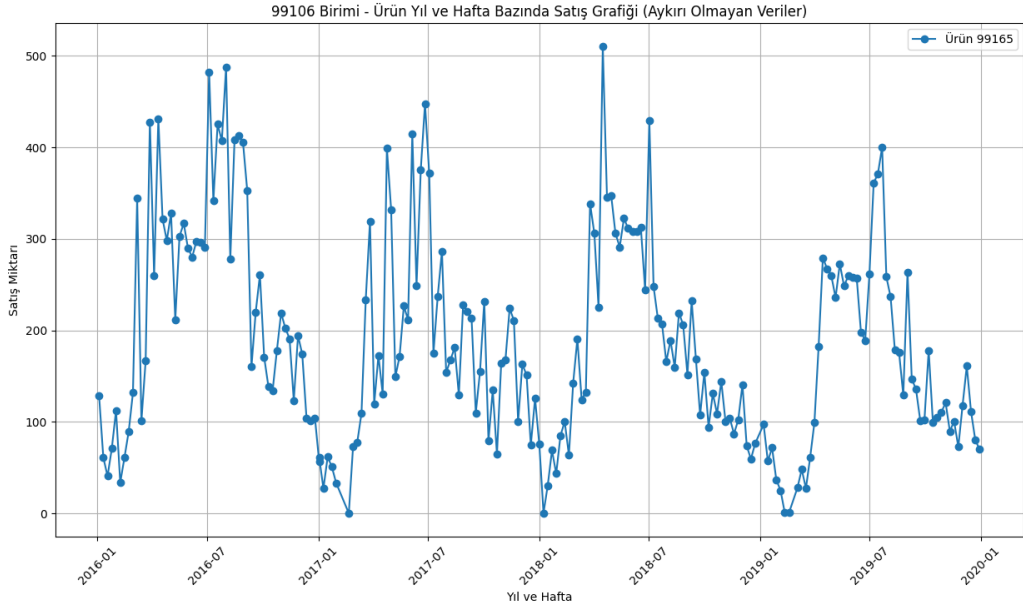


Şekil 4 99153 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99165 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 5'te, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 6'da yer almaktadır.

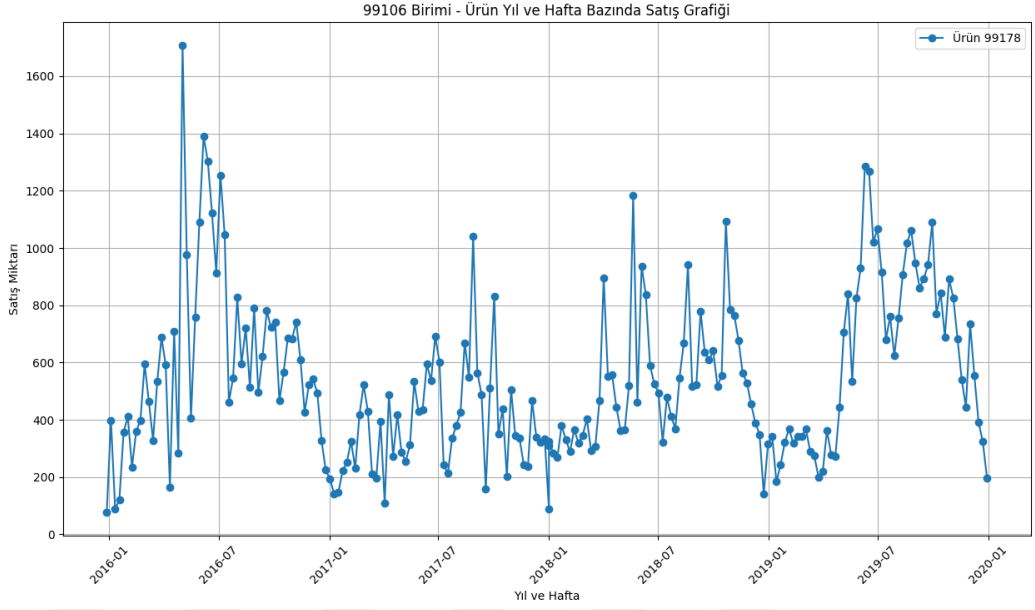


Şekil 5 99165 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

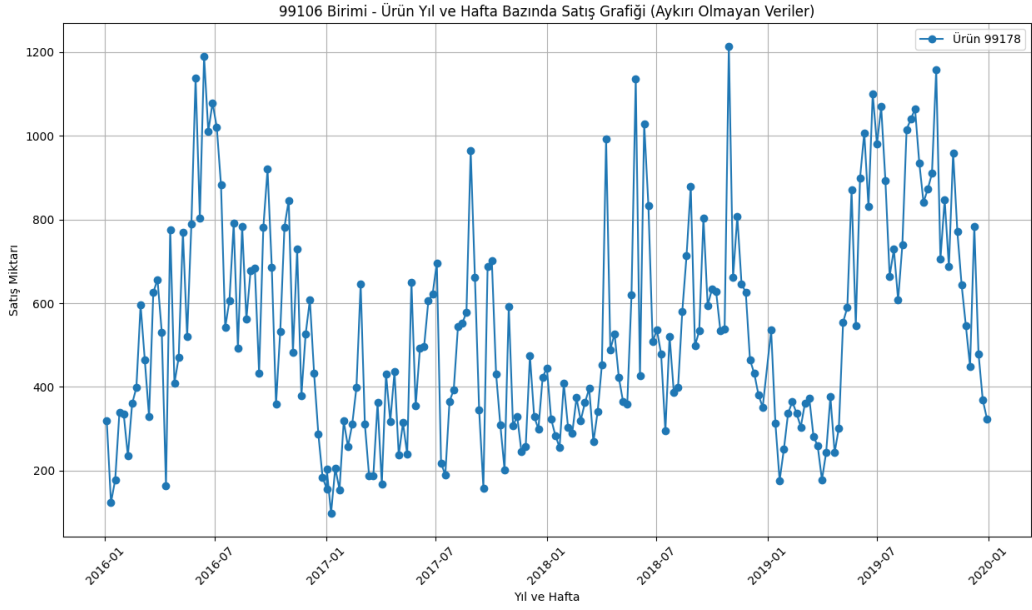


Şekil 6 99165 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99178 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 7’de, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 8’de yer almaktadır.

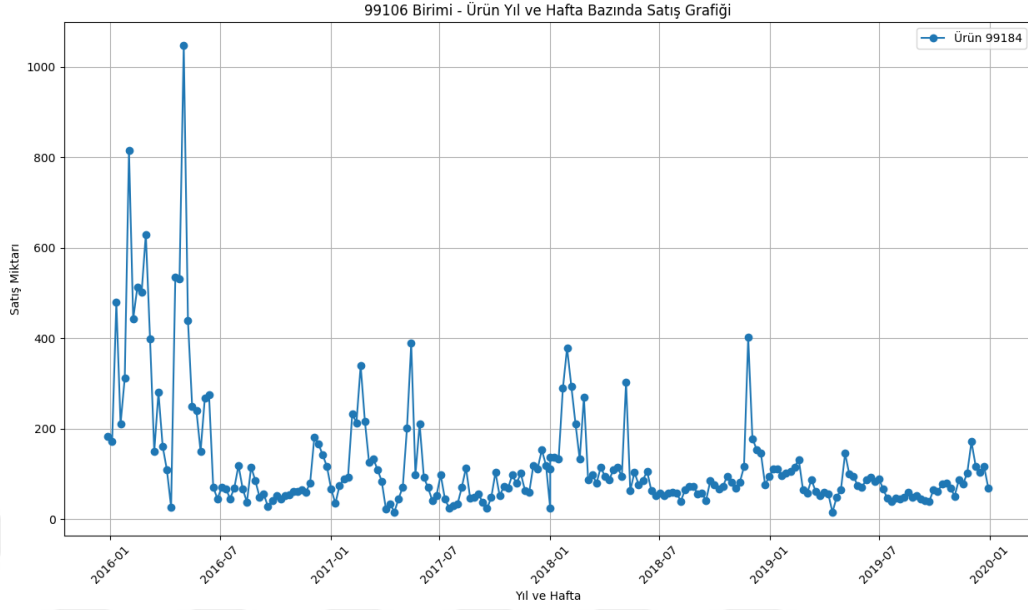


Şekil 7 99178 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

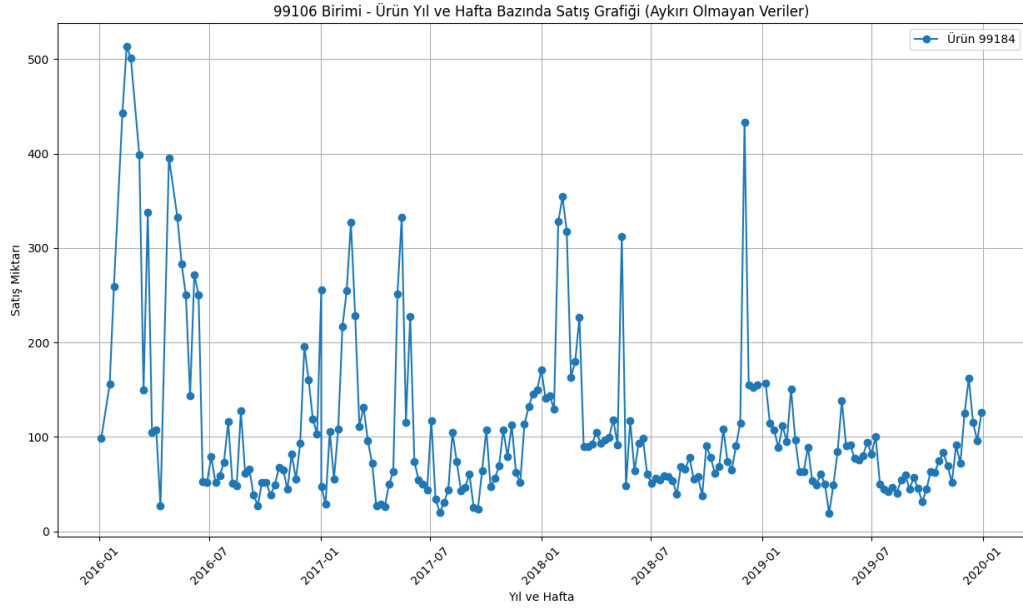


Şekil 8 99178 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99184 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 9’da, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 10’da yer almaktadır.

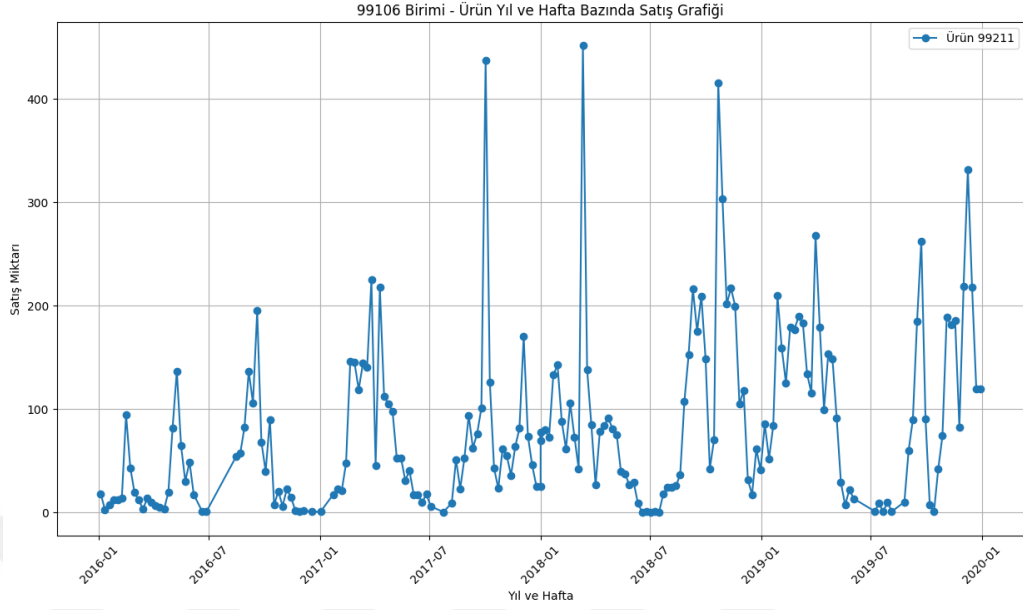


Şekil 9 99184 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

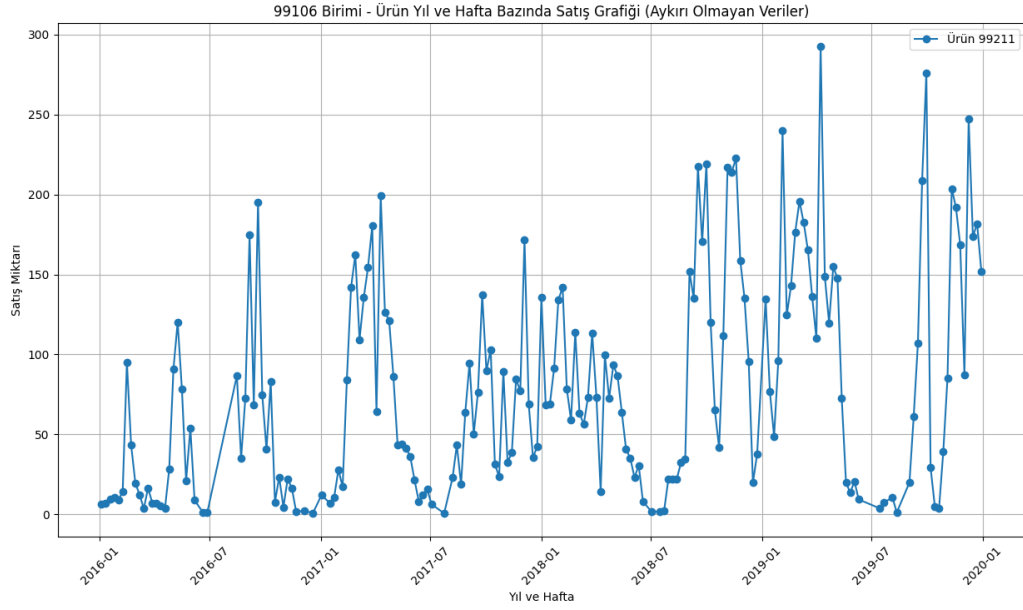


Şekil 10 99184 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99211 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 11’de, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 12’de yer almaktadır.

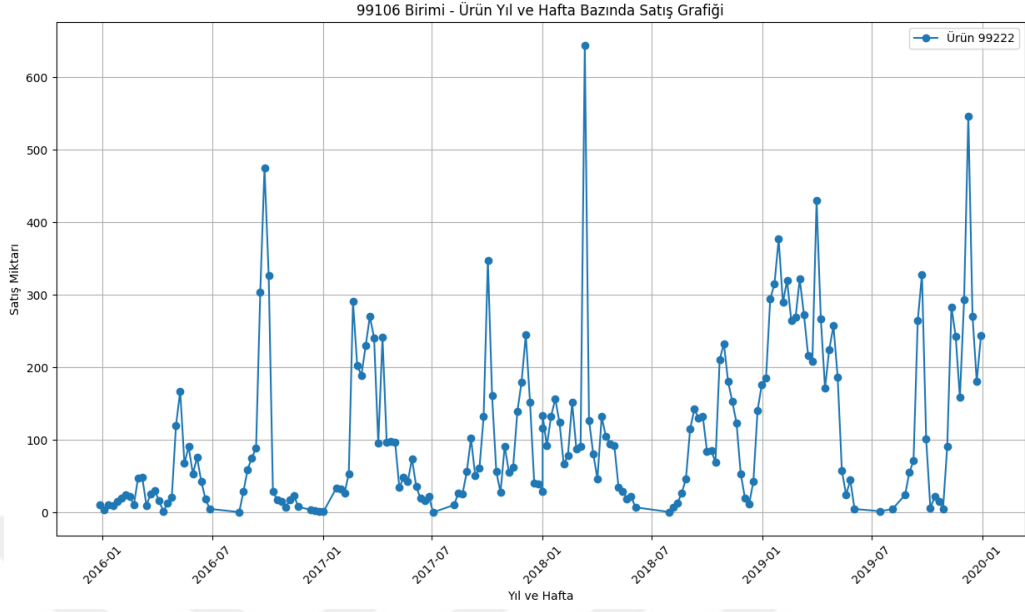


Şekil 11 99211 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

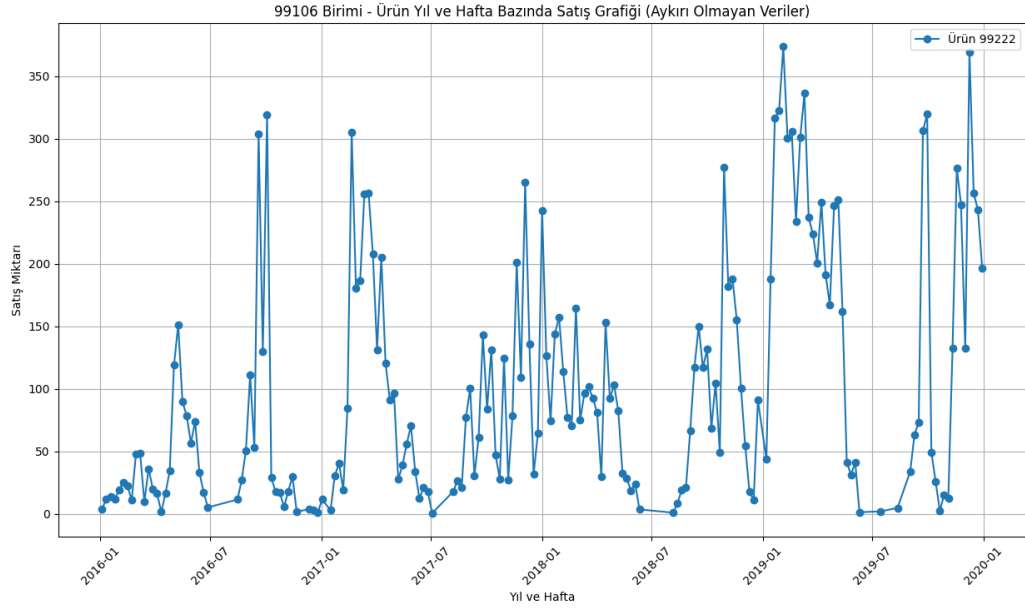


Şekil 12 99211 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99222 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 13'te, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 14'de yer almaktadır.

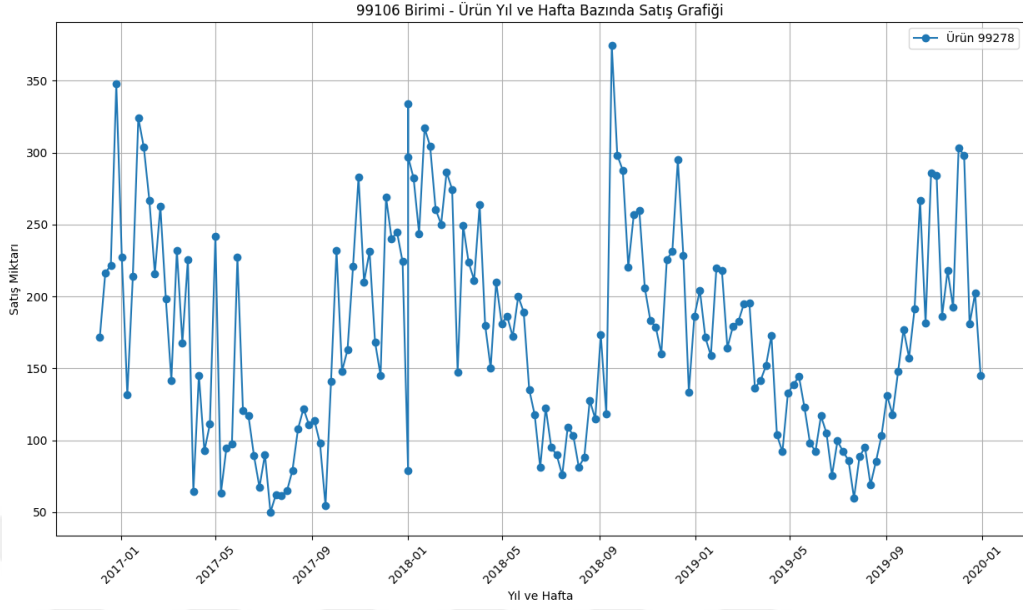


Şekil 13 99222 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

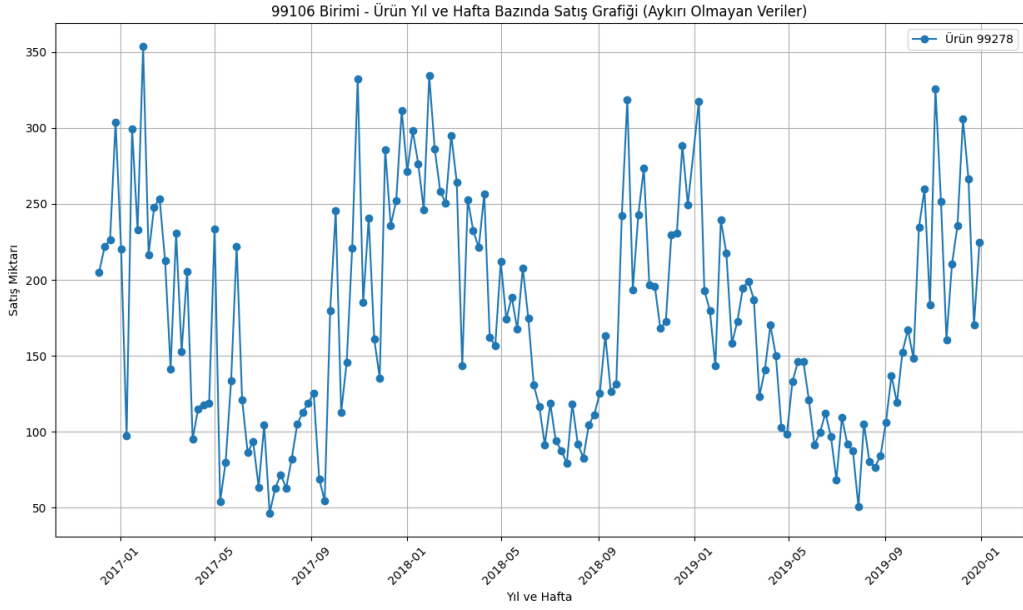


Şekil 14 99222 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99278 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 15’te, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 16’da yer almaktadır.

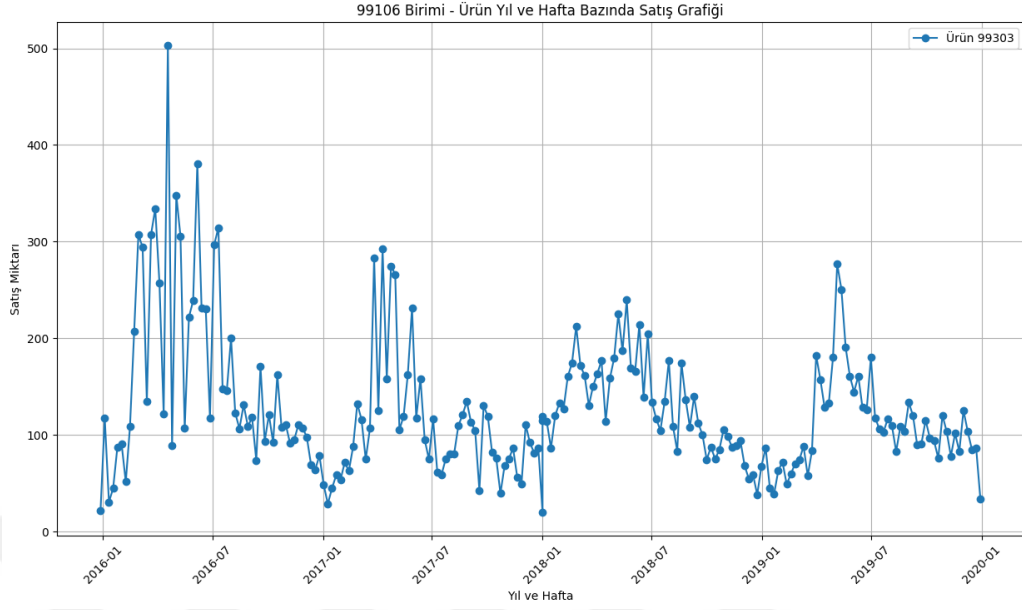


Şekil 15 99278 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

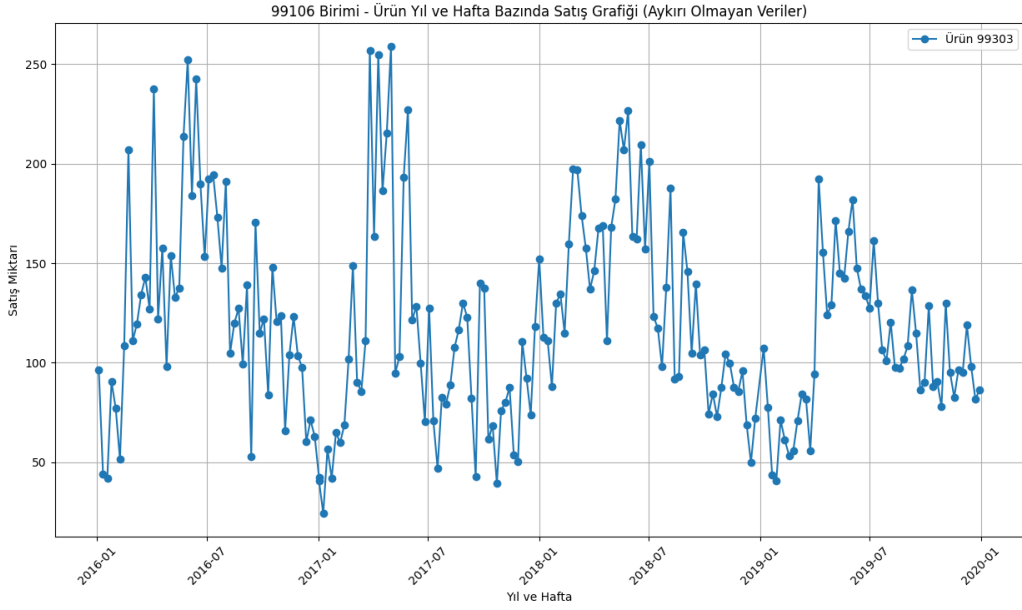


Şekil 16 99278 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99303 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 17’de, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 18’de yer almaktadır.

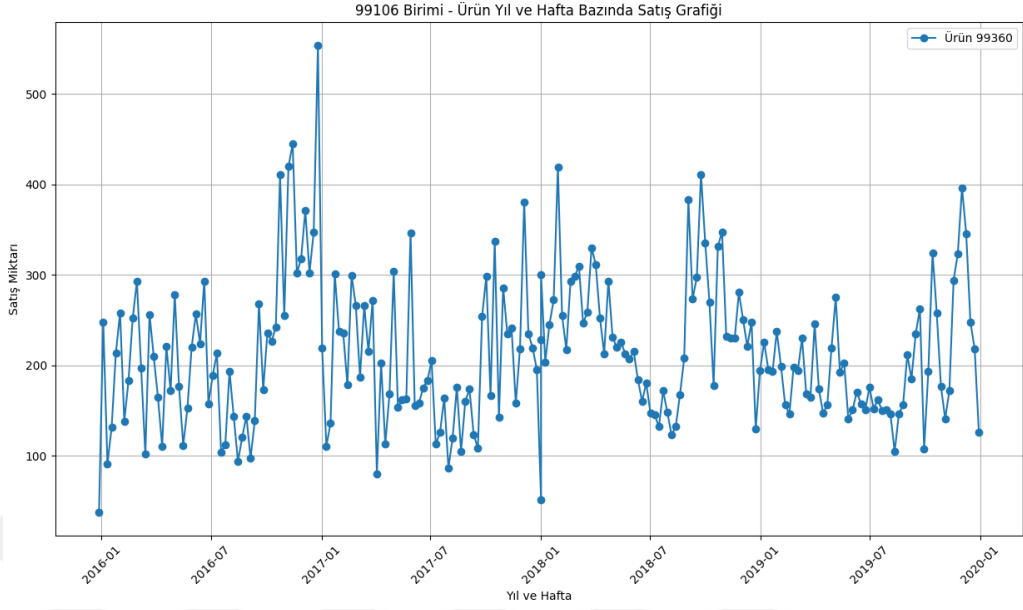


Şekil 17 99303 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

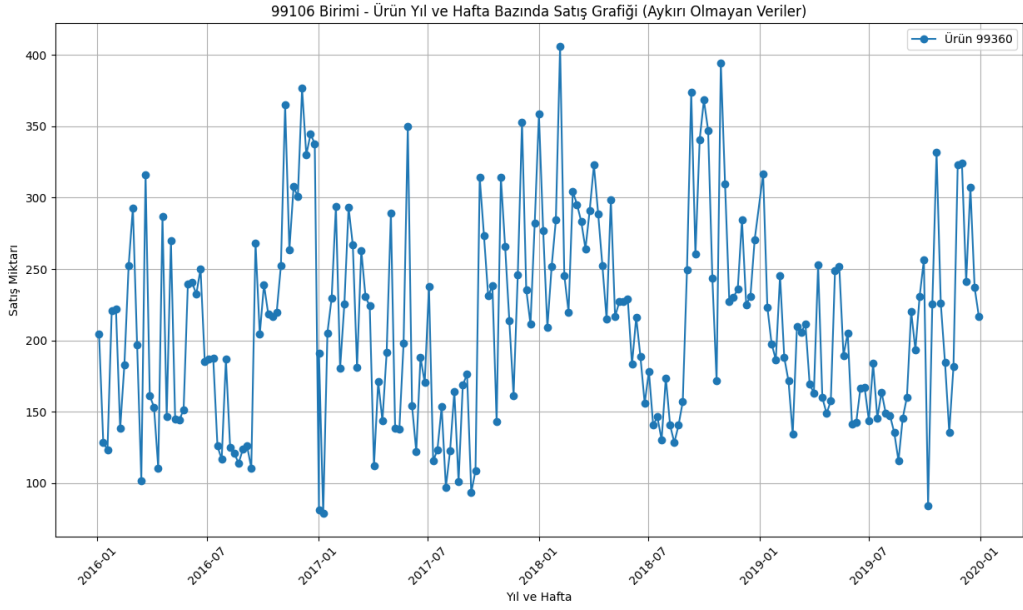


Şekil 18 99303 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99360 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 19'da, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 20'de yer almaktadır.

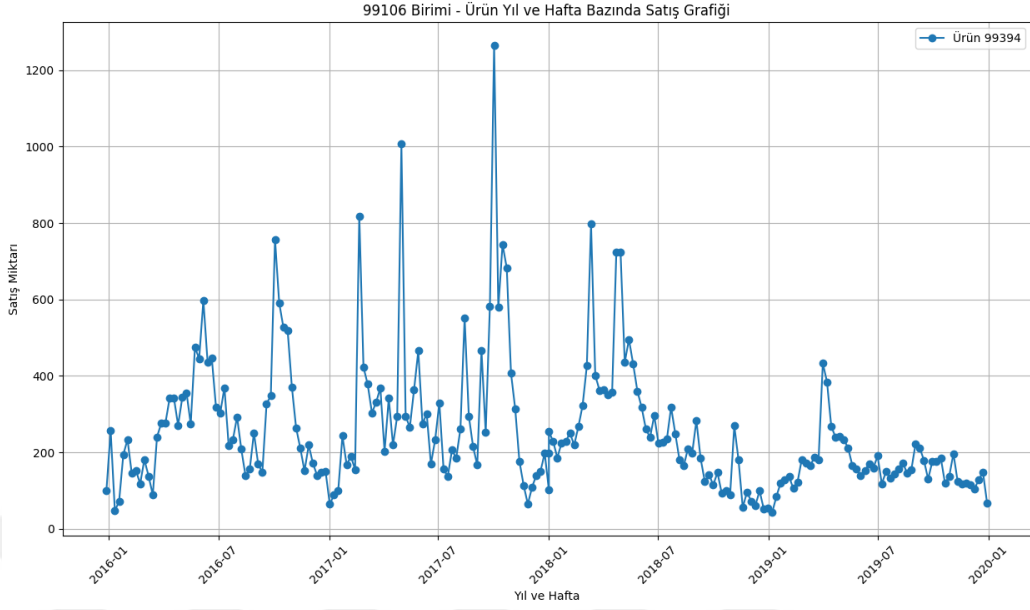


Şekil 19 99360 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

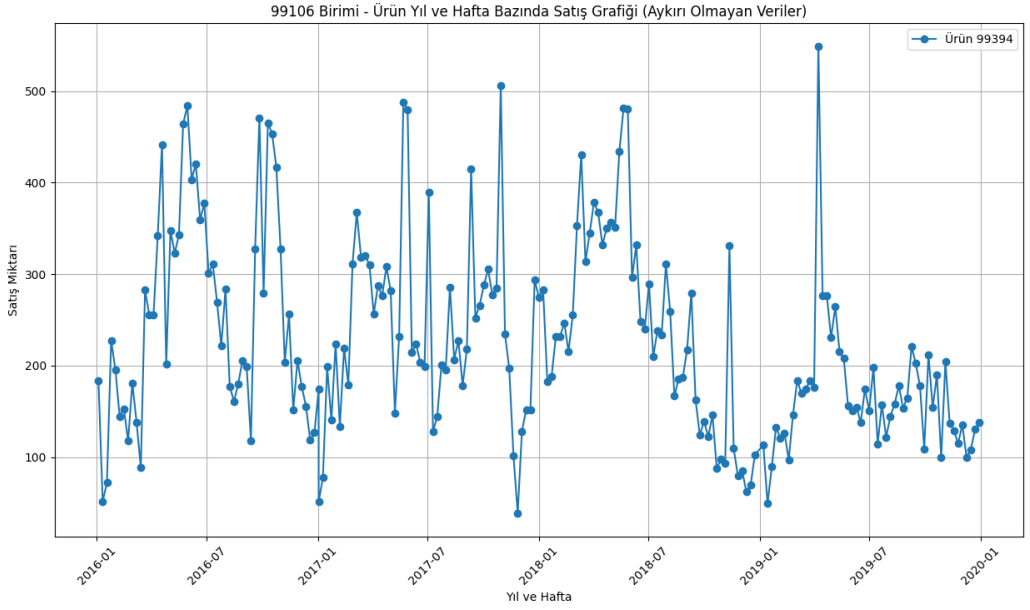


Şekil 20 99360 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99394 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 21’de, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 22’de yer almaktadır.

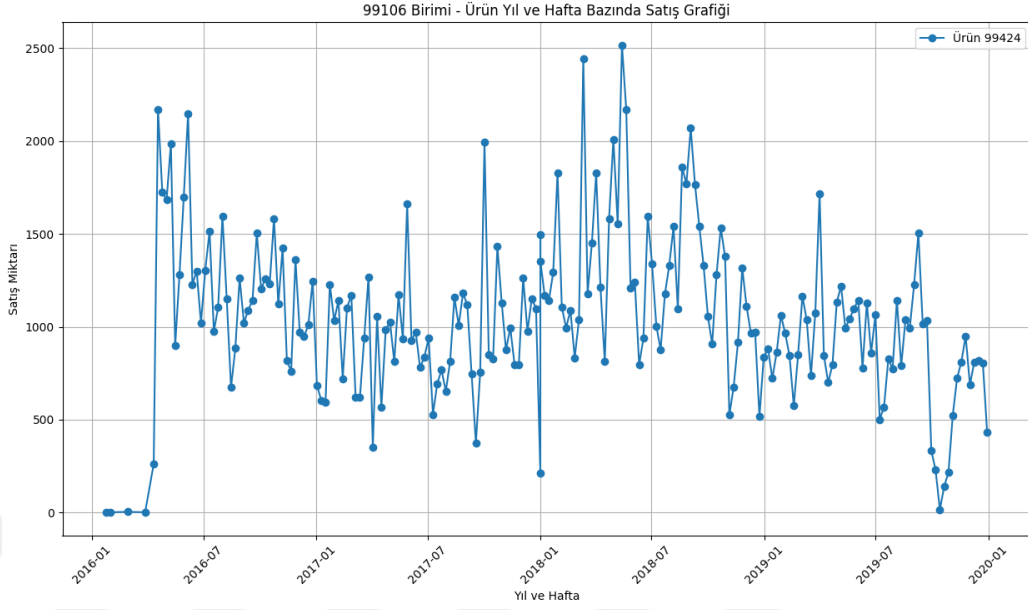


Şekil 21 99394 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

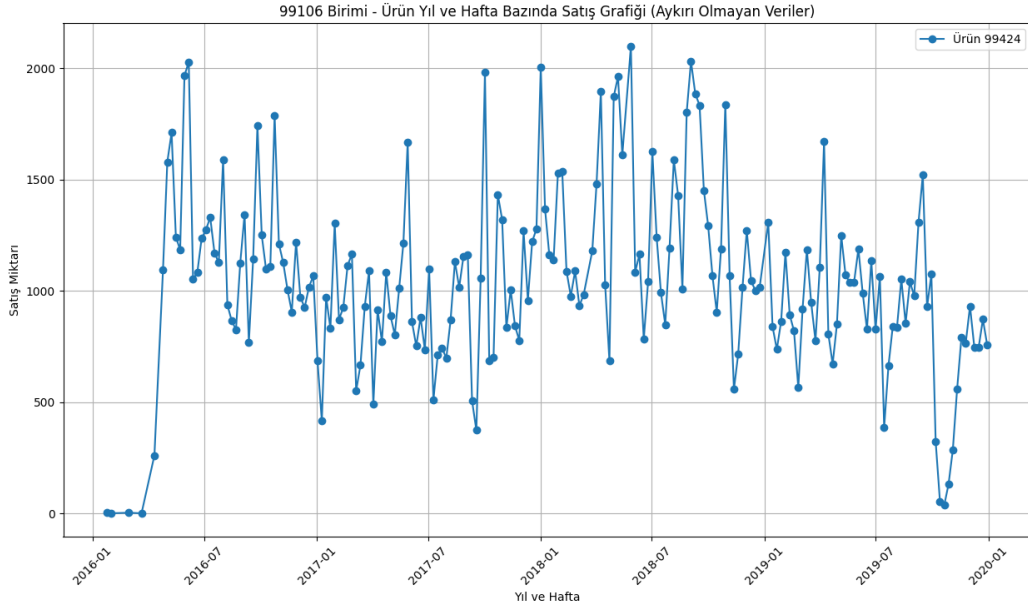


Şekil 22 99394 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99424 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 23'te, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 24'te yer almaktadır.

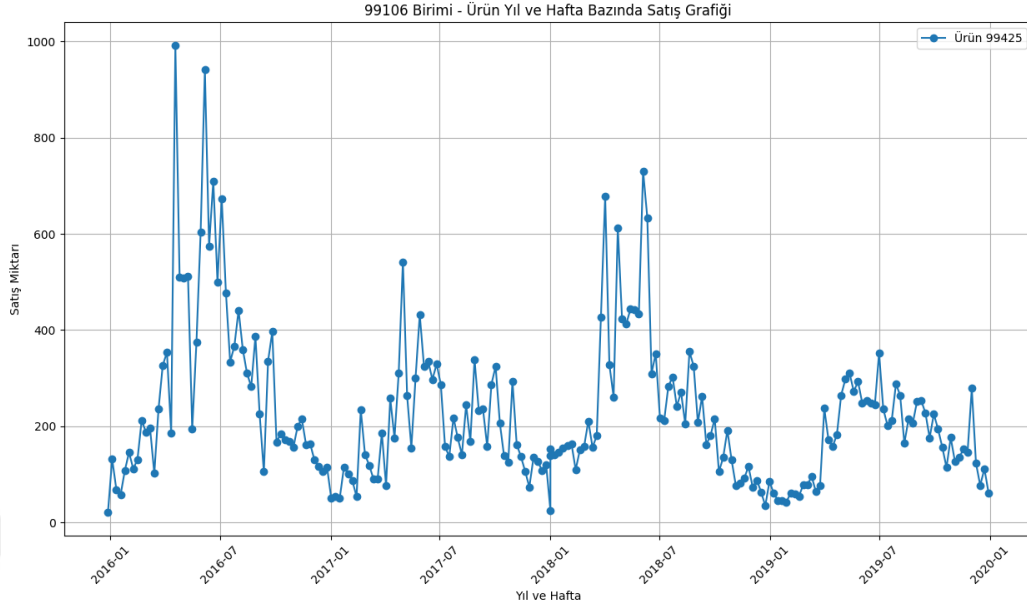


Şekil 23 99424 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

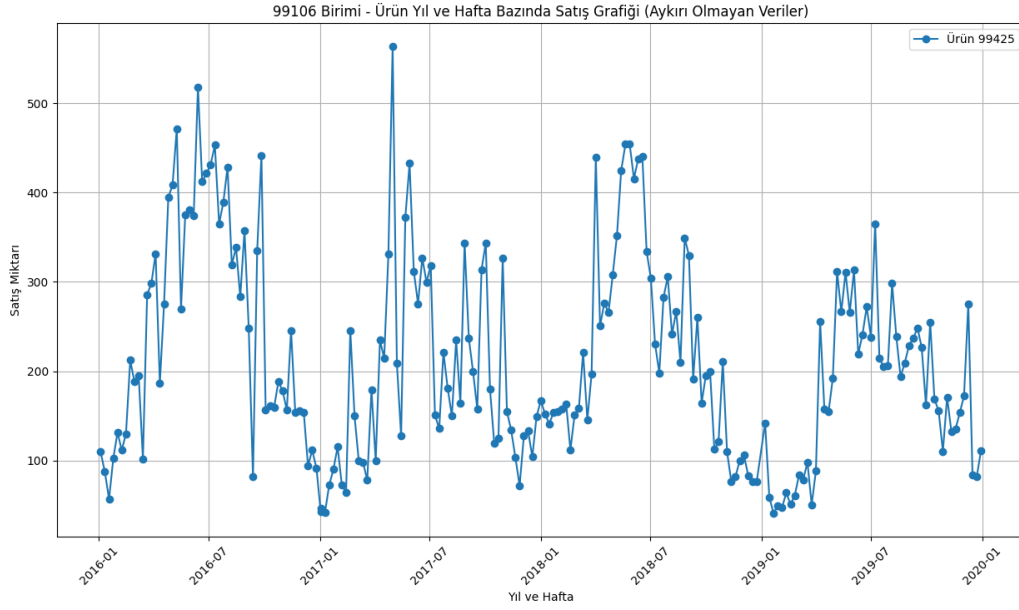


Şekil 24 99424 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99425 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 25'te, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 26'da yer almaktadır.

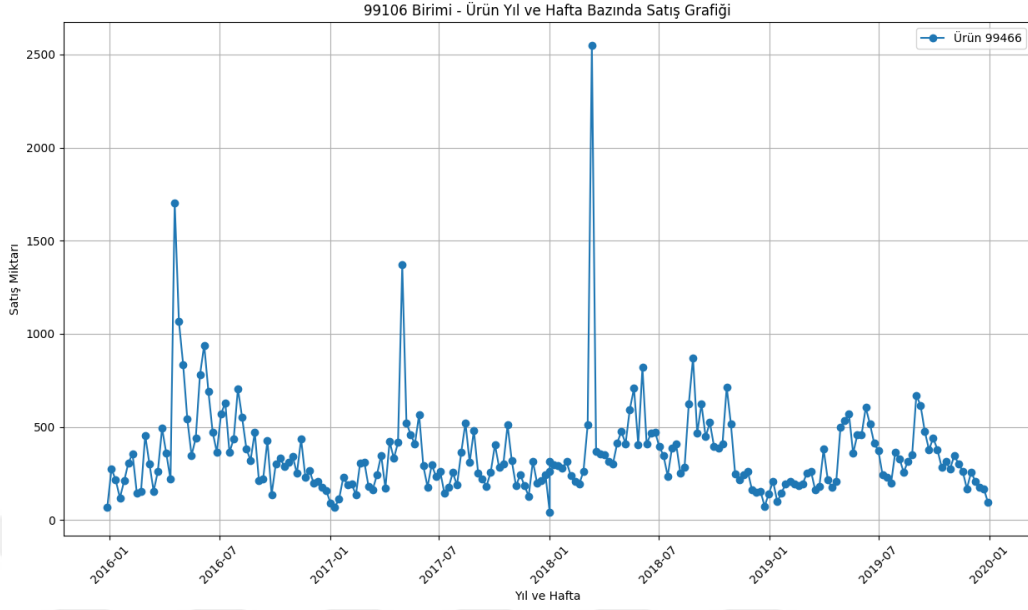


Şekil 25 99425 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

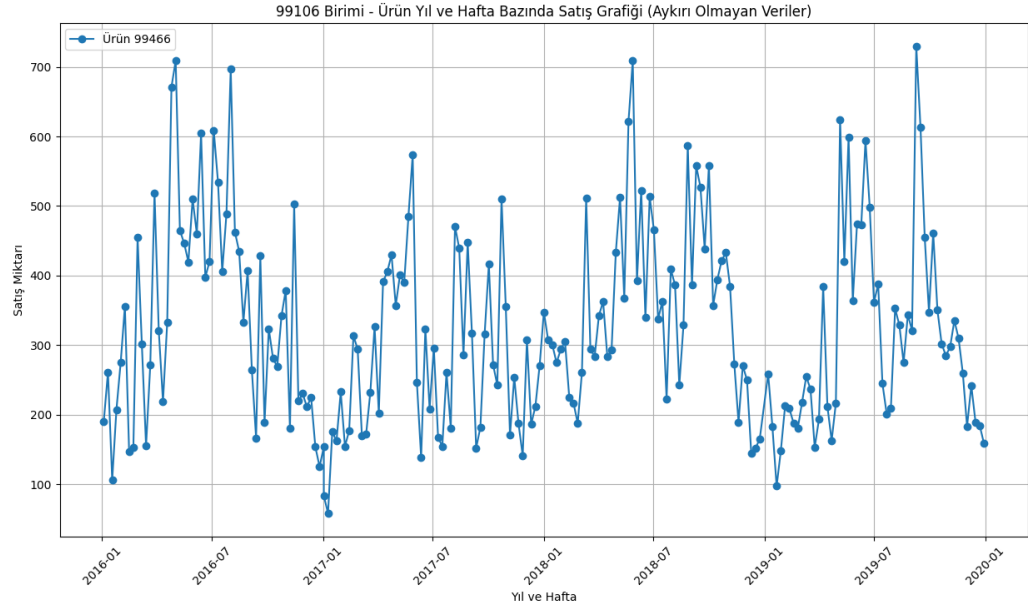


Şekil 26 99425 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99466 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 27’de, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 28’de yer almaktadır.

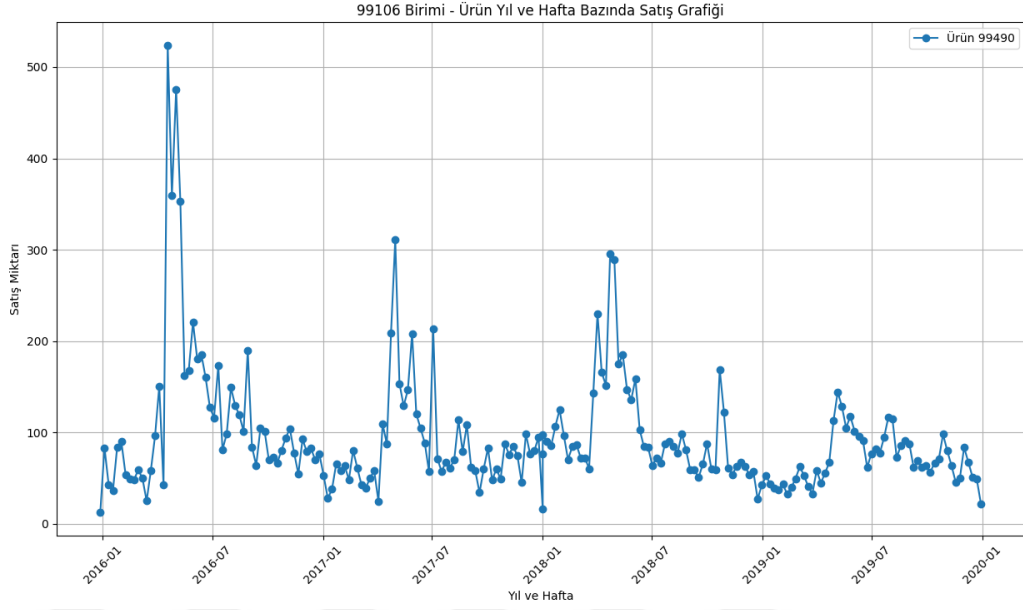


Şekil 27 99466 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

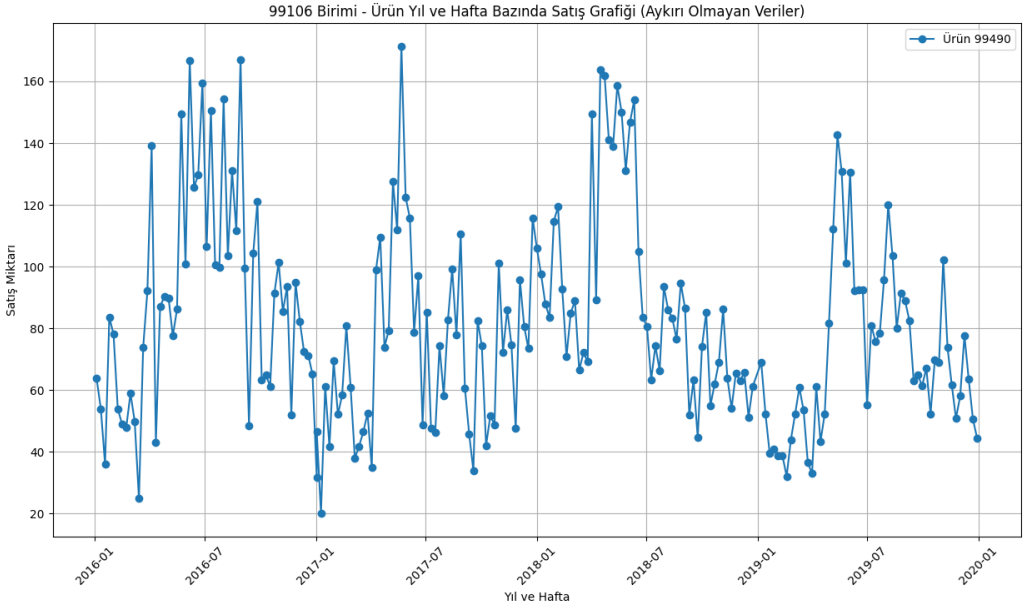


Şekil 28 99466 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99490 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 29'da, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 30'da yer almaktadır.

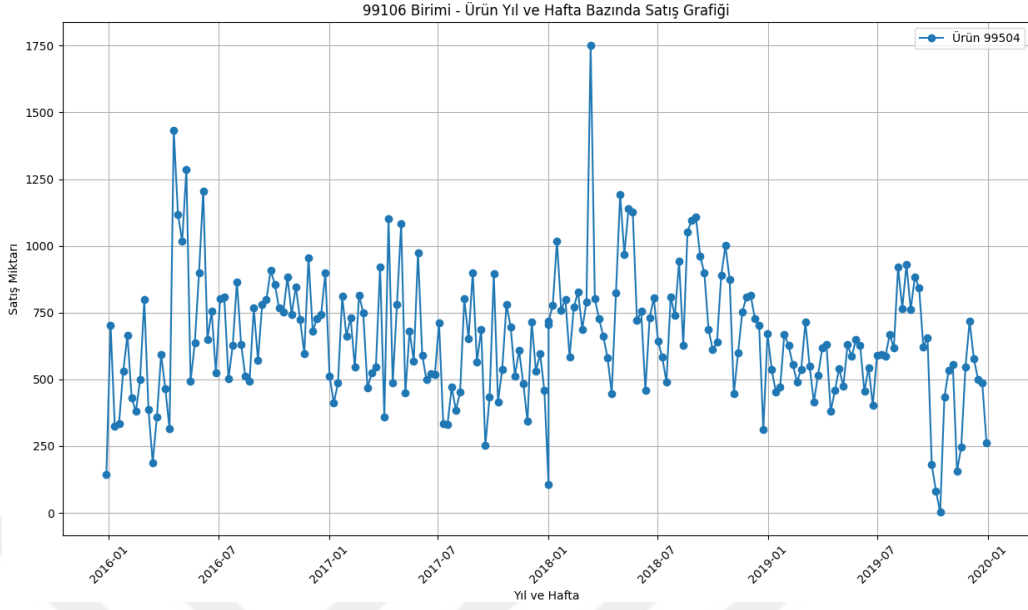


Şekil 29 99490 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri

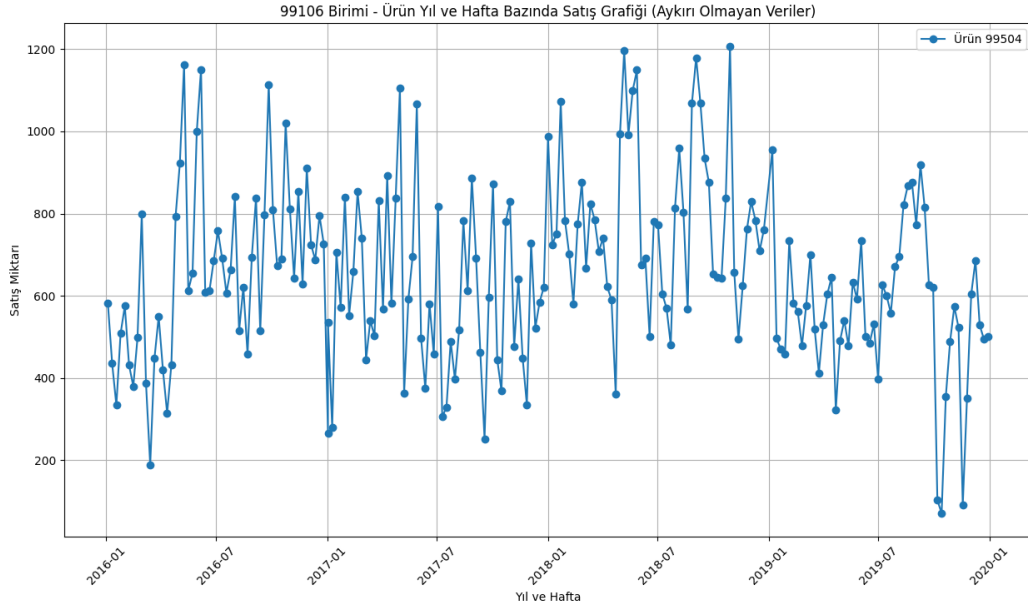


Şekil 30 99490 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

99504 numaralı ürünün hafta bazında satış verileri Şekil 31’de, bu verilerin aykırı verilerden arındırılmış ve doldurulmuş hali Şekil 32’de yer almaktadır.



Şekil 31 99504 Numaralı Ürünün Hafta Bazında Satış Verileri



Şekil 32 99504 Numaralı Ürünün Satış Verilerinin Aykırı Verilerden Arınmış Hali

3.7.1.3 Satış tahmininde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler

Satış tahmininde kullanılan bağımsız değişkenler;

Ayın Haftası: Bu kategorik değişken olarak eklenmiştir. Veri üzerindeki bu bağımsız değişken 1,2,3,4,5 hafta numarası ifade etmektedir.

Hafta İçerisinde İndirim Durumu: Hafta içerisindeki kampanya durumu, bir önceki haftanın ortalama satış fiyatı mevcut haftanın satış fiyatından büyükse burada indirim olduğu varsayılmıştır. Bu bağımsız değişken 1,0 olarak ifade edilmiştir.

Haftalık Fiyat Ortalaması: İlgili haftanın satış fiyatının ortalama verisini ifade etmektedir.

Haftanın Ait Olduğu Ay: Bu kategorik değişken olarak eklenmiştir. Veri üzerindeki bu bağımsız değişken 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 ay numarasını ifade etmektedir.

Haftanın Ait Olduğu Mevsim: Bu kategorik değişken olarak eklenmiştir. Veri üzerindeki bu bağımsız değişken 1,2,3,4 mevsim numarasını ifade etmektedir.

Haftanın Geçmiş Yılda Aynı Haftadaki Satış Miktarı: Veri üzerindeki bu bağımsız değişken geçmiş yıldaki aynı haftadaki satış verisini ifade etmektedir.

Haftanın 1 Hafta Önceki Satış Miktarı: Veri üzerindeki bu bağımsız değişken haftadaki satış verisini ifade etmektedir.

Haftanın 2 Hafta Önceki Satış Miktarı: Veri üzerindeki bu bağımsız değişken 2 hafta önceki satış verisini ifade etmektedir.

Haftanın 3 Hafta Önceki Satış Miktarı: Veri üzerindeki bu bağımsız değişken 3 hafta önceki satış verisini ifade etmektedir.

Haftanın Yılbaşı Haftası Bilgisi: Bu bağımsız değişken yılbaşının bulunduğu haftanın bilgisini 1,0 olarak ifade etmektedir.

Haftanın Kurban Bayramı Haftası Bilgisi: Bu bağımsız değişken Ramazan Bayramının bulunduğu haftanın bilgisini 1,0 olarak ifade etmektedir.

Haftanın Ramazan Bayramı Haftası Bilgisi: Bu bağımsız değişken Kurban Bayramının bulunduğu haftanın bilgisini 1,0 olarak ifade etmektedir.

Satış tahmininde kullanılan bağımlı değişkenler;

Haftalık Satış Miktarı: Bu bağımlı değişken satış miktarını ifade etmektedir. Tahmin yapılacak değişkendir.

3.7.1.4 Test ve eğitim setinin ayrılması

Satış tahminleri haftalık olarak yapılmıştır. 4 yıllık verinin son 1 yılı test seti olarak ayrılmıştır. Haftalık olarak bakıldığında test seti toplam verinin %20'sine denk gelmektedir.

3.7.1.5 Satış tahmin sonuçları

Tahmin sonuçlarının değerlendirilmesinde MAPE, RMSE, MAE verileri kullanılmıştır. 15 ürüne ait MAPE değerleri Tablo 2'de yer almaktadır. En iyi sonuçlar tabloda belirgin olarak işaretlenmiştir.

Tablo 2 Ürünlerin Ortalama Mutlak Hata Yüzdeleri

Ürün ID	Ortalama Mutlak Hata Yüzdeleri(MAPE)									
	SVR	Cat Boost	Light GBM	Ada Boost	LASSO	GBR	RFR	Linear SVR	ETR	Elastic Net CV
99153	14,57	11,50	9,79	9,62	10,45	12,73	12,36	12,89	10,58	10,42
99165	14,10	10,71	6,62	14,80	13,78	11,98	13,83	18,86	14,37	16,09
99178	24,18	16,25	18,57	22,02	21,86	18,56	19,37	36,64	27,54	21,87
99184	17,20	18,28	11,59	18,02	18,49	12,58	14,97	20,41	16,88	21,10
99211	17,30	14,82	11,71	11,44	14,51	15,71	11,71	15,36	12,74	14,49
99222	15,28	14,84	15,21	19,09	22,60	15,44	15,85	17,46	32,11	19,28
99278	14,95	13,00	15,28	15,19	16,19	21,65	22,51	23,45	18,91	16,94
99303	15,19	17,33	15,66	21,12	14,28	21,30	18,02	26,72	17,28	14,52
99360	17,53	15,88	12,42	12,61	11,95	22,71	16,41	21,36	19,05	12,14
99394	10,43	65,48	18,34	39,06	20,05	30,38	40,46	28,66	57,71	20,04
99424	0,25	1,08	1,50	3,44	2,45	9,14	3,44	0,39	3,44	2,45
99425	21,44	18,20	13,88	16,54	17,50	18,50	17,16	26,73	17,52	19,97
99466	24,31	19,35	14,52	23,24	31,46	16,81	17,57	19,20	18,57	31,46
99490	14,44	14,29	11,10	10,41	12,21	12,00	10,39	11,03	10,27	12,08
99504	0,55	10,29	3,82	8,24	8,04	13,36	3,44	0,62	3,44	7,42

15 ürüne ait RMSE değerleri Tablo 3'te yer almaktadır. En iyi sonuçlar tabloda belirgin olarak işaretlenmiştir.

Tablo 3 Ürünlerin Ortalama Karekök Hata Değerleri

Ortalama Karekök Hata (RMSE)										
Ürün ID	SVR	CatBoost	Light GBM	AdaBoost	LASSO	GBR	RFR	Linear SVR	ETR	ElasticNet CV
99153	16,62	15,38	11,44	11,92	11,06	16,19	15,11	15,41	11,02	11,04
99165	64,03	55,53	35,45	61,72	55,70	53,52	60,66	80,20	59,95	66,39
99178	82,13	56,01	65,05	62,36	57,51	64,57	60,10	99,61	86,82	57,52
99184	45,33	41,29	36,52	44,56	50,12	42,98	48,55	59,37	55,64	53,50
99211	41,72	33,06	29,01	28,89	32,09	32,34	28,52	32,46	26,76	32,12
99222	37,48	38,33	42,21	59,79	58,82	38,67	42,21	45,88	67,63	51,08
99278	85,32	60,62	73,94	72,23	78,98	114,00	107,01	105,37	115,10	83,14
99303	33,46	33,02	29,70	38,28	28,47	44,59	33,82	48,62	32,85	28,51
99360	81,52	64,82	63,59	62,61	62,00	98,42	81,71	106,69	83,77	62,98
99394	58,89	59,49	57,45	56,22	52,82	50,63	58,23	57,32	66,11	52,82
99424	0,16	6,70	1,48	2,13	1,52	5,65	2,13	0,26	2,13	1,52
99425	88,31	61,34	55,46	62,44	64,00	66,37	60,40	84,87	49,61	70,23
99466	62,84	50,17	41,50	60,55	75,44	45,10	49,08	54,47	45,99	75,44
99490	14,12	13,57	11,30	10,16	11,59	11,97	10,45	14,03	12,34	11,54
99504	0,38	8,11	2,37	0,58	5,36	0,85	2,13	0,42	2,13	5,25

15 ürüne ait MAE değerleri Tablo 4'te yer almaktadır. En iyi sonuçlar tabloda belirgin olarak işaretlenmiştir.

Tablo 4 Ürünlerin Ortalama Mutlak Hata Değerleri

Ortalama Mutlak Hata (MAE)										
Ürün ID	SVR	CatBoost	Light GBM	AdaBoost	LASSO	GBR	RFR	Linear SVR	ETR	ElasticNet CV
99153	13,65	11,44	9,09	9,51	9,10	12,77	12,18	11,56	9,91	9,08
99165	50,31	41,40	24,52	50,08	45,46	44,80	50,63	60,12	46,24	51,48
99178	63,91	46,21	50,61	53,03	50,95	48,84	49,47	83,02	69,18	50,96
99184	33,83	34,23	23,59	33,22	37,21	26,23	30,19	42,52	34,87	40,54
99211	30,75	26,11	21,91	21,90	26,90	28,11	21,21	27,56	22,01	26,90
99222	30,78	31,88	34,78	45,56	50,59	30,92	34,46	34,27	61,34	43,04
99278	60,89	51,57	59,18	59,36	67,13	86,28	88,42	93,90	74,60	70,67
99303	25,62	28,67	25,24	32,79	22,86	34,12	28,91	42,62	27,54	23,19
99360	66,79	59,62	48,56	47,73	44,56	89,01	63,61	87,55	75,30	45,28
99394	19,09	49,34	23,58	35,24	22,76	27,17	33,58	25,95	41,76	22,76
99424	0,15	6,70	0,93	2,13	1,52	5,65	2,13	0,24	2,13	1,52
99425	62,38	48,61	39,23	46,78	48,34	52,36	45,86	67,28	45,25	52,21
99466	55,17	42,61	34,69	53,93	68,03	40,82	41,57	43,14	41,80	68,03
99490	12,11	12,18	9,13	8,58	10,30	9,87	8,75	10,05	8,64	10,19
99504	0,34	6,36	2,36	0,47	4,98	0,75	2,13	0,39	2,13	4,59

3.7.2 Tedarikçi sıralama çalışmaları

Türkiye'deki perakende sektörü bağlamında tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesinde, maliyet, teslimat süresi ve kalite gibi operasyonel unsurların öncelikli olduğu ifade edilmektedir. Global ölçekte önemli görülen kriterlerin, Türkiye'de çoğu sektörde henüz uygulama zorluğu taşıdığı ve genellikle maliyet, kalite ve teslimat gibi kriterlerin daha belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (Büyüközkan, G., ve Çifçi, G., 2012).

3.7.2.1 SWARA ile tedarikçileri seçim kriterlerini ağırlıklandırma

Tedarikçi sıralaması için ilk olarak temin edilen veride ürünlerin tedarik edilmesinde kullanılan kriterlerin ağırlıklandırılması çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada SWARA metodu uygulanmıştır. Sıralanması gereken kriterler Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5 Tedarikçi Seçim Kriterleri

Esneklik
Fiyat
İş Çıktıları ve Çalışan Sayısı
Kalite
Lokasyon ve Trafik
Mali Durumu
Miktar
Ödeme Metodu
Servis Kolaylığı ve İletişim Yeteneği
Süre
Tedarikçi İtibarı ve Yeterlilik
Tedarikçinin Varlıklarının Durumu

İlk adımda kişisel görüşle bu kriterler sıralanmıştır. Elde edilen veriler Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6 Tedarikçi Sıralama

Kriter Sıra No	Kriter
1	Kalite
2	Süre
3	Miktar
4	Fiyat

5	Ödeme Metodu
6	Servis Kolaylığı ve İletişim Yeteneği
7	Lokasyon ve Trafik
8	Tedarikçi İtibar ve Yeterlilik
9	Esneklik
10	Mali Durumu
11	Tedarikçinin Varlıklarının Durumu
12	İş Çıktıları ve Çalışan Sayısı

İkinci adımda; her kriterin kendinden sonra gelen kritere göre göreceli önem değeri belirlemektedir (Ruzgys, A., Volvačiovas, R., Ignatavičius, Č. ve Turskis, Z. , 2014). Bireysel görüşe dayalı göreceli önem tablosu Tablo 7’de yer almaktadır. Bu tablodaki göreceli önem kolonu kişisel görüşler doğrultusunda doldurulmuştur. Tabloda 2 numaradaki “Süre” kriterinin karşısına denk gelen 0,20 değeri “Kalite” kriterinin “Süre” kriterine göre %20 daha önemli olduğunu ifade etmektedir. İkinci bir örnek olarak 11 numaradaki “Tedarikçinin Varlık durumu” kriterinin 12 numaradaki “İş Çıktıları ve Çalışan Sayısı” kriterine göre %5 daha önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 7 Kriterlerin Göreceli Önem Tablosu

Kriter Sıra No	Kriter	Göreceli Önem (s_j)
1	Kalite	
2	Süre	0,20
3	Miktar	0,10
4	Fiyat	0,15
5	Ödeme Metodu	0,10
6	Servis Kolaylığı ve İletişim Yeteneği	0,10
7	Lokasyon ve Trafik	0,05
8	Tedarikçi İtibar ve Yeterlilik	0,05
9	Esneklik	0,05
10	Mali Durumu	0,10
11	Tedarikçinin Varlıklarının Durumu	0,05
12	İş Çıktıları ve Çalışan Sayısı	0,10

Üçüncü adımda; k_j değerleri hesaplanmaktadır. Bu değerler öncelik katsayısı olarak ifade edilmektedir. Hesaplamasında (3.1) ve (3.2) numaralı formüller uygulanmaktadır.

$$K_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j=1 \\ s_j + 1 & \text{eğer } j>1 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$s_j + 1 \quad \text{eğer } j>1 \quad (3.2)$$

Bu formüller uygulandığında Tablo 8 elde edilmektedir.

Tablo 8 Kriterlerin Önem Katsayısı Tablosu

Kriter Sıra No	Kriter	Göreceli Önem (s_j)	Önem Katsayısı (K_j)
1	Kalite		1,00
2	Süre	0,20	1,20
3	Miktar	0,10	1,10
4	Fiyat	0,15	1,15
5	Ödeme Metodu	0,10	1,10
6	Servis Kolaylığı ve İletişim Yeteneği	0,10	1,10
7	Lokasyon ve Trafik	0,05	1,05
8	Tedarikçi İtibarı ve Yeterlilik	0,05	1,05
9	Esneklik	0,05	1,05
10	Mali Durumu	0,10	1,10
11	Tedarikçinin Varlıklarının Durumu	0,05	1,05
12	İş Çıktıları ve Çalışan Sayısı	0,10	1,10

Dördüncü adımda; q_j değerleri hesaplanmaktadır. Bu değerler hesaplanan öncelik katsayılarının 0-1 arasında yer alması için düzeltilmiş değerleri ifade etmektedir. Hesaplamasında (3.3) ve (3.4) numaralı formüller uygulanmaktadır.

$$q_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j=1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & \text{eğer } j>1 \end{cases} \quad (3.3)$$

$$q_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j=1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & \text{eğer } j>1 \end{cases} \quad (3.4)$$

Hesaplama sonucunda elde edilen veriler Tablo 9'da yer almaktadır.

Tablo 9 Düzeltilmiş Katsayı Değerleri

Kriter Sıra No	Kriter	Göreceli Önem (s_j)	Önem Katsayısı (K_j)	Düzeltilmiş Katsayı Değerleri(q_j)
1	Kalite		1,00	1,00
2	Süre	0,20	1,20	0,83
3	Miktar	0,10	1,10	0,76
4	Fiyat	0,15	1,15	0,66
5	Ödeme Metodu	0,10	1,10	0,60
6	Servis Kolaylığı ve İletişim Yeteneği	0,10	1,10	0,54
7	Lokasyon ve Trafik	0,05	1,05	0,52
8	Tedarikçi İtibarı ve Yeterlilik	0,05	1,05	0,49
9	Esneklik	0,05	1,05	0,47
10	Mali Durumu	0,10	1,10	0,43
11	Tedarikçinin Varlıklarının Durumu	0,05	1,05	0,41
12	İş Çıktıları ve Çalışan Sayısı	0,10	1,10	0,37

Beşinci adımda; w_j değerleri hesaplanmaktadır. Bu değerler kriterlerin elde edilmiş ağırlıklarını ifade etmektedir. Hesaplamasında (3.5) numaralı formül uygulanmaktadır.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad (3.5)$$

Hesaplama sonucunda elde edilen veriler Tablo 10'da yer almaktadır.

Tablo 10 Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter Sıra No	Kriter	Göreceli Önem (s_j)	Önem Katsayısı (K_j)	Düzeltilmiş Katsayı Değerleri (q_j)	Kriter Ağırlıkları (w_j)
1	Kalite		1,00	1,00	0,141
2	Süre	0,20	1,20	0,83	0,118
3	Miktar	0,10	1,10	0,76	0,107
4	Fiyat	0,15	1,15	0,66	0,093
5	Ödeme Metodu	0,10	1,10	0,60	0,085
6	Servis Kolaylığı ve İletişim Yeteneği	0,10	1,10	0,54	0,077
7	Lokasyon ve Trafik	0,05	1,05	0,52	0,073
8	Tedarikçi İtibar ve Yeterlilik	0,05	1,05	0,49	0,070
9	Esneklik	0,05	1,05	0,47	0,066
10	Mali Durumu	0,10	1,10	0,43	0,060
11	Tedarikçinin Varlıklarının Durumu	0,05	1,05	0,41	0,058
12	İş Çıktıları ve Çalışan Sayısı	0,10	1,10	0,37	0,052

3.7.2.2 MOORA ve ağırlıklı MOORA yöntemi ile tedarikçilerin sıralanması

Tedarikçilerin sıralanması aşamasında MOORA yönteminden faydalanılmıştır. Kriterlerin kodları Tablo 11'de yer almaktadır.

Tablo 11 Kriterlerin Kodları

Kriter	Kriter Kod
Kalite	K1
Miktar	K2
Ödeme Metodu	K3
Servis Kolaylığı ve İletişim Yeteneği	K4
Tedarikçi İtibar ve Yeterlilik	K5
Esneklik	K6
Mali Durumu	K7
Tedarikçinin Varlıklarının Durumu	K8
Fiyat	K9
Süre	K10
Lokasyon ve Trafik	K11
İş Çıktıları ve Çalışan Sayısı	K12

Tedarikçilerin bu kriterler bazında elde edilen skorları ve seçilen ürün bazında eldeki ürün miktarları, fiyat bilgisi ve teslim süreleri Tablo 12’de yer almaktadır.

Tablo 12 Tedarikçi Kriter Bilgileri

Tedarikçi ID	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
1	4	350	3	3	4	4	4	3	5	2	50	5
2	2	350	2	5	4	3	5	4	7	3	60	6
3	2	450	3	6	5	4	7	8	8	4	30	9
4	4	260	3	6	8	5	7	8	7	1	40	9
5	3	170	3	7	6	2	6	5	7	2	35	4
6	4	180	1	8	8	2	9	7	8	0,5	55	5
7	3	350	1	3	4	4	4	3	5	2	62	5
8	3	250	1	6	5	3	6	5	6	4	78	4
9	5	360	4	9	8	5	8	6	6	3	120	5
10	4	240	4	9	8	3	8	6	7	1	50	6
11	5	120	4	5	6	4	6	7	5	2	45	7
12	2	520	5	7	6	2	6	5	8	2	65	8
13	3	190	5	7	8	3	8	8	4	1	80	9
14	4	450	5	8	7	4	7	6	5	3	90	7
15	3	350	3	6	6	4	6	5	4	4	150	5
16	5	650	2	7	7	3	7	8	6	3	220	6
17	2	870	3	8	9	5	4	3	4	1	30	4
18	4	350	1	6	5	3	5	4	6	2	56	5
19	5	350	5	3	4	4	3	5	7	3	45	4
20	4	650	4	4	5	3	5	4	3	3	78	6
21	5	450	1	5	4	4	6	5	5	4	66	6
22	3	400	2	5	5	4	4	6	3	3	55	7
23	3	550	3	6	8	3	5	4	4	4	35	5
24	3	350	3	8	9	3	7	8	4	5	45	7
25	2	640	4	7	9	4	8	7	3	1	71	8
26	3	120	2	8	7	2	9	8	4	3	25	9
27	3	450	3	9	8	3	8	7	3	2	53	6
28	4	350	4	6	7	4	5	4	6	3	51	5
29	3	150	5	3	6	3	4	6	6	4	84	7
30	4	420	1	4	5	4	5	6	7	1	75	7
31	2	150	1	5	4	2	4	5	3	3	42	6
32	4	250	2	5	4	3	4	5	8	2	15	7
33	3	350	2	4	5	4	6	7	5	4	38	6
34	3	150	3	5	6	3	4	6	4	3	84	5
35	2	150	4	5	6	3	4	6	3	1	72	7

MOORA yönteminin ilk adımında mevcut matrisin kareleri ve kriter bazında kareler toplamının karekökü alınır. Bu işlem sonucunda elde edilen matris Tablo 13'te yer almaktadır.

Tablo 13 Kriterler Bazında Kareler Toplamı ve Karekökler Matrisi

Tedarikçi ID	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
1	16	122.500	9	9	16	16	16	9	25	4	2.500	25
2	4	122.500	4	25	16	9	25	16	49	9	3.600	36
3	4	202.500	9	36	25	16	49	64	64	16	900	81
4	16	67.600	9	36	64	25	49	64	49	1	1.600	81
5	9	28.900	9	49	36	4	36	25	49	4	1.225	16
6	16	32.400	1	64	64	4	81	49	64	0,25	3.025	25
7	9	122.500	1	9	16	16	16	9	25	4	3.844	25
8	9	62.500	1	36	25	9	36	25	36	16	6.084	16
9	25	129.600	16	81	64	25	64	36	36	9	14.400	25
10	16	57.600	16	81	64	9	64	36	49	1	2.500	36
11	25	14.400	16	25	36	16	36	49	25	4	2.025	49
12	4	270.400	25	49	36	4	36	25	64	4	4.225	64
13	9	36.100	25	49	64	9	64	64	16	1	6.400	81
14	16	202.500	25	64	49	16	49	36	25	9	8.100	49
15	9	122.500	9	36	36	16	36	25	16	16	22.500	25
16	25	422.500	4	49	49	9	49	64	36	9	48.400	36
17	4	756.900	9	64	81	25	16	9	16	1	900	16
18	16	122.500	1	36	25	9	25	16	36	4	3.136	25
19	25	122.500	25	9	16	16	9	25	49	9	2.025	16
20	16	422.500	16	16	25	9	25	16	9	9	6.084	36
21	25	202.500	1	25	16	16	36	25	25	16	4.356	36
22	9	160.000	4	25	25	16	16	36	9	9	3.025	49
23	9	302.500	9	36	64	9	25	16	16	16	1.225	25
24	9	122.500	9	64	81	9	49	64	16	25	2.025	49
25	4	409.600	16	49	81	16	64	49	9	1	5.041	64
26	9	14.400	4	64	49	4	81	64	16	9	625	81
27	9	202.500	9	81	64	9	64	49	9	4	2.809	36
28	16	122.500	16	36	49	16	25	16	36	9	2.601	25
29	9	22.500	25	9	36	9	16	36	36	16	7.056	49
30	16	176.400	1	16	25	16	25	36	49	1	5.625	49
31	4	22.500	1	25	16	4	16	25	9	9	1.764	36
32	16	62.500	4	25	16	9	16	25	64	4	225	49

33	9	122.500	4	16	25	16	36	49	25	16	1.444	36
34	9	22.500	9	25	36	9	16	36	16	9	7.056	25
35	4	22.500	16	25	36	9	16	36	9	1	5.184	49
Kareler Toplamı	430	5.429.300	358	1344	1426	429	1282	1224	1082	275,25	193.534	1421
Kareler Toplamı Karekökü	20,74	2.330,09	18,92	36,66	37,76	20,71	35,81	34,99	32,89	16,59	439,92	37,70

MOORA yönteminin ikinci adımında normalizasyon matrisi oluşturulur. Normalizasyon matrisi her bir hücre değerinin o kritere ait kareler toplamının kareköküne bölünmesi ile bulunur. Bu işlem (3.6) ile formülize edilmektedir.

mx_{ij} : Tedarikçi kriter matrisi

MB : Matris Boyutu

$N_{mx_{ij}}$: Normalize edilmiş mx_{ij} değeri

$$N_{mx_{ij}} = \frac{mx_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{MB} mx_{ij}^2}} \quad (3.6)$$

Normalize işlemlerinin yapılmasının ardından elde edilen matris Tablo 14'te yer almaktadır.

Tablo 14 Kriterler Bazında Normalizasyon Matrisi

Tedarikçi ID	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
1	0,193	0,150	0,159	0,082	0,106	0,193	0,112	0,086	0,152	0,121	0,114	0,133
2	0,096	0,150	0,106	0,136	0,106	0,145	0,140	0,114	0,213	0,181	0,136	0,159
3	0,096	0,193	0,159	0,164	0,132	0,193	0,196	0,229	0,243	0,241	0,068	0,239
4	0,193	0,112	0,159	0,164	0,212	0,241	0,196	0,229	0,213	0,060	0,091	0,239
5	0,145	0,073	0,159	0,191	0,159	0,097	0,168	0,143	0,213	0,121	0,080	0,106
6	0,193	0,077	0,053	0,218	0,212	0,097	0,251	0,200	0,243	0,030	0,125	0,133
7	0,145	0,150	0,053	0,082	0,106	0,193	0,112	0,086	0,152	0,121	0,141	0,133
8	0,145	0,107	0,053	0,164	0,132	0,145	0,168	0,143	0,182	0,241	0,177	0,106

9	0,241	0,155	0,211	0,245	0,212	0,241	0,223	0,171	0,182	0,181	0,273	0,133
10	0,193	0,103	0,211	0,245	0,212	0,145	0,223	0,171	0,213	0,060	0,114	0,159
11	0,241	0,052	0,211	0,136	0,159	0,193	0,168	0,200	0,152	0,121	0,102	0,186
12	0,096	0,223	0,264	0,191	0,159	0,097	0,168	0,143	0,243	0,121	0,148	0,212
13	0,145	0,082	0,264	0,191	0,212	0,145	0,223	0,229	0,122	0,060	0,182	0,239
14	0,193	0,193	0,264	0,218	0,185	0,193	0,196	0,171	0,152	0,181	0,205	0,186
15	0,145	0,150	0,159	0,164	0,159	0,193	0,168	0,143	0,122	0,241	0,341	0,133
16	0,241	0,279	0,106	0,191	0,185	0,145	0,196	0,229	0,182	0,181	0,500	0,159
17	0,096	0,373	0,159	0,218	0,238	0,241	0,112	0,086	0,122	0,060	0,068	0,106
18	0,193	0,150	0,053	0,164	0,132	0,145	0,140	0,114	0,182	0,121	0,127	0,133
19	0,241	0,150	0,264	0,082	0,106	0,193	0,084	0,143	0,213	0,181	0,102	0,106
20	0,193	0,279	0,211	0,109	0,132	0,145	0,140	0,114	0,091	0,181	0,177	0,159
21	0,241	0,193	0,053	0,136	0,106	0,193	0,168	0,143	0,152	0,241	0,150	0,159
22	0,145	0,172	0,106	0,136	0,132	0,193	0,112	0,171	0,091	0,181	0,125	0,186
23	0,145	0,236	0,159	0,164	0,212	0,145	0,140	0,114	0,122	0,241	0,080	0,133
24	0,145	0,150	0,159	0,218	0,238	0,145	0,196	0,229	0,122	0,301	0,102	0,186
25	0,096	0,275	0,211	0,191	0,238	0,193	0,223	0,200	0,091	0,060	0,161	0,212
26	0,145	0,052	0,106	0,218	0,185	0,097	0,251	0,229	0,122	0,181	0,057	0,239
27	0,145	0,193	0,159	0,245	0,212	0,145	0,223	0,200	0,091	0,121	0,120	0,159
28	0,193	0,150	0,211	0,164	0,185	0,193	0,140	0,114	0,182	0,181	0,116	0,133
29	0,145	0,064	0,264	0,082	0,159	0,145	0,112	0,171	0,182	0,241	0,191	0,186
30	0,193	0,180	0,053	0,109	0,132	0,193	0,140	0,171	0,213	0,060	0,170	0,186
31	0,096	0,064	0,053	0,136	0,106	0,097	0,112	0,143	0,091	0,181	0,095	0,159
32	0,193	0,107	0,106	0,136	0,106	0,145	0,112	0,143	0,243	0,121	0,034	0,186
33	0,145	0,150	0,106	0,109	0,132	0,193	0,168	0,200	0,152	0,241	0,086	0,159
34	0,145	0,064	0,159	0,136	0,159	0,145	0,112	0,171	0,122	0,181	0,191	0,133
35	0,096	0,064	0,211	0,136	0,159	0,145	0,112	0,171	0,091	0,060	0,164	0,186

MOORA yönteminin üçüncü adımında her bir kriter için hedeflenen değerin maksimum mu yoksa minimum mu olduğuna karar verilmektedir. Örnek olarak Kalite kriteri için maksimum hedeflenirken, fiyat için minimum hedeflenmektedir. Minimum ve Maksimum amaçları baz alınarak her kriter için Normalizasyon matrisinden referans değerleri elde edilir. Amaçlar ve referansların yer aldığı matris Tablo 15'te yer almaktadır.

Tablo 15 Amaç ve Referans Değer Tablosu

Referans Değeri	0,241	0,373	0,264	0,245	0,238	0,241	0,251	0,229	0,091	0,030	0,034	0,239
Beklenen	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Min	Min	Max
Tedarikçi ID	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
1	0,193	0,150	0,159	0,082	0,106	0,193	0,112	0,086	0,152	0,121	0,114	0,133
2	0,096	0,150	0,106	0,136	0,106	0,145	0,140	0,114	0,213	0,181	0,136	0,159
3	0,096	0,193	0,159	0,164	0,132	0,193	0,196	0,229	0,243	0,241	0,068	0,239
4	0,193	0,112	0,159	0,164	0,212	0,241	0,196	0,229	0,213	0,060	0,091	0,239
5	0,145	0,073	0,159	0,191	0,159	0,097	0,168	0,143	0,213	0,121	0,080	0,106
6	0,193	0,077	0,053	0,218	0,212	0,097	0,251	0,200	0,243	0,030	0,125	0,133
7	0,145	0,150	0,053	0,082	0,106	0,193	0,112	0,086	0,152	0,121	0,141	0,133
8	0,145	0,107	0,053	0,164	0,132	0,145	0,168	0,143	0,182	0,241	0,177	0,106
9	0,241	0,155	0,211	0,245	0,212	0,241	0,223	0,171	0,182	0,181	0,273	0,133
10	0,193	0,103	0,211	0,245	0,212	0,145	0,223	0,171	0,213	0,060	0,114	0,159
11	0,241	0,052	0,211	0,136	0,159	0,193	0,168	0,200	0,152	0,121	0,102	0,186
12	0,096	0,223	0,264	0,191	0,159	0,097	0,168	0,143	0,243	0,121	0,148	0,212
13	0,145	0,082	0,264	0,191	0,212	0,145	0,223	0,229	0,122	0,060	0,182	0,239
14	0,193	0,193	0,264	0,218	0,185	0,193	0,196	0,171	0,152	0,181	0,205	0,186
15	0,145	0,150	0,159	0,164	0,159	0,193	0,168	0,143	0,122	0,241	0,341	0,133
16	0,241	0,279	0,106	0,191	0,185	0,145	0,196	0,229	0,182	0,181	0,500	0,159
17	0,096	0,373	0,159	0,218	0,238	0,241	0,112	0,086	0,122	0,060	0,068	0,106
18	0,193	0,150	0,053	0,164	0,132	0,145	0,140	0,114	0,182	0,121	0,127	0,133
19	0,241	0,150	0,264	0,082	0,106	0,193	0,084	0,143	0,213	0,181	0,102	0,106
20	0,193	0,279	0,211	0,109	0,132	0,145	0,140	0,114	0,091	0,181	0,177	0,159
21	0,241	0,193	0,053	0,136	0,106	0,193	0,168	0,143	0,152	0,241	0,150	0,159
22	0,145	0,172	0,106	0,136	0,132	0,193	0,112	0,171	0,091	0,181	0,125	0,186
23	0,145	0,236	0,159	0,164	0,212	0,145	0,140	0,114	0,122	0,241	0,080	0,133
24	0,145	0,150	0,159	0,218	0,238	0,145	0,196	0,229	0,122	0,301	0,102	0,186
25	0,096	0,275	0,211	0,191	0,238	0,193	0,223	0,200	0,091	0,060	0,161	0,212
26	0,145	0,052	0,106	0,218	0,185	0,097	0,251	0,229	0,122	0,181	0,057	0,239
27	0,145	0,193	0,159	0,245	0,212	0,145	0,223	0,200	0,091	0,121	0,120	0,159
28	0,193	0,150	0,211	0,164	0,185	0,193	0,140	0,114	0,182	0,181	0,116	0,133
29	0,145	0,064	0,264	0,082	0,159	0,145	0,112	0,171	0,182	0,241	0,191	0,186
30	0,193	0,180	0,053	0,109	0,132	0,193	0,140	0,171	0,213	0,060	0,170	0,186
31	0,096	0,064	0,053	0,136	0,106	0,097	0,112	0,143	0,091	0,181	0,095	0,159
32	0,193	0,107	0,106	0,136	0,106	0,145	0,112	0,143	0,243	0,121	0,034	0,186
33	0,145	0,150	0,106	0,109	0,132	0,193	0,168	0,200	0,152	0,241	0,086	0,159
34	0,145	0,064	0,159	0,136	0,159	0,145	0,112	0,171	0,122	0,181	0,191	0,133
35	0,096	0,064	0,211	0,136	0,159	0,145	0,112	0,171	0,091	0,060	0,164	0,186

MOORA yönteminin dördüncü adımında Referans Nokta Değerlerine Uzaklık yönteminin uygulanması tercih edilmiştir. Bu aşamada her matris hücresinin kriterler bazında belirlenen referans değerlerine uzaklıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan uzaklık değerlerinin mutlak değerleri alınmıştır. Referans uzaklıkları elde edildikten sonra her tedarikçi için kriterler arasındaki maksimum uzaklık tespit edilmiştir. Elde edilen matris Tablo 16'da yer almaktadır

Tablo 16 Referans Nokta Uzaklık Matrisi

Tedarikçi ID	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	Maks Uzaklık
1	0,048	0,223	0,106	0,164	0,132	0,048	0,140	0,143	0,061	0,090	0,080	0,106	0,223
2	0,145	0,223	0,159	0,109	0,132	0,097	0,112	0,114	0,122	0,151	0,102	0,080	0,223
3	0,145	0,180	0,106	0,082	0,106	0,048	0,056	0,000	0,152	0,211	0,034	0,000	0,211
4	0,048	0,262	0,106	0,082	0,026	0,000	0,056	0,000	0,122	0,030	0,057	0,000	0,262
5	0,096	0,300	0,106	0,055	0,079	0,145	0,084	0,086	0,122	0,090	0,045	0,133	0,300
6	0,048	0,296	0,211	0,027	0,026	0,145	0,000	0,029	0,152	0,000	0,091	0,106	0,296
7	0,096	0,223	0,211	0,164	0,132	0,048	0,140	0,143	0,061	0,090	0,107	0,106	0,223
8	0,096	0,266	0,211	0,082	0,106	0,097	0,084	0,086	0,091	0,211	0,143	0,133	0,266
9	0,000	0,219	0,053	0,000	0,026	0,000	0,028	0,057	0,091	0,151	0,239	0,106	0,239
10	0,048	0,270	0,053	0,000	0,026	0,097	0,028	0,057	0,122	0,030	0,080	0,080	0,270
11	0,000	0,322	0,053	0,109	0,079	0,048	0,084	0,029	0,061	0,090	0,068	0,053	0,322
12	0,145	0,150	0,000	0,055	0,079	0,145	0,084	0,086	0,152	0,090	0,114	0,027	0,152
13	0,096	0,292	0,000	0,055	0,026	0,097	0,028	0,000	0,030	0,030	0,148	0,000	0,292
14	0,048	0,180	0,000	0,027	0,053	0,048	0,056	0,057	0,061	0,151	0,170	0,053	0,180
15	0,096	0,223	0,106	0,082	0,079	0,048	0,084	0,086	0,030	0,211	0,307	0,106	0,307
16	0,000	0,094	0,159	0,055	0,053	0,097	0,056	0,000	0,091	0,151	0,466	0,080	0,466
17	0,145	0,000	0,106	0,027	0,000	0,000	0,140	0,143	0,030	0,030	0,034	0,133	0,145
18	0,048	0,223	0,211	0,082	0,106	0,097	0,112	0,114	0,091	0,090	0,093	0,106	0,223
19	0,000	0,223	0,000	0,164	0,132	0,048	0,168	0,086	0,122	0,151	0,068	0,133	0,223
20	0,048	0,094	0,053	0,136	0,106	0,097	0,112	0,114	0,000	0,151	0,143	0,080	0,151
21	0,000	0,180	0,211	0,109	0,132	0,048	0,084	0,086	0,061	0,211	0,116	0,080	0,211
22	0,096	0,202	0,159	0,109	0,106	0,048	0,140	0,057	0,000	0,151	0,091	0,053	0,202
23	0,096	0,137	0,106	0,082	0,026	0,097	0,112	0,114	0,030	0,211	0,045	0,106	0,211
24	0,096	0,223	0,106	0,027	0,000	0,097	0,056	0,000	0,030	0,271	0,068	0,053	0,271
25	0,145	0,099	0,053	0,055	0,000	0,048	0,028	0,029	0,000	0,030	0,127	0,027	0,145
26	0,096	0,322	0,159	0,027	0,053	0,145	0,000	0,000	0,030	0,151	0,023	0,000	0,322
27	0,096	0,180	0,106	0,000	0,026	0,097	0,028	0,029	0,000	0,090	0,086	0,080	0,180
28	0,048	0,223	0,053	0,082	0,053	0,048	0,112	0,114	0,091	0,151	0,082	0,106	0,223
29	0,096	0,309	0,000	0,164	0,079	0,097	0,140	0,057	0,091	0,211	0,157	0,053	0,309
30	0,048	0,193	0,211	0,136	0,106	0,048	0,112	0,057	0,122	0,030	0,136	0,053	0,211
31	0,145	0,309	0,211	0,109	0,132	0,145	0,140	0,086	0,000	0,151	0,061	0,080	0,309
32	0,048	0,266	0,159	0,109	0,132	0,097	0,140	0,086	0,152	0,090	0,000	0,053	0,266
33	0,096	0,223	0,159	0,136	0,106	0,048	0,084	0,029	0,061	0,211	0,052	0,080	0,223
34	0,096	0,309	0,106	0,109	0,079	0,097	0,140	0,057	0,030	0,151	0,157	0,106	0,309
35	0,145	0,309	0,053	0,109	0,079	0,097	0,140	0,057	0,000	0,030	0,130	0,053	0,309

MOORA yönteminin son adımında ise hesaplanan uzaklıklar küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Bu sıralamada uzaklık değeri en düşük olan tedarikçi en iyi tedarikçi olarak belirlenmektedir. Mevcut verilerle tedarikçi sıralaması yapıldığında Tablo 17 elde edilmiştir.

Tablo 17 Tedarikçilerin Sıralanması

Tedarikçi ID	Uzaklık
17	0,145
25	0,145
20	0,151
12	0,152
14	0,180
27	0,180
22	0,202
3	0,211
23	0,211
21	0,211
30	0,211
1	0,223
2	0,223
7	0,223
18	0,223
19	0,223
28	0,223
33	0,223
9	0,239
4	0,262
8	0,266
32	0,266
10	0,270
24	0,271
13	0,292
6	0,296
5	0,300
15	0,307
29	0,309
31	0,309
34	0,309
35	0,309
11	0,322
26	0,322
16	0,466

MOORA yöntemine SWARA metodundan elde edilen kriterlerin ağırlıkları dahil edilmek istendiğinde elde edilen kriter ağırlıkları ile Tablo 10'daki Normalizasyon Matrisi ile çarpılarak Ağırlıklı Normalizasyon Matrisi elde edilmektedir. Ağırlıklı Normalizasyon Matrisi Tablo 18'de yer almaktadır.

Tablo 18 Ağırlıklı Normalizasyon Matrisi

SWARA Ağırlıkları	0,141	0,107	0,085	0,077	0,070	0,066	0,060	0,058	0,093	0,118	0,073	0,052
Tedarikçi ID	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
1	0,027	0,016	0,013	0,006	0,007	0,013	0,007	0,005	0,014	0,014	0,008	0,007
2	0,014	0,016	0,009	0,010	0,007	0,010	0,008	0,007	0,020	0,021	0,010	0,008
3	0,014	0,021	0,013	0,013	0,009	0,013	0,012	0,013	0,023	0,028	0,005	0,012
4	0,027	0,012	0,013	0,013	0,015	0,016	0,012	0,013	0,020	0,007	0,007	0,012
5	0,020	0,008	0,013	0,015	0,011	0,006	0,010	0,008	0,020	0,014	0,006	0,006
6	0,027	0,008	0,004	0,017	0,015	0,006	0,015	0,012	0,023	0,004	0,009	0,007
7	0,020	0,016	0,004	0,006	0,007	0,013	0,007	0,005	0,014	0,014	0,010	0,007
8	0,020	0,011	0,004	0,013	0,009	0,010	0,010	0,008	0,017	0,028	0,013	0,006
9	0,034	0,017	0,018	0,019	0,015	0,016	0,013	0,010	0,017	0,021	0,020	0,007
10	0,027	0,011	0,018	0,019	0,015	0,010	0,013	0,010	0,020	0,007	0,008	0,008
11	0,034	0,006	0,018	0,010	0,011	0,013	0,010	0,012	0,014	0,014	0,007	0,010
12	0,014	0,024	0,022	0,015	0,011	0,006	0,010	0,008	0,023	0,014	0,011	0,011
13	0,020	0,009	0,022	0,015	0,015	0,010	0,013	0,013	0,011	0,007	0,013	0,012
14	0,027	0,021	0,022	0,017	0,013	0,013	0,012	0,010	0,014	0,021	0,015	0,010
15	0,020	0,016	0,013	0,013	0,011	0,013	0,010	0,008	0,011	0,028	0,025	0,007
16	0,034	0,030	0,009	0,015	0,013	0,010	0,012	0,013	0,017	0,021	0,037	0,008
17	0,014	0,040	0,013	0,017	0,017	0,016	0,007	0,005	0,011	0,007	0,005	0,006
18	0,027	0,016	0,004	0,013	0,009	0,010	0,008	0,007	0,017	0,014	0,009	0,007
19	0,034	0,016	0,022	0,006	0,007	0,013	0,005	0,008	0,020	0,021	0,007	0,006
20	0,027	0,030	0,018	0,008	0,009	0,010	0,008	0,007	0,008	0,021	0,013	0,008
21	0,034	0,021	0,004	0,010	0,007	0,013	0,010	0,008	0,014	0,028	0,011	0,008
22	0,020	0,018	0,009	0,010	0,009	0,013	0,007	0,010	0,008	0,021	0,009	0,010
23	0,020	0,025	0,013	0,013	0,015	0,010	0,008	0,007	0,011	0,028	0,006	0,007
24	0,020	0,016	0,013	0,017	0,017	0,010	0,012	0,013	0,011	0,035	0,007	0,010
25	0,014	0,029	0,018	0,015	0,017	0,013	0,013	0,012	0,008	0,007	0,012	0,011
26	0,020	0,006	0,009	0,017	0,013	0,006	0,015	0,013	0,011	0,021	0,004	0,012
27	0,020	0,021	0,013	0,019	0,015	0,010	0,013	0,012	0,008	0,014	0,009	0,008
28	0,027	0,016	0,018	0,013	0,013	0,013	0,008	0,007	0,017	0,021	0,008	0,007
29	0,020	0,007	0,022	0,006	0,011	0,010	0,007	0,010	0,017	0,028	0,014	0,010
30	0,027	0,019	0,004	0,008	0,009	0,013	0,008	0,010	0,020	0,007	0,012	0,010
31	0,014	0,007	0,004	0,010	0,007	0,006	0,007	0,008	0,008	0,021	0,007	0,008
32	0,027	0,011	0,009	0,010	0,007	0,010	0,007	0,008	0,023	0,014	0,002	0,010
33	0,020	0,016	0,009	0,008	0,009	0,013	0,010	0,012	0,014	0,028	0,006	0,008
34	0,020	0,007	0,013	0,010	0,011	0,010	0,007	0,010	0,011	0,021	0,014	0,007
35	0,014	0,007	0,018	0,010	0,011	0,010	0,007	0,010	0,008	0,007	0,012	0,010

Ağırlıklı Normalizasyon Matrisi elde edildikten sonra yukarıda paylaşılan yöntemin üçüncü adımındaki Minimum ve Maksimum amaçları baz alınarak her kriter için Ağırlıklı Normalizasyon Matrisinden referans değerleri elde edilir. Amaçlar ve referansların yer aldığı matris Tablo 19’da yer almaktadır.

Tablo 19 Ağırlıklı Amaç ve Referans Değer Tablosu

Amaç	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Min	Min	Max
Referans Değerleri	0,034	0,040	0,022	0,019	0,017	0,016	0,015	0,013	0,008	0,004	0,002	0,012
Tedarikçi ID	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
1	0,027	0,016	0,013	0,006	0,007	0,013	0,007	0,005	0,014	0,014	0,008	0,007
2	0,014	0,016	0,009	0,010	0,007	0,010	0,008	0,007	0,020	0,021	0,010	0,008
3	0,014	0,021	0,013	0,013	0,009	0,013	0,012	0,013	0,023	0,028	0,005	0,012
4	0,027	0,012	0,013	0,013	0,015	0,016	0,012	0,013	0,020	0,007	0,007	0,012
5	0,020	0,008	0,013	0,015	0,011	0,006	0,010	0,008	0,020	0,014	0,006	0,006
6	0,027	0,008	0,004	0,017	0,015	0,006	0,015	0,012	0,023	0,004	0,009	0,007
7	0,020	0,016	0,004	0,006	0,007	0,013	0,007	0,005	0,014	0,014	0,010	0,007
8	0,020	0,011	0,004	0,013	0,009	0,010	0,010	0,008	0,017	0,028	0,013	0,006
9	0,034	0,017	0,018	0,019	0,015	0,016	0,013	0,010	0,017	0,021	0,020	0,007
10	0,027	0,011	0,018	0,019	0,015	0,010	0,013	0,010	0,020	0,007	0,008	0,008
11	0,034	0,006	0,018	0,010	0,011	0,013	0,010	0,012	0,014	0,014	0,007	0,010
12	0,014	0,024	0,022	0,015	0,011	0,006	0,010	0,008	0,023	0,014	0,011	0,011
13	0,020	0,009	0,022	0,015	0,015	0,010	0,013	0,013	0,011	0,007	0,013	0,012
14	0,027	0,021	0,022	0,017	0,013	0,013	0,012	0,010	0,014	0,021	0,015	0,010
15	0,020	0,016	0,013	0,013	0,011	0,013	0,010	0,008	0,011	0,028	0,025	0,007
16	0,034	0,030	0,009	0,015	0,013	0,010	0,012	0,013	0,017	0,021	0,037	0,008
17	0,014	0,040	0,013	0,017	0,017	0,016	0,007	0,005	0,011	0,007	0,005	0,006
18	0,027	0,016	0,004	0,013	0,009	0,010	0,008	0,007	0,017	0,014	0,009	0,007
19	0,034	0,016	0,022	0,006	0,007	0,013	0,005	0,008	0,020	0,021	0,007	0,006
20	0,027	0,030	0,018	0,008	0,009	0,010	0,008	0,007	0,008	0,021	0,013	0,008
21	0,034	0,021	0,004	0,010	0,007	0,013	0,010	0,008	0,014	0,028	0,011	0,008
22	0,020	0,018	0,009	0,010	0,009	0,013	0,007	0,010	0,008	0,021	0,009	0,010
23	0,020	0,025	0,013	0,013	0,015	0,010	0,008	0,007	0,011	0,028	0,006	0,007
24	0,020	0,016	0,013	0,017	0,017	0,010	0,012	0,013	0,011	0,035	0,007	0,010
25	0,014	0,029	0,018	0,015	0,017	0,013	0,013	0,012	0,008	0,007	0,012	0,011
26	0,020	0,006	0,009	0,017	0,013	0,006	0,015	0,013	0,011	0,021	0,004	0,012
27	0,020	0,021	0,013	0,019	0,015	0,010	0,013	0,012	0,008	0,014	0,009	0,008
28	0,027	0,016	0,018	0,013	0,013	0,013	0,008	0,007	0,017	0,021	0,008	0,007
29	0,020	0,007	0,022	0,006	0,011	0,010	0,007	0,010	0,017	0,028	0,014	0,010
30	0,027	0,019	0,004	0,008	0,009	0,013	0,008	0,010	0,020	0,007	0,012	0,010
31	0,014	0,007	0,004	0,010	0,007	0,006	0,007	0,008	0,008	0,021	0,007	0,008
32	0,027	0,011	0,009	0,010	0,007	0,010	0,007	0,008	0,023	0,014	0,002	0,010
33	0,020	0,016	0,009	0,008	0,009	0,013	0,010	0,012	0,014	0,028	0,006	0,008
34	0,020	0,007	0,013	0,010	0,011	0,010	0,007	0,010	0,011	0,021	0,014	0,007
35	0,014	0,007	0,018	0,010	0,011	0,010	0,007	0,010	0,008	0,007	0,012	0,010

MOORA yönteminin yukarıda paylaşılan dördüncü adımındaki işlemler yapılarak her matris hücresinin kriterler bazında belirlenen referans değerlerine uzaklıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan uzaklık değerlerinin mutlak değerleri alınmıştır. Referans uzaklıkları elde edildikten sonra her tedarikçi için kriterler arasındaki maksimum uzaklık tespit edilmiştir. Elde edilen matris Tablo 20’de yer almaktadır.

Tablo 20 Ağırlıklı Referans Nokta Uzaklık Matrisi

Tedarikçi ID	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	Maks Uzaklık
1	0,007	0,024	0,009	0,013	0,009	0,003	0,008	0,008	0,006	0,011	0,006	0,006	0,024
2	0,020	0,024	0,013	0,008	0,009	0,006	0,007	0,007	0,011	0,018	0,007	0,004	0,024
3	0,020	0,019	0,009	0,006	0,007	0,003	0,003	0,000	0,014	0,025	0,002	0,000	0,025
4	0,007	0,028	0,009	0,006	0,002	0,000	0,003	0,000	0,011	0,004	0,004	0,000	0,028
5	0,014	0,032	0,009	0,004	0,006	0,010	0,005	0,005	0,011	0,011	0,003	0,007	0,032
6	0,007	0,032	0,018	0,002	0,002	0,010	0,000	0,002	0,014	0,000	0,007	0,006	0,032
7	0,014	0,024	0,018	0,013	0,009	0,003	0,008	0,008	0,006	0,011	0,008	0,006	0,024
8	0,014	0,028	0,018	0,006	0,007	0,006	0,005	0,005	0,008	0,025	0,010	0,007	0,028
9	0,000	0,023	0,004	0,000	0,002	0,000	0,002	0,003	0,008	0,018	0,017	0,006	0,023
10	0,007	0,029	0,004	0,000	0,002	0,006	0,002	0,003	0,011	0,004	0,006	0,004	0,029
11	0,000	0,034	0,004	0,008	0,006	0,003	0,005	0,002	0,006	0,011	0,005	0,003	0,034
12	0,020	0,016	0,000	0,004	0,006	0,010	0,005	0,005	0,014	0,011	0,008	0,001	0,020
13	0,014	0,031	0,000	0,004	0,002	0,006	0,002	0,000	0,003	0,004	0,011	0,000	0,031
14	0,007	0,019	0,000	0,002	0,004	0,003	0,003	0,003	0,006	0,018	0,012	0,003	0,019
15	0,014	0,024	0,009	0,006	0,006	0,003	0,005	0,005	0,003	0,025	0,022	0,006	0,025
16	0,000	0,010	0,013	0,004	0,004	0,006	0,003	0,000	0,008	0,018	0,034	0,004	0,034
17	0,020	0,000	0,009	0,002	0,000	0,000	0,008	0,008	0,003	0,004	0,002	0,007	0,020
18	0,007	0,024	0,018	0,006	0,007	0,006	0,007	0,007	0,008	0,011	0,007	0,006	0,024
19	0,000	0,024	0,000	0,013	0,009	0,003	0,010	0,005	0,011	0,018	0,005	0,007	0,024
20	0,007	0,010	0,004	0,010	0,007	0,006	0,007	0,007	0,000	0,018	0,010	0,004	0,018
21	0,000	0,019	0,018	0,008	0,009	0,003	0,005	0,005	0,006	0,025	0,008	0,004	0,025
22	0,014	0,022	0,013	0,008	0,007	0,003	0,008	0,003	0,000	0,018	0,007	0,003	0,022
23	0,014	0,015	0,009	0,006	0,002	0,006	0,007	0,007	0,003	0,025	0,003	0,006	0,025
24	0,014	0,024	0,009	0,002	0,000	0,006	0,003	0,000	0,003	0,032	0,005	0,003	0,032
25	0,020	0,011	0,004	0,004	0,000	0,003	0,002	0,002	0,000	0,004	0,009	0,001	0,020
26	0,014	0,034	0,013	0,002	0,004	0,010	0,000	0,000	0,003	0,018	0,002	0,000	0,034
27	0,014	0,019	0,009	0,000	0,002	0,006	0,002	0,002	0,000	0,011	0,006	0,004	0,019
28	0,007	0,024	0,004	0,006	0,004	0,003	0,007	0,007	0,008	0,018	0,006	0,006	0,024
29	0,014	0,033	0,000	0,013	0,006	0,006	0,008	0,003	0,008	0,025	0,011	0,003	0,033
30	0,007	0,021	0,018	0,010	0,007	0,003	0,007	0,003	0,011	0,004	0,010	0,003	0,021
31	0,020	0,033	0,018	0,008	0,009	0,010	0,008	0,005	0,000	0,018	0,004	0,004	0,033
32	0,007	0,028	0,013	0,008	0,009	0,006	0,008	0,005	0,014	0,011	0,000	0,003	0,028
33	0,014	0,024	0,013	0,010	0,007	0,003	0,005	0,002	0,006	0,025	0,004	0,004	0,025

34	0,014	0,033	0,009	0,008	0,006	0,006	0,008	0,003	0,003	0,018	0,011	0,006	0,033
35	0,020	0,033	0,004	0,008	0,006	0,006	0,008	0,003	0,000	0,004	0,009	0,003	0,033

MOORA yönteminin son adımında hesaplanan uzaklıklar küçükten büyüğe doğru sıralanmış ve mevcut verilerle tedarikçi sıralaması yapıldığında Tablo 21 elde edilmiştir.

Tablo 21 Ağırlıklı Metot Tedarikçilerin Sıralanması

Tedarikçi ID	Uzaklık
20	0,018
14	0,019
27	0,019
12	0,020
17	0,020
25	0,020
30	0,021
22	0,022
9	0,023
1	0,024
2	0,024
7	0,024
18	0,024
19	0,024
28	0,024
3	0,025
15	0,025
21	0,025
23	0,025
33	0,025
4	0,028
8	0,028
32	0,028
10	0,029
13	0,031
6	0,032
24	0,032
5	0,032
29	0,033
31	0,033
34	0,033
35	0,033
16	0,034
11	0,034
26	0,034

3.7.2.3 Küresel bulanık DEMATEL yöntemi ile tedarikçilerin sıralanması

Kullanılan kriterlerin birbirlerine göre önem derecesi dilsel terimler matrisi kullanılarak oluşturulmuştur. Dilsel terimler matrisinde kullanılan önem dereceleri Tablo 22’de yer almaktadır.

Tablo 22 Dilsel Terimler Önem Dereceleri

Eşit Önemli	(1, 1, 1)
Az Daha Önemli	(1, 2, 3)
Orta Derecede Önemli	(2, 3, 4)
Çok Daha Önemli	(3, 4, 5)
Aşırı Daha Önemli	(4, 5, 6)

Önem derecelerine göre örneklendirilmiş bulanık direk ilişki matrisi Tablo 23’te yer almaktadır.

$Z_{ij} : (Alt_{ij}, Orta_{ij}, Ust_{ij})$ *i*. kriterin *j*. kriteri etkileme derecesini ifade etmektedir.

Tablo 23 Bulanık Direk İlişki Matrisi

Z_{ij}	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)	(2,3,4)	(3,4,5)	(3,4,5)	(3,4,5)	(3,4,5)	(3,4,5)
K2	(1,1,1)	0	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)	(2,3,4)	(3,4,5)	(3,4,5)	(3,4,5)	(3,4,5)	(3,4,5)
K3	(1,1,1)	(1,1,1)	0	(1,1,1)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(3,4,5)	(3,4,5)	(3,4,5)	(3,4,5)
K4	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(3,4,5)	(3,4,5)
K5	(0.333, 0.5, 1.0)	(0.333, 0.5, 1.0)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	0	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,2,3)	(1,2,3)	(1,2,3)	(2,3,4)	(3,4,5)
K6	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	(1.0, 1.0, 1.0)	0	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)
K7	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	(1,1,1)	(1,1,1)	0	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(3,4,5)	(3,4,5)
K8	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.333, 0.5, 1.0)	(1,1,1)	(0.25, 0.333, 0.5)	0	(4,5,6)	(1,2,3)	(1,2,3)	(1,1,1)
K9	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.333, 0.5, 1.0)	(1,1,1)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.167, 0.2, 0.25)	0	(1,2,3)	(1,1,1)	(1,1,1)

K10	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.333, 0.5, 1.0)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.333, 0.5, 1.0)	(0.333, 0.5, 1.0)	0	(1.2,3)	(1,1,1)
K11	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.333, 0.5, 1.0)	(1,1,1)	(0.333, 0.5, 1.0)	0	(1,1,1)
K12	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.2, 0.25, 0.333)	(0.25, 0.333, 0.5)	(0.2, 0.25, 0.333)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	0

Bu matristen elde edilen normalize edilmiş direk ilişki matrisi Tablo 24’te yer almaktadır. Normalizasyon çalışmalarında her bir kriterin alt, orta ve üst değerlerinin olduğu matrisin sütun bazında üst değerleri toplanmıştır. Elde edilen en büyük toplam r değeri olarak ifade edilmekte olup tüm matris bu r değerine bölünerek normalize edilmiş direk ilişki matrisi oluşturulmuştur. Bu matrisin hesaplanmasında (3.7) ve (3.8) formülasyonları kullanılmıştır.

$$r = \max(\sum_{j=1}^{n(1 \leq i \leq n)} ust_{ij}) \quad (3.7)$$

$$x_{ij} = \frac{z_{ij}}{r} = \left(\frac{Alt_{ij}}{r}, \frac{Orta_{ij}}{r}, \frac{Ust_{ij}}{r} \right) \quad (3.8)$$

Tablo 24 Normalize Edilmiş Direk İlişki Matrisi

x_{ij}	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.049, 0.073)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)
K2	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.049, 0.073)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)
K3	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)
K4	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)
K5	(0.008, 0.012, 0.024)	(0.008, 0.012, 0.024)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.049, 0.073)	(0.024, 0.049, 0.073)	(0.024, 0.049, 0.073)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.073, 0.098, 0.122)
K6	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)
K7	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.049, 0.073, 0.098)	(0.073, 0.098, 0.122)	(0.073, 0.098, 0.122)
K8	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.008, 0.012, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.098, 0.122, 0.146)	(0.024, 0.049, 0.073)	(0.024, 0.049, 0.073)	(0.024, 0.024, 0.024)

K9	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.008, 0.012, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.004, 0.005, 0.006)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.024, 0.049, 0.073)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)
K10	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.008, 0.012, 0.024)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.008, 0.012, 0.024)	(0.008, 0.012, 0.024)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.024, 0.049, 0.073)	(0.024, 0.024, 0.024)
K11	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.008, 0.012, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.008, 0.012, 0.024)	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.024, 0.024, 0.024)
K12	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.005, 0.006, 0.008)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.024, 0.024, 0.024)	(0.0, 0.0, 0.0)

Toplam ilişki matrisi Tablo 25’te yer almaktadır. Toplam ilişki matrisi (3.9),(3.10),(3.11) ve (3.12) numaralı adımlar takip edilerek oluşturulmuştur.

$$T_{alt} = x_{alt}(1 - x_{alt})^{-1} \quad (3.9)$$

$$T_{orta} = x_{orta}(1 - x_{orta})^{-1} \quad (3.10)$$

$$T_{ust} = x_{ust}(1 - x_{ust})^{-1} \quad (3.11)$$

$$T : (T_{alt}, T_{orta}, T_{ust}) \quad (3.12)$$

Tablo 25 Toplam İlişki Matrisi

T	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	(0.005, 0.009, 0.017)	(0.029, 0.032, 0.040)	(0.029, 0.032, 0.040)	(0.029, 0.033, 0.041)	(0.034, 0.067, .1100)	(0.062, 0.095, 0.134)	(0.058, 0.090, 0.128)	(0.088, 0.127, 0.177)	(0.098, 0.144, 0.202)	(0.093, 0.143, 0.209)	(0.098, 0.149, 0.216)	(0.099, 0.144, 0.200)
K2	(0.029, 0.032, 0.040)	(0.005, 0.009, 0.017)	(0.029, 0.032, 0.040)	(0.029, 0.033, 0.041)	(0.034, 0.067, 0.110)	(0.062, 0.095, 0.134)	(0.058, 0.090, 0.128)	(0.088, 0.127, 0.177)	(0.098, 0.144, 0.202)	(0.093, 0.143, 0.209)	(0.098, 0.149, 0.216)	(0.099, 0.144, 0.200)
K3	(0.029, 0.032, 0.041)	(0.029, 0.032, 0.041)	(0.005, 0.009, 0.016)	(0.029, 0.033, 0.041)	(0.058, 0.090, 0.134)	(0.062, 0.095, 0.134)	(0.059, 0.090, 0.128)	(0.065, 0.103, 0.155)	(0.097, 0.142, 0.201)	(0.093, 0.143, 0.209)	(0.098, 0.150, 0.217)	(0.100, 0.146, 0.203)
K4	(0.029, 0.032, 0.040)	(0.029, 0.032, 0.040)	(0.029, 0.032, 0.039)	(0.005, 0.009, 0.017)	(0.058, 0.090, 0.132)	(0.061, 0.094, 0.133)	(0.059, 0.089, 0.127)	(0.065, 0.103, 0.154)	(0.073, 0.117, 0.176)	(0.069, 0.117, 0.183)	(0.097, 0.147, 0.214)	(0.098, 0.144, 0.201)
K5	(0.010, 0.016, 0.033)	(0.010, 0.016, 0.033)	(0.008, 0.012, 0.021)	(0.008, 0.013, 0.022)	(0.004, 0.009, 0.022)	(0.029, 0.035, 0.047)	(0.028, 0.032, 0.043)	(0.031, 0.063, 0.103)	(0.035, 0.072, 0.118)	(0.034, 0.070, 0.119)	(0.060, 0.096, 0.146)	(0.083, 0.117, 0.159)
K6	(0.008, 0.012, 0.019)	(0.008, 0.012, 0.019)	(0.008, 0.012, 0.019)	(0.008, 0.012, 0.019)	(0.028, 0.031, 0.040)	(0.006, 0.009, 0.017)	(0.028, 0.031, 0.038)	(0.031, 0.037, 0.049)	(0.035, 0.042, 0.056)	(0.057, 0.089, 0.129)	(0.059, 0.093, 0.135)	(0.060, 0.091, 0.127)

K7	(0.009, 0.013, 0.021)	(0.009, 0.013, 0.021)	(0.009, 0.013, 0.021)	(0.009, 0.013, 0.022)	(0.029, 0.033, 0.046)	(0.031, 0.036, 0.046)	(0.005, 0.009, 0.018)	(0.056, 0.087, 0.126)	(0.063, 0.098, 0.144)	(0.059, 0.096, 0.145)	(0.085, 0.123, 0.171)	(0.086, 0.120, 0.159)
K8	(0.007, 0.009, 0.015)	(0.007, 0.009, 0.015)	(0.008, 0.011, 0.018)	(0.008, 0.012, 0.019)	(0.012, 0.019, 0.040)	(0.029, 0.033, 0.040)	(0.010, 0.015, 0.025)	(0.005, 0.009, 0.021)	(0.104, 0.133, 0.170)	(0.032, 0.066, 0.108)	(0.033, 0.066, 0.107)	(0.033, 0.040, 0.054)
K9	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.007, 0.010, 0.016)	(0.010, 0.017, 0.034)	(0.027, 0.029, 0.034)	(0.009, 0.013, 0.021)	(0.008, 0.012, 0.022)	(0.006, 0.009, 0.019)	(0.029, 0.058, 0.092)	(0.030, 0.036, 0.050)	(0.030, 0.035, 0.045)
K10	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.006, 0.008, 0.012)	(0.007, 0.010, 0.016)	(0.010, 0.016, 0.034)	(0.009, 0.013, 0.022)	(0.008, 0.012, 0.021)	(0.011, 0.019, 0.039)	(0.013, 0.022, 0.045)	(0.004, 0.009, 0.022)	(0.029, 0.058, 0.094)	(0.029, 0.034, 0.044)
K11	(0.006, 0.008, 0.011)	(0.006, 0.008, 0.011)	(0.006, 0.008, 0.011)	(0.006, 0.008, 0.011)	(0.008, 0.011, 0.020)	(0.009, 0.012, 0.020)	(0.007, 0.010, 0.015)	(0.011, 0.017, 0.035)	(0.028, 0.032, 0.040)	(0.012, 0.020, 0.041)	(0.005, 0.009, 0.019)	(0.029, 0.032, 0.039)
K12	(0.006, 0.008, 0.011)	(0.006, 0.008, 0.011)	(0.006, 0.008, 0.011)	(0.006, 0.008, 0.011)	(0.007, 0.010, 0.016)	(0.009, 0.013, 0.020)	(0.007, 0.010, 0.015)	(0.027, 0.029, 0.035)	(0.030, 0.033, 0.040)	(0.028, 0.033, 0.040)	(0.029, 0.034, 0.042)	(0.006, 0.009, 0.015)

Toplam ilişki matrisi baz alınarak sütun bazında değerler toplamı(D), satır bazında değerler toplamı (R) değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler elde edildikten sonra D+R ve D-R değerleri hesaplanmıştır. Yapılan işlemlerden sonra elde edilen veriler Tablo 26’da yer almaktadır.

Tablo 26 D+R ve D-R Değerleri

	$D_i + R_i$ (alt)	$D_i + R_i$ (orta)	$D_i + R_i$ (üst)	$D_i - R_i$ (alt)	$D_i - R_i$ (orta)	$D_i - R_i$ (üst)
K1	0,872	1,252	1,786	0,572	0,878	1,242
K2	0,872	1,252	1,786	0,572	0,878	1,242
K3	0,873	1,250	1,780	0,575	0,880	1,260
K4	0,823	1,200	1,732	0,521	0,812	1,180
K5	0,632	1,011	1,604	0,048	0,091	0,128
K6	0,732	1,030	1,448	-0,060	-0,088	-0,114
K7	0,786	1,145	1,647	0,114	0,163	0,233
K8	0,774	1,155	1,725	-0,198	-0,311	-0,461
K9	0,854	1,231	1,782	-0,506	-0,745	-1,044
K10	0,741	1,204	1,879	-0,465	-0,770	-1,133
K11	0,854	1,285	1,900	-0,588	-0,935	-1,354
K12	0,919	1,259	1,713	-0,585	-0,853	-1,179

Kriter ağırlık hesaplamasında kullanılacak D+R ve D-R değerleri için durulaştırma işlemi yapılmıştır. Durulaştırma işleminin ardından kriter ağırlıkları belirlenmiş w ile ifade edilmiştir. Elde edilen ağırlıklar normalizasyon uygulanmış ve yeni değerler W ile ifade

edilmiştir. Durulaştırma işleminde (3.13) ve (3.14) deki formülasyon, normalizasyon işleminde (3.15) ve (3.16) daki formülasyon kullanılmıştır. Durulaştırılmış değerler ve ağırlıklar Tablo 27’de yer almaktadır.

$$D_i + R_i = (D_i + R_i (alt)) + (D_i + R_i (orta)) + (D_i + R_i (üst)) / 3 \quad (3.13)$$

$$D_i + R_i = (D_i + R_i (alt)) + (D_i + R_i (orta)) + (D_i + R_i (üst)) / 3 \quad (3.14)$$

$$w_i = \sqrt{(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2} \quad (3.15)$$

$$W_i = w_i / \sum_{i=1}^n w_i \quad (3.16)$$

Tablo 27 Durulaştırılmış D+R ve D-R Değerleri ve Ağırlıklar

	Durulaştırılmış $D_i + R_i$	Durulaştırılmış $D_i - R_i$	w_i	W_i
K1	1,291	0,893	2,219	0,093
K2	1,291	0,893	2,219	0,093
K3	1,288	0,899	2,221	0,093
K4	1,239	0,831	2,109	0,089
K5	1,065	0,090	1,511	0,063
K6	1,060	-0,088	1,504	0,063
K7	1,181	0,168	1,687	0,070
K8	1,202	-0,320	1,760	0,074
K9	1,275	-0,760	2,098	0,088
K10	1,257	-0,785	2,095	0,088
K11	1,331	-0,953	2,315	0,097
K12	1,288	-0,868	2,196	0,092

Kriter ağırlıkları kullanılarak tedarikçi verisi üzerinde hesaplama yapılmıştır. Hesaplama sonucunda küresel bulanık sayılara dayalı DEMANTEL yöntemine göre tedarikçiler puanlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanıp Tablo 28'deki sıralama elde edilmiştir.

Tablo 28 Küresel Bulanık DEMANTEL Tedarikçi Sıralama

Tedarikçi ID	Ağırlık
16	0,221
9	0,205
14	0,196
24	0,180
3	0,178
15	0,178
25	0,177
12	0,175
13	0,173
4	0,171
10	0,169
27	0,165
20	0,164
29	0,163
28	0,163
21	0,162
11	0,158
19	0,157
23	0,157
17	0,154
26	0,153
33	0,151
30	0,150
6	0,149
8	0,146
22	0,145
34	0,143
2	0,141
18	0,138
5	0,137
32	0,136
1	0,134
35	0,132
7	0,122
31	0,111

Tedarikçi seçiminde kriterlerin ağırlıkları olmadan yapılan tedarikçi sıralaması, SWARA yönteminden elde edilen ağırlıkların dahil edilmesi yapılan tedarikçi sıralaması ve bulanık küresel sayılar dayalı DEMANTEL yönteminin karşılaştırması ilk 10 tedarikçi için Tablo 29’da yer almaktadır.

Tablo 29 İlk 10 Tedarikçi için Karşılaştırma Tablosu

Ağırlıklar Olmadan Elde Edilen Sıralama		SWARA Ağırlıklarının Kullanıldığı Sıralama		Bulanık Sayılar DEMANTEL Yöntemiyle Sıralama	
Tedarikçi ID	Uzaklık	Tedarikçi ID	Uzaklık	Tedarikçi ID	Ağırlık
20	0,018	17	0,145	16	0,221
14	0,019	25	0,145	9	0,205
27	0,019	20	0,151	14	0,196
12	0,020	12	0,152	24	0,180
17	0,020	14	0,180	3	0,178
25	0,020	27	0,180	15	0,178
30	0,021	22	0,202	25	0,177
22	0,022	3	0,211	12	0,175
9	0,023	23	0,211	13	0,173
1	0,024	21	0,211	4	0,171

Sonuçlara bakıldığında kriterlerin ağırlıklandırmasının ve küresel bulanık sayılara dayalı ağırlıklandırma yapılmasının tedarikçi seçimi üzerindeki etkisinin büyük olduğu görülmektedir.

3.7.3 Optimizasyon çalışmaları

Satış tahmin çalışmaları ve tedarikçi sıralama çalışmalarının ardından bu veriler kullanılarak bir sipariş atama modeli oluşturulmuştur. 3.7.3.1. bölümde Karma Tam Sayılı Programlama Modeli, 3.7.3.2. bölümde ise Model Sonuçları yer almaktadır.

3.7.3.1 Karma tam sayılı programlama modeli

Modele ait indisler; ürün, tedarikçi, zaman ve indirim seviyelerinden oluşmaktadır.

Modele ait indisler:

i : Ürünler, $i = \{1, \dots, I\}$

j : Tedarikçi Firmalar, $j = \{1, \dots, J\}$

k : Zaman, $k = \{1, \dots, K\}$

s_{ij} : i ürünü için j tedarikçisindeki indirim seviyesi, $s_{ij} = \{1, \dots, S_{ij}\}$

Modelin parametreleri:

P_{ij} : i ürününün j tedarikçisindeki indirimsiz fiyatı

$PD_{ijs_{ij}}$: i ürününün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki fiyatı

$A_{ijs_{ij}}$: i ürününün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki alt sınır

$U_{ijs_{ij}}$: i ürününün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki üst sınır

D_{ik} : i ürününün k zamandaki talebi

T_j : j tedarikçisinin birim ürün transfer maliyeti

FC_j : j tedarikçisinin sabit maliyeti

HC_{ik} : i ürünün k . zamandaki stok tutma maliyeti

K_{ij} : j tedarikçisinin i ürününden kapasitesi

MS_{ij} : i ürünü için j tedarikçisinden sipariş verilirse verilmesi

gereken minimum miktar

DA_k : k zamandaki toplam depo kapasitesi

MT_k : k zamanda sipariş verilecek maksimum tedarikçi sayısı

KM_i : i ürünün karşılamama maliyeti

KO_{ij} : i ürünün j tedarikçisindeki kusurlu oran yüzdesi

M : Büyük bir sayı

O_{ij} : i ürününe göre j tedarikçisinin önceliği

E_i : i ürününün emniyet stoğu

A_i : i ürününün birim alanı

TD : Toplam depo alanı

d_{ij} : i ürünün j tedarikçisindeki indirim varsa 1 yoksa 0

dk_{ij} : i ürünün j tedarikçisinde sabit aralık indirimi varsa 1 yoksa 0

$PDA_{ijs_{ij}}$: i ürünün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki alt sınır

$PDU_{ijs_{ij}}$: i ürünün j tedarikçisindeki s_{ij} indirim seviyesindeki üst sınır

Karar Değişkenleri:

x_{ijk} : i ürününün j tedarikçisinden k . zamanda verilen sipariş miktarı

z_{jk} : j tedarikçisinden k zamanda sipariş verilmesi durumunda

1 diğer durumda 0

y_{ijk} : i ürününden j tedarikçisinden k zamanda sipariş verilmesi

durumunda 1 diğer durumda 0

Env_{ik} : i ürünün k zamandaki stok miktarı

SP_{ik} : k zamanda i üründen teslim edilen miktar

B_{ik} : k zamanda i ürünün eksik teslim edilen miktar

w_{ijs} : i ürüne j tedarikçisinden s indirim miktarını seçilmesi durumunda

1 diğer durumda 0

$F_{ijks_{ij}}$: amaç fonksiyonunun lineerize edilmesi aşamasında kullanılan

yardımcı değişken

$$\begin{aligned}
\text{En küçük } & \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K x_{ijk} * P_{ij} * d_{ij} & (3.15) \\
& + \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K y_{ijk} * FC_j \\
& + \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K x_{ijk} * T_j \\
& + \sum_i^I \sum_k^K Env_{ik} * HC_{ik} \\
& + \sum_i^I \sum_k^K B_{ik} * KM_i \\
& + \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K x_{ijk} * O_{ij} \\
& + \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K x_{ijk} * W_{ijs}
\end{aligned}$$

Kısıtlar

$$x_{ijk} \leq z_{jk} * K_{i,j} \quad \forall i, j, k \quad (3.16)$$

$$SP_{ik} = \sum_j^J x_{ijk} * (1 - KO_{ij}) \quad \forall i, k \quad (3.17)$$

$$x_{ijk} \leq y_{ijk} * MS_{i,j} \quad \forall i, j, k \quad (3.18)$$

$$z_{jk} \leq \sum_i^I y_{ijk} \quad \forall j, k \quad (3.19)$$

$$z_{jk} \geq y_{ijk} \quad \forall i, j, k \quad (3.20)$$

$$\sum_j^J z_{jk} \leq MT_k \quad \forall k \quad (3.21)$$

$$Env_{ik} - B_{ik} = Env_{ik-1} + SP_{ik} - D_{ik} \quad \forall i, k \quad (3.22)$$

$$Env_{ik} \geq E_i \quad \forall i, k \quad (3.23)$$

$$\sum_i^I \sum_j^J (x_{ijk} + Env_{ik-1}) * A_i \leq TD \quad \forall k \quad (3.24)$$

$$\sum_k^K x_{ijk} \leq PDU_{ijs_{ij}} + M * (1 - w_{ijs_{ij}} * dk_{ij}) \quad \forall i, j, s_{ij} \text{ ve } (i, j, s_{ij}) \in PD_{ijs_{ij}} \quad (3.25)$$

$$\sum_k^K x_{ijk} > PDA_{ijs_{ij}} - M * (1 - w_{ijs_{ij}} * dk_{ij}) \quad \forall i, j, s_{ij} \text{ ve } (i, j, s_{ij}) \in PD_{ijs_{ij}} \quad (3.26)$$

$$\sum_{s_{ij}}^{s_{ij}} w_{ijs_{ij}} = 1 \quad \forall i, j \quad (3.27)$$

$$w_{ijs_{ij}} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, s_{ij} \text{ ve } (i, j, s_{ij}) \in PD_{ijs_{ij}} \quad (3.28)$$

$$F_{ijks_{ij}} \geq 0 \quad \forall i, j, s_{ij} \text{ ve } (i, j, s_{ij}) \in PD_{ijs_{ij}} \quad (3.29)$$

$$z_{jk}, y_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k \quad (3.30)$$

$$x_{ijk}, Env_{ik}, SP_{ik}, B_{ik} \geq 0 \quad \forall i, j, k \quad (3.31)$$

Modelin amaç fonksiyonu (3.15) yedi kısımdan oluşmaktadır. Amaç fonksiyonu minimizasyon üzerine kurulmuştur. Amaç fonksiyonunun birinci bölümünde ürünlerin herhangi bir indirim olmadığı durumda sipariş verilmesi ile elde edilen maliyet hesaplanmaktadır. Amaç fonksiyonunun ikinci bölümünde bir tedarikçiden sipariş verilmesi durumdaki sabit maliyet hesaplanmaktadır. Amaç fonksiyonunun üçüncü bölümünde tedarikçi bazında sipariş verilen miktarın transfer maliyeti hesaplanmaktadır. Amaç fonksiyonunun dördüncü bölümünde eldeki stoğa ilişkin stok tutma maliyeti hesaplanmaktadır. Amaç fonksiyonunun beşinci bölümünde karşılanamayan stoğun maliyeti hesaplanmaktadır. Amaç fonksiyonunun altıncı bölümünde her ürün ve tedarikçi bazında seçilecek tedarikçilerin önceliklerinin toplamı hesaplanmaktadır. Burada önceliklerin amaç fonksiyonuna etki edebilmesi için sıralamalar 1,2,3 yerine normalize edilerek modele dahil edilmiştir. Amaç fonksiyonunun yedinci aşamasında ise indirim

seviyesine denk gelen ürünlerin maliyet hesaplaması yer almaktadır. (3.16) numaralı kısıt sipariş verilen miktarın seçili tedarikçinin kapasitesini aşmaması gerektiğini göstermektedir. (3.17) numaralı kısıt tedarikçi ürün sipariş verilen miktardan kusurlu ürün oranının düşülmesi sonucunda teslim edilen miktarı hesaplamak için eklenmiştir. (3.18) numaralı kısıt eğer bir tedarikçiden sipariş verirse minimum sipariş miktarının dikkate alınması için eklenmiştir. (3.19) numaralı kısıt bir tedarikçiden belirli bir zamanda sipariş verilmişse, en az bir ürün sipariş edilmesi gerektiğini ifade etmektedir. (3.20) numaralı kısıt i ürünü j tedarikçisinden k zamanda sipariş edildiğinde ilgili tedarikçiden hangi k zamanında sipariş verildiğinin sağlamak için eklenmiştir. (3.21) numaralı kısıt k zamanda sipariş verilen tedarikçi sayısını sınırlandırmak için eklenmiştir. (3.22) numaralı kısıt k zamandaki stok miktarını hesaplamak için eklenmiştir. (3.23) numaralı kısıt k zamandaki stok miktarının emniyet stoğundan fazla olması gerektiği için eklenmiştir. (3.24) numaralı kısıt depodaki ürün miktarının ve sipariş verilen miktarın toplamının toplam depo kapasitesini aşmaması gerektiğini ifade etmektedir. Amaç fonksiyonunun bu kısmında iki değişkenin çarpımı olduğu için non-linear olan fonksiyonun linearizasyon işleminin yapılması gerekmektedir. Amaç fonksiyonundaki linearizasyon çalışmalarında ilk olarak bir değişken tanımlanıp $(F_{ijks_{ij}} = x_{ijk} * w_{ijs})$ bu değişkene bağlı olarak (Cheraghalipour, A., ve Farsad, S. , 2018)'in çalışmasından faydalanılarak (3.25), (3.26), (3.27) numaralı kısıtlar eklenmiştir. (3.28) ve (3.30) numaralı kısıtlar (0,1) değişkenlerini (3.29) ve (3.31) numaralı kısıtlar ise tam sayılı değişkenlerin sıfırdan büyük olması gerekliliğini ifade etmektedir.

Linearizasyon işleminden sonra amaç fonksiyonunun (3.32) son hali aşağıda yer almaktadır.

$$\begin{aligned}
\text{En küçük } & \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K x_{ijk} * P_{ij} * d_{ij} & \forall i, j, s_{ij} \text{ ve } (i, j, s_{ij}) & (3.32) \\
& + \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K y_{ijk} * FC_j & \in PD_{ijs_{ij}} \\
& + \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K x_{ijk} * T_j \\
& + \sum_i^I \sum_k^K Env_{ik} * HC_{ik} \\
& + \sum_i^I \sum_k^K B_{ik} * KM_i \\
& + \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K x_{ijk} * O_{ij} \\
& + \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K \sum_{s_{ij}}^{S_{ij}} F_{ijk s_{ij}} * PD_{ijs_{ij}} \\
& * dk_{ij}
\end{aligned}$$

3.7.3.2 Model sonuçları

Formülize edilen matematiksel model python üzerinde kodlanmıştır. Optimizasyon çözümü için SCIP optimizasyon çözücü kütüphanesi kullanılmıştır. Modeller i5 işlemci 16 GB ram 512 GB disk özelliklerine sahip bir dizüstü bilgisayarda çalıştırılmıştır. Güncel kullanım durumlarına uygun senaryolar oluşturulmuştur.

İlk senaryoda; modelin girdi verilerinden ürün sayısı 3 olarak sabit bırakılmış, zaman hafta bazında 4 hafta için planlama yapılmış ve sabit bırakılmış, indirim seviyesi 1 seviye (örneğin 500 üründen fazla sipariş verirken ürün fiyatında %5 indirim olacağı şeklindeki tek seviyeye bağlı indirimi ifade etmektedir) olarak sabit bırakılmış, ürünlerin sipariş edilebileceği tedarikçi sayısı 5-10-15 olarak artırılmış ve çözüm süresine olan etkisi analiz edilmiştir. Parametreler, optimal çözüme uzaklık ve çözüm süresinin bulunduğu değerler Tablo 30'da yer almaktadır. Tedarikçi sayısı arttıkça çözüm süresi artmış,

saniiyeler mertebesinde optimal çözüme uzaklık (GAP) %0 olarak tam optimal olarak sonuçlar bulunmuştur.

Tablo 30 1. Senaryo Parametre ve Çözüm Süreleri

Ürün Sayısı (adet)	Zaman (hafta)	Tedarikçi Sayısı (adet)	İndirim Seviyesi	GAP	Çözüm Süresi (saniye)
3	4	1	5	%0	3.77
3	4	1	10	%0	4.01
3	4	1	15	%0	5.37

İkinci senaryoda; modelin girdi verilerinden ürün sayısı 3 olarak sabit bırakılmış, zaman hafta bazında 4 hafta için planlama yapılmış ve sabit bırakılmış, indirim seviyesi 2 seviye (örneğin 500 üründen fazla sipariş verirken ürün fiyatında %5 indirim olacağı, 1000 ürün üzerinde sipariş verirken %8 indirim şeklindeki iki seviyeye bağlı indirimi ifade etmektedir) olarak sabit bırakılmış, ürünlerin sipariş edilebileceği tedarikçi sayısı 5-10-15 olarak artırılmış ve çözüm süresine olan etkisi analiz edilmiştir. Parametreler, optimal çözüme uzaklık ve çözüm süresinin bulunduğu değerler Tablo 31’de yer almaktadır. Tedarikçi sayısı arttıkça çözüm süresi artmış, saniyeler mertebesinde optimal çözüme uzaklık (GAP) %0 olarak 5 ve 10 tedarikçi olarak çözüm bulunmuştur. 15 tedarikçi olduğunda çözüm süresi saatler mertebesine çıkmaktadır. %2 GAP ile dakikalar mertebesinde çözüm üretilebilmektedir.

Tablo 31 2. Senaryo Parametre ve Çözüm Süreleri

Ürün Sayısı (adet)	Zaman (hafta)	Tedarikçi Sayısı (adet)	İndirim Seviyesi	GAP	Çözüm Süresi (saniye)
3	4	5	2	%0	23
3	4	10	2	%0	93.6
3	4	15	2	%2	160

Üçüncü senaryoda; modelin girdi verilerinden tedarikçi sayısı 10 olarak sabit bırakılmış, zaman hafta bazında 4 hafta için planlama yapılmış ve sabit bırakılmış, indirim seviyesi 1 seviye olarak sabit bırakılmış, ürün sayısı 6-7-8-9 olarak artırılmış ve çözüm süresine olan etkisi analiz edilmiştir. Parametreler, optimal çözüme uzaklık ve çözüm süresinin

bulunduğu değerler Tablo 32’de yer almaktadır. Ürün sayısı arttıkça çözüm süresi artmış, dakikalar mertebesinde optimal çözüme uzaklık (GAP) %0 olarak çözüm bulunmuştur.

Tablo 32 3. Senaryo Parametre ve Çözüm Süreleri

Ürün Sayısı (adet)	Zaman (hafta)	Tedarikçi Sayısı (adet)	İndirim Seviyesi	GAP	Çözüm Süresi (saniye)
6	4	10	1	%0	53
7	4	10	1	%0	106
8	4	10	1	%0	443
9	4	10	1	%0	822

Dördüncü senaryoda; modelin girdi verilerinden tedarikçi sayısı 10 olarak sabit bırakılmış, zaman hafta bazında 4 hafta için planlama yapılmış ve sabit bırakılmış, indirim seviyesi 3 seviye olarak sabit bırakılmış, ürün sayısı 3-4-5-6 olarak artırılmış ve çözüm süresine olan etkisi analiz edilmiştir. Parametreler, optimal çözüme uzaklık ve çözüm süresinin bulunduğu değerler Tablo 33’te yer almaktadır. Ürün sayısı arttıkça çözüm süresi artmış, 5 ve 6 üründe optimal çözüme 4 saatten fazla sürede erişilememiştir. 3 ve 4 ürün için dakikalar mertebesinde optimal çözüme erişilmiştir.

Tablo 33 4. Senaryo Parametre ve Çözüm Süreleri

Ürün Sayısı (adet)	Zaman (hafta)	Tedarikçi Sayısı (adet)	İndirim Seviyesi	GAP	Çözüm Süresi (saniye)
3	4	10	3	%0	220
4	4	10	3	%0	895
5	4	10	3	%4	1859
6	4	10	3	%5	3645

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, satış tahminleme, tedarikçi sıralama ve sipariş atama aşamalarında elde edilen bulgulara ve bulgular üzerinde yapılan yorumlara yer verilmiştir.

4.1 Bulgular ve Tartışma

Tezin ilk aşamasında gerçekleştirilen satış tahmin sonuçlarında kullanılan farklı makine öğrenmesi yöntemlerinin MAPE, RMSE ve MAE değerlendirme yöntemleri kullanılarak tahmin sonuçları karşılaştırılmıştır. Ürünlerin hafta bazında yapılan satış tahminlerinde MAPE değerlerine bakıldığında; Ürün ID: 99153 ve 99211 için Adaboost, Ürün ID: 99165, 99184, 99425 ve 99466 için Light GBM, Ürün ID: 99178, 99222 ve 99278 için CatBoost, Ürün ID: 99360 ve Ürün ID: 99303 için Lasso, Ürün ID: 99394, 99424 ve 99504 için SVR ve Ürün ID: 99490 için ETR algoritmalarının en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Ürünlerin hafta bazında yapılan satış tahminlerinde RMSE değerlerine bakıldığında; Ürün ID: 99153, 99303 ve 99504 için ETR, Ürün ID: 99165, 99184, 99425 ve 99466 için Light GBM, Ürün ID: 99178, 99222 ve 99278 için CatBoost, Ürün ID: 99211 için ETR, Ürün ID: 99360 ve 99394 için Light GBM, Ürün ID: 99424 için SVR ve Ürün ID: 99490 için AdaBoost algoritmalarının en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Ürünlerin hafta bazında yapılan satış tahminlerinde MAE değerlerine bakıldığında; Ürün ID: 99153 ve 99424 için ElasticNetCV, Ürün ID: 99165, 99184, 99394 ve 99425 için Light GBM, Ürün ID: 99178, 99222 ve 99278 için CatBoost, Ürün ID: 99211 ve 99490 için RFR, Ürün ID: 99303 için Lasso ve Ürün ID: 99360 ile 99504 için SVR algoritmalarının en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Sabit ve düzenli talep gösteren patates ve soğan gibi temel gıda ürünlerinde SVR gibi lineer modeller çok başarılı olurken, mevsimsel ve dalgalı talep gösteren çengelköy badem salatalık ve mandalina gibi ürünlerde LightGBM ve CatBoost gibi ağaç tabanlı ve boosting algoritmalarının performansları iyi olmaktadır. Bu durum, boosting modellerinin nonlineer ilişkilere ve değişken etkileşimlerine duyarlı olmasından, kategorik değişkenlerle iyi çalışmasından, aykırı ve eksik verilere daha toleranslı çalışmasından kaynaklanmaktadır. Veri setinin büyüklüğü ve heterojenliği de bu performans farklarını etkileyen önemli faktörlerdendir.

Algoritma-performans farklarının talep desenleriyle ilişkilendirilmesi, model seçiminde daha bilinçli ve başarılı tahmin stratejileri geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Farklı ürünlerde farklı algoritmalarda en iyi sonuç elde edilmiştir. Genel anlamda bakıldığında Light GBM ve CatBoost algoritmalarının birçok üründe başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Tüm ürünler için tek algoritma seçilmesi gerektiğinde bu algoritmalarından birisi tercih edilebilir.

Tedarikçi değerlendirme ve sıralama aşamasında; SWARA yöntemiyle kriter ağırlıklarının belirlenmiş, MOORA, Ağırlıklı MOORA yöntemi ile tedarikçiler sıralanmıştır. Küresel Bulanık DEMATEL yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve bu ağırlıklara göre sıralamalar elde edilmiştir. Bu yöntemlerde göreceli olarak veriler kullanıldığı için kişisel deneyim ile Küresel Bulanık DEMATEL yönteminin, belirsizlikleri modelleme yeteneği ve kriterler arası ilişkileri hesaba katması nedeniyle diğer yöntemlere kıyasla daha güçlü sonuçlar sunduğu düşünülmektedir. Bu özellik, karar verme sürecinde daha gerçekçi ve çok boyutlu bir değerlendirme yapılmasına olanak tanımaktadır. Çalışmada kişisel deneyimlere dayalı olarak Küresel Bulanık DEMATEL sonuçları daha uygun bulunmakla birlikte, uzman sayısının artırılması ve görüş çeşitliliğinin genişletilmesi halinde elde edilecek sonuçların değişebileceği öngörülmektedir.

Optimizasyon aşamasında geliştirilen karma tamsayılı doğrusal programlama modelinde, yapılan senaryo analizlerinde modelin küçük ve orta ölçekli veri setleri için hızlı ve etkili sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Tedarikçilerin indirim seviyeleri ve ürün sayısının artmasının çözüm süresini arttırdığı görülmüştür. Çözüm sürelerinin beklenen ve uygulanabilir sürelerden uzun olması durumunda problemin çözümünde optimizasyon yerine sezgisel algoritmaların kullanılması geliştirilen optimizasyon modelinin pratikte uygulanabilirliğini artırabilir. Bu problemin çözümünde literatürde genetik algoritma, benzetimli tavlama gibi meta-sezgisel yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür.

Yine meta sezgisel algoritmalar yerine hızlı ve maliyeti düşük olan greedy algoritması da problemi çözme potansiyeline sahiptir. Bu şekilde modelleme yapıldığında; önce en yüksek tedarikçi skoruna sahip tedarikçiye sipariş atama yapılabilir ve kalan kapasite veya kısıtlar doğrultusunda bir sonraki en iyi tedarikçiye geçilerek devam edilebilir.

Burada tam optimal çözüm elde edilmez, yaklaşık en iyi çözümle bir sonuç elde edilir. Greedy yöntemlerin meta-sezgisel algoritmalarla hibritleştirilmesi de çözüm kalitesini artırabilir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının çıktısı olarak taze ürünlerin satış tahmini, tedarikçilerin belirli kriterler baz alınarak sıralanması ve bu girdilerin sipariş atama optimizasyon modelinde kullanılmasının önemli avantajlar sağladığı düşünülmektedir. Çalışmasının çıkış noktasını; meyve-sebze ürünleri için hangi ürünü, hangi tedarikçiden ne zaman ve ne kadar sipariş verilmesi gerektiği oluşturmaktadır. Bu hedefe ulaşabilmek için ilk aşamada ürünlerin fiş verisinden haftalık olarak satış miktarları tahminlenmiştir. İkinci aşamada tedarikçilerin belirli kriterlerdeki puanları baz alınmış ve tedarikçiler bu kriterler çerçevesinde sıralanmıştır. Bunun yapılmasındaki amaç sadece maliyeti düşük olduğu için bir tedarikçinin seçilmesinin önüne geçilmesi içindir. Satış tahminleri seçilen meyve-sebze ürünlerinde başarılı sonuçlar vermiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda domates ürününün MAPE değeri %44-48 arasında bulunurken, yapılan tez çalışmasında domates ürününün MAPE değeri 10 model içerisinde %11,59 ile %18,49 arasında değişmektedir. Salatalık ürününde ise MAPE değerleri literatürde %16 seviyelerinde iken yapılan tez çalışmasında Light GBM modeli ile %14,52 hata oranı bulunmuştur. Bu ürünler için literatürden başarılı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Satış tahmin hata oranlarının literatürde kabul edilebilir seviyelerde olması ve belirli ürünlerde daha iyi sonuçlar vermesi başarılı sonuçlar elde edildiğini göstermiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasının tedarikçi seçiminde etkili olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak tedarikçi sıralamasının kısıt olarak değil amaç fonksiyonunda minimizasyon olarak modele dahil edilmesi sipariş atama modeline farklı bir bakış açısı getirmiştir. Uçtan uca bir sistemin kurgusunun sağlanması, farklı algoritmaların denenmesi, optimizasyon modelinin çeşitli senaryolarla test edilmesi ile çalışma hedeflerine ulaşmıştır.

Bu çalışmanın geliştirilebilir noktalarına bakıldığında;

1) Satış tahmin çalışmalarında: Meyve sebze ürünlerinde mevsimsel satış farklılıkları gösteren ürünler veri kümesine dahil edilmemiştir. ARIMA, SARIMA gibi zaman serisi yöntemleri kullanılarak mevsimsel dalgalanmalar modellenenbilir. LSTM

(Long Short-Term Memory) veya GRU (Gated Recurrent Unit) gibi derin öğrenme tabanlı zaman serisi yöntemleri kullanılabilir.

2) Tedarikçi sıralama çalışmalarında: Bu aşamada kişisel görüş kullanılarak kriterler değerlendirilmiştir. Burada uzman görüşüne başvurulup gözlem sayısının artırılması ile farklı çok kriterli karar verme yöntemleri denenerek çalışmanın farklı verilerle doğrulanması sağlanabilir. Uzman görüşlerinin entegrasyonunda; tedarik zinciri uzmanları, satın alma yöneticileri ve kalite kontrol ekiplerinden görüşler alınarak değerlendirme yapılabilir. Delphi yöntemi gibi yapılarak uzmanlardan kademeli geri bildirim toplanabilir. Gerçek sipariş verileri, teslimat süreleri, kalite raporları gibi geçmiş performans ölçütleri sisteme dahil edilebilir. Tedarikçi anketleri veya puanlama formları ile nesnel veri toplanabilir.

3) Optimizasyon çalışmalarında: Verinin ve indirim seviyesinin artırılması durumunda sezgisel yöntemlerin geliştirilmesi, mevcut durumda SCIP optimizasyon çözücüsü kullanılarak yapılan senaryo çalışmalarının farklı bir optimizasyon çözücüsü ile denemesi yapılabilir. Sezgisel model olarak; genetik algoritmalar, parçacık sürü optimizasyonu (PSO), benzetimli tavlama, tabu arama gibi algoritmalar kullanılarak büyük problemler daha hızlı çözülebilir. Hibrit yaklaşımlar sezgisel + matematiksel programlama birlikte meta-sezgisel bir yöntem geliştirilebilir. Farklı optimizasyon çözücüsü olarak Gurobi, CPLEX gibi endüstriyel standartta çözücüler kullanılarak sonuçlar ve çözüm süreleri karşılaştırılabilir.

KAYNAKÇA

- Acı, M., Avcı, M., ve Acı, Ç. (2017). Destek vektör regresyonu yöntemiyle karbon nanotüp benzetim süresinin kısaltılması. *Journal of The Faculty Of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(3), 901-907.
- Acı, M., ve Dogansoy, G. A. (2022). Demand forecasting for e-retail sector using machine learning and deep learning methods. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 37(3), 1325-1339.
- Agarwal, G., ve Vijayvargy, L. . (2011). An application of supplier selection in supply chain for modeling of intangibles: A case study of multinational Food Coffee industry. *African Journal of Business Management*, 5(28), 11505.
- Albayrak, Ö., ve Erkayman, B. . (2018). Bulanık Dematel ve EDAS yöntemleri kullanılarak sporcular için akıllı bileklik seçimi. *Ergonomi*, 92-102.
- Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., ve Bahreininejad, A. . (2012). Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied soft computing*, 12(6), 1668-1677.
- Anna, I. D., ve Fhiliantie, P. R. (2018). Supplier selection and order quantity allocation of raw material using integer linear programming. *Journal Asro*, 9(1), 98-105.
- Antipov, E. A., ve Pokryshevskaya, E. B. . (2020). Interpretable machine learning for demand modeling with high-dimensional data using Gradient Boosting Machines and Shapley values. *Journal of revenue and pricing management*, 19, 355-364.
- Aouadni, S., ve Euchı, J. (2022). Using integrated MMD-TOPSIS to solve the supplier selection and fair order allocation problem: a Tunisian case study. *Logistics*, 6(1), 8.

- Awad, M., Khanna, R., Awad, M. ve Khanna, R. (2015). Support vector regression. *Efficient learning machines: Theories, concepts, and applications for engineers and system designers*, 67-80.
- Aydın, M. R. (2019). Yapay Sinir Ağları Ile Talep Tahmini: Perakende Sektöründe Bir Uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(35), 43-55.
- Babbar, C., ve Amin, S. H. (2018). A multi-objective mathematical model integrating environmental concerns for supplier selection and order allocation based on fuzzy QFD in beverages industry. *Expert Systems with Applications*, 92, 27-38.
- Bajaj, P., Ray, R., Shedge, S., Vidhate, S., ve Shardoor, N. (2020). Sales prediction using machine learning algorithms. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(6), 3619-3625(6), 3619-3625.
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., ve Omid, M. (2018). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. *Computers & Operations Research*, 89, 337-347.
- Brauers, W. K. M., ve Zavadskas, E. K. . (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition economy. *Control and Cybernetics*, 445–469.
- Brauers, W. K. M., ve Zavadskas, E. K. (2012). Robustness of the multi-objective MOORA method with a test for the facilities sector. *Technological and Economic Development of Economy*, 136–149.
- Büyüközkan, G., ve Çifçi, G. (2012). Evaluation of the green supply chain management practices: a fuzzy ANP approach. *Production Planning & Control*, 23(6), 405-418.
- Catal, C., Ece, K., Arslan, B., ve Akbulut, A. (2019). Benchmarking of Regression and Time Series Analysis Techniques for Sales Forecasting. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(1), 20-26.
- Chauhan, V. K., Mak, S., Parlikad, A. K., Alomari, M., Casassa, L., ve Brintrup, A. (2023). Real-time large-scale supplier order assignments across two-tiers of a

- supply chain with penalty and dual-sourcing. *Computers & Industrial Engineering*, 176, 108928.
- Cheraghalipour, A., ve Farsad, S. . (2018). A bi-objective sustainable supplier selection and order allocation considering. *Computers & Industrial Engineering*, 118, 237-250.
- Cui, L. X., Mak, K. L., ve Newman, S. T. . (2015). Optimal supplier selection and order allocation for multi-product manufacturing featuring customer flexibility. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(7), 729-744.
- Du, X. F., Leung, S. C., Zhang, J. L., ve Lai, K. K. (2013). Demand forecasting of perishable farm products using support vector machine. *International journal of systems Science*, 37(3), 1325-1339.
- Falatouri, T., Darbanian, F., Brandtner, P., ve Udokwu, C. (2022). Predictive analytics for demand forecasting—a comparison of SARIMA and LSTM in retail SCM. *Procedia Computer Science*, 200, 993-1003.
- Hamdan, S., ve Cheaitou, A. (2017). Dynamic green supplier selection and order allocation with quantity discounts and varying supplier availability. *Computers & Industrial Engineering*, 110, 573-589.
- Hosseini, Z. S., Flapper, S. D., ve Pirayesh, M. (2022). Sustainable supplier selection and order allocation under demand, supplier availability and supplier grading uncertainties. *Computers & industrial engineering*, 165, 107811.
- Ikinci, M., ve Tipi, T. (2021). Food supplier selection in the catering industry using the analytic hierarchy process. *Food Science and Technology*, 42.
- Karakaya, G., ve Ghorbani, S. . (2020). Prioritizing of Risk Components in the perishable goods supply chain and Supplier selection in supply chain risk management. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 21-30.

- Kaviani, M. A., Peykam, A., Khan, S. A., Brahimi, N., ve Niknam, R. (2020). A New Weighted Fuzzy Programming Model for Supplier Selection and Order Allocation in the Food Industry. *Journal of Modelling in Management*, 15(2), 381-406.
- Keršuliene, V., Zavadskas, E. K., ve Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of business economics and management*, 243-258.
- Khoshfetrat, S., Rahiminezhad Galankashi, M., ve Almasi, M. . (2020). Sustainable supplier selection and order allocation: a fuzzy approach. *Engineering Optimization*, 52(9), 1494-1507.
- Köroglu, Y. (2017). Yapay zeka'nın teorik ve pratik sınırları. *Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi*, 26-30.
- Li, F., Wu, C. H., Zhou, L., Xu, G., Liu, Y., ve Tsai, S. B. (2021). A model integrating environmental concerns and supply risks for dynamic sustainable supplier selection and order allocation. *Soft Computing*, 25, 535-549.
- Ma, S., Fildes, R., ve Huang, T. . (2016). Demand forecasting with high dimensional data: the case of SKU retail sales forecasting with intra-and inter-category promotional information. *European Journal of Operational Research*, 249(1), 245-257.
- Massaro, A., Panarese, A., Giannone, D., ve Galiano, A. (2021). Augmented Data and XGBoost Improvement for Sales Forecasting in the Large-Scale Retail Sector. *Applied Sciences*, 11(17),7793.
- Mohammed, A., Harris, I., Soroka, A., Naim, M., Ramjaun, T., ve Yazdani, M. (2021). Gresilient supplier assessment and order allocation planning. *Annals of Operations Research*, 296, 335-362.
- Mohammed, A., Harris, I., ve Govindan, K. (2019). A hybrid MCDM-FMOO approach for sustainable supplier selection and order allocation. *International Journal of Production Economics*, 217, 171-184.

- Nacar, E. N. ve Erdebilli, B. (2021). Makine Öğrenme Algoritması Satış Tahmin. *Endüstri Mühendisliği*, 32(2), 307-320.
- Nasr, A. K., Tavana, M., Alavi, B., ve Mina, H. (2021). A novel fuzzy multi-objective circular supplier selection and order allocation model for sustainable closed-loop supply chains. *Journal of Cleaner production*, 287, 124994.
- Nawi, N. M., ve Mohamed, Z. A. (2013). Factors Affecting Supplier Selection in the Malaysian Fresh Produce Industry. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(11), 443-448.
- Nourmohamadi Shalke, P., Paydar, M. M., ve Hajiaghaei-Keshteli, M. (2018). Sustainable supplier selection and order allocation through quantity discounts. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 13(1), 20-32.
- Öztemel, H. (2023, Ağustos 9). *Medium*. Hilal Öztemel: 18 Aralık 2023 tarihinde <https://medium.com/@hilaloztemel/svr-destek-vekt%C3%B6r-regresyonu-4f7e4d41a08f> adresinden alındı
- Paramaporn, N. (2019). Strategic supplier selection: the case of international food trading company. *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*, 8577.
- Pavlyshenko, B. M. (2022). Forecasting of Non-Stationary Sales Time Series Using Deep Learning. *arXiv preprint arXiv:2205*, 11636.
- Priyadarshi, R., Panigrahi, A., Routroy, S., ve Garg, G. K. (2019). Demand forecasting at retail stage for selected vegetables: a performance analysis. *Journal of Modelling in Management*, 14(4),1042-1063.
- Prokhorenkova, L., Gusev, G., Vorobev, A., Dorogush, A. V. ve Gulin, A. (2018). CatBoost: unbiased boosting with categorical features. (s. 31). *Advances in neural information processing systems*.

- Rajak, A. K. (2023). Multi-supplier, multi-objective supply chain cost-optimization model. *Research in Mathematics* , 10(1), 2245189.
- Ramos, M. O., Silva, E. M. D., ve Lima-Júnior, F. R. . (2020). A fuzzy AHP approach to select suppliers in the Brazilian food supply chain. *Production*, 30.
- Ranjbar Tezenji, F., Mohammadi, M., Pasandideh, S. H. R., ve Nouri Koupaei, M. (2016). An integrated model for supplier location-selection & order allocation under capacity constraints in an uncertain environment. *Scientia Iranica*, 23(6), 3009-3025.
- Rao, M. S., ve Rao, V. K. (2018). Supplier selection and order allocation in supply chain. *Materials Today: Proceedings*, 5(5), 12161-12173.
- Rincon-Patino, J., Lasso, E., ve Corrales, J. C. (2018). Estimating avocado sales using machine learning algorithms and weather data. *Sustainability*, 10(10), 3498.
- Rodriguez-Galiano, V., Sanchez-Castillo, M., Chica-Olmo, M., ve Chica-Rivas, M. J. O. G. R. (2015). Machine learning predictive models for mineral prospectivity: An evaluation of neural networks, random forest, regression trees and support vector machines. *Ore geology reviews*, 804--818.
- Ruzgys, A., Volvačiovas, R., Ignatavičius, Č. ve Turskis, Z. . (2014). Integrated evaluation of external wall insulation in residential buildings using SWARA-TODIM MCDM method. *Journal of Civil Engineering and Management*, 103-110.
- Saputro, T. E., Khusna, Z. H. A. M., ve Dewi, S. K. . (2023). Sustainable Supplier Selection and Order allocation using Integrating AHP-TOPSIS and Goal Programming. *Journal Teknik Industri*, 24(2), 141-156.
- Segura, M., Maroto, C., Segura, B., ve Casas-Rosal, J. C. (2020). Improving food supply chain management by a sustainable approach to supplier evaluation. *Mathematics*, 8(11), 1952.

- Singh, A. (2014). Supplier evaluation and demand allocation among suppliers in a supply chain. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 20(3), 167-176.
- Turan, G., Yıldırım, B.F., ve Önder E. (2015). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Basım Yayınları.
- Wang, C. N., Nguyen, V. T., Thai, H. T. N., Tran, N. N., ve Tran, T. L. A. (2018). Sustainable supplier selection process in edible oil production by a hybrid fuzzy analytical hierarchy process and green data envelopment analysis for the SMEs food processing industry. *Mathematics*, 6(12), 302.
- Wang, X., Lin, D., Fan, W., ve Wang, T. (2018). Research on Sales Forecast of Fresh Produce Considering Weather Factors. (s. 541-548). China: Proceedings of the 18th International Conference on Electronic Business.
- Weng, T., Liu, W., ve Xiao, J. . (2020). Supply chain sales forecasting based on lightGBM and LSTM combination model. *Industrial Management & Data Systems*, 120(2), 265-279.
- Yazdani, M., Chatterjee, P., ve Stevic, Z. . (2022). A two-stage integrated model for supplier selection and order allocation: An application in dairy industry. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 5(3), 210-229.
- Yazdani, M., Pamucar, D., Chatterjee, P., ve Torkayesh, A. E. (2022). A multi-tier sustainable food supplier selection model under uncertainty. *Operations Management Research*, 15(1-2), 116-145.
- Yousefi, S., Jahangoshai Rezaee, M., ve Solimanpur, M. (2021). Supplier selection and order allocation using two-stage hybrid supply chain model and game-based order price. *Operational Research*, 21, 553-588.
- Zakeri, S., Chatterjee, P., Cheikhrouhou, N., ve Konstantas, D. (2022). Ranking based on optimal points and win-loss-draw multi-criteria decision-making with application to supplier evaluation problem. *Expert Systems with Applications*, 191, 116258.

- Zhang, J. L., ve Zhang, M. Y. (2021). Supplier selection and purchase problem with fixed cost and constrained order quantities under stochastic demand. *International Journal of Production Economics*, 129(1), 1-7.
- Zhang, L., Bian, W., Qu, W., Tuo, L., ve Wang, Y. (2021). Time series forecast of sales volume based on XGBoost. (s. 12067). In *Journal of Physics: Conference Series*.
- Zhou, X., ve Xu, Z. (2018). An integrated sustainable supplier selection approach based on hybrid information aggregation. *Sustainability*, 10(7), 2543.
- Zhu, J., Zou, H., Rosset, S. ve Hastie, T. (2009). Multi-class adaboost. 2(3), 349-360.
- Zou, H., ve Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 301-320.

ÖZ GEÇMİŞ

Didem CİVELEK

Eğitim

Lisans	2012	Doğuş Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
Lisans	2024	Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri

İş/İstihdam (Varsa)

2024-Halen		Agra Fintech Yazılım Çözümleri A.Ş.(Ar-Ge Proje Yöneticisi)
2013-2024		Obase Bilgisayar Danışmanlık Hiz. Tic. A.Ş.(Ar-Ge Proje Yöneticisi-Veri Bilimci)

Alınan Burs ve Ödüller (Varsa)

2012	Eğitim Bursu (%50)
2022	Eğitim Bursu (%100)

Yayınlar ve Diğer Bilimsel/Sanatsal Faaliyetler

Makale

- 1) Kocaoğlu, B., ve Civelek, D. (2024). Bir Perakendeciye İletilen E-Ticaret Sipariş Kargo Atamalarında Kombinatorial Optimizasyon ve Sezgisel Metot Karşılaştırması. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(2), 1101-1113.
- 2) Koptagel, H., Civelek, D. C., ve Dal, B. (2019, April). Sales prediction using matrix and tensor factorization models. In 2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 1-4). IEEE.

Bildiri

- 1) Recommendation System based on Matrix Factorization Approach for Grocery Retail, 10th International Statistics Congress, 2017
- 2) Comparison of Heuristic and Optimization Models in Workforce Planning, YAEM, 2018
- 3) Risk Tabanlı Tedarikçi Öneri Sistemi, YAEM, 2019
- 4) A Workforce Optimization Model For Retail Markete Based on The Sales Potansiyel of Employees, YAEM, 2021
- 5) Mağaza Özellikler ve İkame Ürün Etkilerine Dayalı Satış Tahminleme ve Ürün Portföy Optimizasyonu, YAEM, 2024



