



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



DOKTORA TEZİ

**STOK YÖNETİMİ İÇİN GRİ TAHMİNLEME VE SÜRÜ
ZEKASI ESASLI BİR KARAR VERME METODOLOJİSİ
ÖNERİSİ**

Fatih YİĞİT

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Danışman

Prof. Dr. Şakir ESNAF

Haziran, 2019

İSTANBUL

Bu çalışma 19/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliğı programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:

İmza
Prof. Dr. Şakir ESNAF(Danışman)
İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

İmza
Prof. Dr. Alp BARAY
İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

İmza
Prof. Dr. Mehmet Mutlu YENİSEY
İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

İmza
Prof. Dr. Ferhan ÇEBİ
İstanbul Teknik Üniversitesi
İşletme Fakültesi

İmza
Doç. Dr. Hür Bersam BOLAT
İstanbul Teknik Üniversitesi
İşletme Fakültesi



20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Günümüzün artan rekabet koşulları, işletmeleri ve dolayısıyla bu işletmelerin karar vericilerini her aldıkları kararda baskı altına almaktadır. İşletmelerin gittikçe büyüyen yapıları, yoğun rekabete sahne olan dahil olduğu pazarlar, azalan tepki süreleri eskiden beri süregelen yaklaşımın yetersiz kalmasına yol açmaktadır.

Bu noktada karar verme metodolojileri bu kararların daha hızlı ve pek çok kısıt veya hedefin göz önüne alınarak değerlendirilmesine imkan vermektedir. Stok yönetimi, kısıtlı kaynakların ve başka bir kısıtlı kaynak olan zamanın en verimli şekilde değerlendirilmesi açısından önemlidir. Tez kapsamında önerilen metodoloji, girdi olarak ham verileri kullanmakta ve bu verileri söz konusu hedeflerle paralel kararlara dönüştürmektedir. Metodolojinin verileri ilk halleriyle kullanarak bunları kararlara çevirdiği bu yapısı, pratik hayatta çok kolay ve etkin şekilde uygulanabilmektedir. Bu şekilde kısıtlı veriye sahip olunan durumlarda, az veri setiyle etkin bir karar verme gerçekleştirilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında, tez çalışmamı baştan sona benimle beraber tartışan, fikir veren ve yöneten sayın hocam Prof. Dr. Şakir ESNAF'a, geniş bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tez izleme komitesi üyelerinden sayın hocam Prof. Dr. Ferhan ÇEBİ'ye, değerli katkılarından dolayı sayın hocam Prof. Dr. Mehmet Mutlu YENİSEY'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bugüne kadar desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen tüm aileme, bu çalışmanın oluşumu sırasında, benimle beraber yorulan, emek sarf eden, bana her türlü manevi desteği sağlayan eşim Günce Elif TÜRKÖLMEZ YİĞİT'e ve oğlum Eren Uğur YİĞİT'e sonsuz teşekkür ederim.

Haziran, 2019

Fatih YİĞİT

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	ix
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. KATKILAR.....	3
1.2. TEZİN ANA HATLARI	5
2. GENEL KISIMLAR	7
2.1. LİTERATÜR TARAMASI.....	7
2.2. TEDARİK ZİNCİRİ	14
2.3. STOK VE STOK MODELLERİ.....	17
2.3.1. ABC Analizi.....	18
2.3.2. Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı	25
2.3.3. K-Ortalamlar Yöntemi (K-ORT).....	28
2.3.4. Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (BCO)	29
2.3.5. AHP–K–VETO Yöntemi	32
2.4. TAHMİNLEME	34
2.5. MALİYET KALEMLERİ	39
2.6. EMNİYET STOĞU	40
2.7. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU YÖNTEMİ.....	42
2.7.1. Uygulama Alanları	43
2.7.2. Modelin Aşamaları.....	43
3. MALZEME VE YÖNTEM	49
3.1. STOK YÖNETİMİ KARAR VERME METOTOLOJİ.....	49

3.2.	SINIFLANDIRMA AŞAMASI - ABC ANALİZİ.....	50
3.2.1.	AHP - BCO - RVETO Yöntemi	50
3.2.2.	Performans Değerlendirme: SV(n) Metodu	56
3.3.	EMNİYET STOKLARININ HESAPLANMASI	61
3.4.	VERİ TAHMİNİ	63
3.4.1.	Gri Sistemler	63
3.4.2.	Gri Tahminleme	64
3.4.3.	Poisson Regresyon (PR).....	69
3.4.4.	Destek Vektör Makinaları	70
3.4.5.	Performans Kriterleri	72
3.4.6.	En İyi iki Bütünleşik Yöntemi	73
3.5.	PSO UYGULAMASI.....	74
3.6.	SEZGİSEL ALGORİTMA MODELİ	75
3.6.1.	Satın Alma Maliyetleri	76
3.6.2.	Sipariş Maliyeti	77
3.6.3.	Stok Bulundurma Maliyeti.....	78
3.6.3.1.	<i>Depolama Maliyeti</i>	79
3.6.3.2.	<i>Finansman Maliyeti</i>	81
3.6.3.3.	<i>Sigorta Maliyetleri</i>	81
3.6.3.4.	<i>Vergi Maliyetleri</i>	82
3.6.3.5.	<i>Bozulma, Eskime ve Bertaraf Maliyetleri</i>	83
3.6.4.	Stok Bulundurmama Maliyetleri.....	84
3.7.	AMAÇ FONKSİYONU	86
3.7.1.	Kısıtlar.....	88
3.7.1.1.	<i>Bütçe Kısıtı</i>	88
3.7.1.2.	<i>Stok Miktarı Kısıtı</i>	89
3.7.1.3.	<i>Stok Değeri Kısıtı</i>	89
3.7.1.4.	<i>Bozulan Ürün Kısıtı</i>	90
3.7.1.5.	<i>Talep Karşılama Kısıtı</i>	90
4.	BULGULAR	92
4.1.	1. AŞAMA– ABC ANALİZİ	94
4.2.	2. AŞAMA– EMNİYET STOKLARININ HESAPLANMASI.....	97
4.3.	3. AŞAMA– TAHMİN AŞAMASI.....	99
4.4.	4. AŞAMA– SİPARİŞ MİKTARI MODELLEME AŞAMASI.....	104

4.4.1.	PSO Performans Kıyaslama.....	105
4.4.2.	PSO Uygulama.....	106
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	117
KAYNAKLAR		121
ÖZGEÇMİŞ.....		130



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Karar verme metodolojisi iş akışı.....	5
Şekil 2.1: Tedarik zinciri yapısı.....	15
Şekil 2.2: ABD özel sektör stokları Stok/Aylık satış oranları.	16
Şekil 2.3: PSO sözde algoritması (Küçükdeniz, 2009).....	48
Şekil 3.1: AHP-BCO-RVeto yöntemi.	52
Şekil 3.2: AHP-K-Veto kriter artışı sonuçları.	59
Şekil 3.3: Normal dağılım fonksiyonu.	61
Şekil 3.4: GM(1, 1) açıklama.	64
Şekil 3.5: ε miktarından daha fazla olan durumlarda tahmin. (Smola ve Schölkopf, 2004).	71
Şekil 3.6: Gerçek verileri $\pm\varepsilon$ ile tahmin etme. (Smola ve Schölkopf, 2004).	71
Şekil 4.1: Kalitatif veri ağırlıkları.....	95
Şekil 4.2: Karşılaştırma matrisi.	95
Şekil 4.3: AHP Excel çalışması.....	96
Şekil 4.4: Emniyet stoğu hesaplama Excel tablosu görüntüsü.	98
Şekil 4.5: WEKA ekran çıktısı.	101
Şekil 4.6: PR Matlab programı.	101
Şekil 4.7: Gri tahminleme programı.	102
Şekil 4.8: Gri Tahminleme fonksiyonu Matlab programı.	103
Şekil 4.9: 1. veri tablosu Excel.....	109
Şekil 4.10: 1 nolu ürün PSO uygulaması ekran görüntüsü.	109
Şekil 4.11: Tüm ürünler hesaplama Excel dosyası.	111
Şekil 4.12: İterasyon hesaplama dosyası.	111

Şekil 4.13: 1. koşum iyileştirme grafiği.	112
Şekil 4.14: 2. koşum iyileştirme grafiği.	112
Şekil 4.15: 3. koşum iyileştirme grafiği.	113
Şekil 4.16: 4. koşum iyileştirme grafiği.	114
Şekil 4.17: 5. koşum iyileştirme grafiği.	114



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: 4 Kriterli Karşılaştırma Matrisi	26
Tablo 2.2: 7 Kriterli Karşılaştırma Matrisi	26
Tablo 2.3: AHP 1. Aşama	27
Tablo 2.4: AHP 2. Aşama	27
Tablo 2.5: Karşılaştırma Değerleri.....	28
Tablo 2.6: Öbekleme Algoritmaları	30
Tablo 2.7: PSO Parametre Önerileri	47
Tablo 3.1: Gerçekleşen - Hedef Tablosu (Başlangıç Çözümü).....	54
Tablo 3.2: AHP BCO RVeto Sonucu.....	54
Tablo 3.3: AHP BCO RVeto Aşamaları	55
Tablo 3.4: Grup Atanma İhtimalleri.....	58
Tablo 3.5: AHP-K-Veto Sonucu.....	58
Tablo 3.6: 47 Ürün Farklı Metotların ABC Analizi Sonucu.....	60
Tablo 3.7: ABC Analizi Yöntem Kıyaslama	60
Tablo 4.1: Kantitatif Veri Ağırlıkları	95
Tablo 4.2: ABC Sınıflaması için yöntemlerin SV(N) sonuçları	97
Tablo 4.3: Sınıf Sayıları	97
Tablo 4.4: 6 Iterasyon Sonrası Güvenlik Stokları.....	98
Tablo 4.5: Ürün Bazında Emniyet Stokları Tespiti Sonuçları	98
Tablo 4.6: Talep Tahminleri Sonuç Karşılaştırma	103
Tablo 4.7: Birim Fiyat Tahminleri Sonuç Karşılaştırma.....	104
Tablo 4.8: A Grubu Tahmin Sonucu.....	104
Tablo 4.9: Örnek veri ile PSO Sonuçları.	105

Tablo 4.10: Örnek Veri Genetik Algoritma sonuçları.....	106
Tablo 4.11: Örnek Problem Kısıtları.....	106
Tablo 4.12: 1. Koşum Sonuç Değerleri.....	112
Tablo 4.13: 2. Koşum Sonuç Değerleri.....	113
Tablo 4.14: 3. Koşum Sonuç Değerleri.....	113
Tablo 4.15: 4. Koşum Sonuç Değerleri.....	114
Tablo 4.16: 5. Koşum Sonuç Değerleri.....	115
Tablo 4.17: Koşum Sonuçları Karşılaştırması	115
Tablo 4.18: Önerilen Model ile Sonuç Kıyaslama.....	115



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
a	: Gri Tahminleme Gelişme Katsayısı
aa	: Karma Tahmin Yöntemi 1. Katsayı
ab	: En İyi İki Bütünleşik Yöntemi 1. Dönem Başlangıcı
ac	: En İyi İki Bütünleşik Yöntemi 1. Dönem Bitişi
ad	: En İyi İki Bütünleşik Yöntemi 2. Dönem Başlangıcı
ae	: En İyi İki Bütünleşik Yöntemi 2. Dönem Bitişi
af	: En İyi İki Bütünleşik Yöntemi Tahmin Dön. Başlangıcı
ag	: En İyi İki Bütünleşik Yöntemi Tahmin Dönemi Bitişi
a_j	: Ayların Değerleri
b	: Bulanıklaştırma Katsayısı
bb	: Karma Tahmin Yöntemi 2. Katsayısı
BrBrMal	: Birim Bertaraf Maliyeti
BrStszMal	: Birim Stok Bulundurmama Maliyetleri
bs	: Gri Tahminleme Sürücü Katsayısı
bsk	: Bozulma Süresi
BuM_{tx}	: x Ürününün t Anındaki Birim Ürün Maliyeti
ButUL	: Bozulan Ürün Toplam Üst Limiti
BuUL	: Bütçe Üst Limiti
BY_{töx}	: Bozulan Ürün Miktarı
C	: Katsayı(Destek Vektör Makinaları)
cc	: Karma Tahmin Yöntemi 3. Katsayısı
c₁	: Bilişsel Parametre
c₂	: Sosyal Parametre
c_j	: j Öbek Merkezi
ÇZ_i	: i Ürünü Çevrim Zamanı
DiDM_{tx}	: x Ürününün t Dönemindeki Depolama Maliyeti
d	: Karma Tahmin Yöntemi Değer Katsayısı
d_{ij}	: i Nolu Verinin j Öbeğine Uzaklığı
DS_{tx}	: x Ürünün t Dönemindeki Stok Değeri
DrSM_{tx}	: x Ürünün s Dönemindeki Stok Miktarı
E.S_i	: i Ürününün Emniyet Stoğu
F_t	: Fiili Satış
g_{id}	: Tüm Ürünlerin En İyi Değeri

GM(xx,yy)	: xx Değişkenli, yy Dereceden Gri Tahminleme Modeli
HaM_{tx}	: x Ürününün t Anındaki Hesaplanan Alım Miktarı
k	: Öbek Sayısı
K	: Komşuluk Sayısı
k_d	: Depolama Maliyeti Katsayısı
k_f	: Finans Maliyet Katsayısı
k_p	: Sigorta Maliyeti Katsayısı
k_s	: Sipariş Maliyet Katsayısı
k_v	: Vergi Maliyeti Katsayısı
l	: Ay Sayıları
m	: Yıl Sayıları
N	: Sürü Büyüklüğü
n	: Kriter Sayısı
nn	: Ürün Sayısı
nv_i	: Kriter Ağırlığının Normalize Değeri
P_{id}	: i Ürününün En İyi Değeri
P_j	: Her Ürününün Toplam Skoru
Q	: Sipariş Parti Büyüklüğü
SdUL	: Stok Değeri Üst Limiti
SiM_{tx}	: xÜrünün t Anındaki Sipariş Maliyeti
S_k	: k Öbeği Ayrım Performansı
SKY	: Sipariş Karşılama Yüzdesi Kısıtı
SMkAL	: Sipariş Miktarı Alt Limiti
SMkUL	: Sipariş Miktarı Üst Limiti
SmUL	: Stok Miktarı Toplam Üst Limiti
STM	: Stok Taşıma Maliyeti
St	: Mevsimsellik Bileşeni
StMk_{tx}	: x Ürününün t Anındaki Talebi Karşılanamayan Miktarı
SV(k, V, X)	: Öbek Endeksi
TDiDm	:Toplam Depolama Maliyetleri
TFiM	: Toplam Finans Maliyeti
TSgM	: Toplam Sigorta Maliyeti
T	: Dönemler
TI	: Tutarlılık İndeksi
Tlp_{tx}	: x Ürününün t Anındaki Talep
TS_i	: i Ürünü Tedarik Süresi
TSiM	: Toplam Sipariş Maliyeti
TS_{tsz}Ml	: Toplam Stok Bulundurmama Maliyetleri
TVM	: Toplam Vergi Maliyetleri
TÜrBrM	: Toplam Ürün Bozulma Maliyeti
T_t	: Tahmini Satış

Tt	: Trend Değişkeni (ARIMA)
u_{ij}	: i Ürününün j Öbeğine Üyelik Değeri
u_t	: Rassal Hata Terimi
USG	: Ürün Satınalma Maliyeti
ÜrBrM	: Ürün Bertaraf Maliyetleri
v_{ij}	: i Ürününün j Kriterinden Aldığı Değer
V	: Hız vektörü
V_j	: k Öbeği Öbekleme Sapma Değeri
w	: Normal Vektörü (Destek Vektör Makinaları)
w_i	: Kriter Ağırlığı
W_{ud}	: Üstel Düzeltme Ağırlık Katsayısı
x	: Girdi Vektörü (Destek Vektör Makinaları)
x	: Ürünler (PSO)
x⁽⁰⁾	: Orjinal Zaman Serisi
x⁽¹⁾	: Kümülatif Monoton Zaman Serisi
xg_k	: i Öbeği Atanan Ürün Sayısı
x_i	: i Nolu Ürünün Konumu
xt_k	: Hedef i Öbeği Üyelik Sayısı
y_i	: Yılların Değerleri
yt_i	: Tahmin Değerleri (Destek Vektör Makinaları)
Y_t	: Bağımlı Değişken (ARIMA)
z⁽¹⁾(k)	: Yakın Komşu Ortalamalar Zaman Serisi
Z_i	: i Değerinin Normalizasyon Değeri
λ_{max}	: Eigen Değeri
σ	: Talep Standart Sapması

Kısaltmalar

Açıklama

AGO	: Gri Tahminleme Kümülatif Operatörü
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
AHP-BCO	: AHP, Bulanık C Ortalamalar Yöntemi
AHP-BCO-RVeto	: AHP, Bulanık-C Ortalamalar ve RVeto Yöntemi
AHP-K	: AHP, K-Ortalamalar Yöntemi
AHP-K-Veto	: AHP, K-Ortalamalar ve Veto Yöntemi
APICS	: Amerikan Üretim ve Stok Yönetimi Topluluğu
ARIMA	: Otoregresif Hareketli Ortalamalar
BCO	: Bulanık C Ortalamalar Metodu
ÇKSS	: Çok Kriterli Stok Sınıflama
DEA	: Veri Zarflama Analizi
DSV	: Karar Destek Vektörleri
E.S	: Emniyet Stoğu
GARCH	: Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans

GT	: Gri Tahminleme
IAGO	: Gri Tahminleme Tersine Kümülatif Operatörü
K-Ort	: K Ortalamalar Metodu
MAGT	: Mevsim Etkisinden Arındırılmış Gri Tahminleme
PR	: Poisson Regresyon
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
TI	: Tutarlılık İndeksi
TO	: Tutarlılık Oranı
TS	: İzleme Sinyali
TT	: Trending Topic – Sosyal Medyada Güncel Konular



ÖZET

DOKTORA TEZİ

STOK YÖNETİMİ İÇİN GRİ TAHMİNLEME VE SÜRÜ ZEKASI ESASLI BİR KARAR VERME METODOLOJİSİ ÖNERİSİ

FATİH YİĞİT

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği A.B.D

Danışman : Prof. Dr. Şakir ESNAF

Bu çalışmada stok yönetimi ve sipariş miktarlarının planlanması için bir karar verme metodolojisi önerilmiştir.

Önerilen metodolojinin ilk aşamasında, Lolli ve diğerleri, (2014) tarafından yapılan çalışmada önerilen AHP-K ve AHP-K-Veto yönteminin tez kapsamında geliştirilip önerilen AHP-BCO-RVeto metodu ile ABC analizi yapılmıştır.

Literatürde, Çok Kısıtlı Stok Sınıflaması problemlerinde kullanılan Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP) yöntemini kullanan, AHP-K ve AHP-K-Veto metotlarının sınıf sayılarını göz önüne almama başta olmak üzere eksik yanları önerilen metodoloji sayesinde geliştirilmiştir. Bu metodoloji Bulanık-C-Ortalamlar(BCO) kullanımı sebebiyle AHP-BCO-RVeto metodu olarak adlandırılmıştır.

AHP-BCO-RVeto sınıflama sonuçlarının diğer metotlara olan performans karşılaştırmaları yapılmış ve daha iyi performans gösterdiği kanıtlanmıştır.

Sınıflama aşamasının ardından gri tahminlemeyi (GT) de kullanan karma bir tahminleme yöntemi ile ileriye yönelik veriler tahmin edilmiştir. Söz konusu karma tahminleme sisteminde, poisson regresyon (PR) ve destek vektör makinaları (DVM) ile GT birlikte kullanılmıştır. Üç tahmin yönteminin kullanılması sayesinde, her yöntemin

ayrı ayrı kullanılmasına oranla daha iyi sonuçlar verdiği kanıtlanmıştır. Öte yandan, GT'nin önemli bir avantajı olan az sayıdaki veriden tahmin gerçekleştirme sayesinde, az sayıdaki veri ile tahminler gerçekleştirmek mümkün olmuştur.

Elde edilen bu tahminler son aşamada parçacık sürü algoritması kullanılarak yakın optimum sipariş miktarları tespit edilmesi için kullanılmıştır.

Bu verilerin göz önüne alındığı noktada birim maliyet ve benzeri maliyet kalemlerinin en etkin şekilde tahmin edilmesi ve dolayısıyla ileriye yönelik alınan kararların en etkin olarak verilmesi amaçlanmıştır.

Son aşamada, bu çalışmada önerilen karar metodolojisi ticari ürün satışı yapan bir şirketten alınan verilerle oluşturulan gerçek bir uygulamada kullanılmış ve mevcut duruma göre avantajları özetlenmiştir.

Haziran 2019, 147 Sayfa.

Anahtar kelimeler:

ABC Analizi, Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP), Bulanık C-Ortalamlar, Stok Yönetimi ve Sipariş Planlama, Gri Tahminleme, Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması

SUMMARY

DOCTORATE THESIS

Proposal of a Decision Making Methodology for Inventory Management Using Particle Swarm Optimization and Grey Forecasting

Fatih YIGIT

Istanbul University Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Industrial Engineering Department

Supervisor : Prof. Dr. Sakir ESNAF

In this study, the goal is to propose a new decision making methodology is proposed for inventory management and order quantity planning.

In the first phase of the proposed methodology, a revised version of the AHP-K-Veto (Lolli et al., 2014) is used for the ABC analysis.

In the literature, AHP-K-Veto method is used for the classification for the area of Multiple Criteria Inventory Classification (MCIC) is improved mainly in the areas such as neglecting class sizes. So an improved version named AHP-BCO-RVeto which used Fuzzy-C-Means for classification is proposed in the thesis.

Newly proposed algorithm named ABC-BCO-RVeto is shown to perform better compared to other alternative algorithms.

In the second phase of proposed methodology the goal is to make the decisions in the most efficient way, datas such as demand and unit price are predicted. Grey forecasting, poisson regression and support vector machines are used in a hybrid method to make a reliable prediction. The performance is evelauated and showed superior performance by using these three metohds in a hybrid-merhod compared to sole methods used for prediction. Thanks to the the best advantage of the grey prediction is the ability to be used with very few datas which prevents any problems when very low datas are available, such perdition became available with very few datas.

The predicted values are used to determine the optimum values to maximise the profit by using Particle Swarm Optimization(PSO) Algorithms. The phase aims to have the most accurate predictions so that decision for the upcoming periods is performed in the most efficient way possible.

In the last phase, data from a company that sells commercial products are solved with the proposed methodology and its advantages with the current status are given.

Haziran 2019, 147 pages.

Keywords:

ABC Analysis, Analytical Hyerarchy Process(AHP), Fuzzy C-Means, Inventory Management and Order Planning, Grey Prediction, Material Planning, Particle Swarm Optimization(PSO)



1. GİRİŞ

Günümüzün yoğun rekabet ortamında karlılığın sağlanması gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Yoğun rekabet ortamı ürünlerin pazar fiyatlarının çok üstünde satılmasına olanak vermemekte ve karlılığın sağlanması büyük oranda maliyetlerin düşürülmesi ile mümkün olmaktadır. Stok planlamasının verimli ve aktif olarak kullanılması sadece maliyetlerin düşürülmesi için değil, artan müşteri memnuniyetinin sağlanması için de kritik öneme sahiptir.

Günümüzde pek çok şirket, stok planlamasında nispeten güncelliğini yitirmiş modeller kullanmaktadır. Tez konusuna temel teşkil eden önerilen metodoloji, temel olarak girdileri, satış verileri, tedarik süresi gibi sayısal veriler, ürünün önemi, stratejik değeri gibi kişiden kişiye değişen subjektif veriler, pazarda gerçekleşen birim fiyat dalgalanmaları gibi değişken verilerin kullanımıyla stok planlamasında öncelikler belirlenmesini sağlamaktadır. Bu değerlemenin ardından şirketin sadece stok değerlerini değil, aynı zamanda gelecekteki fiyat dalgalanmalarına karşı da proaktif davranarak maliyetleri düşürmeyi amaçlamaktadır. Bu şekilde etkin kullanım sonucu gerek maliyetler düşmekte gerekse de etkin bir stok yönetimi çerçevesinde rekabet gücü ve müşteri memnuniyeti artmaktadır.

Bu gelişmelerin yanında, iş hayatında verilen kararlar gittikçe daha karmaşık ve yüksek miktarda bilgiye dayanmaktadır. Söz konusu yoğun bilgi ortamında hızlı kararlar vermek bir zorunluluktur. Hızlı ve doğru karar vermek, özellikle az deneyimli kişiler için oldukça zor olmaktadır. Bu sebeple bu karmaşık kararların etkin şekilde verilmesi karar destek sistemlerine ihtiyaç duymaktadır.

Tez kapsamında önerilen metodoloji, söz konusu karar destek sistemlerine temel teşkil etmek amacıyla önerilmektedir. Önerilen karar verme metodolojisi vasıtasıyla, az deneyime ve/veya az bilgiye sahip karar vericilere destek olacaktır.

Tez kapsamında önerilen karar verme metodolojisi, ilk aşamada ham verileri kullanarak AHP-BCO-RVeto metodu vasıtasıyla ABC sınıflandırmasını gerçekleştirmektedir. Bu

aşamada gerçekleştirilen ABC analizi sonucunda, işletme için kritik öneme sahip ürünlerin diğer ürünlere oranla daha öncelikli olarak ele alınması için ilgili sınıflar belirlenmektedir. Günümüzün artan rekabet ortamında, kısıtlı kaynak olan zamanın bu şekilde en verimli şekilde değerlendirilmesine imkan verilmektedir.

İlk aşamada, ortaya çıkan A grubu ürünler, işletme için farklı kriterlerin ABC analizi yapılarak sınıflandırılması sonucunda işletme için en önemli grubu temsil etmektedir. A grubuna dahil olan ürünler daha sonraki aşamalarda önemleri itibariyle en yoğun şekilde odaklanılan ürünleri kapsamaktadır.

İkinci grup olan B grubundaki ürünler ise A grubundan sonra öncelik verilen ürünleri kapsamakta buna göre diğer aşamalarda metodoloji kapsamında işlenmektedir.

Son grup olan C grubu ürünler ise önem sırasında en düşük değere sahip ürünleri kapsamakta, zaman ve odak açısından da bu sebeple en düşük kapsamda olmaktadır. Diğer gruplara oranla daha az odaklanılarak, zamanın ve iş gücünün en yüksek verimlilikte kullanılması sağlanmaktadır.

Söz konusu ilk aşamanın ardından, Gri Tahminlemeyi (GT) kullanan karma tahmin metodu vasıtasıyla tahmin aşaması gerçekleştirilmektedir. Uygulanan karma tahmin metodu, GT ile birlikte Poisson Regresyon (PR) ve Destek Vektör makinaları (DVM) metotlarını kullanmaktadır. Tahmin aşamasında elde veriler, GT'nin en önemli avantajlarından olan az sayıdaki veri ile tahmin gerçekleştirebilmesi özelliğini kullanmakta ve bu şekilde iş hayatında karşılaşılan az veriler ile de uygulama gerçekleştirebilmektedir.

Tezin son aşamasında, sınıflama ve tahminleme sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda toplam maliyet minimum kılınmaya çalışılmıştır. Bu aşamada, modelin ileriye yönelik tahmin edilen fiyat/maliyet ve talep verileri göz önüne alınarak problemin büyük ve dinamik olması nedeniyle PSO algoritmasına dayalı bir sipariş planlama modeli önerilmiştir.

1.1. KATKILAR

Tez kapsamında önerilen metodoloji, ilk aşamasında uygulanan çok kriterli stok sınıflandırmasına imkan veren AHP-BCO-RVeto sayesinde hangi ürün gruplarına odaklanılması gerektiğini tanımlar. Bunun yanında ikinci aşamasında GT yöntemini bir karar metodolojisinin parçası olarak kullanması açısından literatüre katkı sağlamaktadır.

Bunun dışında, eldeki verileri kullanan diğer metotlara alternatif olarak ileriye yönelik tahminlerde bulunması ve bu tahminleri kullanarak proaktif bir şekilde gerçekleştirilen işlemler sayesinde toplam maliyetin yakın optimum çözümlerini arar.

Büyük veri setleri ile karşılaşılması durumunda, kısıtlı kaynakların en verimli şekilde kullanılabilmesi için başka bir deyişle diğer kaynaklar gibi zamanın da daha etkin kullanılabilmesi için geçmişi altmışbeş yıl öncesine dayanan ABC analizi, önerilen metodolojinin içine dahil edilmiştir.

Söz konusu metodolojide, literatüre katkı sağlayacak olan ve AHP-BCO-RVeto metodu kullanılmıştır. AHP-BCO-RVeto, AHP'nin hem kantitatif hem de kalitatif verileri göz önüne alarak sınıflamada kullanılabilmesinin yanında, AHP-K-Veto (Lolli ve diğ. 2014) yönteminin gerek performans gerekse de sınıf sayısı kısıtını göz ardı eden eksikliğini gidermiştir.

İlk aşama olarak AHP-BCO-RVeto yönteminin uygulanmasının ardından, elde edilen gruplamaya göre, A grubu olarak tanımlanan en önemli grubu oluşturan ürünlere kısıtlı sayıda veri ile başarılı tahminler gerçekleştirilmesini sağlayan GT, PR ve DVM yöntemlerini kullanan karma bir tahmin yöntemi kullanılmıştır. B grubuna ise geçmişe yönelik satış verileri kullanılarak, en düşük sapmaları veren tahmin yöntemleri tercih edilmiştir.

C grubu olarak adlandırılan son sınıfta ise, sadece müşteri siparişlerine göre sipariş yaratılacağı için önerilen metodolojinin diğer aşamalarına dahil edilmeyerek, kısıtlı kaynakların en etkin şekilde kullanılması hedefiyle paralel bir öneri getirilmiştir.

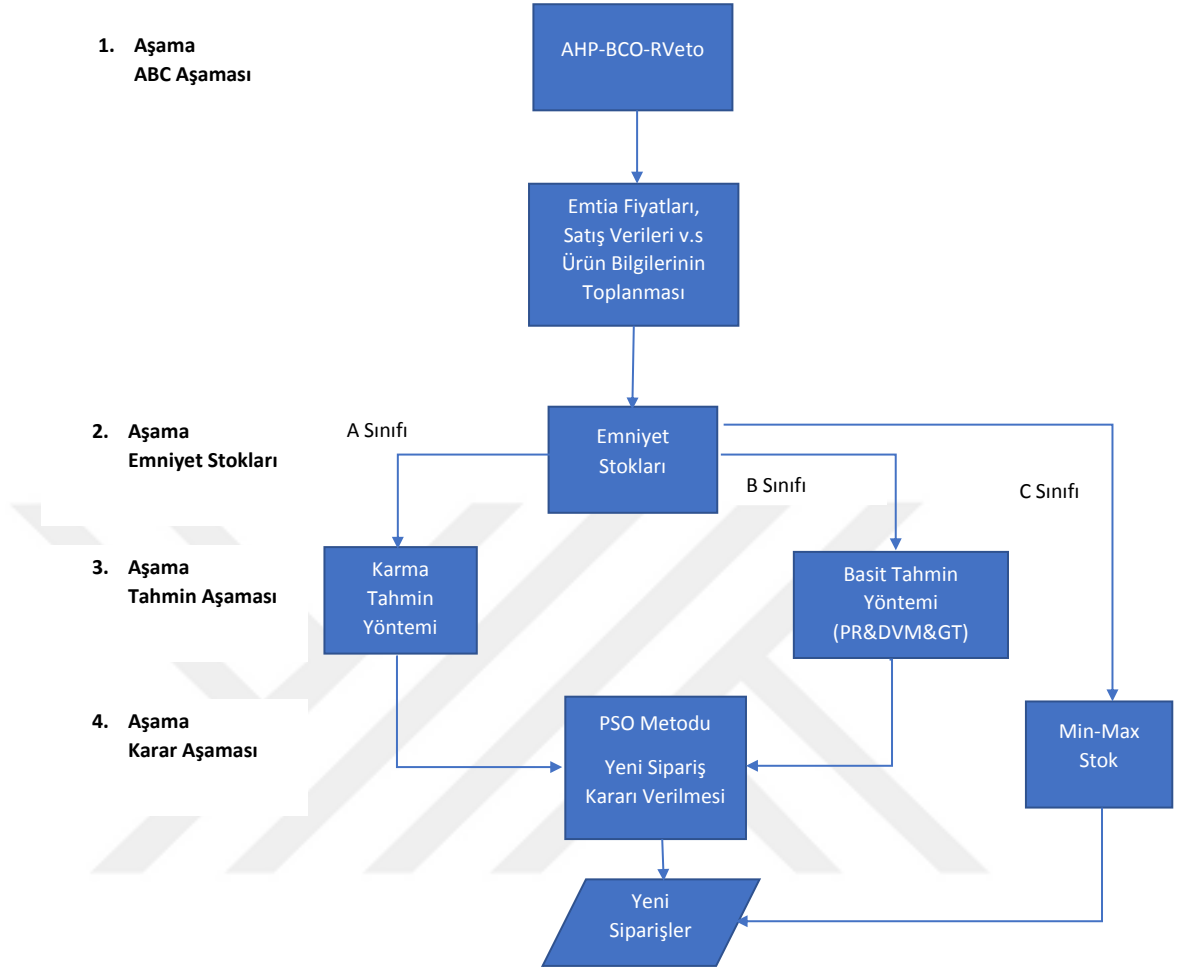
Bu iki grubun tanımlanması sonucunda elde edilen verilere, önerilen karar verme metodolojisi neticesinde yeni siparişler verilmesi sağlanmıştır.

Önerilen metodoloji, diğer modellerden farklı olarak satış verileri, geçmiş fiyatlar, stok maliyetlerinin detayında ürün bozulma ihtimalleri, depolama maliyetleri, finansal maliyetleri v.s gibi maliyetleri göz önüne alarak maliyeti minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Bunun yanında, üçüncü ve son aşamasında Parçacık Sürü Zekası Optimizasyonu metasezgisel algoritmasını kullanarak, kesin algoritmalar ile çözülemeyecek kadar büyük problemlere de uygulanabilecek esnek bir metodoloji önerilmiştir. Kayıp miktarları, çevre kanunları veya depolama kısıtlarını da göz önüne alan metodoloji önerisi, mümkün olan en az veriyle en kapsamlı sonuçlara ulaşmayı amaçlayan ve bu şekilde ilerideki çalışmalara temel teşkil edebilecek bir yapıda kurgulanmıştır.

Bu yapısı itibariyle önerilen metodoloji, her aşamasının ayrı ayrı yaptığı katkılar dışında bütün olarak da literatüre katkı sağlamaktadır. Önerilen “karar destek metodolojisi” ham verilerden karmaşık ve gri tanımına uygun yapılarda satınalma kararlarının alınmasına destek olmaktadır. Bu özellikleri sebebiyle literatüre önerdiği yapısı itibariyle katkı sağlamaktadır.

Söz konusu metodolojiye ait akış şeması aşağıda sunulmuştur.



Şekil 1.1: Karar verme metodolojisi iş akışı.

1.2. TEZİN ANA HATLARI

Tezin ikinci bölümü olan genel kısımlar bölümünde tez kapsamına dahil olan stok yönetimi, çok kriterli stok sınıflama, tahminleme yöntemleri, karar verme metodolojileri üzerinde teorik bilgiler verilmiş ve literatür taraması paylaşılmıştır. Söz konusu modellerin, günümüzün artan ihtiyaçlarına neden karşılamadığı özetlenmiş ve literatür de konu ile ilgili kaynaklarda önerilen yöntemler paylaşılmıştır. Stok modellerinin tanıtılmasının ardından, ABC analizinin literatürdeki araştırmalarının sonuçları ve

zaman içindeki gelişmeleri özetlenmiştir. ABC analizinin yıllar içindeki farklı kullanım şekilleri gösterilmiş ve önerilen metodolojide kullanılan kantitatif ve kalitatif verilerin bir arada kullanıldığı ABC analizinin detayları paylaşılmıştır.

Bu çalışmada önerilen AHP-BCO-RVeto modelinin teorik bilgileri verilmiş ardından Lolli ve diğerleri (2014) tarafından önerilmiş olan AHP-K-Veto modeline göre avantajları ve geliştirilen yönleri gösterilmiştir. AHP-BCO-RVeto yönteminin iki ayrı örnek veri kümesine uygulaması gerçekleştirilmiştir. Söz konusu uygulamanın sonucunda, önerdiğimiz ve AHP-BCO-RVeto yönteminin hem kantitatif hem de kalitatif avantajları özetlenmiştir.

İkinci aşama olan tahmin aşamasında, çalışmada önemli bir yer tutan GT yönteminin literatür araştırması ve kullanım alanları ile altyapısını oluşturan bilgiler paylaşılmıştır. Söz konusu GT modeli, karma tahminleme metodu kapsamında PR ve DVM tahmin yöntemleriyle birlikte kullanılarak performansları karşılaştırılmış ve daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Üçüncü ve son aşamada, tahmin edilen verilerin, toplam kar amacı göz önüne alınarak, bir optimizasyon modeliyle yeni siparişler haline gelmesi yaygın kullanılan bir metasezgisel algoritma olan “PSO- Parçacık sürü optimizasyonu” algoritması ile gerçekleştirilmiştir.

Malzeme ve yöntem başlıklı, üçüncü bölümde, anlatılan kısımlar yeni metodolojide bir bütün olarak özetlenmiştir. Girdi olarak ham verileri alan ve maliyetin minimizasyonunu hedefleyerek sipariş miktarlarını belirleyen metodolojinin detayları anlatılmıştır. Literatürde daha dar kapsamlı olan stok modellerine göre farkları, avantajları gösterilmiştir.

Dördüncü bölümde, bu tez çalışmasında önerilen metodoloji bir firmanın gerçek verisine uygulanmış ve sonuçlar açıklanmıştır.

Tartışma ve sonuç başlıklı beşinci bölümde, söz konusu metodolojinin uygulanması ile elde edilen sonuçlar özetlenmiş, uygulama sonuçları analiz edilmiştir. İleriki dönemlerde yapılması planlanan çalışmalara ait önerilerde bulunmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

Bu bölümde teze temel teşkil eden ana konular anlatılacaktır. Bu konular;

- Literatür Taraması
- Tedarik Zinciri
- Stok ve Stok Modelleri
- ABC Analizi
- Tahmin Yöntemleri
- Ürün Maliyet Kalemleri
- Emniyet Stokları
- Optimizasyon Yöntemleri

2.1. LİTERATÜR TARAMASI

Tedarik zinciri günümüzde gerek müşteri memnuniyeti gerekse de maliyet anlamında önemi artmakta olan bir alandır. Tedarik zinciri bunun bir sonucu olarak üzerinde pek çok araştırma yapılan konulardan biridir.

Google-Akademik web sayfasında tedarik zinciri konusunda arama yapıldığında 3.980.000 adet sonuç çıkmakta ve bu sonuç tedarik zinciri konusunun önemini göstermektedir.

Tedarik zincirinin geçmişi tekstil ve giyim endüstrisinde 1984 yılında yapılan ve ardından da 1992 yılında taze meyve sebze endüstrisinde toplam sistemi daha etkin kılmak amacıyla yapılan çalışmalara kadar gitmektedir. (Lummus ve diğ., 2001)

Günümüzde artan rekabet ortamında her türlü maliyet ya da hizmet olarak değer katılabilecek her alanın değerlendirilmesi gerekmektedir. Finansman maliyetleri söz konusu maliyet kalemlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Finansman ihtiyacı

yaratan, işletme sermayesi gereksinimi, temelde stoklar ve alacaklar ile borçların farkından oluşmaktadır. Stok yönetimi bu sebeple sadece müşteri hizmet düzeyi açısından değil, finansal açıdan da önem kazanmaktadır.

Stok yönetimi ise günümüzde gittikçe artan öneme sahip bir alan olarak, stokların en ve aynı zamanda depolama gibi fiziksel ihtiyaçların en verimli kullanılmasını kapsamaktadır. Tez kapsamında önerilen metodoloji tedarik zincirinin bu alanıyla ilgilenmektedir. Söz konusu işletme sermayesi gereksiniminin minimizasyonu için stok yönetimi önemli bir potansiyel alan olmaktadır. İşletme sermayesi dolayısıyla karlılık ve nakit durumu, tedarik gecikmeleri ve stok devir hızıyla ters orantılıdır. (Raheman ve Nasr, 2007)

Bu sebeple stok yönetiminin optimizasyonu amacıyla firmalar, ürünleri partiler halinde sınıflamakta ve en düşük maliyet hedefiyle sipariş büyüklükleri belirlemektedirler. (Bian ve diğ. , 2015). Dünyada ticaretin giderek artması sonucunda, bir işletmenin çalıştığı ortam ve karşı karşıya kaldığı problemler daha karmaşık hale gelmekte ve dolayısıyla gerçekleştirdiği işlemler ve aldığı kararların zorluk derecesi de buna paralel olarak artmaktadır. Kısıtlı imkanları değerlendirmek açısından, işlerin önceliklendirilmesine önem vermek ve olası sonuçlar arasından en önemli etkilere sahip olacaklara odaklanmak gerekmektedir.

Bu noktada, kökeni Pareto analizine dayanan ABC analizi oldukça etkin bir yöntem olmaktadır. Sınıflanmak istenen ürünler ABC analizinin sonucunda A, B ve C olarak üç sınıfa ayrılırlar. Zimmerman, 1975 yılında yaptığı çalışmada ABC analizi için firmalar tarafından kullanılan tek kriterin genellikle yıllık kullanım olduğunu belirtmiştir. Söz konusu kullanım en temel değerlendirme olsa da, gelişen teknoloji imkanları ve daha karmaşık yapıya bürünen iş hayatı kapsamında, gereksinimler artmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak geçmişte tek kriterli olarak gerçekleştirilen ABC analizi yerini çok kriterli stok sınıflama (ÇKSS) yöntemlerine bırakmaktadır. Flores ve Whybark (1987) yaptıkları çalışmada tedarik süresi, kritiklik, genel ürün olma, bozulma, yerine konabilirlik ve tamir edilebilme gibi farklı kriterlerin göz önüne alındığı bir model önermişlerdir.

Söz konusu kriterlerin, göz önüne alınarak stok sınıflandırması yapılması literatürde çok kriterli stok sınıflandırması (Multiple Criteria Inventory Classification - MCIC), olarak

tanımlanan bir alan oluşturmıştır. Bunun sonucunda ÇKSS problemlerinin çözümü konusunda literatürde pek çok makale yayınlanmıştır.

Saaty'nin AHP tekniğini baz alan Flores ve diğ. (1992) ve Partovi ve Burton (1993) tarafından yazılan makaleler hem kantitatif hem de kalitatif kriterleri göz önüne alması açısından önemlidir. Farklı kriterleri göz önüne alarak yapılan çalışmalarda, kullanılan değerlendirme kriterleri stok maliyeti, parça kritikliği, tedarik süresi, ürünün genelliği, ürünün eskime veya son kullanma tarihi, muadillik, yıllık talep adedi, ürünün kıtlığı, dayanıklılık, tamir edilme, sipariş boyutu, stoklanabilme, talep dağılımı, stok bulundurmama maliyeti göz önüne alınmaktadır. (Güvenir ve Erel, 1998; Partovi ve Anadarajan, 2002; Ramanathan, 2006). Otay ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmada, ürünlerin bulanık AHP metoduyla sınıflanması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma gibi güncel makalelerden de görülebileceği gibi Analitik Hiyeraşi Prosesi (AHP) eski bir yöntem olmasına karşın kolay uygulanabilir olması nedeniyle hala kullanılabilmektedir.

Ayrıca Cook ve diğ. (1996)'nin Veri Zarflama Analizi (DEA=Data Envelopment Analysis) yöntemini kullanan çalışması kalitatif ve kantitatif metotların birlikte kullanılması açısından önemlidir. Söz konusu Veri Zarflama Analizi (DEA) modellerini temel alan, alternatif modeller de geliştirilmiştir. (Torabi ve diğ., 2012; Zhu, 2003) Bunun yanında, Zhou ve Fan (2007) hazırladığı makalede, söz konusu yöntemin eksik yanı olan düşük sınıflama niteliğini çözmek için ilgili yöntemdeki her kalem için en çok istenen ve istenmeyen kriterlerin kullanıldığı bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Farklı optimizasyon tabanlı metotlar da ÇKSS problemlerinin çözümü için literatürde kullanılmıştır. Ng (2007) tarafından kullanımı kolay bir model önerilmiştir. Önerilen bu model, çeşitli kriterlerin, tek bir değerlendirme kriterinde gerçekleşmesine imkan vermekte ve yapısı itibarıyla karmaşık hesaplamalar gerektirmemektedir. Ramanathan (2006), ağırlıklı lineer programlama yöntemini ÇKSS problemlerinin çözümünde kullanmıştır.

Çözüm yöntemleri açısından genetik algoritmalar (Güvenir ve Erel, 1998), yapay sinir ağları, (Partovi ve Anandarajan, 2002), kullanılmıştır. Öte yandan, bu modeller kullanıcılar için fazla karmaşık olabilmektedir.(Ng, 2007). Ayrıca Zhou ve Fan (2007) R-Modeli kullanan karma bir model önermişlerdir. Bunun gibi yeni metotların öne

sürüldüğü bu konuda Rezaei ve Dowlatshahi (2010) bu yöntemleri özetleyen bir çalışma yapmıştır.

Tez kapsamında çok kriterli stok sınıflaması probleminin çözümü için kullanılan yöntem AHP diye bilinir. (Taha, 1997) Söz konusu yaklaşım, Thomas L. Saaty (1977, 1980) tarafından geliştirilmiştir. ÇKSS probleminin çözümünde AHP yaklaşımı, Flores ve diğerleri tarafından 1992 yılında kullanılmıştır.

İlgili problemlerin çözümünde, karşılaşılan kriterler, stok değeri, tedarik süresi, gibi kantitatif veriler ya da kritiklik, bozulma, tamir edilebilme gibi kalitatif veriler olabilmektedir. AHP söz konusu farklı niteliğe sahip verilerin aynı değerlendirilme için kullanılmasına imkan vermektedir. Torabi ve diğerleri (2012) yılında yaptıkları çalışmada, kantitatif ve kalitatif verilerin birlikte kullanıldığı bir model önermişlerdir. Bu sayede farklı nitelikteki metotların birlikte ABC analizinde kullanılabilmesi mümkün olmuştur. AHP yönteminin geliştirilmiş birçok versiyonu ÇKSS problemlerinin çözümünde kullanılmıştır. (Partovi ve Burton, 1993; Partovi ve Hopton, 1994). 2008 yılında yapılan çalışmada, Bulanık AHP modeli kullanılmıştır. (Cakir ve Canbolat, 2008).

Tez kapsamında önerilen AHP-BCO-RVeto metodu literatürde benzer şekilde AHP yöntemini kullanan AHP-K-Veto' nun geliştirilmiş halidir. Söz konusu yöntem, Lolli ve diğerleri (2014) tarafından önerilmiştir.

ABC analizinin yapılmasının ardından, ilgili ürünler için tahminler gerçekleştirilmiştir. Etkin bir talep tahmini, maliyetlerin minimizasyonu için kritik öneme sahiptir.

Tahmin yöntemleri genel olarak dört alt başlığa ayrılırlar. Söz konusu başlıklar;

1. İnsan yargısına dayanan kalitatif metotlar
2. Geçmiş verilere dayanan zaman serileri analizleri
3. Çeşitli başka verilere dayandığı durumda kullanılan korelasyon yöntemleri
4. Simulasyon yöntemleri (Chopra ve Meindl, 2001)

Fiyat tahminlerinde genel olarak literatürde kabul görmüş modeller, zaman serilerine dayanan, Otoregresif Hareketli Ortalamalar (ARIMA), Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH), yapay zeka teknikleri veya bunların karma

modelleridir. Söz konusu karma modeller, verilerdeki doğrusal olan veya olmayan eğilim ve örüntüleri tespit etmekte başarılıdırlar. (Marcos ve diğ., 2019)

GT, söz konusu yöntemler açısından geçmiş verilere dayanan zaman serileri analizleri grubuna dahildir. Gri sistem teorisi, sistem teorisinden ortaya çıkmıştır. (Wang ve diğ., 2014). GT, 1982 yılında, J.L Deng tarafından önerilen gri sistemlerin az sayıdaki veri kümesinin bulunduğu uygulamalarda kullanılabilen tahmine yönelik bir alt başlıktır. (Deng, 1982)

Literatürde, Tayvan ve Türkiye’deki enerji ihtiyacı, borsada hisse senetleri fiyatları, internetteki “trending topic -TT” olarak en çok tıklanan haberlerin tahmin edilmesi ya da Çin’deki bir bölgenin turistik talebinin tahmin edilmesi gibi konularda dahil olmak üzere pek çok alanda kullanılmıştır (Hsu ve Chen, 2003; Akay ve Atak, 2007; Wang ve diğ., 2014).

En önemli özelliği minimum dört adet veriden tahmin gerçekleştirebilmesi olan GT, genel olarak monoton artan ya da azalış gösteren sistemlerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sebeple, mevsimsellikten arındırılmış GT yöntemi tez kapsamında kullanılmıştır. Söz konusu geliştirilmiş yöntem literatürde 2012 yılında yapılan bir çalışmada önerilmiştir. (Wang ve diğ. 2012).

Bates ve Granger (1969) tarafından yapılan çalışmanın ardından, farklı tahmin yöntemlerinin karma bir şekilde kullanılması literatürde yer bulmuştur. Karma tahmin sistemlerinin kullanımı konusunda daha ayrıntılı bir tarihçe Clemen (1989) tarafından yapılmıştır.

Karma yöntemler, bir yöntemin yeterli olmadığı durumlarda, farklı tahmin sistemlerinin bu eksikliği gidermesi amacıyla kullanılabilen yöntemlerdir. Karma yöntemlerin, yüksek performans gösterdiği literatürde kanıtlanmıştır. (Pai ve Lin, 2005)

Menezes ve diğerleri (2000) yılında yaptıkları çalışmada, karma tahmin yöntemini kullanmışlardır. Lam ve diğerleri (2001), farklı tahminlerin karma olarak kullanılmasında ve ağırlıkların belirlenmesinde hedef programlamadan yararlanmışlardır.

Zhang (2003) yılında yaptığı çalışmada Karar Destek Vektörleri (DSV) ve ARIMA modellerini hisse senedi fiyatları tahmini için karma olarak kullanmışlar ve tek yönetime göre yüksek performans gösterdiklerini kanıtlamıştır.

Tahmin metotlarının kullanılmasının ardından elde edilen bu veriler ışığında bu verilerin etkin bir stok politikası için kullanılması gerekmektedir. Günümüzde kullanılan olasılıklı stok modelleri, modellerde kullanılan tahminlerin gelecek dönemlerde istatistiki bir dağılıma sahip olacağı prensibine dayanır. Öte yandan bu pratikte karşılaşılan bir durum değildir. (Prak ve Teunter, 2019).

Bu sebeple, stok modellerinde tahminlerin kullanılması durumunda genel olarak iki yaklaşım benimsenmiştir. Birinci yaklaşım tahminleri gerçekleştirdikten sonra bunları kullanarak stok modelini uygulamaktır. Bu yöntemde ileriye yönelik tahminler gerçekleştirilir ve bu tahminlere göre ilgili sipariş kararları alınır. Diğer yöntem ise tahminlerin kesin olmadığını varsayarak bunları modele adapte etmektir. Bu yöntemde verilerdeki değişkenlikler model dahilinde değerlendirilmektedir

Tahminlerin sapmalarının çok önemli olmadığı yönünde yapılan çalışmalar da mevcuttur. Azoury ve Miyaoka (2009) yaptıkları çalışmada söz konusu sapmaların minimal etkisi olduklarını savunmuşlardır.

Öte yandan, stok yönetiminde Gelman ve diğerleri (1995) yaptıkları çalışmada söz konusu sapmaların stok kararlarına olmasa da başka önemli bir alan olan emniyet stoklarına etkilerini göstermiş ve etkisi yüksek bir veri olduğunu belirtmişlerdir.

Önerilen metodoloji, değişkenliğin önemli bir kriter olduğunu varsaymaktadır. Bu sebeple tahmin aşamasında bu değerlendirmeye uygun bir şekilde, etkinliği kanıtlanmış karma tahmin yöntemi kullanılmıştır. Karma yöntemlerin, yüksek performans gösterdiği literatürde kanıtlanmıştır. (Pai ve Lin, 2005)

ABC analizi ve tahmin aşamasından sonra elde edilen veriler, metodoloji kapsamında toplam maliyeti minimum kılmaya çalışacak şekilde kullanılmaktadır. Ham verileri kullanarak, nihai satınalma kararları oluşturan 3 aşamalı süreç, tez dahilinde önerilen metodolojiyi oluşturmaktadır. İlk aşamada ham veriler kullanılarak öncelikle ürünler sınıflanmaktadır. A grubu olarak adlandırılan en önemli sınıfa, en etkin ama daha çok

hesaplama ihtiyacı gerektiren tahmin yöntemleri uygulanmaktadır. B sınıfına, DSV, PR ve MAGT yöntemlerinden en yüksek performans gösteren yöntem kullanılmıştır. C sınıfına, tahmin yöntemi uygulanmayarak, yöntemin dışında tutulmuştur. (Cümle çok basit)

Stok yönetiminde kullanılan modellerde optimizasyon amacıyla, kesin ve sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır. Kesin algoritmalar, tez kapsamında önerilen problemin ve problemle ilgili modelin büyüklüğü, kullanım zorluğu ve işlemlerin gerçekleşmesi için gereken işlemci ve hesaplama kaynağı ihtiyacı sebebiyle çalışmanın dışında tutulmuştur. Bunların yerine, günümüzde yaklaşık çözümleri sağlayan ve pek çok alanda kullanılan sezgisel algoritmaların bir türü olan parçacık sürü optimizasyonu (PSO) metasezgisel algoritması kullanılmıştır.

Literatürde, kuş, arı ya da balık sürülerinin davranışlarını taklit eden pek çok sezgisel algoritma mevcuttur. PSO algoritması ile ilgili ilk fikir Kennedy ve Eberhart'ın (1995) bireysel anlama yetenekleri yerine sosyal ilişkilerin basit özelliklerini ortaya çıkarmasıyla ortaya çıkmıştır. (Poli, 2007). Kennedy ve Eberhart, (1995)'in ilk çalışmalarında mısır arayan kuş sürülerinin davranışlarının araştırıldığı çalışmadan yararlanılmıştır. (Heppner ve Grenander, 1990) PSO algoritması böcek, güdülen hayvanlar, kuşların ve balıklar gibi hayvanların sosyal davranışlarını simüle ederler. Bu sürüler yemek bulmak için diğer bireylerin ve kendi deneyimlerine göre geri kalan bireylerle işbirliği yaparlar. (Wang ve diğ., 2017)

PSO algoritması pek çok alanda etkin bir şekilde kullanılmıştır. Söz konusu alanlara örnek olarak mekanik tasarım, veri öbekleme, rotalama, karmaşık ağ tasarımı, görüntü öbekleme gibi alanları verebiliriz. (He ve diğ., 2004; Sha ve Hsu, 2008; Gong ve diğ., 2014; Pedram ve diğ., 2014; Küçükdeniz ve Esnaf, 2016)

Söz konusu algoritmanın en önemli avantajları, hızlı yaklaşım, kolay hesaplama, kolay uygulanmasıdır. Öte yandan, yerel optimuma takılma ve ilerleyen iterasyonlarda yavaşlayan yaklaşım hızları da dezavantajları arasında sayılır. (Ngo ve diğ., 2016)

Bu avantajlarının sonucu olarak, PSO ile ilgili olarak, ilk geliştirilmesinden itibaren geçen çeyrek asırda, 10.000'den fazla alıntı yapılmıştır. (Eberhart ve diğ., 1996; Kennedy ve Eberhart, 1995; Shi ve Eberhart, 1998)

Literatürde bu şekilde detaylı olarak incelenmiş ve etkin bir şekilde çalıştığı yapılan akademik çalışmalarla belirlenmiş olan bu sezgisel optimizasyon metodu önerilen metodolojinin son aşamasında kullanılmıştır.

2.2. TEDARİK ZİNCİRİ

Günümüzde artan rekabet ortamı müşterilerin ihtiyaçlarını en hızlı şekilde, en düşük maliyetlerle karşılanmasını zorunlu kılmaktadır. Bunu gerçekleştirirken işletmelerin tedarik zincirlerinin yöneticilerine çok önemli görevler düşmektedir. Bu noktada tedarik zincirinin tanımını yapmak gerekmektedir. Tedarik zincirinin pek çok kişi tarafından farklı tanımları yapılsa da aşağıdaki tanımın müşteri açısından önemlidir.

Tedarik zinciri, müşterinin talep ettiği ürünün doğru miktarda, doğru yerde ve doğru zamanda olacak şekilde üretilmesini ve dağıtılmasını sağlarken, toplam sistem genelindeki maliyeti minimize edecek şekilde, tedarikçileri, üreticileri, depolar ve mağazaları entegre edecek yaklaşımlar bütünüdür. (Simchi-Levi, 2000).

Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere, tedarik zinciri pek çok bileşenden oluşan bir sistemi göstermektedir. Tedarik zincirinin bileşenlerinden bir tanesi “stok” olmaktadır.

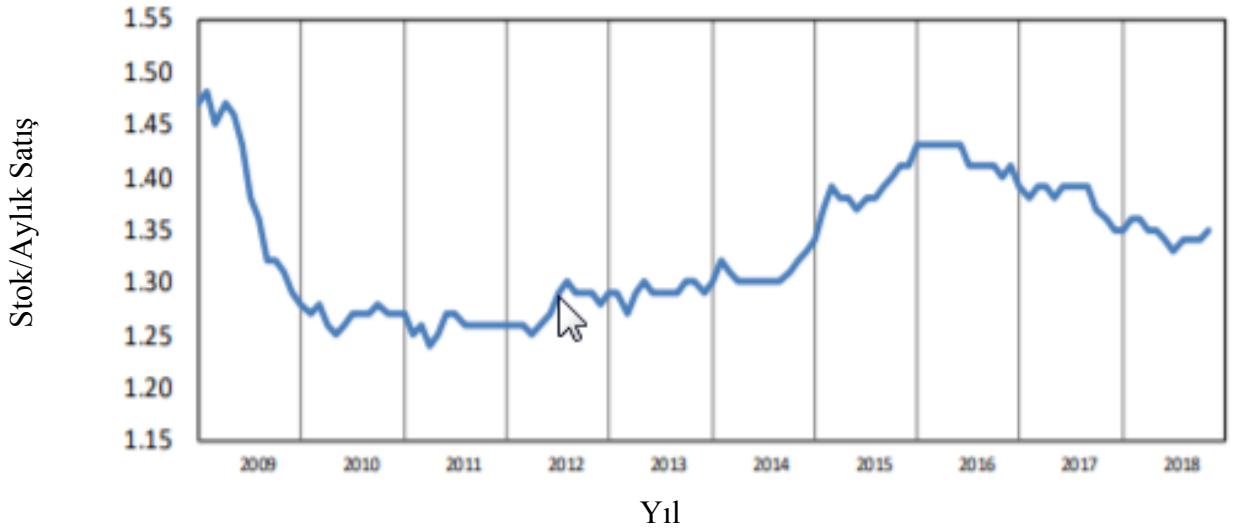
Bu sistemin her bileşeninin kendi alt hedefleri olmakla birlikte, bütün olarak sistemin optimize edilmesi tedarik zinciri yönetiminin ana amacıdır. Bu sistemin bileşenlerini Şekil 2.1’de de görüldüğü üzere, tedarikçiden, müşteriye kadar olan tüm yapıları kapsamakta, öte yandan bu ağ üzerinde dolaşan her türlü bilgi, hammadde, hazır ürün, yarımamul, yardımcı malzemeler ve ticaretin nihai sonucu para da bu sistemin bir parçasıdır. Sistem içindeki bu hammadde, hazır ürün, yarımamul, yardımcı malzemeler o işletmenin stoğunu oluşturur. Stoğa bağlanan bu maddi varlıklar, günümüzdeki düşük karlı işletmeleri getirdiği finansal maliyetler sebebiyle zorlamaktadır.



Şekil 2.1: Tedarik zinciri yapısı.

(<https://slideplayer.biz.tr/slide/2927432/>, Ziyaret Tarihi: 01.03.2017)

Şekil 2.2’de sonuçları verilen, ABD Ticaret Bakanlığı tarafından 2019 yılında yapılan bir çalışma sonucunda, işletmelerin stoklarının yıllar içindeki dağılımını göstermektedir. Bu çalışma, stok yönetiminin tedarik zinciri yönetiminde önemli bir yer tuttuğunu gösteren bir çalışmadır. Yapılan çalışmada ortalama stok seviyesi 1,35 aylık satış (Stok Gün Sayısı= 41 gün) seviyesindedir. Söz konusu stok seviyesinin finansal maliyetinin kar üzerindeki etkisi yüksektir. Tezin takip eden bölümlerinde, stok modelleri konuları anlatılmış ve stoğun sadece bir yük olmayıp aynı zamanda potansiyel bir kar amacı da güdülebilecek bir alan olduğunu gösterilmiştir.



Şekil 2.2: ABD özel sektör stokları Stok/Aylık satış oranları.

(https://www.census.gov/mtis/www/data/pdf/mtis_current.pdf, Ziyaret Tarihi, 01.02.2019)

Her satınalma kararında, stok, sipariş gibi maliyet kalemlerinin göz önüne alınması ürün fiyatlarındaki değişimlere göre kararlar alınması için yeterli olmamaktadır.

Bu sebeple, tez kapsamında önerilen metodoloji, sadece stok, sipariş, stokta bulundurmama maliyetlerini değil, aynı zamanda, satınalma maliyetlerini de göz önüne alarak toplam maliyeti minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Satınalma maliyetlerinin hesaplanması için tez kapsamında önerilen metodolojinin 3. Aşaması olan tahmin sistemleri kullanılmıştır.

Bu aşamada elde edilen tahminler, tezin son aşamasında PSO algoritması vasıtasıyla toplam maliyeti minimize etmek üzere satınalma kararları için kullanılmıştır.

Önerilen metodolojinin mevcut çalışmalardan farkının daha iyi anlaşılabilmesi için stok ve stok modelleri kavramları bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

2.3. STOK VE STOK MODELLERİ

Şekil 2.2’de verildiği üzere, bir işletmenin bir aylık satmayı planladığı üründen fazla finansman bağlamaktadır, diğer bir deyişle, bir aylık sürede elde edeceği gelirden daha fazlasını hareketsiz olarak tuttuğu değer, yani stok, tedarik zinciri veya daha geniş kapsamlı olarak ticari işletmenin bütününe fayda sağlayabilecek pek çok potansiyel barındırmaktadır. Bu sebeple bu kaynağı daha etkin yönetmek için pek çok model geliştirilmiştir.

Temel modeller olarak tanımlanan stok modelleri iki grupta toplanabilir. Söz konusu modeller; Taha (1997) tarafından aşağıdaki şekilde gruplanmıştır.

- Deterministik Stok Modelleri
 - Statik ESM (Ekonomik Sipariş Miktarı) Modelleri
 - Klasik ESM Modeli
 - Miktar İndirimli ESM Modeli
 - Depo Kısıtlı Çok Kalemli ESM Modeli
 - Dinamik ESM Modelleri
 - Hazırlık Maliyetsiz Model
 - Hazırlık Maliyetli Model
- Olasılıklı Stok Modelleri
 - Sürekli Gözden Geçirme Modelleri
 - Kısmi Olasılıklı ESM Modeli
 - Tam Olasılıklı ESM Modeli
 - Tek Periyotlu Modeller
 - Hazırlık Maliyetsiz Model
 - Hazırlık Maliyetli Model

Stok modelleri, pek çok parametrenin olasılıklı veya deterministik olduğu durumlarda, toplam maliyeti minimize edecek, sipariş miktarının belirlenmesini amaçlamaktadır. Söz konusu modellerde, satınalma fiyatlarının değişiklik gösterdiği bir ortam göz önüne alınmamaktadır.

Stok yönetimi, genel olarak, düzenli veya düzensiz satışların olduğu ortamlarda satınalma maliyeti ve hizmet düzeyi ile stok sebebiyle ortaya çıkan finansal maliyeti

arasında optimum noktayı bulmayı hedefler. Söz konusu amaç aynı zamanda, toplam maliyetlerin minimize edilmesini sağlamaktadır. Literatürde karşılaşılan modellerin büyük çoğunluğu toplam maliyeti minimize etmeyi amaçlarken, ileriye yönelik verileri veriler yerine, geçmiş veri istatistiklerini ya da deterministik verileri göz önüne almaktadır.

Öte yandan, gerek kararlar için verilerin çoğalması gerekse de çeşitli tahmin yöntemlerinin geliştirilmesi sonucunda ileriye yönelik verileri tahmin etmek büyük oranda mümkün olmaktadır.

Genel olarak maliyeti düşürme amacını sağmaya yönelik modelleri kapsamaktadırlar. Tüm modellerin özet amaç fonksiyonu olarak şu şekilde özetleyebiliriz.

$$\text{Maliyet} = \text{Ürün Satınalma Maliyeti} + \text{Sipariş Maliyetleri} + \text{Stok Maliyetleri} + \text{Stok bulundurmama Maliyeti} \quad (2.1)$$

Formül 2.1'de verilen, ürün satınalma maliyetleri ürünlerin bedelini temsil etmektedir. Stok maliyetleri, ürünün stokta tutulması sebebiyle oluşan fiziki depolama maliyetlerini, finans maliyet, sigorta, bozulma ve bertaraf maliyetlerini kapsamaktadır. Sipariş maliyetleri ise siparişin verilmesi sonucu ortaya çıkan gerek işlem maliyetlerini gerekse de gümrük v.s gibi ürünün temin edilmesi sırasında oluşan maliyetleri kapsamaktadır. Stok bulundurmama maliyeti ise karşılanamayan talepler sonucu oluşan maliyetleri temsil etmektedir. Ürün tedarik maliyetlerinde veya artışlar veya azalışlar stok modellerinin kapsamının dışında kalmaktadır. Bu sebeple tez kapsamında önerilen model bu dezavantajı gidermeye yönelik bir çalışmanın ürünüdür.

2.3.1. ABC Analizi

ABC Analizi, temel olarak Pareto prensibini kullanarak, stokların önem sırasına göre sınıflandırılması olarak tanımlanır. Pareto tablosu, hangi ürünlere odaklanılması gerektiğini tespit ederek, kazanımların maksimize edilmesine imkan verir. Pareto prensibi, az sayıda sebebin, problemlerin çoğuna yol açtığını belirtmektedir. (Çebi ve Kahraman, 2012)

İş hayatında kullanım alanı olan ABC analizi, para birimi olarak kullanım ya da satış gibi tek kriter göz önüne alınarak, veri kümesi A, B ve C olarak 3 sınıfa ayrılmasını kapsar. Genel olarak 20-80 (En üst %20 toplam değer %80'ini oluşturur) prensibine göre, en önemli olan adet olarak az olan ama değer olarak en büyük kısmı kapsayan “A”, bunun tam tersi yani değer olarak en düşük ama adet olarak en çok kısmı kapsayan en düşük öneme sahip olan “C” ve aralarında kalan “B” sınıflarına ayrılır.

Bunun sonucu olarak da, en önemli kalem olarak sınıflanan A grubuna ait ürünlere, daha çok zaman, kaynak ayrılarak daha sıkı kontrolle birlikte kısıtlı kaynakların en verimli şekilde kullanılması gerçekleştirilir. Diğer gruplara ise benzer şekilde, daha az kaynak ayrılarak, en önemli alanlara odaklanılması sağlanır.

Pareto prensiplerinin kullanılması ve özellikle değerlendirmenin tek kritere göre, genellikle satış rakamlarına göre yapılması kullanım kolaylığı sağlaması açısından avantaj yaratmaktadır. Öte yandan her ne kadar kullanım açısından ve analizin basit bir şekilde yapılması bir avantaj gibi gözükse de iş hayatının gerçekleri dahilinde bu klasik yaklaşım yeterli olmamaktadır.

Bu sebeple ABC Analizinin çok kriterli bir optimizasyon problemi olarak tanımlandığı pek çok çalışma mevcuttur. Flores ve Whybark (1987) karşılaştırma matrislerini kullanarak iki kriter için ABC analizi gerçekleştirmişlerdir. Cohen ve Ernst (1988) istatistiksel bir gruplama yöntemini kullanarak çok kritere sahip ürünleri sınıflamışlardır.

Kartal ve Çebi, (2013) destek vektör makinalarını kullanarak, çok kriterli ABC analizi gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmanın uygulaması yüksek miktarda stok bulunduran bir otomobil firmasında gerçekleştirilmiş ve DVM'nin çok kriterli ABC analizi için yüksek performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Çebi ve diğerleri (2010) tarafından yapılan çalışmada çok kriterli stok sınıflaması, bulanık AHP kullanılarak farklı distribütörlük ürünlerinin dağıtımını yapan bir firmada uygulanmıştır. Çalışmanın sonucu olarak yöntemin stok sınıflamasın için etkin bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Çok Kriterli Stok Sınıflaması, tek kritere göre stok sınıflamasından farklı olarak diğer önemli görülen kantitatif ya da kalitatif kriterlerin de göz önüne alınmasını sağlayan bir metoddur.

Bu kriterlerin değerlendirilmesi klasik metoda göre daha fazla zaman ve emek almakla birlikte, iş hayatının gerçekleriyle örtüşmektedir. Bu sebeple sadece satış rakamına göre değerlendirilmesine oranla daha etkili bir yaklaşım ortaya çıkarmaktadır.

Tez kapsamında söz konusu kriterler iki grupta toplanmaktadır.

1. Grubu kantitatif olarak tanımlanan;

Bu gruptaki kriterler, tüm değerlendirmelerin ürünü kullanan, satan veya yöneten kişilerin deneyimleri ve/veya düşüncelerinden bağımsız olarak sadece rakamlarla değerlendirilebilecek kriterlerdir. Söz konusu kriterler ve açıklamaları şu şekildedir.

- Satış Rakamları

Bu kriter, ABC Analizinin klasik modelinde kullanılan kriterdir. Her ne kadar tek başına değerlendirme açısından yeterli olmadığı düşünülmekteyse de, satış rakamları her şirket için kritik önem taşımaktadır. Dolayısıyla bu kriter her ABC analizinde olması gereken bir kriter olma özelliğini bulundurmaktadır. Söz konusu kriterin değeri ile ABC analizindeki yeri doğru orantılıdır.

- Karlılık

Şirketler, dolayısıyla bu şirketlerin hedefleri doğrultusunda çalışan kişiler, birim satıştan maliyetler düşükten sonra kalan tutar anlamına gelen “kar” miktarını olabildiğince yüksek tutmak isterler. Bunu da satışı ve stok yönetimi yapılan ürünlerin en verimli şekilde yönetimiyle yapabilirler. Bu açıdan bir ürünün karlılığı yüksekse, ABC analizindeki önem seviyesi yukarı doğru çıkmaktadır. Söz konusu kriterin değeri ile ABC analizindeki yeri doğru orantılıdır.

- Tedarik Süresi

Tedarik süresi bir ürünün siparişinin verilmesi ile ürünün satılması veya kullanıma hazır hale gelmesi arasındaki süreyi belirtmektedir. Ürünün uzak mesafelerden tedarik

edilmesi, ürünün siparişe göre üretilmesi, üretimde gereken bir parça ya da bileşenin tedarikçinin uzun sürmesi, yurtdışından gelen bir ürünün gümrük işlemlerinin uzun sürmesi gibi sebeplerle söz konusu tedarik süresi uzayabilmektedir. Tedarik süresi, ürünün her istenen anda tedarik edilebileceği anlamına gelen “0” değerinden, uzun sürede tedarik edilebileceği büyük sayısal değerlere kadar değişkenlik gösterebilir. Tedarik süresinin kısa olması, ürünün çok kısa sürede tedarik edilebileceği dolayısıyla olası risklerin en az süreyle kısıtlı kalacağı anlamına gelmektedir. Bunun sonucu olarak bu kriterin değeri ile ABC analizindeki yeri doğru orantılıdır.

- Tedarik Süresi Değişkenliği

Tedarik süresi, gerek lojistik süreçlerindeki gerekse de üretim süreçlerindeki belirsizlikler sebebiyle değişkenlik gösterebilir. Bu değişkenlik ilgili ürün için yapılan planlarda belirsizliğe ve istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Dolayısıyla ürünün tedarikçisiyle ilgili belirsizlik ne kadar yüksekse bu ürünün yönetimi için gereken önem artmaktadır, özetle bu kriterin değeri ile ABC analizindeki yeri doğru orantılıdır.

- Birim Fiyat

Bir ürünün birim fiyatı, olası bir bozulma veya eskime gibi sebeplerle ortaya çıkacak maliyeti belirtmesi açısından önemlidir. Bunun bir sonucu olarak bu kriterin değeri ile ABC analizindeki yeri doğru orantılıdır.

2. Grubu kalitatif olarak tanımladığımız;

Geçmiş veya mevcut verilerin analizi sonucu elde edilemeyecek, bunun yerine ilgili kişilerin kendi deneyimleri neticesinde elde edilebilecek kriterler bu grubu oluşturmaktadır.

- Sinerji

Bir ürünün satılması, kimi zaman yeni oluşturulan pazarlara girilmesi, yeni müşterilerle irtibat sağlanması veya ürünün niteliği sebebiyle söz konusu ürünün dışında başka bir ürünün satılmasını da tetikleyebilir veya gerektirebilir. Öte yandan, bazı ürünlerin teknik olarak kullanılabilmesi için başka biri ürünle birlikte karıştırılması ya da artarda kullanılması gerekebilir. Bu niteliklere sahip ürünler, sinerjisi yüksek ürünler olarak

nitelendirilir. Sinerji kriteri, literatürde yapılan diğer çalışmalarda mevcut olmayıp, uygulamadaki örnekte karşılaşılan bir kriterdir. Benzer şekilde, farklı kriterler, farklı çalışmalarda kullanılmıştır. (Stonebraker ve Leong, 1994; Hautaniemi ve Pirttilä, 1999). Bu niteliğe sahip ürünlerin stokta bulundurulması, sadece bu ürün açısından değil başka ürünleri etkilemekte veya benzer şekilde stokta olmaması diğer ürünleri de olumsuz etkilemektedir. Bunun bir sonucu olarak bu kriterin değeri ile ABC analizindeki yeri doğru orantılıdır.

- Müşterinin Önemi

Ürünler arasında sınıflama yapılmaktayken aynı durum müşteriler açısından da gerçekleşebilmektedir. Bir ürünün satıldığı müşteriler benzer ABC sınıflarına dahil olmakta ve A grubuna atanmış olan müşteriye satılan ürün diğer ürünlere göre daha yüksek öncelikli bir sınıfa dahil olmaktadır.

Bunun sonucu olarak, bu kriterin değeri ile ABC analizindeki yeri doğru orantılıdır.

- Müşteri Kırılabilirliği veya Sadakati

Bazı müşteriler, bir ürüne bağlılıkları az oldukları için olası bir sorunda, gerek ürünü gerekse de firmayı verdikleri hizmetin kötü olduğu konusunda pek çok kişiye yayma özelliğine sahiptirler. Amerika’da 1996 yılında yapılan bir çalışmada, mutsuz bir müşterinin bu deneyimini sekiz kişiye anlattığını ortaya koymaktadır. (National Performance Review, 1992). Müşterinin bu arka planda oluşturduğu maliyetler çeşitli kayıplara yol açmakta ve ileriye dönük kararlarında etkin olmaktadır. (Yiğit ve Esnaf, 2013) Bu sebeple olası bir problemde müşterinin davranış şekli, ilgili ürünün yönetim modelini de değiştirebilmektedir. Bu kriterin değeri, ABC analizindeki yeriyle doğru orantılıdır.

- Tedarikçi için Rekabet

Bir tedarikçinin ürünlerinin satışları, kötü bir yönetim sonucu olarak satış kaybı yaşıyorsa, bu düşük performans distribütörlük ağı tarzındaki ilişkilerde tedarikçi ile satıcı arasında sorunlara yol açabilir. Eğer bu tip bir tedarikçi özellikle karı yüksek ürünler satıyorsa, bu satış hakları için çok yoğun bir rekabet oluşabilir. Dolayısıyla olası bir hata, bu distribütörlüklerin kaybı anlamına gelebilmektedir. Bunun olasılığının

yüksek olması, bu kriterin ABC analizindeki konumuyla doğru orantılı olmasına yol açmaktadır.

- Muadil Ürünlerin Varlığı

Bir ürünün talep edilen anda hazır olmaması durumunda bir müşterinin en doğal tepkisi bu ürünün yerine ihtiyaçlarını karşılayabilecek benzer bir ürün tedarik etmek olacaktır. Bu şekilde bir rakibin ürün yerine muadil bir ürünü verme durumu, müşterilerle rakip firma arasındaki ilişkilerin gelişmesine ve dolayısıyla sizin bu müşteriye kaybetme riskiyle karşılaşmanıza yol açabilir. Dolayısıyla bir ürünün muadilinin mevcut olması, ürünün önemini ve dolayısıyla ABC analizindeki değerlendirilmesini olumlu yönde etkileyen bir kriterdir.

- Stok Bulundurmama Riski

Bir ürünün stoğunun olmadığı durumda, müşteri ile yapılan sözleşmelere göre ceza ödenmesi iş hayatında sıklıkla karşılaşılan olaylardandır. Dolayısıyla bir ürünün bir firma için önemi bu anlaşmalarda bahsedilen tutarlarla doğru orantılı olmaktadır. Dolayısıyla stok bulundurmama riski sadece satış kaybı açısından değil, aynı zamanda olası ceza veya benzeri maddi kayıplarla da paralel olmaktadır. Dolayısıyla bir ürünün stok bulundurmama riskinin artması, ürünün önemini ve dolayısıyla ABC analizindeki değerlendirilmesini olumlu yönde etkileyen bir kriterdir.

- Ürünün Eskime/Bozulma Niteliği

ABC analizi yapılan ürünlerde, göz önüne alınması gereken diğer bir faktörde ürünlerin bozulma veya değer kaybına uğrama olasılığıdır. Bu değer kaybı, gıda ürünleri ya da kimyasal ürünler gibi belirli bir son kullanma tarihi olan ürünler olabileceği gibi, aynı zamanda elektronik ürünleri gibi zaman içinde üründe bir fonksiyon azalması olmasa bile değer kaybının ortaya çıktığı durumlar olabilir. Dolayısıyla bu kriterin değeri, ABC analizi ile doğru orantılıdır.

- Alternatif Ürün

Olası bir stok bulundurmama durumunda, firmanın diğer ürünleri içinden alternatif bir ürünün müşteriye vermesi ve bu ürünün müşteri tarafından kabul edilmesi durumu

alternatif bir ürün temini olarak tanımlanabilir. Bu durumda olası bir stoksuzluğun olumsuz sonuçları kısmen veya tamamen telafi edilebilecektir. Buna göre bu kriterin değerinin yüksek olması ABC analizindeki değerini düşürecek ve başka bir deyişle bu kriterin değeri ile ters orantılı olacaktır.

Burada verilen kriterlerin dışında başka kriterlerde gerek ilgili kişinin deneyimleri gerekse de sektörün niteliği dolayısıyla kullanılabilir ya da ABC analizinde çok önemli yer tutan kriterlerin ağırlıklarına etki edebilir.

- Tehlike/Zararlı Madde Niteliği

Bir ürünün gerek kişilere (Zehirli, Tahriş Edici, Yanıcı, Parlayıcı v.s), gerekse de çevreye etki edebilecek şekilde bulundurduğu riskler (Yanıcı, Çevreye Zararlı, Patlayıcı v.s) o ürünlerin daha da odaklanılmasını gerektiren nitelikleri göstermektedir. Örnek vermek açısından, bir ürünün birim fiyatı, kullanımı ve benzer değerleri çok düşük olmasına karşın bu ürün, örneğin potasyum-siyanür ya da benzeri çok tehlikeli bir ürünse ve olası sonuçlar açısından çok büyük riskler barındırıyorsa, o ürüne diğer özelliklerine göre basit bir civata ile aynı muameleyi göstermek doğru olmayacaktır. Bu sebeple, ürünlerin tehlikeli veya zararlı olmalarına göre ABC sıralamasında üst sıralara yükselmesi ile ilgili ürünlerin tehlikeli/zararlı olma özellikleri doğru orantılıdır.

AHP yaklaşımı, gerek kullanım kolaylığı gerekse de karmaşık hesaplama ihtiyacı gerektirmemesi, gerekse de kantitatif ve kalitatif kriterlerin olduğu problemlerde kullanılabilmesi sebebiyle bu çalışmada çok kriterli ABC Analizi (ÇKABC) çözümü için tercih edilmiştir.

AHP analizinin ardından literatürde Lolli ve diğerleri (2014) tarafından önerilen “Veto” sistemi olarak adlandırılan yöntemden esinlenerek, ilgili sınıf adetlerinin istenen seviyeye gelmesi için RVeto yöntemi ilk kez bu çalışmada önerilmiş ve kullanılmıştır.

2.3.2. Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı

Zaman zaman bir karar verme süreci sadece sayısal verilerin değil aynı zamanda veya bunların yerine duygu, davranış ve benzeri kalitatif verilerin de karar vermenin bir parçası olarak kullanıldığı modelleri de kapsar. Bu bölüm, fikirlerin, duygu ve heyecanların, davranışların, karar alternatiflerinin sayısal bir ölçekle sıralanmasını sağlayacak şekilde ölçüldüğü durumlara farklı bir yaklaşım getirmektedir.

Genel olarak tüm karar verme modellerinde, karara etki edecek değerlendirmelerde kullanılacak, kriterlerin karara olan etkisini başka bir deyişle, ağırlıklarını tespit etmek en zor konulardan bir tanesidir. Bunun sebebi, bir kararın sonucuna etki eden faktörlerin rakamsal olarak değerlendirilmesinin zorluğudur. Öte yandan, tüm modele etkileri yerine, kriterlerin birbirine olan değerlendirmelerini yapmak yani modeli küçük alt bileşenlere bölerek değerlendirmede bulunmak daha kolay bir yöntemdir.

Kriterlerin ikili karşılaştırmaları sonucu oluşan matris kullanılarak ağırlıklar tespit edilir.

AHP yaklaşımı, çok kriterli stok sınıflandırma problemlerinde de kullanılan yöntemlerden biridir. Diğer yöntemlere göre en büyük avantajı, normalizasyon yöntemi ile hem kantitatif hem de kalitatif verilerin kullanılmasına imkan vermesidir. Dolayısıyla, AHP Yaklaşımı, kantitatif ve kalitatif değerlendirmeleri çözebilir. (Lolli ve diğ. 2014).

Normalizasyon yöntemi uygulanırken aşağıdaki formülden yararlanılır.

$$z_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (2.2)$$

Söz konusu yöntemin çok kriterli stok sınıflandırma problemlerinin çözümündeki en önemli eksikliklerinden bir tanesi, zaman zaman sınıflandırmalarda kişisel değerlendirmelerde çok yüksek puanlar alan ürünlerin, ilgili kriterin görece ağırlığının düşük olması sebebiyle sınıflandırmada olması gereken sınıftan daha düşük sınıflara atanmasıdır. Bu problemin çözümü için AHP sınıflandırmasının ardından, A, B veya C sınıflarının sınırlarında değerlendirilmiş kalemlerin tekrar bir değerlendirilmeye tabi tutulduğu AHP-K-Veto yöntemi 2014 yılında önerilmiştir. (Lolli ve diğ. 2014). Söz

konusu yöntemin eksiklerinin giderildiği ve geliştirildiği AHP-BCO-RVeto adlı yöntem tez kapsamında önerilen metodolojinin 1. aşamasını oluşturmaktadır.

AHP yönteminde kriterlerin çoğaldığı problemlerde, yapılan karşılaştırma matrislerinin çok büyümesine ve dolayısıyla yapılması gereken işlem sayısının yüksek oranda artmasına yol açmaktadır.

Tablo 2.1: 4 Kriterli karşılaştırma matrisi.

Kriterler	A	B	C	D
A	X			
B	1	X		
C	2	3	X	
D	4	5	6	X

Tablo 2.2: 7 kriterli karşılaştırma matrisi.

Kriterler	A	B	C	D	E	F	G
A	X						
B	1	X					
C	2	3	X				
D	4	5	6	X			
E	7	8	9	10	X		
F	11	12	13	14	15	X	
G	16	17	18	19	20	21	X

Söz konusu karşılaştırma matrislerinin büyüklüğü $C(n, 2)$ ile hesaplanabilmektedir. Tablo 2.1 ve tablo 2.2’de farklı kriter sayılarının karşılaştırma matrislerine etkisi gösterilmiştir. Burada n, kriter sayısını belirtmektedir. Tablo 2.1, 4 kriterli karşılaştırma tablosu, 6 değerlendirmeyi kapsarken, tablo 2.2, 7 kriterinin bulunduğu durumda 21 karşılaştırmayı kapsar. Sonuç olarak kriter sayısında %75 artışa rağmen yapılacak olan işlem sayısı %250 oranında artmaktadır.

AHP yöntemini geliştiren ve öneren Saaty (1980) söz konusu kriter sayısının 7 ile kısıtlanmasını önermiştir.

Eğer kriter sayısının 7’yi aşması gerekiyorsa, işlemlerin kolaylığı için kantitatif veya kalitatif verilerin tümünün aynı tabloda karşılaştırılması yerine, kriterlerin bir kısmının

literatürde kantitatif verilerin “kritiklik” kriteri altında toplanması ve kritiklik faktörünün oluşturularak bunların kantitatif verilerle kıyaslanması ve AHP yönteminin kullanım kolaylığının devamı sağlanmaktadır.

Söz konusu karşılaştırma matrisinin oluşturulmasının ardından, ilgili kriterlerin her birinin tüm karşılaştırmalardan aldığı toplam değer, kriter sayısı köküne bölündükten sonra, tüm kriterlere göre normalizasyon uygulanarak, ilgili ağırlıklar tespit edilir. İlgili hesaplamalar tablo 2.3’de verilmiştir.

Tablo 2.3: AHP 1. aşama.

Kriterler(m)	1	2	3
1	1	a	b
2	1/a	1	c
3	1/b	1/c	1

2. aşamada söz konusu değerlere normalizasyon uygulanır ve ardından çıkan değerlerin satır ortalaması alınarak ilgili kriterlerin ağırlık değerleri tespit edilir. 2. Aşama ile ilgili hesaplamalar, tablo 2.4’de gösterilmiştir.

Tablo 2.4: AHP 2. aşama.

Kriterler(m)	1	2	3
1	$1 / (1+1/a + 1/b)$	$a / (a + 1 + 1/c)$	$b / (b + c + 1)$
2	$(1/a) / (1+1/a + 1/b)$	$1 / (a + 1 + 1/c)$	$c / (b + c + 1)$
3	$(1/b) / (1+1/a + 1/b)$	$(1 / c) / (a + 1 + 1/c)$	$1 / (b + c + 1)$

İlgili ağırlıkların tespitinin ardından, tutarlılık kontrolü yapılarak ilgili ağırlıkların bir değerlendirme için kullanılıp kullanılmayacağı tespit edilir.

Söz konusu değerlendirme için öncelikle eigen değeri, $\lambda_{\max}$ hesaplanır.

$$\lambda_{\max} = w_i * nv_i \quad (2.3)$$

2.3 nolu formülde, w_i , i kriterinin ağırlığını belirtirken, nv_i aynı i kriterinin diğer kriterlere göre normalizasyon uygulanmış değerini belirtmektedir.

$\lambda_{\max}$, hesaplanmasının ardından, tutarlılık endeksi(TI), 2.4 nolu formüle göre tespit edilir.

$$TI = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) \quad (2.4)$$

n bu formülde, kriter sayısını belirtmektedir.

Ardından hesaplanan TI, Tablo 2.5 belirttiği kriter sayısına göre önerdiği rakamlara bölünerek, ortaya çıkan tutarlılık oranının (TO) 0,10'dan büyük olup olmadığı kontrol edilir. Saaty (1980) Eğer ilgili rakam 0,10'dan küçükse, karşılaştırmanın tutarlı olduğu tespit edilir, büyükse ilgili karşılaştırma matrisi tekrar değerlendirilerek ilgili TO'nun düşürülmesi hedeflenir.

Tablo 2.5: Karşılaştırma değerleri.

Kriter Sayısı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Değer	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Bölüm 4.1'de bu yöntem kullanılarak kantitatif ve kalitatif verilerin birlikte kıyaslandığı modele uygun bir sınıflama gerçekleştirilmiştir. İlgili bölümde önerilen modelde, AHP yönteminin yanında, verileri dışarıdan geri dönüş almadan, öbeklemede kullanılan Bulanık C-Ortalamlar (BCO) öbekleme yöntemi de kullanılmıştır.

2.3.3. K-Ortalamlar Yöntemi (K-ORT)

K-ORT, temel bir denetimsiz öbekleme yöntemidir. Söz konusu yöntem Stuart Lloyd tarafından önerilmiş fakat Bell Laboratuvarlarının dışında bir ortamda 1982 yılına kadar yayınlanmamıştır. E. W. Forgy, 1965 yılında temel olarak aynı yöntemi önermiştir.

k adet öbek grubuna atanacak nn adet verinin atandığı öbek merkezinin mesafesinin minimize edilmesini amaçlar.

Söz konusu uzaklık formülü

$$d_{ij} = |x_i - c_j| \quad (2.5)$$

Bu denklemde x_i , verinin konumunu belirtirken, c_j ise j öbeğinin merkezini belirtmektedir.

$$J(C) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k d_{ij}^2 \quad (2.6)$$

Amaç fonksiyonu ise söz konusu mesafelerin öklit uzaklıklarının toplamını minimize etmektir. Bu şekilde, aynı öbekteki farklı üyelerin merkezden uzaklıklarının toplamı minimize edilerek, en iyi öbekleme performansının sağlanması amaçlanır.

2.3.4. Bulanık C-Ortalamlar Yöntemi (BCO)

Öbekleme literatürde, pek çok çalışmaya konu olmuş bir alandır. Öbekleme, öbekleme kriter fonksiyonun global minimumunun bulunmasını amaçlayan matematiksel optimizasyonda bir uygulama alanıdır. (Kucukdeniz ve Esnaf, 2016). Öbekleme yöntemi, matematik programlama (Andrews, 1972; Rao, 1971), görüntü ayrıştırma (Lillesand ve Keifer, 1994) ve çıkarımsal veri analizi, veri madenciliğinin de (Evangelou ve diğ., 2001) olduğu pek çok alana uygulanmıştır. Öbekleme kriter fonksiyonun minimizasyonun amaçlanması sebebiyle, çeşitli yöntemlerin öbekleme yöntemlerinde kullanılma fırsatı ortaya çıkmaktadır.

Söz konusu öbekleme yöntemleri, danışmanlı ve danışmansız metotlar olarak ikiye ayrılmaktadır.

Danışmanlı metotlarda, model çalışırken dışarıdan müdahale eden ve bilgi aktaran bir eğitmen mevcutken, danışmansız yöntemlerde, yöntemin çalışmasına müdahale edecek bir danışman mevcut değildir.

Öbekleme algoritmaları, ayrıca hiyerarşik ve üye atama yöntemini tercih etmelerine göre de sınıflanmaktadır. Hiyerarşik yöntemlerde, her üye bir öbek olarak başlamaktadır. Her adımda farklı üyeleri aynı öbekte birleştirerek öbekleme gerçekleştirilir.

Üye atama ise, her öbeğe aynı anda atama yaparak öbekleme gerçekleştirilir. Öbekleme algoritmaları Tablo 2.6'da verilmiştir.

BCO yöntemi danışmansız ve üye atama öbekleme yöntemleri sınıfına girmektedir. Amaç fonksiyonu odaklı öbekleme yöntemleri arasından en yaygındır. Geleneksel öbekleme yöntemleri, her veriyi söz konusu öbekleme yönteminin parametresi olarak verilen sayıda öbek kümesine atamayı amaçlar. Fakat geleneksel yöntemlerde, atanan veriler tek bir sınıfa ait olduğu için sınıflar arası sınırlarda atamalar çok az farklarla farklı sınıflara atanabilmektedir.

Tablo 2.6: Öbekleme algoritmaları. (Jain, 2010).

Hiyerarşik	Üye Atama
Tek Bağlantılı Öbekleme	K-Ort
Çok Bağlantılı Öbekleme	ISODATA
Aggleramasyon Hiyerarşi Öbekleme	FORGY
	BFR- Bradley-Fayyad-Reina
	BCO
	DBSCAN
	Ortalama Kaydırma Öbekleme
	GMM - Gaussion Karma Model
	Jarvis-Patrick Algoritması

BCO yöntemi, üyelikleri toplam değerleri 1 olacak şekilde, farklı sınıflara atar. Atanan üyelik değerleri, ilgili verilerin benzerlik ya da farklılık değerlendirmeleri, bir mesafe fonksiyonu ile belirlenir. (Dogan ve Korürek, 2012). Bu sebeple, BCO yöntemi, doğada karşılaşılan verilerle örtüşmekte, ve gerçeği yansıtmada daha objektif olabilmektedir. (Wang ve diğ., 2012).

BCO yöntemi, nn sayıdaki veriyi, k sayıdaki gruplara atamayı hedefler. Söz konusu, gruplamalar, 1 veya 0 olacak şekilde, tam sayılı atamalar yerine, bulanık mantık çerçevesinde $[1, 0]$ arasında bir değerde olmaktadır. Her veri doğal olarak bir öbeğe atanması gerektiği için, tüm bulanık hücre atamalarının toplamının 1 olması gerekmektedir.

Bu bölümlerin denklemleri şu şekildedir.

$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{nn}) \quad (2.7)$$

$$C = (C_1, C_2, C_3, \dots, C_k) \quad (2.8)$$

Üyelik değerleri;

$$u_{ij} \in [0, 1] \quad \forall i \in 1, 2, \dots, n \quad j \in 1, 2, \dots, k \quad (2.9)$$

Öte yandan her verinin tanımlandığı verilerin üyeliklerini toplamı 1 olmalıdır.

$$\sum_{j=1}^k u_{ij} = 1 \quad (2.10)$$

BCO yönteminde, amaç, tüm hücrelerin öbek merkezlerine olan uzaklıklarının toplamını minimize edecek öbek merkezi yerlerini, bulunduğu noktaları belirlemektir. Söz konusu amaç fonksiyonunun her iterasyonunda, öbek merkezinin bulunduğu noktanın değişmesi sebebiyle, ilgili verilerin de üyelik dereceleri değişmektedir. Eğer verinin bulunduğu nokta, bir öbek merkezinin tam üstüne denk gelmekteyse bu üyelik üstünde bulunulan öbek için “1” olarak tanımlanmakta ve diğer öbek merkezleri 2.11 nolu formüle uygun olarak “0” olmaktadır. Üyelikler 2.11 nolu formüle göre hesaplanır.

$$u_{ij} = \begin{cases} \left[\frac{\sum_{k=1}^k \left[\frac{d_{ij}^{\frac{2}{b-1}}}{d_{ik}^{\frac{2}{b-1}}} \right]^{-1}}{d_{ik}^{\frac{2}{b-1}}} \right]^{-1}, & d_{ik} \neq 0 \\ 0, & d_{ik} = (k \neq j) \\ 1, & d_{ik} = (k = j) \end{cases} \quad (2.11)$$

Uzaklık ise öbek merkeziyle, verinin bulunduğu nokta arasındaki uzaklığı göstermektedir.

$$d_{ij} = |x_i - c_j| \quad (2.12)$$

Her iterasyonda, c_j noktasını 2.13 nolu formüldeki şekilde güncellememiz gerekir. 2.13 nolu formülde b bulanıklaştırma katsayısını, c_j öbek merkezini temsil etmektedir.

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ij}^b x_i}{\sum_{i=1}^n u_{ij}^b} \quad (2.13)$$

Söz konusu modelin amaç fonksiyonu verilerin bulunduğu noktalar ile öbek merkezlerinin mesafelerinin karelerinin toplamını minimize etmektedir.

Bunun sonucu olarak amaç fonksiyonu 2.14 nolu formülde verilmiştir.

Min.

$$(U, C) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k u_{ij}^b d_{ij}^2 \quad (2.14)$$

Amaç fonksiyonunun elde edilmesi için doğrusal programlama ya da sezgisel algoritmalar kullanılabilmektedir. Literatürde, BCO metodu, PSO algoritması ile birlikte bilişim suçları tespitinde, tıbbi tanı amacıyla Kernel bazlı bir algoritma ile birlikte barajların risk analizinde, yapay arı kolonisi ile birlikte tedarikçi değerlendirme ve seçiminde kullanılmıştır. (Li ve diğ., 2011; Wang ve diğ., 2012; Keskin, 2015; Dougherty ve You, 2017).

2.3.5. AHP-K-VETO Yöntemi

AHP-K-VETO yöntemi Lolli ve diğ. (2014) tarafından önerilen yöntemdir. Söz konusu yönteme göre, başlangıç aşamasında, verilere ait her bir özellik AHP aşamasında belirlenen ağırlıklar göz önüne alınmadan tek tek K-Ort metodu uygulanır. Bunun ardından, ağırlıkların çarpılmasıyla oluşturulan toplam skor değerlerine de K-Ort metodu uygulanır. Bu şekilde, makalede önerilen başlangıç çözümü ortaya çıkmaktadır. Söz konusu n özellik ve toplam skoru belirten skor aşamasıyla birlikte $n+1$ adet öbekleme gerçekleştirilmiş olur.

İlgili sınıflandırma için literatürde pek çok modelin değerlendirmesi için kullanılan veri seti kümesi kullanılmıştır. Söz konusu veri seti Reid (1987) tarafından verilmiş ve Flores ve diğ.(1992), Ramanathan (2006), Ng (2007), Zhou ve Fan (2007), Hadi-Vencheh (2010), Chen (2008) ve Mohammaditabar ve diğ. (2012) tarafından modellerinde kullanılmıştır.

Veto yöntemi, AHP yöntemindeki bir eksiğin giderilmesi amacıyla karar vericinin AHP yönteminin uygulanması sonucunda gördüğü fazla ya da düşük sınıflandırmaya müdahale etmesini kapsamaktadır. AHP ve K-Ortalamlar yöntemine söz konusu Veto yöntemi dahil edilerek ilgili kalemlerin fazla veya düşük değerlendirilmesinin önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

İlgili çalışmada, öncelikle AHP ve K-Ort metodu uygulanmakta ve tüm verilerin öbelemesi sonucu sınıfları belirlenmektedir. Ardından Veto metodu uygulanmaktadır.

Veto yöntemi, bir kriterde, en düşük(yüksek) sınıfa dahil olan bir verinin, tüm değerlemede en yüksek(düşük) sınıfa dahil olmasına engel olmaktadır. Veto yöntemi görüldüğü üzere, karar vericinin değerlemenin son aşamasında nihai sonuca müdahale etmesini ve kendi değerlemesinin de son aşamada daha önceki aşamalarda ortaya çıkan yapıda değişikliğe yol açmasına imkan vermektedir. Veto metodu, öbekleme performansını kısmi olarak düşürürken, gizli problemlere karşı güvence sağlamaktadır. (Lolli ve diğ., 2014).

AHP- K – Veto yönteminin aşamaları şu şekildedir.

1. Adım. Her j verisinin i kriterinden aldığı, v_{ij} değerine (2.2) nolu formül uyarınca normalizasyon uygulanır.
2. Adım. AHP metodu çerçevesinde, kriterlerin ağırlığının tespiti için karşılaştırma matrisi doldurulur. Söz konusu karşılaştırma matrisinin doldurulmasının ardından, her kriterin ağırlığı tespit edilir. (w_i)

Söz konusu ağırlıkların bulunmasının ardından, bulunan ağırlıklarla, ilgili verinin o kriterden aldığı değerler çarpılarak her ürünün toplam skoru tespit edilir. (P_j)

$$P_j = \sum_{i=1}^J w_j * V_{i,j} \quad \forall j = 1, \dots, J \quad (2.15)$$

3. Adım. Söz konusu P_j değerlerine 2.4.2 bölümünde detayları (K-Ort) metodu uygulanarak, AHP-K aşaması tamamlanır.
4. Adım. Ardından, aynı K-Ort yöntemi her kriter için tek başına uygulanarak ilgili kriterler için ABC analizi yapılır.
5. Adım. Son aşamada, Veto metodu uygulanır. Söz konusu veto prensibine göre, bir kriterden en yüksek(düşük) alan bir veri, genel sıralama skoruna göre (P_j) en düşük(yüksek) sınıfa dahil olamaz. Söz konusu veto prensibine göre, herhangi bir kriterden A sınıflandırmasına giren veri, genel sıralamada C sınıfına, herhangi bir kriterden C sınıfına giren veri ise genel sıralamada A sınıfına dahil olamaz. Söz konusu durumlarda ilgili kalemler B sınıfına atanır.

AHP-K-Veto yönteminin bu yaklaşımı, ürünlerin B sınıfında toplanmasına yol açmaktadır.

2.4. TAHMİNLEME

Tahmin sistemleri, eldeki geçmiş ya da güncel verileri kullanarak ileriye yönelik verilerin elde edilmesi faaliyetlerine verilen addır. Literatürde çeşitli tahmin yöntemleri uygulamaları mevcuttur. Tahminleme çalışması yapılan alanlar arasında, enerji talebi, müşteri talebi, elektrik birim fiyatı, hisse senedi fiyatları, işletme nakit akışları, bitcoin değeri, yazılımlarda hata karşılaşımla tahminleri bulunmaktadır. (Yang ve diğ., 2019; Akay ve Atay, 2007; Aydemir ve diğ., 2013; Marcos ve diğ., 2019; Pai ve Lin, 2005; Su ve Zhou, 2011; Atsalakis ve Diğ., 2019; Rathore ve Kumar, 2019).

Tahmin yöntemleri, kantitatif yöntemler ve kalitatif yöntemler olarak ikiye ayrılırlar.

Kalitatif Yöntemler, geçmiş veriler yerine güncel değerlendirmeleri kullanan yöntemleri kapsar. Kalitatif yöntemler, kullanıcının belirli bir karar verici ya da bilgi sahibinin tahminlerde etkin olduğu sistemlerdir. Kalitatif yöntemlere, Delphi yöntemi, müşteri anketleri ya da karar verici deneyimleri örnek verilebilir.

Kalitatif yöntemler, grup ya da kişinin değerlendirmelerinin gerekli olduğu durumlarda kullanılır. Öngörülemeyen, tek seferlik ya da kısa süreli iç ve dış faktörler yapılacak olan bu değerlendirmelerde göz önüne alınmaktadır. Kalitatif yöntemler, geçmiş verilerin elde edilemediği durumlarda da kullanılabilir. (Yang ve diğ., 2019)

Kalitatif yöntemlerin değerlendirmelerde etkisini arttırabilen dış faktörlere örnek olarak aşağıdaki faktörler verilebilir; (Silver ve diğ., 1998)

1. Genel ekonomik durum. (Enflasyon oranı, finans maliyeti, işsizlik oranı v.b)
2. Ulusal düzenlemelerdeki değişiklikler (Teşvikler, gümrük vergileri, çevre ile ilgili düzenlemeler, güvenlik standartları v.b)
3. Rekabet ortamı ve aksiyonlar
4. Müşterilerimizdeki olası planlı duruşlar
5. Müşteri tercihlerindeki değişimler

İç faktörlere örnek olarak şu aşağıdaki faktörler verilebilir.

1. Fiyat değişiklikleri
2. Kampanyalar

3. Reklamlar
4. Mühendislik çalışmaları (Örn. Yedek parçaya olan talebi azaltacak daha dayanıklılık malzemeler konusunda yapılan çalışmalar.)
5. Alternatif ürünlerin piyasaya girişi. (Örn. Büyük ekranlı cep telefonlarının piyasaya girişinin tablet satışlarında azalmaya yol açması.)
6. Mevcut ürünlerin satışını etkileyecek yeni dağıtım veya satış kanallarının devreye alınması.
7. Yeni ürünlerin devreye alınmasında, stokların artması için tek seferlik fazladan talep oluşması.

Kalitatif yöntemlerin kullanımı için farklı bilgi sahiplerinin müdahil olması sebebiyle, ilgili kişilerin nitelikleri ve değerlendirmelerini doğruluğu tahminlerin etkinliği açısından önemlidir. Bilgi sahiplerinin bulunmaması ya da ilgili kişilerin yetkinliklerinin düşük olması durumunda düşük performans göstermesi kalitatif metotların en önemli dezavantajıdır.

Kalitatif yöntemler, karar vericilerin değerlendirmelerine ihtiyaç duymaları sebebiyle ve tez kapsamında girdilerin ham veri olması sebebiyle çalışmada kullanılmamıştır.

Kantitatif yöntemler, kalitatif yöntemlerin aksine geçmişe ait verilerin bulunduğu durumlarda kullanılabilir. (Yang ve diğ., 2019)

Kantitatif yöntemler, istatistiki ve yapay sinir ağları yöntemleri olarak sınıflanırlar. İstatistiksel yöntemler geçmişteki, fiili talepleri, talebi etkileyen faktörleri ve ekonomik gösterge ilişkilerine göre analize ederek, talep tahmini yapılmasını gerçekleştirirler. (Karahan, 2011)

İstatistiki yöntemlerin başında regresyon ve korelasyon analizi gelmektedir. Regresyon ve korelasyon analizi, herhangi bir değişkenin başka bir değişkene bağlı olduğu durumlarda kullanılır. Buna göre eldeki verilerin tahmin gerçekleştirileceği verilerle ilişkisi belirlenerek, gelecek değerler tahmin edilir.

Zaman serileri analizi, eşit aralıklı zamana yayılmış verilerin analiz edilmesini ve tahminleme için kullanılmasını kapsar.

Zaman serileri kapsamındaki en temel yöntem, hareketli ortalamalardır. Bu yöntemle göre tahmin edilmesi istenen dönemden önceki sabit sayıda dönemin ortalaması alınarak yeni dönem değeri tahmin edilir.

Geçmişe yönelik 3 ayın ortalamasının alındığı durumla, ilgili formülasyon 2.16'da verilmiştir.

$$\frac{F1+F2+F3}{3} = Tlp_{(t)x} \quad (2.16)$$

Ağırlıklı hareketli ortalamalar yönteminde, güncel verilerin, geçmiş verilere oranla daha yüksek ağırlığı olduğu göz önüne alınır. Daha eski dönemlerdeki verilerin ağırlıkları yeni tarihli dönemlerdekine oranla daha düşük olacaktır. Ağırlık hareketli ortalamalar yöntemi, 2.17 formülasyonunda verilmiştir.

2.17 nolu formülde, 3 ay önceki değerin, 2 , 2 ay önceki değerin 3 ve en son aydaki değerin ise 4 br. ağırlığa sahip olduğu örnek verilmiştir.

$$\frac{2*F1+3*F2+4*F3}{(2+3+4)} = Tlp_{(t)x} \quad (2.17)$$

Tahminlemenin gerçekleştirildiği her dönem sonunda, tahmin ile fiili değerlerin karşılaştırılması sonucu oluşan sapmalar, tahminlerin hata değerini belirtmektedir. Söz konusu sapmalar, üstel düzeltme olarak tanımlanan yöntem kapsamında, yeni tahminlerin düzeltilmesi için kullanılır. Söz konusu farklar, sabit bir katsayı kullanılarak gelecek dönem tahminlerinin düzeltilmesi için kullanılır. İlgili formülasyon 2.18'de verilmiştir.

$$F_3 + W_{ud}(F_3 - T_3) = F_4 \quad (2.18)$$

Hareketli ortalamalar, ağırlıklı hareketli ortalamalar ve üstel düzeltme yöntemleri karşılaşılan problemlerin tahmin edilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bunun başlıca sebebi, tahmin yapılan verilerin altında farklı örüntülerin, mevsimsellik dalgalanmalarının ve benzeri sapmaların bulunmasıdır.

ARIMA modeller bu eksiklikleri gidermektedir. ARIMA yöntemi tek değişkene bağlı olan zaman serilerinin etkin bir şekilde tahmin edilmesi için kullanılır. (Nath ve diğ., 2019)

ARIMA modeline göre bir bağımlı değişken 3 bileşeninden oluşmaktadır. Söz konusu formülasyon 2.19'da verilmiştir.

$$Y_t = T_t + S_t + u_t \quad (2.19)$$

Y bağımlı değişken, T trend bileşeni, S mevsimsellik bileşeni, u ise rassal hata terimi olarak tanımlanabilir. (Ramanathan, 2002).

ARIMA yöntem kurulumunun aşamaları şu şekilde olmaktadır.

1. Durağanlığa ulaşabilmek için serilerin yeterli sayıda farkları alınır
2. Deneme niteliğinde potansiyel bir model tanımı yapılır.
3. Potansiyel modelin tahmini yapılır
4. Tanı kontrole başvurulur (eğer model yetersiz ise ikinci adıma tekrar geri dönülerek alternatif modeller dikkate alınır)
5. Ön raporlama ve kontrol için model kullanılır. (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007).

İstatistiksel yöntemlerden farklı yöntemler de mevcuttur. Tez kapsamında, DVM, PR ve GT'nin tahminleme yöntemleri karma olarak kullanılmıştır. Farklı modellerin birlikte kullanıldığı karma yöntemlerin, literatürde oldukça etkili bir şekilde kullanıldığı yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. (Marcos ve diğ., 2019).

DVM, denetimli öğrenme algoritmalarındadır. DVM geçmiş verileri analiz ederek, bu analizlerden öğrenimler gerçekleştirir. DVM, Cortes ve Vapnik tarafından önerilmiştir. (Cortes ve Vapnik, 1995). DVM pek çok alanda başarıyla uygulanmıştır. (Zendeheboudi ve diğ., 2018) DVM, uygulama alanlarında diğer istatistiki yöntemlere göre daha yüksek performans göstermişlerdir. (Huang ve diğ., 2002; Sung ve Mukkamala, 2003).

DVM yönteminin daha iyi performans göstermesi sebebiyle, önerilen karar verme metodolojisinin tahminleme aşamasında kullanılmıştır.

PR, sayma sayılarından oluşan verilerden bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin tanımlanmasını sağlar. PR yapılan çalışmalarda diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. (Bilişik ve diğ., 2017)

PR, DVM gibi yüksek performans göstermesi sebebiyle tez kapsamında önerilen karma modele dahil edilmiştir.

GT, 1982 yılında J. L. Deng tarafından önerilen gri sistemler teorisine dayanmaktadır. (Deng, 1982) Bir sistemin, gri sistem olarak tanımlanması için bilgi akışının, sınırlarının, yapısının ya da eleman ve/veya parametrelerinin net olarak tanımlanamaması gerekmektedir. GT, çok az sayıda veri ile uygulanabilmesi en önemli avantajıdır.

Literatürde pek çok alanda başarıyla kullanılmıştır. Hindistan'ın konvansiyonel enerji ihtiyacının tespiti, (Kumar ve Jain, 2010) Çin'in enerji ihtiyacının genetik algoritma barındıran bir GT modeliyle tespiti, (Lee ve Tong, 2011), Çin'in elektrik talebinin tahmin edilmesi GT ile gerçekleştirilmiştir. (Zhou ve diğ., 2006).

Az sayıda veri dahilinde tahminleme imkanı olması, tez kapsamındaki varsayımlarla uyumludur. Karar verme metodolojisinin uygulandığı alanlarda uzun dönemli geçmiş verilere sahip olunacağı kesin değildir. Bu sebeple kısıtlı veriye sahip olduğu durumlarda iyi performans gösteren GT, tez kapsamındaki karar verme metodolojisine dahil edilmiştir.

Karma tahmin yöntemleri, farklı yöntemleri bir arada kullanılmasına imkan vermektedir. Karma modeller, verilerdeki doğrusal olan veya olmayan eğilim ve örüntüleri tespit etmekte başarılıdırlar. (Marcos ve diğ., 2019) Yapılan çeşitli çalışmalarda da karma modellerin daha iyi performans gösterdikleri kanıtlanmıştır. (Pai ve Lin, 2005; You ve Kim, 2000)

Tez kapsamında uygulanan tahminleme modeli, PR, DVM ve GT modellerinin birlikte kullanıldığı bir karma yöntemidir. İlgili yöntemin ve karma modeli oluşturan DVM, PR ve GT yöntemlerinin detayları bölüm 3.4'de verilmiştir.

Uygulanan karma yöntem, en iyi ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değerini verecek şekilde katsayıları belirlemekte ve buna göre tahminlemeyi gerçekleştirmektedir. Söz konusu karma modeller yapıları itibariyle kullanılan yöntemlerin her birinin avantajından faydalanma imkanı sunmaktadır.

2.5. MALİYET KALEMLERİ

Bir sipariş sisteminde kararları etkileyen en önemli konulardan biri maliyetlerdir. İhtiyaçlara veya öngörülere dayanan sipariş sistemlerinde iki türlü maliyet oluşmaktadır. Bunlardan birincisi, sipariş işlemleri ile oluşan maliyetler olup, kesikli yapıdadır. Sipariş her verildiğinde oluşmaktadır. Genel olarak bu tip maliyeti oluşturan kalemler şu şekildedir.

- Personel maliyetleri
- İşlem Maliyetleri (Fotokopi, Faks, Evrak v.s)
- Finansman için gereken tek seferlik maliyetler (EFT, Akkreditif Masrafları v.s)
- İthalat için yapılan masraflar (Gümrük işlemleri, resmi kurum onayları, özel belgeler (Gıda, Tarım v.s)
- Nakliye ile ilgili tek seferlik ve tonajdan bağımsız veya kısmen bağımlı masraflar (Demuraj, Ardiye, Gözetim Maliyetleri v.s)

Diğer yandan söz konusu maliyetleri düşürmek için yapılması gereken, tek seferde büyük miktarda sipariş geçmek ise diğer maliyet türü olan stok maliyetlerini arttırmaktadır. Söz konusu maliyetler, ürünler stoğa çekildikten sonra geçen zamanla birlikte sürekli olarak artan maliyetlerdir. Bu yapısı itibariyle maliyetler sürekli yapıda gerçekleşmektedir.

Bu maliyetlere örnek olarak şunları verebiliriz.

- Stoktaki ürünü temin etmek için karşılaşılan finansal yükün maliyetleri
- Ürünü stokta tutmak için yapılan depolama, amortisman, sigorta, yönetim maliyetleri
- Ürüne ait bozulma, yıpranma v.s sonucu oluşan değer kayıpları ve bu ürünlerin yasal olarak bertaraf edilmesi maliyetleri

Tez kapsamında önerilen yöntem, iş hayatında karşılaşılan bu ikilemin çözümü için bir model önermektedir. Bu şekilde, karar vericinin sezgilerine dayalı bir yöntem yerine somut verilere göre alacağı kararlara imkan vermektedir.

2.6. EMNİYET STOĞU

Emniyet stokları, stok yönetiminde öngörülemeyen sapmaların karşılanması için sürekli olarak stokta olması planlanan başka bir deyişle, yapılan planlarda olası sapmaları karşı sürekli elde bulundurulacağı varsayımıyla planlamaya dahil edilmeyen stoklara verilen addır.

Tezin genel olarak ham verilerden etkin bir planlamaya kadar olan süreç dahilinde bir karar verme metodolojisini kapsadığı düşünüldüğünde, gerçek hayatta karşılaşılan problemlere de uygun çözümler barındırması gerektirmektedir.

Bu sebeple, emniyet stokları ABC analizindeki sınıflandırmada belirlenen sınıf değerlerine göre gerçekleştirilmiştir.

Emniyet stoğu (ES) genel olarak talep ve tedarik sürelerindeki dalgalanmaların göz önüne alındığı ve bu dalgalanmaların hizmet yüzdesi olarak tespit edilen oranda karşılanması varsayımıyla tespit edilen miktarları temsil etmektedir

Bu yaklaşım ES tespitinde en temel senaryoyu baz alan yaklaşımdır. Hizmet yüzdesinin ES'ye göre tespit edildiği yöntem, talebin veya tedarik süresinin normal dağılıma uyduğu ve buna bağlı olarak da emniyet stoğunun, söz konusu dalgalanmaların belirli bir oranını kapsayacak şekilde tespit edilmesi prensibine dayanır.

Emniyet stoğu, talep, tedarik süresi ve tedarik miktarlarının değişken olduğu durumlarda kullanılır. (Ruiz-Torres ve Mahmoodi, 2010)

Talep belirsizliği, tedarik zinciri performansına etki eden en yüksek risk faktörüdür. (Tang, 2006)

Sabit bir hizmet yüzdesi tespiti ve bu oranların her durumda aynı kalması pek çok soruna çözüm getirmemektedir. Şöyle ki, varsayım olarak kullanılan hizmet yüzdesi tespiti, durumdan duruma, olası stok bulundurmama maliyeti, stok maliyeti, ürünün önemi, ürünün bozulma özelliği olup olmaması gibi durumlara göre değişkenlik gösterebilmektedir.

Öte yandan, Hon (2005) tarafından yapılan çalışma, şirketler yüksek hizmet düzeyi hedeflerken, aynı şekilde düşük stok maliyetlerin hedeflediklerini de ortaya çıkarmıştır.

Emniyet stokları tutulmasına sebep, talep, tedarik sürelerindeki, ürün bozulma süresi v.s. deki değişkenlerdeki olası sapmalar ve dolayısıyla modelin deterministik modelden olasılıklı modele evrilmesidir.

Literatürde, pek çok çalışma olmasına karşın şu konulardaki çalışmalar özel önem arz etmektedir.

Graves ve Willems (2000) garanti edilmiş servis modeli adı verdikleri modelde, talep belirsizliği altındaki bir tedarik zinciri konusunu araştırmış ve tedarik zincirinin her aşamasının farklı bir hizmet yüzdesi garanti edilen bir model üzerinde çalışmıştır. Ettl ve diğ. (2000), Simchi-Levi ve Zhao (2005) ve Sitompul ve diğ. (2007) bu çalışmada önerilen modele benzer modelleri kapasite kısıtlarını dahil eden çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Diğer çalışmalara örnek olarak, Jung ve diğ. (2004), Jung ve diğ. (2008), Boulaksil ve diğ. (2009) çalışmaları verilebilir. Jung ve diğ. (2004) çalışmasında simulasyon bazlı yaklaşımla bir kimyasal üretim tedarik zincirinde emniyet stoklarının tespiti önerilmiştir. Bu çalışma Jung ve diğ. (2008) yaptıkları çalışma ile kapasite kısıtlarını kapsayacak şekilde genişletmişlerdir.

Boulaksil ve diğ. (2009) çok katmanlı bir tedarik zincirinde emniyet stoklarının tespiti için simulasyon bazlı bir model önermişlerdir.

Taha (1997) tarafından önerilen depo kısıtlı çok kalemlı ESM modelinin bir benzeri olan model tez kapsamında kullanılmıştır. Söz konusu modelde tanımlanan farklı stok kalemlerinin birbiriyle rekabet içinde olması durumu önerdiğimiz modelle örtüşmektedir.

Denklemden her aşamada, Lagrange katsayısı adım adım artırılarak toplam depolama alanının istene değere gelene kadar ayrılan stoğun azaltılması hedeflenir.

4.2 bölümünde bu modele uygun bir şekilde çalışma gerçekleştirilmiştir.

2.7. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU YÖNTEMİ

Doğada sürü veya koloni halinde toplu olarak yaşayan ve yemek bulma gibi temel ihtiyaçlarını bir lider olmadan kendi içlerindeki haberleşme ile çözen canlılar sürüleri oluşturur. Bu tip yapılarda takım çalışması bireyler arasındaki çeşitli etkileşimler sonucu kendi kendine ortaya çıkan bir unsurdur. (Bonebeau, 2001).

Van den Bergh (2001) yılındaki çalışmasında, bilgisayar vasıtasıyla yapay hayat teorisi ile sosyal hayvanların davranışlarını tasarlamak için 5 temel prensip önermiştir.

1. Yakınlık: Sürü temel zaman ve uzay hesaplamalarını yapabilmelidir.
2. Kalite: Sürü çevredeki kalite değişimlerini tespit edebilmeli ve buna tepki verebilmelidir.
3. Farklı Tepkiler: Sürü kaynakları elde etmek için dar bir alana hapsolacak davranışları sergilememelidir.
4. Tutarlılık: Sürü her değişiklikte davranışını değiştirmemelidir.
5. Uyumluluk. Sürü ancak, değişiklik yeterince değerliyse, değişime uğramalıdır.

PSO algoritmasında sürüyü oluşturan her birey diğer bireylerle iletişim içinde olan her birey bir aday çözümü oluşturur. Optimum çözümü hedefleyen her iterasyonda bu çözümler hem tüm sürüdeki en iyi çözüm hem de geçmiş iterasyonlardaki en iyi çözümü göz önüne alarak konumunu değiştirir.

Her bireyin elde ettiği sonuçlar göre aynı bir sürünün yiyecek araması gibi optimum sonuç tüm sürü tarafından aranır. Temel hatları bu şekilde özetlenebilecek PSO'nun etkin bir şekilde çalışması için bazı parametreler kritik öneme sahiptir.

PSO ilk ortaya atıldığından beri pek çok optimizasyon probleminin çözümünde kullanılmıştır. Söz konusu algoritma kuş ya da balık sürülerinin davranışlarını taklit etmekte, buna göre her birey hem sürünün geri kalanıyla hem de çevre ile etkileşimde olmaktadır. Buna göre her birey hem kendi elde ettiği sonuçları hem de sürünün diğer üyelerinin elde ettiği sonuçları göz önüne alarak davranışlarına yön verir. Bunun neticesinde, olası problemin çözümü için başka bir alternatif yaratılmış olur.

Her sürüdeki birey, daha önceki iterasyonlarda kendi elde ettiği en iyi sonuçlar(p_{best}) ile tüm bireylerin elde ettiği en iyi sonuçlar(g_{best}) verileriyle yönlenir. Bu şekilde, gerek

yeni alternatiflerin test edildiği gerekse de derinlemesine incelendiği sonuçlar göz önüne alınabilir. Literatürde, söz konusu g_{best} ve p_{best} değerlerinin tek başına kullanıldığı alternatif yöntemlerde mevcuttur. Tek başına g_{best} kullanıldığı durumlarda “sosyal bilgi bazlı PSO”, tek başına p_{best} kullanıldığı ortamlarda “bireysel bilgi bazlı PSO” olarak adlandırılan yöntemler kullanılabilir.

Söz konusu parçacık sürü algoritmasında her birey bir çözüm alternatifidir. Bunun sonucu olarak her çözüm her iterasyonda yenibir değer olarak çözüm uzayında optimum değeri bulmak için çalışmaktadır.

2.7.1. Uygulama Alanları

Literatür de yer bulan pek çok model aradan geçen zamanla birlikte kısa sürede unutulmaktadır. Öte yandan, PSO algoritması aradan geçen 23 yıllık bir süreye rağmen, etkin bir şekilde kullanılmaktadır. (Cheng ve diğ., 2018) Temel olarak optimumu arayan her problem olası bir algoritmanın kullanım alanı olmaktadır.

Başlıca kullanım alanları olarak verilebilecek alanlar için elektrikli makinelerin optimal tasarımı, iç ortamlarda kablosuz ağ yerleşim problemleri, iç ortamlarda yüksek hassasiyetli üç-boyutlu konumlama problemleri, enerji yönetim problemleri, ekonomik yük sevkiyat problemlerinin yanında en çok kullanım alanı olarak rotalama ve veri madenciliği problemleri verilebilir. (Cheng ve diğ., 2018)

2.7.2. Modelin Aşamaları

Birinci adımda arama uzayında bir sürü tanımlanmalıdır. Bu aşamada belirlenecek olan parametre sürü büyüklüğüdür. En basit yaklaşım sürünün sürekli sabit bir büyüklükte olmasıdır. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre optimizasyon sürecinde sürü büyüklüğünün anlık olarak değiştirilebilmesini öngören daha karmaşık modeller de geliştirilmiştir (Tillett ve diğ., 2005).

Parçacık sayısı, sürüyü oluşturan parçacıkların adedini göstermekte, söz konusu her parça bir çözüm adayını belirtmektedir. Sayının fazla olması, her iterasyon da daha fazla aday çözümün değerlendirilmesini sağlayıp daha az iterasyon sonucunda çözüme ulaşma imkanı verirken, hesaplama ihtiyacını arttırmaktadır. Benzer şekilde daha az parçacık sayısı, hesaplama ihtiyacını azaltmaktadır.

20-50 arası parçacık sayısı seçim oldukça yaygındır. (Poli, 2007) Doğada gözlemlenen kolonilerden örneğin arı kolonilerinde birey sayısı 20000'e kadar çıksa da PSO yönteminde temel modeller için 20 ile 40 arası bir büyüklük yeterlidir (Kennedy ve Clerc, 2006).

Başlangıç anında tüm parçacıklar aynı noktada bulunur. İlk zaman artırımında (birinci yineleme) bu parçacıklar rastgele olarak arama uzayına dağılır. Bu anda sistemde üretilmiş bir bilgi bulunmadığından rastgele dağılım mantıklı bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Kennedy ve Eberhart, 1995). Sürecin basitleştirilmesi için bu rastgele dağılmış durum PSO algoritmasının başlangıç durumu olarak kabul edilir.

Başlangıç anında rastgele olarak belirlenen bir diğer parametre ise bireylerin hızlarıdır. Hız vektörü bir pozisyona uygulanan ve sonuç olarak yeni bir pozisyon veren bir operatör görevini üstlenir. Algoritmanın her yinelemesi algoritma zamanında bir birim artırım anlamına geldiğinden ve sürüdeki bireyler her artırımda hız vektörlerinin belirttiği kadar mesafe kat ettiklerinden, bu vektöre birim zamanda alınan mesafenin karşılığı olarak hız vektörü adı verilmiştir (Kennedy ve Eberhart, 1995). x_{min} ve x_{max} sırasıyla arama uzayında x parametresinin alabileceği en küçük ve en büyük değerler olarak tanımlandığında bu hız vektörünün başlangıç büyüklüğü arama uzayının büyüklüğüne bağlı bir fonksiyon ile hesaplanır. Konum ve hız vektörlerinin başlangıç durumunda alacakları değerleri hesaplamak için formül 2.21 ve 2.22 kullanılır.

$$x_d = UNIF(x_{max}, x_{min}) \quad (2.20)$$

$$v_d = UNIF \left[\frac{(x_{max} - x_{min})}{2}, \frac{(x_{min} - x_{max})}{2} \right] \quad (2.21)$$

Bu formülde v hız vektörü, d ise vektörün boyutlarını ifade etmektedir. Bunun yanı sıra her birey için, o bireyin iletişim içerisinde olacağı bilgilendiricilerinin hangi bireyler olacağı tespit edilmelidir. Bireylerin hangi sayıda diğer bireyi bilgilendireceğinin

belirlenmesi için farklı yaklaşımlar ortaya konmuştur. Eğer bireylerin tüm diğer bireyleri bilgilendirmesi benimsenirse bilginin kullanımının arttığı ve bunun iyi bir yaklaşım olduğu düşünülebilir. Ancak aynı bilgiyi alan tüm bireylerin benzer doğrultularda hareket edeceği düşünüldüğünde, bu yaklaşım optimizasyon sürecinde küresel arama performansını düşürecektir. Aksi şekilde her bir bireyin çok az sayıda diğer birey ile bilgi alışverişi içerisinde bulunduğu durumda ise bireylerin davranışlarında farklılık sağlanmış olacak ancak bilginin değerlendirilmesinin etkinliği düşecektir. Önemli olan bir birey iyi bir konuma ulaştığında tüm diğer bireylerin doğrudan ya da dolaylı olarak bundan haberdar olmasının sağlanmasıdır.

Temel Hareket Denklemi, d boyutlu arama uzayında herhangi bir i bireyinin konumu x_i vektörü ile ifade edilir. Bireyin o anki hızı ise v_i vektörü ile gösterilir. Bu iki vektör arama uzayının boyut sayısı d kadar elemandan oluşur.

Her eleman, bireyin, ilgili boyuttaki konum ve hızını göstermektedir. Örneğin tesis yeri seçimi probleminde tesislerin x ve y koordinatları bulunmak isteniyorsa, hız ve konum vektörleri iki boyutlu vektörlerdir. Ya da klasik bir üretim probleminde 5 farklı ürünün çeşitli kısıtlar altında en uygun üretim miktarları hesaplanmak isteniyorsa, hız ve konum vektörleri 5'er boyutlu olacaktır. Dolayısıyla her bir bireyin konum vektörü bu 5 ürünün üretim miktarlarını gösteren aday bir çözümü temsil edecektir. Her yinelemede, bireylerin o anki konumları kullanılarak bir f fonksiyonunun değeri hesaplanır ve bireylerin konum ve hızları ayarlanır. Eğer bir birey, f fonksiyonunu değerlendirerek, daha önce bulduğu tüm değerlerden daha iyi değer veren bir konumda olduğunu görürse bu konumu p_i vektöründe saklar. p_i vektörü i . bireyin o ana kadar sahip olduğu değerler içerisinde en iyisidir. Bir en küçüğü arama probleminde, bu, en düşük f değeri anlamına gelir. p_{id} vektörünün güncellenmesi formül 2.23' de verilen çerçevede gerçekleşir.

$$p_{id} = \begin{cases} p_{id} & \text{eğer } f(x_i) \geq f(p_i) \\ x_{id} & \text{eğer } f(x_i) < f(p_i) \end{cases} \quad (2.22)$$

i . bireyin o anki konumu (X_i) ile p_i (bireyin o ana kadar bulduğu en iyi konum) arasındaki fark bireyin o anki hızına stokastik olarak eklenerek bireyin yörüngesinin bu nokta civarında salınması sağlanır. Buna ek olarak, her bir birey için kendisi ve sürüdeki diğer bazı bireyleri içeren topolojik bir komşuluk ilişkisi tanımlanır. i . bireyin kendi

tanımlanmış komşuluk yapısındaki en iyi konum g_i olarak ifade edilir ve bu değer ile bireyin o anki konumu arasındaki fark da bireyin hızına stokastik olarak eklenerek, hız vektörünün bir sonraki yineleme için değeri hesaplanır (Formül 2.24).

$$v_{id} \leftarrow v_{id} + c_1(p_{id} - x_{id}) + c_2(g_{id} - x_{id}) \quad (2.23)$$

$$x_{id} \leftarrow x_{id} + v_{id} \quad (2.24)$$

Bireyin arama uzayındaki hareketine etki eden bu faktörler neticesinde bireyler yinelemeler süresince kendi en iyileri ve komşuluk kümesinin en iyisini gösteren iki değer etkisi altında kalarak arama yaparlar. Bireylerin arama uzayındaki yörüngeleri ve bu yörüngelere etki eden faktörler arasındaki ilişki Bergh ve Engelbrecht (2006)' in çalışmasında ele alınmıştır. Bu çalışma neticesinde sürüdeki tüm bireylerin bir süre sonra durağan bir noktaya yakınsadığı ortaya çıkmıştır.

c_1 , c_2 algoritmanın rastgele parametreleridir. Algoritma parametrelerinde kullanılan rastgele ağırlıklandırma arama uzayı içerisinde meydana gelen hareketin karakteristiğini belirleyen temel etmendir. c_1 ve c_2 bireyin, kendi en iyi performansı ve bilgilendiricilerinin en iyi performansına uygulanan etki katsayılarıdır. c_1 parametresi PSO algoritmasının çıkış noktası olan sosyal metafordan yola çıkılarak “bilişsel” parametre, c_2 parametresi ise “sosyal” parametre olarak adlandırılır (Laskari ve diğ., 2002). Bu değerler, her yinelemede, $[0, c_{max}]$ aralığında düzgün dağılıma uygun olarak rastgele seçilirler. Dolayısıyla c_1 ve c_2 ifadeleri yerine denklemlerde $_{max} UNIF(0, c)$ gösterimi de tercih edilebilir.

$$v_{id} \leftarrow v_{id} + UNIF(0, c_{max})(p_{id} - x_{id}) + UNIF(0, c_{max})(g_{id} - x_{id}) \quad (2.25)$$

$$x_{id} \leftarrow x_{id} + v_{id} \quad (2.26)$$

Literatürde söz konusu parametrelerin nasıl değişeceğiyle ilgili çalışmalar mevcuttur. (Suganthan, 1999) Yapılan çalışmalarda, g_{best} 'in optimum sonuçlara yaklaşmasında l_{best} 'e oranla daha iyi performans göstermekteyken, l_{best} ileriki aşamalarda çözüm uzayını dar alanlı bölgelerinin araştırılmasında daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir. (Poli, 2007)

Liang ve Suganthan (2005) yılında yaptıkları bir çalışmada belirli bir iterasyondan sonra ek bir parametre ile belirlenen sayıda ilişkinin yeniden atandığı bir algoritma önermişlerdir. Bunun sonucunda oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Temel hareket denkleminin doğal bir neticesi olarak yüksek hızlarda bazı bireylerin $[x_{min}, x_{max}]$ olarak belirlenen arama uzayının dışına çıkabileceği görülmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için herhangi bir yinelemede arama uzayının dışına çıkan parçacıkların konumları en yakın sınır değerine çekilir. Ayrıca bireyin bir sonraki yinelemede tekrar arama uzayının dışına çıkmasının engellenmesi için bireyin hız vektörü sıfırlanır. Bu düzenleme formül 2.28’de gösterilmiştir.

$$x_d \notin [x_{min}, x_{max}] \Rightarrow \begin{cases} v_d \leftarrow 0 \\ x_d < x_{min} \Rightarrow x_d \leftarrow x_{min} \\ x_d > x_{max} \Rightarrow x_d \leftarrow x_{max} \end{cases} \quad (2.27)$$

Sonuç olarak standart PSO algoritmasının parametreleri tablo 2.7’de özetlenmiştir.

Tablo 2.7: PSO parametre önerileri. (Küçükdeniz, 2009).

Parametre	Açıklama	Tavsiye Edilen Değer
C_{max}	Rastlantısal Parametre	1,47 (Trelea, 2003)
N	Sürü Büyüklüğü	20-30 (Clerc, 2006)
K	Komşuluk Sayısı	3 (Clerc, 2006)

Algoritmanın sözde kodu şekil 2.4’ de gösterilmiştir. Bu algorithmada sonlandırma kriteri olarak önceden belirlenmiş t_{max} yinelemeye ulaşana kadar algoritma çalıştırılmaktadır.

Literatürde, algoritma sonlandırma için iterasyon maksimum değerinin dışında, iyileştirmelerin belirli bir oranın altında gerçekleşmesi ya da hiç gerçekleşmemesi alternatifleri de kullanılabilir.

```

Sürünün başlangıç durumunu oluştur: rasgele  $ix, iv$ 
Belirle:  $xmin, xmax, vmax$ 
YAP: Sonlandırma kriteri gerçekleşmediği sürece (  $t \leq t_{max}$  )

{Her bir  $i$ . birey için
{
Eğer  $f(x_i) \leq f(p_i) \Rightarrow p_i = x_i$ 
 $g_i = MIN(x_{komşuluk})$ 

Her bir  $d$  boyutu için
{
Hızı hesapla
Konumu hesapla
Eğer arama uzayının dışına çıkıldı ise
 $X_d \leftarrow [x_{min}, x_{max}]$ 
}
}
 $t=t+1$ 

}

```

Şekil 2.3: PSO sözde algoritması (Küçükdeniz, 2009).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. STOK YÖNETİMİ KARAR VERME METOTOLOJİ

GT, ÇKABC ve PSO yöntemleri, bir işletmenin uzun vadeli stok planlamasında, toplam maliyeti minimize etmeyi hedefleyen önerilen metodolojinin parçalarıdır.

Tezin ana amacı olan bu yaklaşım, diğer çalışmalardan farklı olarak, alınan her kararın değişik parametrelere göre farklı sonuçlar yarattığı gerçeğini göz önüne almaktadır.

Birim fiyatlardaki değişiklikler, ürünlerin depolama maliyetleri, ürünlerin bozulma süreleri, işletmenin ticaretini yaptığı işlere özel konularda aldığı stok kararlarını doğrudan etkilemektedir.

Fakat aşağıdaki durumlarla karşılaşırsa;

- Fiyatları sürekli veya belirli periyotlarda değişiklik gösteren ürünler
- Aynı ürünün çok kısa sürede bozulma riski varsa
- Öte yandan, ürün için özel bir depolama şartı varsa ve toplam miktar kısıt varsa
- Bozulan ürünlerin imha bedeli ton başına çok yüksek ya da çok düşükse.

Bu nedenle, söz konusu kararlar çok kolay verilememektedir. Öte yandan, bu bilgiler sadece bir ürün için geçerliken verilmesi gereken kararlar 100, 1000 ya da 30000 adet ürün için gerçekleştirilmek zorundaysa alınacak olan kararlar daha karmaşık hale gelmektedir.

Tez kapsamında önerilen metodolojinin ilk aşaması, insan gücü, sermaye, işlem yeteneği gibi kaynakların en etkin şekilde kullanılması için önceliklerin belirlenmesidir, önerilen metodolojinin bu aşaması, ABC Analizinin yapıldığı aşamadır.

ABC analizi, APICS(Amerikan Üretim ve Stok Yönetimi Topluluğu) ‘e göre, stoğun, toplam kullanımına veya başka kriterlere göre azalan seviyede sınıflandırılmasını içerir. (Blackstone ve Cox 2008). Tezin daha önceki bölümlerinde de belirtildiği üzere, ABC analizi için esnek yapısı, kolay kullanımı ve anlaşılabilirliği sebebiyle AHP yaklaşımı tercih edilmiştir. AHP yönteminin sonucu olarak, elde edilen gruplardan, A grubu, en çok odaklanması gereken ve en önemli grubu oluştururken, C sınıfı en düşük grubu oluşturmaktadır. B Sınıfı ise bu iki sınıf arasında bir yeri belirtmektedir.

Söz konusu sınıflandırmanın ardından, genel olarak her işletmenin veya daha genel tanımla her işin amacı olan en düşük kaynakla, en yüksek kazanç elde etme amacıyla oluşturulan karar verme metodolojisi uygulanmıştır. Önerilen karma metodolojide tahminler için 1982 yılında geliştirilmiş “GT” yöntemi kullanılacaktır. Söz konusu yöntem, Deng (1982) tarafından geliştirilen “Gri Sistemler” teorisinin bir uygulamasıdır.

GT, önerdiğimiz metodolojide, satınalma maliyetleri, talepler ve kurların tahmini için kullanılmış ve bu tahminler, toplam kar amacına sahip modelin oluşturulmasında kullanılmıştır.

3.2. SINIFLANDIRMA AŞAMASI - ABC ANALİZİ

3.2.1. AHP - BCO - RVETO Yöntemi

Gerek K-Ort gerekse de BCO metodu vasıtasıyla yapılan gruplamalar, her öbeğe hangi sayıda verinin atanması gerektiği konusunu göz önüne almamaktadır. Veto prensipleri çerçevesinde kriter sayısı arttıkça, dolayısıyla herhangi bir verinin bir kriterden yüksek ya da düşük alması ihtimali arttıkça, sınıflamanın B sınıfında yoğunlaşması ihtimali artmaktadır.

Dolayısıyla AHP-K-Veto ve AHP-BCO ile ortaya çıkan ilk atamalar ABC sınıflandırmasının, temel varsayımları olan (%10-%20- %70) (Flores ve diğ., 1992) ya

da Ramanathan (2006) ve Zhou (2007) tarafından önerilen A-10 adet. B-14 adet. C-23 adet. şeklinde gerçekleşmemektedir.

RVeto yöntemi her sınıfa yapılması istenen atamaların sayısının başlangıç çözümünü göze alarak istenen sayıda atama yapılmasını hedeflemektedir.

AHP- BCO – RVeto algoritmasının aşamaları şu şekildedir.

1. Adım. Her j ürününün i kriterinden aldığı, v_{ij} değerine 3.3 nolu formül uyarınca normalizasyon uygulanır.

2. Adım. AHP metodu çerçevesinde, kriterlerin ağırlığının tespiti için karşılaştırma matrisi doldurulur. Söz konusu karşılaştırma matrisinin doldurulmasının ardından, her kriterin ağırlığı tespit edilir. (w_i)

Söz konusu ağırlıkların tespitinin ardından, tüm ağırlıklarla, ilgili ürünlerin o kriterden aldığı değerler çarpılarak her ürünün toplam skoru, 3.1 nolu formül uyarınca tespit edilir. (P_j)

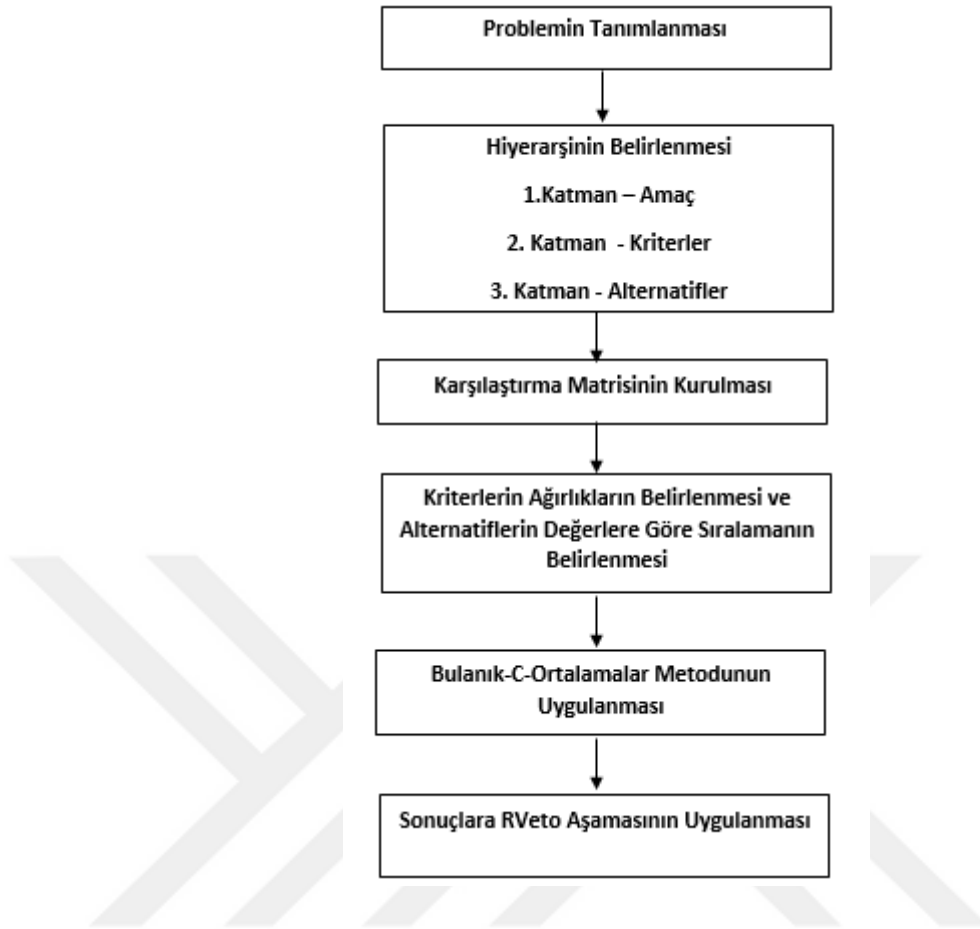
$$P_j = \sum_{j=1}^J w_j * V_{i,j} \quad \forall j = 1, \dots, J \quad (3.1)$$

3. Adım. BCO metodu uygulanarak, sınıflamalar tamamlanır.

4. Adım. Söz konusu BCO aşamasının tamamlanmasının ardından xa_i yani olması planlanan ile mevcut arasındaki fark kadar veri, atama yapılacak olan kriterin diğer gruplara atanan verilerinden i kriterine en yüksek(düşük) üyeliğe sahip olanlardan atama(geri-atama) gerçekleştirilir.

Söz konusu RVeto aşaması tüm kriterler ilgili değerlerde atama yapılana kadar devam eder. İlgili atama sayıları istenen üye sayısı ile 3. Aşama sonunda atanan üye sayısının farkı kadardır.

$$xa_k = xt_k - xg_k \quad k = 1, 2, 3 \quad (3.2)$$



Şekil 3.1: AHP-BCO-RVeto yöntemi.

Karar vericilerin verdikleri ikili karşılaştırmaların sonucu oluşan kriter ağırlıkları tespitini sağlayan AHP metodu tezin ilk aşaması olan ABC analizi için kullanılmıştır. Önerilen karma yöntem kapsamında, Saaty (1981) tarafından önerilen AHP yönteminin ardından, bulunan ağırlıklar ve bu ağırlıkların veri kümesindeki değerlerle çarpılması sonucu oluşan global ağırlıklara, BCO metodu uygulanmıştır.

Bu aşamada temel sorun, kantitatif verilerin ölçeklerinin çok farklı olmasıdır. Örneğin, kritiklik kriterinin değeri katsayısı 1-10 arasındayken, ürün satış hacmi kriterinin değeri milyon mertebesinde.

Bunun sonucu olarak, farklı ölçekteki verilerin kıyaslanması için literatürde uygulanan normalizasyon metodu uygulanmıştır. Normalizasyon sonucu, her kriter 0-1 arasında bir değere dönüştürülür. (Lolli ve diğ., 2014). Normalizasyon denklemi 3.3 nolu formülde verilmiştir.

$$v_{ij} = \frac{v_{ij} - \min_{j=1,2,\dots,J} v_{ij}}{\max_{j=1,2,\dots,J} v_{ij} - \min_{j=1,2,\dots,J} v_{ij}} \quad \forall i = 1, \dots, I \quad (3.3)$$

Söz konusu değerlendirmenin ardından, tüm veriler için kriterlerin ağırlıkları ile her verinin ilgili kriterden aldığı değer çarpımı sonucu “genel sıralama değerleri” başka bir deyişle her verinin toplam skoru hesaplanır. Ardından yapılan sıralama ile her verinin birbirine göre kıyaslanabildiği bir önceliklendirme elde edilerek, tüm verileri sıralamak için kullanılabilir.

AHP yardımıyla, sıralamanın tespitinin ardından BCO metodu kullanılarak tüm veriler ABC analizinin amacı olan 3 gruba öbeklenir. Bu öbeklemedeki amaç fonksiyonunun minimizasyon olması sebebiyle, söz konusu sınıflar ABC ile hedeflenen öbek hacimlerinden farklı olabilmektedir. Bu sebeple revize veto (R-Veto) olarak adlandırdığımız, AHP ve BCO metodlarının uygulanmasının ardından, karar vericinin sınıflamaya müdahale etmesine imkan veren 3. aşamaya geçilir. Bu aşamada, kullanıcının her sınıf için önerdiği rakamlara uygun bir şekilde oluşturulan öbekler arasında geçiş yapılır.

İlgili geçişler için revize veto (RVeto) yöntemi kullanılır. Söz konusu yöntemde, sınıf geçişleri için gereken veri sayısı şu formül 3.2’ye göre hesaplanmaktadır.

Formülde, xt_k ise BCO yönteminin sonucunu, xg_k , k öbeğine atanması gereken veri adedini belirtmektedir. xa_k olarak belirtilen rakam, k kümesine diğer kümelerden atanması gereken veri adedini vermektedir.

Örneğin, BCO algoritması sonucunda, 100 adetlik 1. Deneme ürün grubu için A grubuna sadece 1 ürün atanmaktadır. Doğal olarak 100 adt. Ürünün gruplanmasında söz konusu öbekleme ideal bir sonuca varamamaktadır.

Söz konusu rakamlar, Ramanathan (2006) ve Zhou (2007) yılında kullanılan dağılım olan A= 10 B=14 C=23 ya da Flores (1992) tarafından önerilen 10-20-70 dağılımı ya da benzerleri kullanılabilir. AHP – BCO -RVeto yöntemi için sınıflama da Ramanathan (2006) ve Zhou (2007) tarafından önerilen (10-14-23) sınıflanması kullanılmıştır.

Aşağıdaki örnekte A grubuna AHP-BCO yani ilk iki aşamada 9 ürün atanmaktadır.

Başlangıç çözümünün ortaya çıkmasının ardından, 1. Öbeğe yapılması gereken ek atamaların gerçekleştirildiği RVeto aşamasına geçilir.

Tablo 3.1: Gerçekleşen - Hedef tablosu. (Başlangıç Çözümü).

k	xg_k	Xt_k	Xa_k
A	9	10	1
B	28	14	-14
C	10	23	13

Başlangıç aşamasında, toplam skora göre üyelikler göz önüne alınır. Bu sınıflamaya göre, atama yapılacak sınıftan olmayan ama o sınıfın dışında kalan veriler açısından en yüksek üyeliğe sahip veri(xa_a) ilgili sınıfa atanır.

Bundan sonraki aşama, RVeto metodu vasıtasıyla söz konusu miktarın 10'a çıkarılmasıdır.

$$3.2 \text{ nolu formülden; } xa_1 = xt_1 - xg_1 \rightarrow 1 = 10 - 9$$

1 adet ürünün diğer öbeklerden 1 nolu (A Grubu) öbeğine geçiş yapması gerektiğini tespit ederiz.

BCO Aşamasında tespit edilen üyelikler vasıtasıyla, A grubundan olmayan (B ve C) gruplarına atanan verilerden, A grubuna ait üyelikleri en yüksek olan kalemlerden, A grubuna atama yapılır. Eğer A grubuna atanan veri olması gerekenden fazla ise ($xa_a < 0$) ise A grubuna atanan verilerden en düşük A grubu üyeliği olan kalemler B grubuna atanır.

Ardından, aynı işlemler B grubu ile C grupları arasında gerçekleştirilerek 2 aşamalı Rveto aşaması sonlandırılır.

İlgili iterasyonların gösterildiği tablo 3.2'da verilmiştir.

2. Iterasyon ile sonlanan AHP-BCO-Rveto sonucu tablo 3.3 elde edilir.

Tablo 3.2: AHP BCO RVeto sonucu.

	AHP-BCO	1. Iterasyon Sonucu	AHP-BCO-Rveto
A	9	10	10
B	28	27	14
C	10	10	23

Tablo 3.3: AHP BCO RVeto aşamaları.

Ürün	Sınıf Üyelikleri				AHP BCO RVeto			
	A	B	C	ABC BCO	1. İterasyon Sonucu	2.İterasyon Baş.Çözümü	2. İterasyon Sonucu	AHP BCO Rveto Sonucu
S3	0.9999	0.0001	0.0000	A	A	A	A	A
S4	0.0017	0.0057	0.9926	C	C	C	C	C
S42	0.0017	0.0058	0.9925	C	C	C	C	C
S41	0.0027	0.0088	0.9885	C	C	C	C	C
S46	0.0051	0.0210	0.9739	C	C	C	C	C
S26	0.0070	0.0299	0.9631	C	C	C	C	C
S44	0.0073	0.0313	0.9614	C	C	C	C	C
S27	0.0116	0.0349	0.9534	C	C	C	C	C
S35	0.0096	0.0424	0.9479	C	C	C	C	C
S30	0.0151	0.0442	0.9407	C	C	C	C	C
S23	0.9456	0.0460	0.0083	A	A	A	A	A
S25	0.0166	0.0479	0.9356	C	C	C	C	C
S9	0.9010	0.0754	0.0237	A	A	A	A	A
S2	0.8634	0.1023	0.0344	A	A	A	A	A
S21	0.8715	0.1107	0.0177	A	A	A	A	A
S13	0.8420	0.1171	0.0409	A	A	A	A	A
S1	0.6240	0.3365	0.0396	A	A	A	A	A
S15	0.6208	0.3394	0.0398	A	A	A	A	A
S18	0.5703	0.3871	0.0426	A	A	A	A	A
S24	0.4735	0.4801	0.0464	B	A	A	A	A
S8	0.0606	0.4990	0.4404	B	B	B	C	C
S47	0.0619	0.5634	0.3747	B	B	B	C	C
S43	0.0618	0.6132	0.3249	B	B	B	C	C
S37	0.0617	0.6214	0.3169	B	B	B	C	C
S14	0.2922	0.6612	0.0466	B	B	B	C	C
S33	0.0605	0.6663	0.2732	B	B	B	C	C
S39	0.0599	0.6803	0.2599	B	B	B	C	C
S31	0.1619	0.7996	0.0385	B	B	B	C	C
S10	0.1548	0.8074	0.0377	B	B	B	C	C
S19	0.1459	0.8174	0.0367	B	B	B	C	C
S12	0.1350	0.8296	0.0354	B	B	B	C	C
S32	0.1137	0.8538	0.0324	B	B	B	C	C
S11	0.0978	0.8723	0.0299	B	B	B	C	C
S36	0.0315	0.9064	0.0621	B	B	B	B	B
S38	0.0248	0.9324	0.0428	B	B	B	B	B
S29	0.0462	0.9352	0.0187	B	B	B	B	B
S16	0.0234	0.9374	0.0392	B	B	B	B	B
S40	0.0231	0.9383	0.0386	B	B	B	B	B
S28	0.0143	0.9659	0.0198	B	B	B	B	B
S7	0.0079	0.9828	0.0094	B	B	B	B	B

Tablo 3.4: (devam)

S6	0.0064	0.9863	0.0073	B	B	B	B	B
S22	0.0051	0.9916	0.0032	B	B	B	B	B
S20	0.0039	0.9936	0.0025	B	B	B	B	B
S45	0.0012	0.9979	0.0009	B	B	B	B	B
S5	0.0004	0.9992	0.0004	B	B	B	B	B
S17	0.0002	0.9997	0.0001	B	B	B	B	B
S34	0.0000	0.9999	0.0000	B	B	B	B	B

3.2.2. Performans Değerlendirme: SV(n) Metodu

Öbekleme doğruluğu analizi “öbekleme” modellerinin performansının ölçülmesini amaçlar. Genel olarak bir öbek “öbek merkezi” üzerinden tanımlanabildiği gibi, öbeklere dahil olan bireyler de göz önüne alınarak tanımlanabilir.

Öbekleme doğruluğu endeksleri, öbekleme algoritmaları tarafından tespit edilen öbeklerin, doğrulanması için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. (Zalik ve Zalik, 2011)

$x = \{x_j; j = 1, \dots, nn\}$ ‘in veri kümesini ve $(C_1, C_2, \dots, C_k)$ ilgili öbekleri tanımlarken, c_j ($i = 1, 2, \dots, k$) bu öbeklerin öbek merkezlerini tanımlamaktadır.

Öbek doğrulama endeksleri genel olarak iki kriteri değerlendirir, ayırım ve kompaktlık. Kompaktlığın tipik örneği sapmadır. (Zalik ve Zalik, 2011). Düşük sapma yüksek kompaktlığın bir göstergesidir. Söz konusu sapma, bir öbeğe ait bireylerin, öbek merkezi ile arasındaki mesafenin en büyük olduğu durumdur.

Söz konusu formül şu şekildedir.

$$V_k = \sum_{i=1}^k \max(d(x_j, C_i)) \quad i, j \in [1, \dots, k] \quad (3.4)$$

V_k ’nın düşük olması, kompaktlığın yüksek olduğu anlamında gelir. (Zalik ve Zalik, 2011).

Ayırım performansı ise “k” adet sayıdaki öbekte öbek merkezlerinin arasındaki mesafelerin en düşük değerlerinin toplamıdır.

$$S_k = \sum_{i=1}^k \min(d(C_i, C_j)) \quad i, j \in \{1, \dots, k\}, i \neq j \quad (3.5)$$

Öbekleme analizinde amaç, ayırım performansı en büyüklenirken, kompaktlığın da en büyüklenmesidir. Sonuç olarak Zalik ve Zalik (2011) tarafından önerilen model formülasyonu bu amacın gerçekleşme oranını tespit eden SV öbek endeksi bunu amaçlamaktadır.

$$SV(N) = S_k / V_k \quad (3.6)$$

Söz konusu endekse göre S_k yani ayırım artarken, V_k , değeri azalıp kompaktlığın artması SV'nin artışına yol açmakta ve öbekleme performansının yükseldiğini göstermektedir.

Önerilen performans endeksinin, Zalik ve Zalik (2011) tarafından yapılan çalışmada farklı büyüklükteki veri kümeleri ve farklı sayıda öbek için etkin olduğu tespit edilmiştir.

Bu sebeple, tezin ABC analizi kısmında söz konusu endeks, öbekleme performansı değerlendirilmesi için kullanılmıştır.

SV(N) endeksi, literatürde çok kabul edilen iki kriterin (dağılım ve kompaktlık), S_k ve V_k 'nin kıyaslanması ile elde edilir. (Lolli ve diğ., 2014). V_k kompaktlık, S_k ise dağılım performansını tespit etmektedir.

S_k , hesaplaması, farklılık öbek merkezlerini arasındaki en küçük mesafelerin toplamını göstermektedir.

V_k , her öbek içine dahil olan örneklerle her öbeğin merkezi arasındaki en uzak mesafenin, toplamını belirtmektedir.

ABC sınıfları için ilgili üye adetleri, Ramanathan (2006) ve Zhou (2007) tarafından önerilen A-10 adet. B-14 adet. C-23 adet sınıf sayılarına uygun olarak dağıtılmıştır.

Literatürde, önerilen diğer metotların SV(N) performans kriteri ile aldığı sonuçlar Lolli ve diğ. (2014) yılında hazırladığı çalışmadan alınmış ve tablo 3.7'de verilmiştir.

AHP-BCO ve AHP-K yöntemleri, RVeto ve Veto aşamalarından önceki başlangıç çözümlerini göstermektedir.

AHP-K-Veto metodunda, AHP-K sonucu oluşturulan başlangıç öbeklerine, Veto prensipleri uygulanmış ve sınıflar arası değişimler gerçekleştirilmiştir.

AHP-BCO-RVeto yöntemi, bu metodda, AHP-BCO sonucundan elde edilen değerlere uygulanmış ve buna göre sınıflama yapılmıştır. Söz konusu öbeklemede sınıf sayıları amacı hedeflenmiştir.

Sonuçlardan da görüldüğü üzere, önerilen AHP-BCO-RVeto yöntemi AHP-K-Veto yöntemi ile oldukça yakın sonuçlar vermektedir. Fakat başlangıç çözümü olan AHP-BCO metodu tüm sonuçların en iyisini vermekle birlikte, ABC Analizi sonucunda A grubuna ortalama sadece 9 adet. A grubu ataması yaptığı için ABC sınıflamasının temel dağılımına uymamaktadır.

Bunun yanında, kriter sayısı arttıkça, AHP-K aşamasında A ve C gruplarına atanan ürünlerin B grubuna atanma ihtimali artmaktadır.

Söz konusu, çıkarımın örneğini vermek açısından, Ramanathan (2006) ve Zhou (2007) tarafından kullanılan 10-14-23 dağılımını kullanılmıştır. Söz konusu veriye rassal olarak ayırım yapılırsa, söz konusu dağılım 15 kriter sonucunda, tablo 3.4’de verilen gruplamayı ortaya çıkarmaktadır.

Benzer durumda, kriter sayısı arttıkça, AHP-K-Veto metoduna göre ürünlerin B grubunda toplanma ihtimali artmaktadır. 15 kriterin Tablo 3.4’deki olasılıklara göre uygulandığı durumda, ortaya çıkan sınıf dağılımları Tablo 3.5’de verilmiştir. Tablo 3.5’de de anlaşıldığı üzere, ürünler B sınıfında yoğunlaşmaktadır.

Tablo 3.5: Grup atanma ihtimalleri.

<i>Adet</i>	<i>Grup</i>	<i>Atanma İhtimali</i>
10	A	21,28%
14	B	29,79%
23	C	48,94%

Tablo 3.6: AHP-K-Veto sonucu.

<i>Adet</i>	<i>Grup</i>	<i>15 Kriter Uygulanan AHP-K-Veto</i>
10	A	<0,01
14	B	97,23%
23	C	2,76%



Şekil 3.2: AHP-K-Veto kriter artışı sonuçları.

Öte yandan önerilen metodolojide, AHP-BCO-RVeto kapsamında, A sınıfına atama yapıldığı aşamada RVeto metodu uygularken, $SV(N)$ aldığı değere göre bir kısıt verilirse performansın daha da yükseleceği aşıkardır. Önerilen metodoloji, bu sebeple, ihtiyaçlara göre esnek bir yapıya sahip olması sebebiyle diğer metotlara göre önemli bir avantajı barındırmaktadır.

Önerdiğimiz metodolojinin performansının değerlendirilmesi açısından, literatürdeki ABC sınıflamalarında kullanılan veri kümesiyle de bir karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçlar tablo 3.7’de verilmiştir. (Flores ve diğ, 1992; Ramanathan, 2006; Ng, 2007; Zhou, 2007) ABC analizi performans karşılaştırması, birim fiyat, tedarik süresi, kritiklik, yıllık tüketim kriterlerine sahip 47 adet veri için yapılmıştır.

İlgili karşılaştırmada, literatürdeki farklı modeller kullanılmıştır. (Flores ve diğ, 1992; Ramanathan, 2006; Ng, 2007; Zhou, 2007; Hadi-Vencheh, 2010; Chen, 2008; Mohammaditabar ve diğ., 2012)

Oluşan nihai karşılaştırmalı Tablo 3.6’da verilmiştir. Önerilen model, gerek esneklik avantajı gerekse de mevcut yapısıyla hem AHP aşamasında, hem de RVeto aşamasında, sınıflamalara belirli bir kural çerçevesinde müdahale imkanı vermesi sebebiyle diğer modellere göre avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, gruplama imkanı vermesi sebebiyle,

AHP-K-Veto’da karşılaşılan B grubuna atama yapılan verilerin kriterlere göre artışı dezavantajıyla karşılaşılmamaktadır.

Tablo 3.7: 47 Ürün için farklı metotların ABC analizi sonucu.

Ürün	Birim Fiyat	Yıllık Kullanım	Tedarik Süresi	Kritiklik	Toplam Skor	Ramanathan (2006)	ZF-model (2007)	Chen-Model (2011)	Hadi-Vencheh (2010)	Mohammaditabar ve diğ. (2012)	Flores et al. (1992)	Ng-model (2007)	AHP- K (Lolli ve diğ., 2014)	AHP- K-Veto (Lolli ve diğ., 2014)	AHP-BCO	AHP-BCO-Rveto
S13	87	1038	7	VC	0.8767	A	A	A	A	B	A	A	A	B	A	A
S2	210	5670	5	VC	0.8569	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
S3	24	5037.1	4	VC	0.7059	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A
S23	87	432.5	4	VC	0.6573	C	B	C	B	B	A	B	A	B	A	A
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
S44	48	48.3	3	NC	0.1608	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
S4	28	4769.6	1	NC	0.0875	B	C	B	A	A	C	A	C	B	C	C
S42	38	75.4	2	NC	0.0873	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
S27	84	336.12	1	NC	0.0391	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
S30	56	224	1	NC	0.0266	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

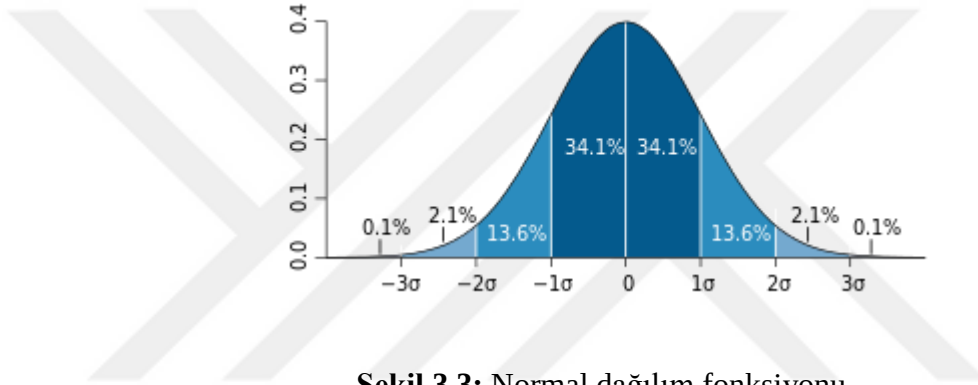
Tablo 3.8: ABC analizi yöntem kıyaslama.

Yöntem	Yöntemler	SV(N)
DEA	Ramanathan (2006)	0.20
DEA	Zhou and Fan (2007)	0.48
DEA	Chen (2011)	0.37
DEA	Hadi-Vencheh (2010)	0.49
AI	Mohammaditabar ve diğ. (2012)	0.42
AHP	Flores ve diğ. (1992)	0.72
DEA	Ng (2007)	0.49
AHP	AHP-K (Lolli ve Diğ., 2014)	1.04
AHP	AHP-K-Veto (Lolli ve Diğ. 2014)	0.73
AHP	AHP-BCO	1.45
AHP	AHP-BCO-Rveto	0.94

3.3. EMNİYET STOKLARININ HESAPLANMASI

Normal dağılımın temel prensipleri emniyet stoğunun hesaplanması için önemlidir. Verilerden genel olarak karşılaşılan talebin değişken ve olasılıklı olması durumunda emniyet stoğu tespitinde öncelikle hizmet yüzdesinin ne kadar hedeflendiği bilinmelidir. Literatürde, A sınıfları için %96-98, B sınıfları için %91-95 ve C sınıfları içinse %85-90 aralığında hizmet yüzdeleri kullanılmıştır. (Radasanu, 2016)

Hizmet yüzdeleri, olası sapmalarda normal dağılım prensiplerine göre ne kadarlık bir oranın karşılanması gerektiğini tespit için kullanılmaktadır.



Şekil 3.3: Normal dağılım fonksiyonu.

<https://towardsdatascience.com/understanding-the-68-95-99-7-rule-for-a-normal-distribution-b7b7cbf760c2> Ziyaret Tarihi: 10.02.2019

Şekil 3.3’den de görüldüğü üzere, talebin değişken ama normal dağılıma uygun olduğu durumlarda, ilgili standart sapma ile paralel olarak bir ES’nin tespiti söz konusu değişikliklerin istenen oranda karşılanması için gereklidir. Söz konusu ES’nin tespitinde, kullanılan temel formül 3.7’de verilmiştir.

$$Z * \sqrt{\frac{TS_i}{\hat{\sigma}_{Z_i}}} * \sigma = E.S_i \quad (3.7)$$

Bu formülde, Z normal dağılım tablolarından elde edilen Z değerini, TS_i deterministik olarak varsayılan tedarik süresini, $\hat{\sigma}_{Z_i}$, standart sapmanın hesaplandığı zaman aralığını, σ ise talebin standart sapmasını belirtmektedir.

Bunun sonucu olarak elde edilen, $E.S_i$ değerlerinin toplamı depolama kısıtı ile karşılaştırılmalıdır. Bu karşılaştırma sonucunda eğer toplam emniyet stoğu emniyet stokları için ayrılan değerden fazla ise Lagrange Yöntemi kullanılarak bu kısıtın altında bir değere revize edilir.

Bu aşamada, bulunan toplam değer düşecek şekilde, 3.8 formülü kullanılır. 3.9 nolu formül ise kısıtı belirtmektedir.

$$Z * \sqrt{\frac{TS_i}{\zeta Z_i}} * \sigma = E.S_i \quad (3.8)$$

$$\sum_{i=0}^n E.S_i \leq E.S.K \quad (3.9)$$

Bu denklemde $E.S.K$ emniyet stoğu kısıtını belirtmekte ve toplam $E.S_i$ 'nin alabileceği maksimum değeri tanımlamaktadır.

Emniyet stoklarının tespiti için kullanılan algoritma şu şekildedir.

1.Adım: Emniyet stoklarının sınırlandırılmamış optimum değerlerini ilgili formülle hesapla.

$$Z * \sqrt{\frac{TS_i}{\zeta Z_i}} * \sigma = E.S_i \quad (3.10)$$

2.Adım: $E.S_i$ sınırlandırılmamış optimum değerlerinin depolama kısıtlarını sağlayıp sağlamadığını kontrol et. Depolama kısıtlarını sağlıyorsa dur, mevcut $E.S_i$ ($i=1, 2, 3, \dots, n$) 'ler optimumlardır.

Sağlamıyorsa 3. Adıma git.

3.Adım: Depolama kısıtı karşılanmak zorunda olan bir denklemdir. Güvenlik stoklarının sınırlandırılmış optimum değerlerini belirlemek için Lagrange çarpanları yöntemi kullanılır. Bu aşamada Lagrange fonksiyonu şu şekilde formüle edilir.

$$L = (\lambda, G.S_1, G.S_2 \dots G.S_n) = \sum_{i=1}^n E.S_i - \lambda(\sum_{i=1}^n E.S_i - E.S.K) \quad (3.11)$$

Lagrange yönteminin uygulanması sonucu, toplam emniyet stoğu kısıtı karşılanmış olur.

3.4. VERİ TAHMİNİ

Tezin bu aşamasında, verilerin tahmin edilmesi aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu verilerden ilki, satınalma birim fiyatlarıdır. Her ürünün fiyatı zaman içinde enflasyon, teknolojik gelişmelere veya maliyet kalemlerindeki değişikliklere bağlı olarak değişebilmektedir. Bazı ürünlerdeki fiyat değişimleri satınalma kararlarını etkileyebilmektedir.

3.4.1. Gri Sistemler

Gri sistem teorisi, içinde bilinmezlik barındıran sistemlere verilen genel bir tanım olarak J. L. Deng tarafından tanımlanmıştır. Bir sistemin gri sistem olarak tanımlanabilmesi için aşağıdaki dört olasılıktan biri veya birkaçının gerçekleşmesi gerekmektedir.

- Sistemin elemanları ya da parametreleri net bir şekilde tanımlanmamıştır.
- Yapı hakkında net bir bilgi mevcut değildir
- Sistemin sınırları net değildir
- Bilgi akışının davranışları net değildir. (Deng, 1982)

Gri sistem teorisi, belirsizlik ya da eksik bilgi ihtiva eden problemlere, bilgileri ve ilişkileri kurarak kurallara ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. (Su ve Zhou, 2011)

Gri sistem teorisinin avantajı diğer modellere göre eksik bilgilerin olduğu ortamlarda daha iyi sonuçlar vermesidir. Benzer veri kümelerine sahip problemlerin çözümünde mevcut üç alternatif şunlardır.

- Gri Sistemler
- Olasılık ve İstatistik Sebepleri
- Bulanık Matematik

Gri sistemlerin, yüksek belirsizliğe sahip olan sistemlerde etkili bir şekilde kullanılmaları sebebiyle pek çok kullanım alanı zamanla ortaya çıkmıştır. Söz konusu kullanım alanları

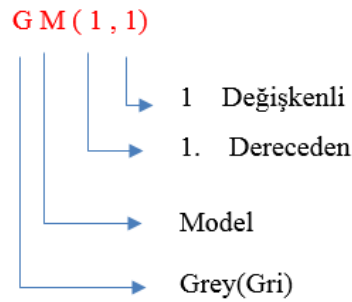
- Gri İlişkiler Uzayı
- Gri Üretim Uzayı
- Gri Tahminleme
- Gri Karar Verme
- Gri Kontrol
- Gri Matematik
- Gri Teori (Julong, 1988)

Söz konusu kullanım alanlarından, GT tez kapsamında önerilen karar verme metodolojisinin önemli bir bileşenini oluşturmaktadır.

3.4.2. Gri Tahminleme

Gri sistemler teorisinin, bir alt başlığı olan GT az sayıdaki veriden etkili tahminler elde edilmesini imkan veren bir tahmin metodudur. GT, veri kümesinin küçük olduğu durumlarda bile bu verinin bir düzeni olduğunu ve uygun şekilde veri madenciliği vasıtasıyla bu düzenin ortaya çıkarılabileceğine dayanır.

Literatürde GM(1,1) olarak tanımlanan söz konusu modelin açılımı aşağıdaki şekildedir.



Şekil 3.4: GM(1, 1) açıklama.

Söz konusu temel model, monoton davranış gösteren verilerin tahmini için kullanıma uygundur. (Wang ve diğ., 2014) Söz konusu modelin adımları aşağıda verilmiştir. Genel olarak, verilerin içinde olan ilişkilerin bulunması amaçlanmakta ve bu bağlantıların kullanılmasıyla ileriye yönelik tahminlerin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. GT

yönteminin en büyük avantajı çok az sayıda veri ile bile uygulanabilmesidir. (Wang ve Diğ, 2014). Bununla paralel olarak GT, bilinmeyen bir sistemi çok az veriyle tanımlayabilmesi açısından popülerlik kazanmıştır. (Suganthi ve Samuel, 2012). Bu sayede istatistiki sonuçlara ulaşmak için gereken yüksek sayıdaki veri ihtiyacı sebebiyle, istatistiki sistemlere göre avantaj sağlamaktadır. Literatürde, Prof. Deng'in (1982) gri Sistemleri literatüre katmasının ardından, pek çok uygulama gerçekleştirilmiştir.

GT yönteminde izlenen adımlar aşağıda özetlenmiştir (Liu ve Lin, 2006, 2011)

Adım 1. Veri setinin oluşturulması

n örnek sayısına sahip orijinal zaman serisi 3.12 nolu denklemde verildiği üzere aşağıdaki gibi ifade edilir,

$$x^{(0)} = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{nn}) \quad (3.12)$$

AGO operatörü kullanılarak $x^{(0)}$ serisi kümülatif toplamlardan oluşan ve monoton olarak Artan ve 3.13'de verilen serisine dönüştürülür. AGO operatörü ile $x^{(1)}$ serisi,

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(nn)) \quad (3.13)$$

3.14 nolu denklemde verilmiştir.

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i) \quad (3.14)$$

Adım 2. Katsayıların belirlenmesi

GM(1,1) modeli orijinal formda eşitlik 3.15'te verildiği gibidir.

$$x_k + a \cdot x^{(1)}(k) = bs \quad (3.15)$$

Katsayıları belirlemek amacıyla $x^{(1)}$ serisindeki değerlerin yakın komşu ortalamalarından elde edilen $z^{(1)}$ serisi,

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2} (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)), \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (3.16)$$

3.16 eşitliği kullanılarak oluşturulur. $z^{(1)}$ serisinin kullanıldığı GM(1,1) modeli temel formda yazılmış olur ve

$$x^{(0)}(k) + a \cdot z^{(1)}(k) = bs, \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (3.17)$$

şeklinde gösterilir. Eşitlik 3.17’de yer alan k , zaman noktalarını; a , gelişme katsayısını; bs ise sürücü katsayısını ifade etmektedir. 3.18 nolu denklemde detayları verilen en küçük kareler yöntemi kullanılarak

$$[a \quad bs]^T \begin{pmatrix} a \\ bs \end{pmatrix} = [B^T \quad B]^{-1} B^T Y \quad (3.18)$$

$$B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 12 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix} \quad (3.19)$$

denklem sisteminin çözümü ile elde edilir.

Adım 3. GT denkleminin elde edilmesi belirlenen a ve bs katsayılarına göre, Eşitlik (3.17)’de yer alan diferansiyel denklemin çözülmesi ile GT denklemi elde edilmektedir.

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{bs}{a} \right] e^{-ak} + \frac{bs}{a} \quad (3.20)$$

Eşitlik 3.20’de $x^{(1)}(0)$ $x^{(0)}(1)$ alınarak işlem yapılır. $\hat{x}^{(1)}(k+1)$ üzerinde tersine kümülatif

operatörü IAGO ile işlem yapılarak $\hat{x}^{(0)}(k)$, k zaman noktasındaki tahmin değerleri elde

edilir. IAGO operatörü kullanılarak $\hat{x}^{(0)}(k)$, serisi,

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1) \quad (3.21)$$

ya da

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{bs}{a} \right] e^{-ak} \cdot (1 - e^a) \quad (3.22)$$

eşitliği ile elde edilir. $(k+H)$ zaman noktasındaki tahmin değeri,

$$\hat{x}^{(0)}(k+H) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{bs}{a} \right] e^{-a(k+H-1)} \cdot (1 - e^a) \quad (3.23)$$

3.23 eşitliği ile bulunur.

Öte yandan, monoton artış veya azalış gösteren, ekonomik büyümeler, nüfuslar, gelirler gibi kalemlerde etkili bir yöntem olmakla birlikte söz konusu veri davranışların gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin bir kısmıyla uyumlu değildir.

Örnek vermek gerekirse, ürün yaşam eğrisinde olgunluğu yakalamış ürünlerin satış tahminleri, enflasyon gibi artış ya da azalış gösteren veriler ya da petrol veya benzeri şekilde fiyat dalgalanması gerçekleştiren ürünlerin ileriye yönelik fiyat tahminlerinde standart GM(1, 1) yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple, söz konusu verilerin tahmininde “Verhulst” ya da “Gri Verhulst” Modeli kullanılabilir.

Söz konusu Verhulst modeli, literatürde pek çok alanda kullanılmıştır. İnternette “trending topic”(TT) olan konuların tahmini olan çalışma bunlardan biridir. (Wang ve diğ., 2014)

Söz konusu modeldeki en büyük değişiklik, 4. Aşamada denklemin şu şekilde olmasıdır.

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \frac{ax^{(1)}(1)}{bs^{(1)}(1)+(a-ax^{(1)}(1))e^{ak}} \quad k = 1,2,3 \dots n \quad (3.24)$$

Bu şekilde, GT'nin faydalarından monoton olmayan yani sinus eğrisi çizen verilerinde tahmin edilmesinde faydalanılabilir.

Literatürdeki çalışmalar farklı alanlarda kullanımın yanında, 1982 yılında, Prof. Deng tarafından önerilen GT yönteminin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Bu çalışmalarda, yeni tahminlerin tek seferde yapılması ya da kaydırma olarak tanımlanan “rolling” olarak adlandırılan tahmin için kullanılan verilerin adedinin aynı kalması yani yeni tahminlerin hesabından bir önceki aşamada elde edilen tahminlerin de kullanıldığı bir yöntem olmaktadır. Bu şekilde, GT'nin en güçlü yanı olan az sayıda veri ile tahmin edilmesi sağlanmış olmaktadır. Kaydırma tahmin yönteminin dezavantajı ise belirli bir tahmin verisinden sonra yeni tahminlerin yapılması için sadece tahmin edilen verilerin kullanımı olmaktadır. Söz konusu seçim için her türlü duruma uyan bir alternatif mevcut değildir. Örneğin, Türkiye'nin enerji ihtiyacının tahmininde direk tahminin daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. (Hamzacebi ve Es, 2014)

Ayrıca, hangi verilerin tahmin için kullanılacağına tespiti dışında, gri tahmin esaslı farklı metotlarda kullanılmaktadır. Literatürde, bakır kablo üretim sistemlerinde tahmin amaçlı, trigonometrik GT ve adaptif GT tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. (Aydemir ve diğ., 2013)

Bu konularda çalışma yapanlar, hangi modelleri kullanacaklarına veya hangi modellerde değişiklikler yaparak kendi ihtiyaçlarına uygun çözümler üreteceklerine karar vermelidirler. Tezde, gerek fiyatların gerekse de taleplerin mevsim etkisi sebebiyle, (Wang ve diğ., 2012) literatürde bu konuda yapılan bir çalışmadan faydalanarak, GT’de de mevsim etkisi faktörlerini göz önüne alacak şekilde düzeltilerek kullanılmıştır. Bunun yanında bazı ürünlerin maliyet kalemleri gerek mevsimsel-olarak gerekse de yıllar içinde fiyat değişikliği göstermemektedir. GT bu verilere uygulansa da fiyatların değişken olmamasına karşın monoton bir artış öngörmektedir. Bu sebeple, mevsim etkisi hesaplanmasından önce ilgili veriler tespit edilmiş ve ileriye yönelik tahminlerde GT yerine sabit maliyetler tercih edilmiştir. Bu veriler dışında kalan verilere, söz konusu modelde, veriler mevsim etkisinden arındırıldıktan sonra GT’ye tabi tutularak gelecek periyodlara ilişkin tahminler yapılmıştır.

Bu şekilde, aylık bazdaki değişimler, GT’nin monoton artış ya da azalışa bağlı kalması konusundaki yaklaşımının dışında bir yaklaşımla göz önüne alınmıştır.

Verilerin mevsim etkisinden arındırılması için tüm verilerin öncelikle ortalaması alınmaktadır. 3.25 denkleminde ilgili formül verilmiştir.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{y_i=1}^m \sum_{a_j=1}^l x_{y_i a_j}}{m * l} \quad (y_i=1,2,...,m) \quad (a_j=1,2,...,l) \quad (3.25)$$

3.25 denklemi kullanılarak, ortalama değerleri bulunan veriler için öncelikle sezonların her birinin ortalaması alınarak sezonların kendi aralarındaki karşılaştırmaları 3.26 denklemi uyarınca tespit edilir.

$$\overline{x_{a_j}} = \sum_{y_i=1}^m x_{y_i a_j} \quad (a_j=1,2,...,l) \quad (3.26)$$

Mevsim periyodları aylar, yıllar, mevsimler gibi farklı dönemleri yansıtabilir. Tez kapsamındaki veriler aylık olarak mevsimsellik göstermektedir.

Sezonların kendi ortalamalarının tespiti, ilgili sezonların diğer sezonlara kıyaslanmasını sağlamaktadır. Ardından söz konusu sezonların genel ortalamaya kıyaslanması sonucu her sezon için mevsimsellik faktörü, 3.27 formülü uyarınca tespit edilir.

$$\overline{SF}_{a_j} = \frac{\overline{x_{a_j}}}{\bar{x}} \quad (a_j=1,2,...,l) \quad (3.27)$$

Mevsimsellik faktörünün tespitinin ardından, tüm veriler ilgili mevsimsellik faktörlerine bölünerek mevsimsellikten arındırılmış veriler haline, 3.28 formülü kullanılarak getirilir.

$$sax_{y_i a_j} = \frac{x_{y_i a_j}}{\overline{SF}_{a_j}} \quad (y_i=1,2,...,m) \quad (a_j=1,2,...,l) \quad (3.28)$$

Söz konusu denklemlerde, y_i ile gösterilen veriler tüm verileri göstermekte, a_j ile gösterilen veriler de mevsimlerin her birinin ayrımını göstermektedir.

Tez kapsamında kullanılan verilerde, y_i verileri yılları gösterirken, a_j verileri ayları göstermektedir.

Tez kapsamındaki verilere GT'den önce mevsimsellikten arındırılma işlemi yapılarak verilerin homojen hale gelmesi sağlanmıştır. Ardından A grubu ürünler için gerçekleştirilen GT yönteminin uygulanmasının ardından, öncesi ve sonrası karşılaştırılması gerçekleştirilmiş ve istatistiki olarak GT'nin mevsimsel olarak uygulanması veya uygulanmadan elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Mevsimsellikten arındırılmış gri tahminleme (MAGT), bulgular kısmında kullanılmıştır.

3.4.3. Poisson Regresyon (PR)

PR, bağımlı değişkenin 0, 1, 2, v.b gibi sayma değerleri aldığı fakat bir sınıflama imkanı olmayan verilerde kullanılan bir tahmin yöntemidir. Söz konusu modelde bağımsız değişkendeki değişikliklerle bağımlı değişkendeki değişikliklerin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır.

PR yöntemi aynı zamanda, log-lineer regresyon olarak da bilinir. PR, üstel dağılıma dayanır. Normal dağılım varsayımlarına ihtiyaç duymadığı için yaygın olarak kullanılmaktadır (Frome ve diğ., 1973)

PR modellerinde, bağımsız değişkenlerdeki doğrusal yapı ile bağımlı değişkenin beklenen değerlerini ilişkilendiren, ilişki fonksiyonu logaritma ile gerçekleştirilir (Frome, 1983)

Buna göre yöntem 3.29 formülüne göre hesaplanır. Denklemden Y, bağımlı değişkeni, X_j bağımsız değişkenleri ve C_i değerleri ise katsayıları belirtmektedir. (Bilişik ve Diğ., 2017)

$$\log_e(Y) = C_0 + C_1 * X_1 + \dots + C_N * X_{nn} \quad (3.29)$$

Bu denklemden; Y, bağımlı değişken elde edilir.

$$Y = e^{\log_e(Y) = C_0 + C_1 * X_1 + C_2 * X_2 + \dots + C_N * X_{nn}} \quad (3.30)$$

Denklemini açarsak, Y, 3.31’de verildiği üzere hesaplanır.

$$Y = e^{C_0} * e^{C_1 * X_1} * e^{C_2 * X_2} * e^{C_3 * X_3} * \dots * e^{C_N * X_{nn}} \quad (3.31)$$

Genel olarak PR’nin temel varsayımı ortalama ile sapmanın aynı olduğudur. Bu varsayımlarla tahmin gerçekleştirilir. (Bilişik ve diğ., 2017)

3.4.4. Destek Vektör Makinaları

Destek vektör makinaları, verilerin analiz edilmesi ve bu bilgilerin öğrenim amacıyla kullanımını kapsayan bir “gözetimli öğrenme” algoritmasıdır.

İlk kez 1992 yılında, Vapnik ve diğerleri tarafından önerilmiş ve Cortes ve Vapnik (1995) tarafından bugünkü halini getirilmiştir.

D’nin öğrenme seti olarak tanımlanan 3.32 nolu denklemde, x_i girdi verisi, y_i ise çıktı verisini tanımlamaktadır.

$$D = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_{nn}, y_{nn})\} \quad (3.32)$$

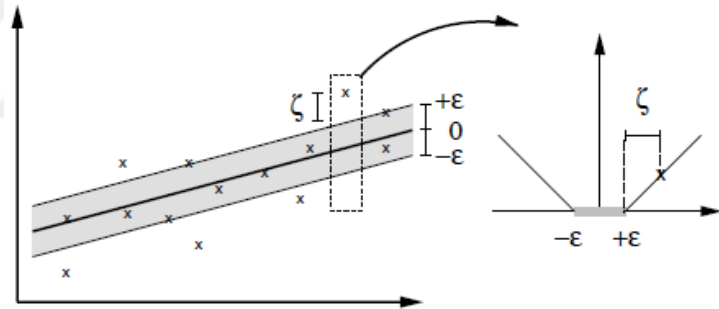
Destek vektör makinalarında, bulunması istenen fonksiyon 3.33 nolu formülde verilmiştir.

$$f(x) = \langle w, x \rangle + b \quad (3.33)$$

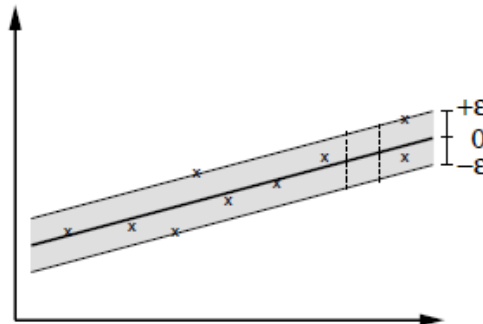
Söz konusu fonksiyonda, w normal vektörü, x ise girdi vektörünü tanımlamaktadır. $f(x)$ fonksiyonu iki vektörün vektörel çarpımını temsil etmektedir.

Destek vektör makinalarında ana amaç, en fazla izin edilen hata değeri, ϵ , ile y_i verilerini tahmin etmektir. Eğer bu mümkün değilse, bir katsayı yardımıyla vektörün düzlüğü ile ϵ hata değeri arasında tercih yapılmaktadır. Bu şekilde, belirli bir miktardan büyük hatalar revize olur.

Söz konusu yöntem aşağıda şekil 3.5 ve 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.5: ϵ miktarından daha fazla olan durumlarda tahmin. (Smola ve Schölkopf, 2004).



Şekil 3.6: Gerçek verileri $\pm\epsilon$ ile tahmin etme. (Smola ve Schölkopf, 2004).

$f(x)$ fonksiyonun minimizasyonu için, w vektörünün minimum değeri elde edilmeye çalışılır. Bunun sonucu olarak denklem konveks fonksiyonuna döner.

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (3.34)$$

Kısıtlar;

$$y_i - \langle w_i, x_i \rangle - b \leq \varepsilon \quad (3.35)$$

$$\langle w_i, x_i \rangle + b - y_i \leq \varepsilon \quad (3.36)$$

Öte yandan söz konusu kısıtlar dahilinde, ε hata aralığında optimum çözüm bulmak her zaman mümkün olmamaktadır.

Bu sebeple, bu sorunun çözümü için probleme ξ_i, ξ_i^* serbest değişkenleri eklenmiştir. (Smola ve Scholkopf, 2004)

Bu değişkenlerin eklenmesiyle birlikte güncel formülasyon şu şekilde olmaktadır.

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l (\xi_i + \xi_i^*) \quad (3.37)$$

Kısıtlar;

$$y_i - \langle w_i, x_i \rangle - b \leq \varepsilon + \xi_i \quad (3.38)$$

$$\langle w_i, x_i \rangle + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^* \quad (3.39)$$

$$\xi_i, \xi_i^* \geq 0 \quad (3.40)$$

C katsayısı “0” dan büyük bir katsayıyı tanımlar, bu katsayının dahil olmasının sebebi, ε hata aralığının dışında sapmalar gerçekleşmesi durumuyla baş etmek için kullanılır. (Bilişik ve diğ., 2017)

3.4.5. Performans Kriterleri

Tahmin sistemleriyle çalışırken, önerilen ya da mevcut olan tahmin sistemlerinin kullanılmasının sonucu olarak ortaya çıkan tahminlerin, ne kadar doğru olduğunun tespiti ilgili çalışmanın performansını göstermesi açısından kritiktir.

Bu sebeple literatürde çeşitli tahmin performansı tespit yöntemi önerilmiştir. Önerilen metodolojinin 2. aşamasını oluşturan tahminleme bölümünün performansının tespiti için üç performans kriteri kullanılmıştır. Söz konusu performans kriterleri, Mutlak yüzde oran hatası (MAPE) dir.

MAPE dışında, farklı istatistiki hata tespit için kullanılan metotlar bulunmaktaysa da, söz konusu metodolojilerin yüzde yerine değer üzerinden hesaplanması sebebiyle, birbirinden farklı ölçeklerdeki verilerin sonuçlarının ortalamasını almak doğru veriyi vermemektedir. Genel olarak MAPE, gerçekleşen sonuçlar ile ilgili verilerin tahminleri arasındaki farkın yüzde olarak ortalamasıdır.

$$MAPE = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n |Gerçekleşen - Tahmin|}{|Gerçekleşen|} \quad (3.41)$$

3.4.6. En İyi iki Bütünleşik Yöntemi

Tez kapsamında önerilen, en iyi iki yöntemi, A grubu verilerde kullanılacaktır. Bu yöntemde göre, ab-ac dönemleri arasındaki veriler kullanılarak ad-ae dönemleri arasındaki veriler MAGT, DVM ve PR yöntemleri ile tespit edilir. ac ve ad dönemleri ardışık dönemleri göstermektedir.

Elde edilen söz konusu veriler, ad-ae aralığındaki gerçek değerlerle karşılaştırılır. Elde edilen MAPE sonuçları göz önüne alınarak toplam MAPE'yi minimize edecek aa,bb ve cc katsayıları tespit edilir. Söz konusu katsayılar için MAGT, DVM ve PR denklemlerinin en iyi iki tanesi kullanılır ve üçüncü yöntem elenerek tahmin dışında bırakılmıştır.

$$\text{En iyi 2 Değerleri} = aa(MAGT) + bb(DVM) + cc(PR) + d \quad (3.42)$$

Söz konusu, katsayıların tespitinin ardından, elde edilen revize ad-ae dönemlerine ait verilere GT uygulanarak af-ag nolu dönemlere ait tahminler gerçekleştirilir. ae ve af dönemlerine ait veriler ardışık dönemleri belirtmektedir.

3.5. PSO UYGULAMASI

Tez kapsamında, son aşamada uygulanacak olan PSO algoritması literatürde yaygın olarak kullanılan bir sezgisel algoritmadır. Öte yandan, her sezgisel algoritma gibi, global optimumu bulmayı garanti etmemektedir.

Doğrusal programlama gibi optimizasyon yöntemler, uzun hesaplamalar gerektirmekte fakat eğer global bir optimum mevcutsa bu optimumu bulmayı garanti etmektedir.

Önerdiğimiz model, en temel halinden başlayarak, nihai çözüm için PSO'ya yönlendirilmesi bu bölümde verilecektir.

Hazırlık maliyetsiz modelde ki, varsayımlar şu şekildedir. (Taha, 1997)

- Hiçbir periyotta hazırlık maliyetinin etkisinde kalınmaz
- Elde bulundurmamaya izin verilmez
- Herhangi bir periyotta birim üretim maliyeti fonksiyonu ya sabittir, ya da artan marjinal maliyetlere sahiptir.
- Herhangi bir periyodda elde bulundurma maliyeti sabittir.

Elde bulundurma maliyetinin sabit olması, tez kapsamında önerilen metodolojinin kapsamında kurulan modelle örtüşmemektedir. Elde bulundurma maliyeti, bölüm 3.6.3'de verildiği üzere, gerek stoktaki miktar gerekse de, birim fiyatlarla bağlantılıdır.

Öte yandan, tüm bu hesaplamaların içinde, detayları 3.6 bölümünde verilen ve stok değerlerinin ve stokta bulunmama değerlerinin “0”dan düşük olmaması gibi hesaplamalar problemin çözümü için PSO'yu zorunlu kılmaktadır. Optimizasyon için kullandığımız MS Excel programına ait, solver eklentisi de, söz konusu 924 boyutlu problem için uygun bir model önerememektedir.

Bu sebeple önerdiğimiz model için, uygulama aşamasında PSO yöntemi kullanılmıştır.

3.6. SEZGİSEL ALGORİTMA MODELİ

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, tezin amacı farklı dinamiklere sahip olan, ve çok büyük veri kümeleri üzerinde de işlem yapabilecek bir karar destek metodolojisi önerisi getirmektir.

Karar metodolojisinin temel ögesi, değişkenlere dayalı veri kümeleri içinde, farklı niteliklerdeki ürünler için maliyeti minimize edecek kararlar vermektir.

Genel olarak kar, gerçekleştirilen bir satıştan elde edilen satış fiyatından maliyetin düşürülmesiyle elde edilen miktardır.

Her işletmenin ana amacı gerçekleştirdiği faaliyetlerden elde ettiği gelirleri maksimize etmekken, ilgili faaliyetlerin maliyetlerinin de minimize etmektir.

İşletmelerin, tüm fonksiyonlarının aynı yönde ilerlemesi, başarı için gereklidir. Aksi takdirde, her departman veya özelde kişiler, aldıkları kararlarda sadece kendi hedefleri doğrultusunda hareket ederler. Bu şekilde bütün sistemin optimizasyonu yerine alt sistem optimizasyonları gerçekleştirerek, sistemin bütünü performansının düşüşüne yol açabilirler.

Bu yaklaşıma örnek olarak, stok miktarlarının düşük tutulmasından sorumlu bir kişinin, alımlarını düşük miktarlarda daha çok sayıda sipariş vererek gerçekleştirmesi ve stok maliyetlerinin minimize edilmesini örnek verebiliriz. Bu yaklaşım stok maliyetlerinde düşüşe yol açarken, sipariş maliyetlerinde artışa yol açmaktadır. Düşük stok seviyeleri, hizmet düzeyinin düşmesine ve toplam maliyetin artmasına yol açabilir.

Tezin nihai hedefi, çeşitli parametrelere ve büyük veri kümelerine sahip problemlerde, karar vericilere destek olacak bir metodoloji geliştirmektir. Söz konusu metodolojide, amaç, alt optimizasyonlar yerine global bir optimizasyon sağlanması ve toplam maliyetin minimizasyonunun hedeflendiği kararlar verilmesini sağlamaktır.

Amaç fonksiyonunun söz konusu hedeflerle uyumlu olması bu açıdan önemlidir.

Tez kapsamında amaç fonksiyonu maliyetleri minimize etmeyi hedeflemektedir. Bir ürünle ilgili maliyetleri dört bölüme ayırmak mümkündür. Bu maliyetler, satınalma

maliyetleri, sipariş maliyetleri, stok maliyetleri ve stok bulundurmama maliyetleridir. (Ballou, 1999).

Söz konusu toplam maliyetin açılımı 3.43 ve 3.44’de verilmiştir.

$$\text{Min (Toplam Maliyet)} \quad (3.43)$$

$$\text{Toplam Maliyet} = \text{Satınalma Maliyeti} + \text{Sipariş Maliyetleri} + \text{Stok Maliyetleri} + \text{Stok Bulundurmama Maliyeti} \quad (3.44)$$

Stok modelleri, satınalma fiyatlarındaki değişimleri göz önüne almamaktadır. Bunun bir istisnası, belirli bir miktar alımında gerçekleşen fiyat iskontolarıdır. Önerilen metodoloji, fiyat değişimlerini de modele adapte etmektedir. Stok kararlarıyla ilgili ortaya çıkan maliyetlerin detayları toplam maliyetin anlaşılması açısından önemlidir.

İlgili maliyetlerin detayları 3.6 bölümünün alt bölümlerinin devamında verilmiştir.

3.6.1. Satın Alma Maliyetleri

Bir ürünün satınalma maliyeti, ürünün tedarik etmek için tedarikçisine ödenen tutarları kapsamaktadır.

Buna göre, satınalma maliyetleri 3.45 nolu formülde verilmiştir.

Formülasyon t periyodunda, ürünün tedarik maliyetlerini belirtmektedir. Satınalma maliyetleri, birim maliyetler ile tedarik edilen ürün adedi ile çarpılarak bulunur. Söz konusu satınalma maliyetleri,

$$USG = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} BuM_{tx} * HaM_{tx} \quad (3.45)$$

$$USG = \text{Toplam Satınalma Maliyeti}$$

$$BuM_{tx} = x \text{ ürününün } t \text{ anındaki tahmin edilen Birim Ürün Maliyeti}$$

$$HaM_{tx} = x \text{ ürününün } t \text{ anındaki Hesaplanan Alım Miktarı}$$

$t = 1, 2, 3, \dots, n$ Dönemler

$x = 1, 2, 3, \dots, nn$ Ürünler

3.6.2. Sipariş Maliyeti

Bir ürünün sipariş verilmesi sırasında ortaya çıkan tüm maliyetlerin toplamı o ürünün sipariş maliyetini oluşturmaktadır. Başka bir tanımla gerçekleştirilen tüm alımlarda, stok yenileme için gerçekleştirilen faaliyetler sırasında ortaya çıkan maliyetlere “sipariş maliyeti” denir. (Silver ve Diğ., 1998). Sipariş maliyetleri genel olarak, bir sipariş verildiğinde yapılan sabit harcamaların maliyetidir. Bu sebeple sipariş maliyeti, sipariş parti büyüklüğünden bağımsızdır. (Taha, 1997). Tipik bir ticaret işlemi için, maliyetlere örnek olarak, sipariş form maliyetleri, posta, telefon görüşmeleri, gereken yasal veya kurumsal onaylar, siparişlerin sisteme işlenmesi, ürün kontrol ve denetlenmesi ve faturaların işleme alınması sonucu ortaya çıkan maliyetler verilebilir. (Silver ve Diğ., 1998)

Tanımdan da anlaşıldığı üzere ortaya çıkan sipariş maliyetleri, siparişin tedarikçiye gönderilmesi durumunda ortaya çıkmaktadır. Oluşan sipariş maliyetlerinin formülasyonu 3.46 ve 3.47 ‘de verilmiştir.

$$SiM_{tx} = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (k_s * p_{tx})$$

$$p_{tx} = \begin{cases} 1, & (HaM_{tx}) > 0 \\ 0, & Aksi Takdirde \end{cases} \quad (3.46)$$

SiM_{tx} = x Ürünün t Anındaki Sipariş Maliyeti

HaM_{tx} = x Ürününün t Anındaki Hesaplanan Alım Miktarı

k_s = Sipariş Maliyeti Katsayısı (TL)

$t = 1, 2, 3, \dots, n$ Dönemler

$x = 1, 2, 3, \dots, nn$ Ürünler

Sipariş maliyeti, her dönem de her ürün için ayrı ayrı gerçekleşmekte ve sipariş verildiğinde ortaya çıkmaktadır.

Tüm ürünlere ait, her dönemde oluşan sipariş maliyetlerinin toplamı, toplam sipariş maliyetini oluşturmaktadır.

Toplam sipariş maliyeti denklemi 3.47’de gösterilmiştir.

$$TSiM = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} SiM_{tx} = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (k_S) \text{ (her } HaM_{tx} > 0 \text{ için)} \quad (3.47)$$

TSiM = Toplam Sipariş Maliyeti

3.6.3. Stok Bulundurma Maliyeti

Stok bulundurma maliyeti bir ürünün, satınalma yapan firmanın ürünleri stoklara almasının ardından gerçekleşen maliyetlerdir. Stok bulundurma maliyetleri, stokların belirli süreler için depolanması, elde tutulması sonucunda oluşan ve genel olarak stok miktarı ile orantılı maliyetlerdir. (Ballou, 1999) Bir işletmenin ihtiyacı olandan fazla stok tutması durumunda daha yüksek stok bulundurma maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Bu maliyetler; (Ballou, 1999)

1. Depolama maliyetleri
2. Finans maliyetleri
3. Sigorta maliyetleri
4. Stokta bulunan ürünler için vergiler
5. Bozulma, eskime ya da atıl stok maliyetleri
6. Stok bulundurmama Maliyetleri

Stok değişimleri, işletme sermayesi seviyesini etkilemekte ve maliyetlerini de benzer şekilde artırmaktadır.

Bir ürünün stokta olması için toplam talebin, hesaplanan alım miktarından düşük olması gerekmektedir. İlgili formül 3.48’da verilmiştir.

$$DrSm_{tx} = (\sum_{t=1}^n (HaM_{tx} - Tlp_{tx}))$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{tx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{tx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{tx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases} \quad (3.48)$$

$DrSM_{tx}$ = x ürünün t dönemindeki stok miktarı

Tlp_{tx} = x ürünün t dönemindeki tahmin edilen talep miktarı

HaM_{tx} = x ürünün t dönemindeki hesaplanan alım miktarı

t = 1, 2, 3, ... n Dönemler

x = 1, 2, 3, ... nn Ürünler

Depolama, finans ve sigorta maliyetlerinin hesaplanmasında stoktaki ürün değeri kavramı önemlidir. Gerek depolama da gerçekleşen maliyetler, gerekse de sigorta ve finans maliyetlerinin büyük kısmı değer üzerinden olacağı için oluşan maliyetler de miktarın dışında stok değerini hesaplamak gerekmektedir.

Stok değeri hesaplama formülü 3.49' da verilmektedir.

$$DS_{tx} = \left(\left(\sum_{t=1}^n HaM_{sx} - Tlp_{sx} \right) * BuM_{tx} \right) \text{ her } x \text{ için}$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases} \quad (3.49)$$

DS_{tx} = x Ürünün t Dönemindeki Stok Değeri

BuM_{tx} = x Ürününün t Anındaki Tahmin Edilen Birim Ürün Maliyeti

3.6.3.1. Depolama Maliyeti

Depolama maliyeti, stok değerinin depoda bulundurma maliyeti ile çarpılması sonucu bulunur. Söz konusu maliyetler, deponun bakım, elektrik, güvenlik, personel, forklift v.s

gibi maliyetlerini kapsamaktadır. Bu sebeple depolama maliyeti için ilgili denklem 3.50, 3.51 ve 3.52’de verilmiştir.

$$DiDm_{tx} = (DS_{tx}) * k_d / 2 \quad (3.50)$$

$$TDiDm = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (DiDm_{tx}) \quad (3.51)$$

$$TDiDm = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (((\sum_{t=1}^n (HaM_{tx} - Tlp_{tx}) * BuM_{tx})) * k_d / 2$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases} \quad (3.52)$$

DS_{tx} = x Ürününün t Dönemindeki Stok Değeri

BuM_{tx} = x Ürününün t Dönemindeki Birim Ürün Maliyeti

k_d = Bir birim ürünün bir dönem depoda bulundurulması ile ilgili depolama maliyeti faktörü (%)

$DiDm_{tx}$ = x Ürününün t Dönemindeki Depolama Maliyeti

$TDiDm$ = Toplam Depolama Maliyeti

3.51 nolu denklemde dönem başı stok ile dönem sonu stokun ortalaması alınır.

Benzer varsayım (Ballou, 1999) tarafından yapılan çalışmadan ortaya konan 3.53 formülde de tanımlanmıştır.

$$STM = \frac{k_d * BuM_{tx} * Q}{2} \quad (3.53)$$

STM = Stok Taşıma Maliyeti

Q = Sipariş Parti Büyüklüğü

3.6.3.2. Finansman Maliyeti

Finansman maliyetleri, stokta tutulan ürünler için bağlanan finansmanın maliyetini tanımlamaktadır. Bu maliyetler toplam stok maliyetinin %80'ini oluşturabilir. (Ballou, 1999). (Lambert ve Lalonde, 1976).

Finansman maliyetlerinde hesaplama için kullanılacak olan değer, uzun zamandır tartışma konusu olmuştur. Çoğu araştırmacı, genel borçlanma maliyet oranını kullanırken, bazıları da söz konusu paranın en verimli kullanıldığı durumlarda geri dönüş oranını baz almaktadır. (Ballou, 1999).

Her iki durumda da, finansman maliyeti, stok değerine bağlı bir maliyettir. Bu sebeple, finans maliyetinin stok değerinin bir oranı olarak finans maliyet katsayısı formüle edilmiştir. İlgili denklem 3.54 ve 3.55'de verilmiştir.

$$TFiM = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} ((DS_{tx}) * k_f / 2) \quad (3.54)$$

$$TFiM = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (((\sum_{t=1}^n (HaM_{tx} - Tlp_{tx}) * BuM_{tx})) * k_f / 2$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases} \quad (3.55)$$

k_f = Bir birim ürünün bir dönem depoda bulundurulması ile ilgili finansman maliyeti faktörü (%)

TFiM = Toplam Finansman Maliyeti

3.6.3.3. Sigorta Maliyetleri

Stokta tutulan ürünler için çeşitli riskler mevcuttur. Bu riskler genel olarak dışarıdan gelen etkilerle ortaya çıkabilmektedir. Yangın, çalınma, v.s gibi riskler bunlardan başlıcalarıdır. Bu risklerin, önüne geçmek amacıyla ürünlere sigorta yapılmakta ve bu

işlemin sonucu olarak sigorta maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Sigorta maliyetlerinin hesaplanmasında da stok değeri kullanılır.

İlgili denklem 3.56 ve 3.57’de verilmiştir.

$$TSgM = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (DS_{tx}) * k_p / 2 \quad (3.56)$$

$$TSgM = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (((\sum_{t=1}^n (HaM_{tx} - Tlp_{tx}) * BuM_{tx})) * k_p / 2$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases} \quad (3.57)$$

TSgM = Toplam Sigorta Maliyetleri

k_p = Bir birim ürünün bir dönem depoda bulundurulması ile ilgili sigorta maliyeti faktörü (%)

3.6.3.4. Vergi Maliyetleri

Stokta tutulan ürünlerle ilgili kararlar vergileri de etkileyebilmektedir. Biddle, (1980) yaptığı çalışmada LIFO ve FIFO kararlarının vergilere olan etkisini incelemiştir. Öte yandan, vergi etkisi toplam maliyet içinde oldukça düşük bir oranı temsil etmektedir. (Ballou, 1999). Toplam stok maliyetlerine eklenmesi için ilgili denklem 3.58 ve 3.59’de verilmiştir.

$$TVM = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (DS_{tx}) * k_v / 2 \quad (3.58)$$

$$TVM = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (((\sum_{t=1}^n (HaM_{tx} - Tlp_{tx}) * BuM_{tx})) * k_v / 2$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases} \quad (3.59)$$

TVM = Toplam Vergi Maliyetleri

k_v = Bir birim ürünün bir dönem depoda bulundurulması ile ilgili vergi maliyeti faktörü (%)

3.6.3.5. Bozulma, Eskime ve Bertaraf Maliyetleri

Bozulma, hasar ve eskime gibi maliyetler, stok maliyetlerine dahildirler. Eğer bir ürün, son kullanma tarihini geçecek kadar stokta kalırsa, ürün kullanılmaz hale gelir ve ürünün değeri kadar bir zarar ortaya çıkar.

Öte yandan, bozulan bu ürünün kanunlara uygun olacak şekilde bertaraf edilmesi de gerekmektedir. Bu işlemin sonucu olarak ortaya çıkan bertaraf maliyetleri de toplam maliyete eklenmelidir.

Bir ürünün bozulması için, belirli bir dönemde satın alınan ürünün, son kullanma süresi içinde satılamaması gerekir. Eldeki stokların, FIFO çerçevesinde yeni gelen üründen önce kullanılması ya da satılması gerekir. Dolayısıyla son kullanma süresi içindeki taleplerin öncelikle mevcut stoktan düşmesi, kalan talebin ise, yeni gelen üründen gelecek olan miktardan düşülerek devredilecek miktarın tespiti gerekmektedir.

Yeni stoğa giren, ürünün, son kullanma süresi içinde tüketilmesi bozulma, eskime ve ilgili bertaraf maliyetlerinin ortaya çıkmaması açısından önemlidir.

Bozulma, eskime maliyetleri ile ilgili denklem, 3.60'de verilmiştir. Söz konusu denklemde, eğer bir ürün temin edildikten sonra, son kullanma süresi içinde yeterince talep almazsa, stoktaki miktar bozulduğu ve bu durumda ortaya çıkan maliyetler formüle edilmiştir.

$$BY_{tx} = HaM_{tx} + DrSM_{tx} - (\sum_{t=t}^{bsk_x+t} Tlp_{tx}) \quad (3.60)$$

BY_{tx} = x Ürününün t Anında Temin Edilen Ürünün Bozulan Miktarı

bsk_x = x Ürününün Son Kullanma Tarihi

Bozulan ürün miktarının tespitinin ardından, toplam bozulma maliyetlerini tespit etmek gerekmektedir. Bozulan ürün sonucu ortaya çıkan maliyetler için 3.61 ve 3.62 denklemi hesaplanır.

$$TÜrBrM = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (BY_{tx} * (BuM_{tx} + BrBrMal)) \quad (3.61)$$

$$T\ddot{U}rBrM = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} ((HaM_{tx} - (\sum_{t=t}^{bsk_x+t} Tlp_{tx} - DrSM_{tx}) * (BuM_{tx} + BrBrMal)))$$

$$DrSM_{tx} = (\sum_{t=1}^n (HaM_{tx} - Tlp_{tx}))$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{tx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{tx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{tx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases}$$

$$HaM_{tx} - (\sum_{t=t}^{bsk_s+t\ddot{o}} Tlp_{tx} - DrSM_{tx}) =$$

$$\begin{cases} HaM_{tx} - (\sum_{t=t}^{bsk_s+t} Tlp_{tx} - DrSM_{tx}), & HaM_{tx} - (\sum_{t=t}^{bsk_s+t} Tlp_{tx} - DrSM_{tx}) > 0 \\ \text{Aksi Takdirde}, & 0 \end{cases}$$

(3.62)

BrBrMal= Ürün Birim Bertaraf Maliyeti (TL)

TÜrBrM = Toplam Ürün Bozulma Maliyeti

BuM_{tx} = x Ürünün t Dönemindeki Birim Ürün Maliyeti

Tlp_{tx} = x Ürünün t Dönemindeki Tahmin Edilen Talep Miktarı

HaM_{tx} = x Ürünün t Dönemindeki Hesaplanan Alım Miktarı

DrSM_{tx} = x Ürünün t Dönemindeki Stok Miktarı

3.6.4. Stok Bulundurmama Maliyetleri

Stok bulundurmama maliyeti bir ürüne ait talep karşılanamadığında oluşan maliyetlerdir. İki türlü stok bulundurmama maliyeti ortaya çıkmaktadır. Bunlar, satış kaybı maliyetleri ve eksik kalan ürünü karşılamak için katlanılan maliyetlerdir. Öte yandan söz konusu maliyetleri doğru bir şekilde ölçmek zordur. (Ballou, 1999)

Bir ürüne ait stok bulundurmama maliyeti ortaya çıkması için ürünün tedarik edilen ve mevcut stoklarının toplamının talebi karşılayamaması gerekmektedir.

Bu durumu denkleme dönüştürürsek;

$$StMk_{tx} = (Tlp_{tx} - DrSM_{tx} - HaM_{tx})$$

$$StMk_{tx} = \begin{cases} (Tlp_{tx} - DrSM_{tx} - HaM_{tx}), & (Tlp_{tx} - DrSM_{tx} - HaM_{tx}) > 0 \\ \text{Aksi Takdirde,} & 0 \end{cases}$$
(3.63)

$StMk_{tx}$ = x Ürünün t Anında Talep Karşılanamayan Miktar

3.48 nolu denklemi kullanımı ile formülü açarak, 3.64 nolu denklem elde edilir;

$$StMk_{tx} = Tlp_{tx} - HaM_{tx} - (\sum_{s=1}^{t-1} (HaM_{sx} - Tlp_{sx}))$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases}$$
(3.64)

Daha önceki dönemlerde stok bulundurmama durumunda, bunun tekrar ikinci kez maliyete yansımaması için önceki dönemlerden yansıyan karşılanamayan talepler aşağıdaki denklemle göz ardı edilmektedir.

$$\text{eğer } (HaM_{sx} - Tlp_{sx}) < 0 \text{ bu durumda } StMk_{tx} = 0$$

Bir ürüne, bir dönemde gerçekleşen stok bulundurmama maliyetinin tamamının hesaplanması için 3.65 ve 3.66 formülü kullanılır.

$$TStszMl = \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (StMk_{tx}) * BrStszMal$$
(3.65)

$$TStszMl = (\sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (Tlp_{tx} - HaM_{tx} - (\sum_{s=1}^{t-1} (HaM_{sx} - Tlp_{sx})))) * BrStszMal$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases}$$
(3.66)

$$\text{Her } (Tlp_{tx} - HaM_{tx} - \sum_{s=1}^{t-1} (HaM_{sx} - Tlp_{sx})) > 0 \text{ için}$$

$TStszMl$ = Toplam Stok Bulundurmama Maliyeti

$BrStszMal$ = Birim Stok Bulundurmama Maliyeti

3.7. AMAÇ FONKSİYONU

Maliyeti oluşturan satınalma, sipariş, stok ve stok bulundurmama maliyetlerinin tanımlanmasının ardından, tüm maliyetlerin bir araya getirilerek, amaç fonksiyonu tespit edilir. Bunun sonucu olarak, amaç fonksiyonu şu şekilde olmaktadır.

3.67 denkleminde, tüm ilgili maliyetler birleştirilerek amaç fonksiyonu elde edilir. Amaç fonksiyonu denklemi 3.68 ile verilmiştir.

$$\text{Maliyet} = \text{Satınalma Maliyeti} + \text{Sipariş Maliyetleri} + \text{Stok Maliyetleri} + \text{Stok Bulundurmama Maliyeti} \quad (3.67)$$

Min

$$(\sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} BuM_{tx} * HaM_{tx})$$

(Toplam Satınalma Maliyeti)

$$+ \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (k_s * p_{tx})$$

(Toplam Sipariş Maliyeti)

$$+ \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} ((\sum_{t=1}^n (HaM_{tx} - Tlp_{tx}) * BuM_{tx})) * (k_d + k_f + k_v + k_p)/2$$

(Depolama, Finans, Sigorta, Vergi Maliyetleri)

$$+ \sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} ((HaM_{tx} - (\sum_{t=t}^{bsk_x+t} Tlp_{tx} - DrSM_{tx})) * (BuM_{tx} + BrBrMal))$$

$$DrSM_{tx} = (\sum_{t=1}^n (HaM_{tx} - Tlp_{tx}))$$

(Bozulma ve Bertaraf Maliyetleri)

$$(\sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (Tlp_{tx} - HaM_{tx} - (\sum_{s=1}^{t-1} (HaM_{sx} - Tlp_{sx}))) * BrStszMal$$

(Stok Bulundurmama Maliyeti)

$$p_{tx} = \begin{cases} 1, & (HaM_{tx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases}$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases}$$

$$HaM_{tx} - \left(\sum_{t=t_0}^{bsk+t_0} Tlp_{tx} - DrSM_{tx} \right) =$$

$$\begin{cases} HaM_{tx} - \left(\sum_{t=t_0}^{bsk+t_0} Tlp_{tx} - DrSM_{tx} \right), & HaM_{tx} - \left(\sum_{t=t_0}^{bsk+t_0} Tlp_{tx} - DrSM_{tx} \right) > 0 \\ \text{Aksi Takdirde}, & 0 \end{cases}$$

$$StMk_{tx} = \begin{cases} (Tlp_{tx} - DrSM_{tx} - HaM_{tx}), & (Tlp_{tx} - DrSM_{tx} - HaM_{tx}) > 0 \\ \text{Aksi Takdirde}, & 0 \end{cases}$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases}$$

USG = Toplam Satınalma Maliyeti

BuM_{tx} = x Ürününün t Anındaki Tahmin Edilen Birüm Ürün Maliyeti

HaM_{tx} = x Ürününün t Anındaki Hesaplanan Alım Miktarı

t = 1, 2, 3, ... n Dönemler

x = 1, 2, 3, ... nn Ürünler

Tlp_{sx} = x Ürünün s Dönemindeki Tahmin Edilen Talep Miktarı

DrSM_{tx} = x Ürünün s Dönemindeki Stok Miktarı

DS_{tx} = x Ürününün t Dönemindeki Stok Değeri

DiDM_{tx} = x Ürününün t Dönemindeki Depolama Maliyeti

k_s = Sipariş Maliyeti Katsayısı (TL)

k_d = Depolama Maliyeti (%)

k_f = Finansman Maliyeti (%)

k_p = Sigorta Maliyeti %

k_v = Vergi Maliyeti %

BrBrMal = Ürün Birim Bertaraf Maliyeti (TL)

TÜrBrM = Toplam Ürün Bertaraf Maliyetleri (TL)

BrStszMal = Birim Stok Bulundurmama Maliyeti

3.7.1. Kısıtlar

Amaç fonksiyonu tanımlandıktan sonra, kısıtların modele eklenmesine geçilir. Teze dahil edilen kısıtlar şu şekildedir.

3.7.1.1. Bütçe Kısıtı

Para da diğer kaynaklar gibi çeşitli kısıtlara tabi olan bir kaynaktır. Bunun sonucu olarak işletmeler her ne kadar ticari bir getirisi olsa da, kısıtlı kaynakları daha farklı alanlarda kullanmak isteyebilirler. Bunun doğal sonucu olarak, stoklar için ayrılan kaynaklarda belirli bir kısıt olabilir. Söz konusu kısıtın formülü 3.69’de verilmiştir.

$$\sum_{t=1}^n \sum_{x=1}^{nn} (BuM_{tx} * HaM_{tx}) \leq BuUL \quad (3.69)$$

BuUL = Bütçe Üst Limiti

BuM_{tx} = x Ürününün t Anındaki Birim Ürün Maliyeti

HaM_{tx} = x Ürününün t Anındaki Hesaplanan Alım Miktarı

t = (1,2,3,...n) = Dönemler

x = (1,2,3,...nn) = Ürünler

3.7.1.2. Stok Miktarı Kısıtı

Gerek fiziksel kısıtlar gerekse de önceliklerin sonucu olarak, bir karar verici toplam fiziksel stok miktarının belirli bir limitin rakamın üstünde olmamasını tercih edebilir. Söz konusu durumda, toplam stoklanmak istenen miktarın üst limitinin belirlenmesi gerekecektir. Bu sebeple, ilgili kısıtın formülasyonu 3.70’de verilmiştir.

$$\sum_{x=1}^{nn} (\sum_{t=1}^n HaM_{tx} - Tlp_{tx}) \leq SmUL \quad \text{her } t \text{ için} \quad (3.70)$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{tx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{tx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{tx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases}$$

SmUL = Stok Miktarı Toplam Üst Limiti

DrSM_{tx} = x Ürünün t Dönemindeki Stok Miktarı

x = (1,2,3...nn) = Ürünler

t = (1,2,3,...n) = Dönemler

3.7.1.3. Stok Değeri Kısıtı

Gerek fiziksel kısıtlar gerekse de önceliklerin sonucu olarak, bir karar verici toplam fiziksel stok miktarının yanında stok değerinin de belirli bir rakamın üstünde olmamasını tercih edebilir. Bu sebeple toplam stok değerinde üst limit uygulanabilmektedir. Söz konusu kısıtın denklemi 3.71’de verilmiştir.

$$DS_{tx} = ((HaM_{sx} - Tlp_{sx}) * BuMt_{tx}) \leq SdUL \quad \text{her } t \text{ için}$$

$$(HaM_{tx} - Tlp_{sx}) = \begin{cases} (HaM_{tx} - Tlp_{sx}), & (HaM_{tx} - Tlp_{sx}) > 0 \\ 0, & \text{Aksi Takdirde} \end{cases} \quad (3.71)$$

SdUL = Stok Değeri Toplam Üst Limiti

DS_{tx} = x Ürünün t Anında Stok Değeri

x = (1,2,3...nn) = Ürünler

$$t = (1,2,3,...n) \quad = \text{Dönemler}$$

3.7.1.4. Bozulan Ürün Kısıtı

Bir işletme gerek çevreye olan duyarlılık gerekse de imha maliyeti ve olanakları sebebiyle bozulan ürünlerin miktarının belirli bir orandan fazla olmamasını tercih edebilir. Söz konusu durumlarda toplam bozulmaya izin verilen miktar için bir üst limit getirilebilir. Bu durumda, ilgili kısıt aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$BY_{tx} = HaM_{tx} + DrSM_{tx} - (\sum_{t=t}^{bsk_x+t} Tlp_{tx}) \leq ButUL \quad (3.72)$$

$$x = (1,2,3,...nn) \quad = \text{Ürünler}$$

$$t = (1,2,3,... n) \quad = \text{Dönemler}$$

$$ButUL \quad = \text{Bozulan Ürün Toplam Üst Limiti}$$

3.7.1.5. Talep Karşılama Kısıtı

Firmanın amacı müşterilerinin taleplerini zamanında karşılamaktır. Öte yandan, stok maliyeti ya da dış depo maliyetlerindeki artışlar sebebiyle, daha düşük hizmet yüzdesi ile daha yüksek kazanımlar elde edilebilir.

Müşterinin taleplerinin karşılanması, müşteri memnuniyetinin sağlanması ve uzun vadeli kazanımların kısa vadeli kazanımlara tercih edilmesi açısından önemlidir. Bu varsayımın doğal sonucu olarak alınan kararlarda, müşteri taleplerinin belirli bir orandan daha fazla oranda karşılanması gerekmektedir.

Söz konusu varsayım, talep karşılama kısıt olarak modele yansımış ve denklem 3.73'de verilmiştir.

$$\text{Ortalama} \sum_{t=1}^n (HaM_{tx}) / \sum_{t=1}^n (Tlp_{tx}) \geq SKY \quad \text{her } x \text{ için} \quad (3.73)$$

$x = (1, 2, 3, \dots, n)$ = Ürünler

$t = (1, 2, 3, \dots, n)$ = Dönemler

SKY = Sipariş Karşılama Yüzdesi Kısıtı



4. BULGULAR

Tez kapsamında önerilen metodolojinin, teorik kısmının ardından, gerçek verilerle bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu uygulama için distribütörlük faaliyetleri gerçekleştiren bir işletmeden elde edilen gerçek veriler kullanılmıştır. Söz konusu firma 100 yılı aşkın süredir faaliyette olan uluslararası bir firmadır. Distribütörlüğünü aldığı çeşitli üreticilerin ürünlerini, boya, gıda ve plastik sektöründeki müşterilerine satmaktadır. İlgili firmanın isteği üzerine bilgileri paylaşılammamaktadır.

Distribütörlük faaliyetlerini gerçekleştirdiği sektörler itibariyle, temin ettiği ürünler fiyat dalgalanmalarından etkilenmektedir. Ürünlerin içeriğindeki, petrokimya türevleri, reçine, palmye yağı gibi hammaddeler fiyatların değişken olmasına yol açmaktadır.

Uygulama kapsamında, 301 adet örnek kullanılmıştır. Söz konusu ürünler, farklı özelliklere sahip ürünlerden oluşmaktadır. Ürünlerle ilgili 54 aylık geçmişe yönelik veriler kullanılmıştır. Söz konusu bilgiler, kullanılan ERP sistemi üzerinden alınmıştır.

Tüm veriler, ERP sisteminden MS Excel programına aktarılmış ve bu program vasıtasıyla Matlab, Weka ve diğer uygulamalar için MS Excel’de kullanılmıştır.

Bu fiyat değişimleri, alınan satınalma kararlarının daha karmaşık hale gelmesine yol açmaktadır. Fiyatların düşüş eğilimi gösterdiği dönemlerde, stokta ürünlerin değeri de düşmektedir. Söz konusu değer düşüşünün dışında, depolama, bozulma, bertaraf, finans v.b gibi ek maliyetler de toplam maliyeti arttırmaktadır.

Benzer şekilde, piyasa fiyatlarının artacağı öngörüsüyle alınan satınalma kararlarında bir miktar malın stokta kalması da amaçlanabilir. Bu kararın sonucu olarak piyasa fiyatlarının artacağı varsayımıyla, ileriye yönelik ihtiyaçlar daha düşük maliyetle temin edilebilir.

Öte yandan, piyasa fiyatlarındaki değişimler tek başına satınalma kararları için yeterli olmamaktadır. İşletmenin ana amaçlarından bir diğeri de ürünlere olan talebin

karşılanmasıdır. Tez kapsamında, önerilen model, geçmiş verileri göz önüne alarak talep tahmini gerçekleştirmektedir.

Önerilen karar verme metodolojisi, piyasa fiyatlarındaki değişimleri, talep tahminlerini gerçekleştirmekte ve bu kararlar sonucunda ortaya çıkan tüm maliyetleri hesaplamaktadır. Hesaplanan bu maliyetleri de metodolojinin son aşamasında minimize edecek sezgisel bir algoritma vasıtasıyla minimize edecek, satınalma kararlarına çevirmektedir.

Uygulamanın gerçekleştirildiği firmada, mevcut uygulanan sistem, geçmişe yönelik 12 aylık verilerin ortalamasının geleceğe yönelik ihtiyaçlar için kullanılmaktadır. Bu yönüyle önerilen sistem vasıtasıyla önemli kazanımlar elde edeceği öngörülmüştür. Bu sebeple, tezin son aşamasında, söz konusu uygulama ilgili firmada gerçekleştirilmiştir.

Uygulama kapsamında, ilgili işletmenin distribütörlüğünü gerçekleştiren 301 kalem ürün kullanılmıştır. Ürünlere, 1. Aşamada, ABC analizi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu ABC analizi için tez kapsamında önerilen AHP-BCO-RVeto algoritması kullanılmıştır.

ABC analizi sayesinde, işletmede ürünleri, önemine göre A, B ve C sınıflarına atanması sağlanmıştır. Bu şekilde, en önemli ürünlere odaklanılması mümkün olmaktadır.

Bu şekilde gerçekleştirilen ABC analizi için, literatürde kullanılan kriterler kullanılmıştır. (Torabi ve diğ., 2012). Bunun dışında, sinerji olarak tanımlanmış olan ve şirkette sıklıkla karşılaşılan ve ürünleri önemli bir özelliği olan sinerji kriteri de kullanılmıştır.

İlgili ürünlerin, kriterlerden aldıkları kantitatif ve kalitatif değerler, ERP sisteminde ki kayıtlardan alınmıştır. A ve B sınıfları olarak tanımlanan ürünlere 2. aşamada farklı tahmin yöntemleri uygulanmıştır.

Ardından ürünler için emniyet stokları tespit edilmiştir. ABC sınıflaması, tahmin aşaması ve emniyet stoklarının tespitinin ardından tüm tespit edilen veriler kullanılarak optimizasyon aşaması uygulanmıştır.

Bu sebeple, sezgisel bir algoritma olan PSO tercih edilmiştir. Bu algoritma için MS Excel programı kullanılmıştır. MS Excel programı, 2.6 GHZ CPU, 4 GB RAM ve Windows / Pro Edition yüklü bir bilgisayarda kullanılmıştır.

4.1. 1. AŞAMA– ABC ANALİZİ

AHP-BCO-RVeto yöntemi kapsamında 2 aşamalı karşılaştırma tablosu kullanılmıştır. AHP modeli kapsamında, Thomas Saaty (2003) tarafından önerilen aynı anda en fazla 7 kriterin karşılaştırılması önerisi göz önüne alınarak iş yükü önemli ölçüde azaltılmıştır.

Kriterlerin birbiriyle kıyaslanması için kullanılan veriler, çalışmanın yapıldığı firmadaki satış ekibinin üst düzey beş personeli tarafından verilmiştir.

Karşılaştırma tablolarının ve sonuçlarının değerlendirilmesinde, çevrimiçi olarak hesaplama yapılabilen bir internet sitesi kullanılmıştır. AHP Priorities, http://bpmsg.com/academic/ahp_calc.php [Ziyaret Tarihi: 01.04.2017]

Birinci aşamada, ikinci aşamada kullanılacak kritiklik faktörünün sayısal değerini oluşturacak, kalitatif veriler kullanılarak ağırlıklar belirlenmiştir. Söz konusu tespit edilen ağırlıkların ekran görüntüsü Şekil 4.1’de verilmiştir.

Bu şekilde öncelikle kalitatif kriterlerin ağırlıklarının tespiti sayesinde, Saaty(1980) tarafından önerilen toplam 7 kriter sayısı kısıtına uyulması mümkün olmaktadır.

Söz konusu kantitatif verilerin girilmesinin ardından oluşan karşılaştırma matrisinin ekran görüntüsü Şekil 4.2’de ve ağırlık kriterleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Kriterler		Ağırlıklar	Sıralama
1	Sinerji	2.4%	7
2	Müşteri Önemi	14.0%	3
3	Müşteri Kırılganlığı	5.5%	6
4	Muadil Ürünler	7.9%	4
5	Ürün Eskime ve Bozulma Niteliği	33.6%	1
6	Tedarikçi için Rekabet	6.3%	5
7	Tehlikeli Madde Niteliği	30.3%	2

Şekil 4.1: Kalitatif veri ağırlıkları.

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.14	0.33	0.33	0.11	0.33	0.11
2	7.00	1	3.00	1.00	0.20	5.00	0.33
3	3.00	0.33	1	1.00	0.14	1.00	0.14
4	3.00	1.00	1.00	1	0.33	1.00	0.20
5	9.00	5.00	7.00	3.00	1	5.00	1.00
6	3.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1	0.33
7	9.00	3.00	7.00	5.00	1.00	3.00	1

Şekil 4.2: Karşılaştırma matrisi.

Ürünlerin kritiklik katsayılarını oluşturan kalitatif kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından, kantitatif verilerin kritiklik katsayısı da dahil olarak şekilde nihai ağırlıkların belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.1: Kantitatif veri ağırlıkları.

NO	KRİTERLER	AĞIRLIK	SIRA
1	Satış Rakamları	41	2
2	Karlılık	45,2	1
3	Tedarik Süresi	8,4	3
4	Kritiklik	5,4	4

Söz konusu ağırlıkların bulunmasının ardından, ABC analizi için her ürün için bir önem katsayısı belirlenmiştir. Söz konusu kriter, ABC analizi için sıralamada kullanılmıştır.

Tespit edilen, ağırlıklar ile her ürünün sahip olduğu değerler kullanılarak, ürünlerin toplam skoru tespit edilmiştir.

Bu aşamanın ardından, ürünlerin BCO yöntemi ile öbeklenmesi için Matlab programının “fcm” fonksiyonu kullanılmıştır.

Bu şekilde, Matlab programına eklenen 47 adt. verinin, öbeklemesi BCO yöntemine göre yapılmıştır.

Aynı şekilde tüm hesaplamalar için MS Excel programı kullanılmıştır.

İlgili MS Excel programının bir görüntüsü Şekil 4.3’de verilmiştir.

	B	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	Ağırlık	41.00%	45.20%	8.40%	2%	14%	6%	8%	34%	6%	30%	5.40%	0.05		
2		Kantitatif					Kalitatif								
3	S.No	T.Satış	Karlılık	Tedarik Süresi	Sinerji	Müşterinin Önemi	Müşteri Kınlanlığı	Muadil Ürünlerin Varlığı	Eskime veya Bozulma	Tedarikçi için Rekabet	Tehlikeli Madde Niteliği	Kritiklik Kısıt sayısı	Toplam Skor	AHP-BCO	AHP-BCO-Rveto
4	S1	100	79	100	4	10	7	8	7	9	3	6	0.88	A	A
5	S2	59	100	39	1	5	3	10	5	1	1	4	0.75	A	A
6	S3	22	38	39	1	5	1	10	6	1	3	5	0.32	B	A
7	S4	16	24	30	9	10	9	9	8	5	1	6	0.23	B	A
8	S5	15	16	65	7	10	3	4	4	8	10	7	0.23	B	A
9	S6	16	10	100	1	10	8	5	4	9	3	5	0.22	B	A
10	S7	12	13	65	8	10	2	8	7	8	7	7	0.20	B	A
11	S8	30	2	30	3	10	10	10	5	8	9	8	0.20	B	A
12	S9	21	4	74	9	10	1	4	1	8	3	4	0.19	B	A
13	S10	16	14	30	5	10	8	3	4	1	3	5	0.18	B	A
14	S11	15	9	30	4	10	5	4	6	5	2	5	0.15	B	A
15	S12	22	1	30	9	10	1	3	3	8	7	6	0.15	B	A
16	S13	7	11	30	10	10	2	6	5	5	8	7	0.14	B	A
17	S14	4	13	21	7	10	6	5	4	7	3	5	0.12	B	A

Şekil 4.3: AHP Excel çalışması.

Tablo 4.2’den elde edilen sonuçlara göre, SV(N) kriteri çerçevesinde tez kapsamında önerilen (AHP-BCO-RVeto) yöntemi , performans açısından diğer modellere göre önemli bir avantaj sağlamaktadır. AHP-BCO-RVeto yöntemi, SV(N) kriterine göre AHP-K-Veto yöntemine göre daha iyi performans göstermesinin yanında, önemli başka bir avantajı daha barındırmaktadır. AHP-K-Veto yönteminin Veto aşamasında, herhangi bir kriterden A veya C alması durumunda, nihai sınıflama B olmaktadır. Bunun sonucu olarak artan kriter sayısı ile birlikte ürünlerin ABC analizinden A ve C sınıflarında istenen sınıf sayılarını karşılayamaması problemi ortaya çıkmaktadır.

AHP-BCO-RVeto yöntemi ise, sınıf sayılarının bir kısıt olarak tanımlamakta ve yöntem sonunda tespit edilen sınıf sayıları, hedeflenen sınıf büyüklükleri ile uyumlu olmaktadır.

Bu sebeple, tez kapsamında önerilen metodolojinin bir parçası olan ABC aşaması için önerdiğimiz yöntemin kullanılmasının doğru olduğu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4.2’de elde edilen performans sonuçları ve Tablo 4.3’de belirtilen sınıf sayılarının da tespit ettiği üzere, önerilen AHP-BCO-RVeto yöntemi çok kriterli ABC analizi için

iyi performans ve öte yandan karar vericinin müdahale imkanı olması sebebiyle de oldukça esnek bir model olarak ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4.2: ABC sınıflaması için yöntemlerin SV(N) sonuçları.

	AHP-K	AHP-K-Veto	AHP-BCO	AHP-BCO-Rveto
SV(N)	2.41	2.41	2.64	0.43

Tablo 4.3: Sınıf sayıları.

Sınıf	AHP-K	AHP-K-Veto	AHP-BCO	AHP-BCO-RVeto
A	2	2	2	64
B	32	32	20	90
C	267	267	279	147

4.2. 2. AŞAMA– EMNİYET STOKLARININ HESAPLANMASI

Tezin bu aşamasında, sipariş miktarlarına karar verirken emniyet stokları tespit edilmiştir. Söz konusu hesaplamalar için öncelikle belirli dönemlerin talep sapmaları tespit edilir. (Taha, 1997)

$$Z * \sqrt{\frac{TS_i}{\zeta Z_i}} * \sigma_i = E.S_i \quad (4.1)$$

Bu formülde, Z normal dağılım tablolarından elde edilen Z değerini, TS deterministik olarak varsayılan tedarik süresini, ζZ , standart sapmanın hesaplandığı zaman aralığını, σ ise talebin standart sapmasını belirtmektedir.

Söz konusu hesaplamalar için MS Excel programında yararlanılmış ve 1. Iterasyon için başlangıç değerleri tespit edilmiştir.

Emniyet stoğu olarak tutulabilecek toplam miktar 100 Ton olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla emniyet stoklarının tespit edildiği başlangıç değeri 122 Ton olması sebebiyle her iterasyonda kısıtı sağlamaya yönelik revizyonlar gerçekleştirilmiştir.

Her iterasyonda Lagrange Çarpanı 0,04 olarak kullanılarak emniyet stokları tekrar tespit edilmiştir. 4.2 nolu denklemde, Lagrange Çarpanı kullanılarak tablo 4.4’de verilen hesaplamalar ile her ürün için tablo 4.5’deki sonuçlar elde edilir.

Söz konusu işlemler için MS Excel programı kullanılmıştır. İlgili hesaplamaların yapıldığı ekranın bir çıktısı, şekil 4.5’de verilmiştir.

$$L = (\lambda, G.S_1, G.S_2 \dots G.S_n) = \sum_{i=1}^n G.S_i - \lambda(\sum_{i=1}^n G.S_i - E.S.K) \quad (4.2)$$

Tablo 4.4: 6 iterasyon sonrası güvenlik stokları.

İterasyon No	$\sum_{i=1}^{302} G.S_i$
1	122,71
2	117,60
3	112,48
4	107,37
5	102,26
6	97,15

İterasyonların ardından emniyet stokları Tablo 4.8’de verildiği üzere belirlenir. Her iterasyonda, tespit edilen emniyet stoğu kısıt olarak tanımlanan değere kadar azaltılır. Söz konusu miktar, 6. İterasyonda sonlanmıştır. İlgili iterasyonların gerçekleştirildiği ekran görüntüsü Şekil 4.4’de verilmiştir.

	A	B	C	D	E
1	S	1	2	3	4
2	ABC	A	A	A	A
4	SKT	90	136	110	90
5	Lead Time	90	90	90	90
6		Talep	Talep	Talep	Talep
7	1	32,529.00	0.00	0.00	21,749.00
8	2	26,577.00	0.00	0.00	19,065.00
9	3	26,213.00	0.00	0.00	16,485.00
70	Son 4 Ay Satış				
71	Ted. Süresi Talep	311,475	203,081	118,500	99,230
72	S.Sapma	12380.24293	7415.382528	951.5537533	4007.843404
73	Hizmet Sev. %	0.97	0.97	0.97	0.97
74	Karekök T.S.	1.732050808	1.732050808	1.732050808	1.732050808
75	Güvenlik Stoğu	20,800	12,459	1,599	6,734
76	Ort. Talep	103,825	67,694	39,500	33,077
77	G.S.	6.010097818	5.521278726	1.214198934	6.107191383
78					
79	Yer	940	600	600	1150
80	Br.Ort.Fiy.	2220	946	895	922
81	Rev.Emn.Stoğu -IT1	19967.91694	11960.16453	1534.747453	6464.193362
82	Rev.Emn.Stoğu -IT2	19135.9204	11461.82434	1470.799642	6194.851972
83	Rev.Emn.Stoğu -IT3	18303.92386	10963.48415	1406.851832	5925.510582
84	Rev.Emn.Stoğu -IT4	17471.92732	10465.14396	1342.904021	5656.169192
85	Rev.Emn.Stoğu -IT5	16639.93078	9966.803774	1278.956211	5386.827802
86	Rev.Emn.Stoğu -IT6	15807.89424	9468.463585	1215.0084	5117.486412

Şekil 4.4: Emniyet stoğu hesaplama Excel tablosu görüntüsü.

Tablo 4.5: Ürün bazında emniyet stokları tespiti sonuçları.

ÜRÜN	1	2	..	...	300	301
ABC	A	A	..	...	C	C
TEDARİK SÜRESİ	90	90	..	...	30	20
TED. SÜRESİ TALEP	311.474,50	203.080,75	..	...	37,92	107,83
S.SAPMA	12.380,24	7.415,38	..	...	3,60	16,88
HİZMET SEV.	0,97	0,97	..	...	0,87	0,87

Tablo 4.6: (devam)

KAREKÖK T.S.	1,73	1,73	..	...	1,00	0,82
GÜVENLİK STOĞU	20.799,91	12.458,50	..	...	3,14	11,99
ORT. TALEP	103.824,83	67.693,58	..	...	37,92	161,75
EMNİYET STOĞU	6,01	5,52	..	...	2,48	2,22
BR.ORT.FİY.	2.220	946	..	...	96.439	270
ITERASYON 1	19.968	11.960	..	...	3	12
ITERASYON 2	19.136	11.462	..	...	3	11
ITERASYON 3	18.304	10.963	..	...	3	11
ITERASYON 4	17.472	10.465	..	...	3	10
ITERASYON 5	16.640	9.967	..	...	3	10
ITERASYON 6	15.808	9.468	..	...	2	9

4.3. 3. AŞAMA– TAHMİN AŞAMASI

Emniyet stoklarının hesaplanmasının ardından, bir sonraki aşama olan tahmin aşamasına geçilmiştir. AHP-BCO-RVeto metodunda, karar alınması için bazı verilerin tahmin edilmesi çok önem arz etmektedir. Bunlardan başlıcası, doğal olarak alım miktarlarını etkileyecek olan talepler diğeri ise fiyat dalgalanmaları sebebiyle, gene alım miktarlarının hangi aylarda yapılması gerektiğini belirleyen birim fiyatlardır.

Tahmin aşamasının sonucu olarak, A ve B grubu olarak tanımlanan 154 adt.'lik veriden, talepleri ile birim fiyatlar geçmişe yönelik 54 aylık veri kullanılarak ileriye yönelik 6 aylık tahmin gerçekleştirilmiştir. Tahmin aşamasında, fiyatları sabit olarak tanımlanan ürünlerin fiyatı tahmin dışında tutulmuştur.

ABC analizi sonucu belirlenen, A ve B sınıflarına ait tahminler gerçekleştirilmiştir. A grubu olarak tanımlanan ürünler için geçmiş 48 aylık veriler kullanılarak tahminler gerçekleştirilmiştir. A grubu olarak tanımlanan ürünler için, geçmiş 48 aylık döneme ait veriler kullanılarak, PR, DVM ve MAGT yöntemleri ile 49-54 dönemlerine ait tahminler gerçekleştirilmiştir. Bu tahminle ile fiili hesaplamalar karşılaştırılarak, MAPE'yi en düşük tespit edecek en iyi iki yöntem tespit edilir. Tespit edilen iki yöntem için MAPE'yi 49-54 dönemlerinde de minimize edecek katsayılar tespit edilir. Bu yöntem "En İyi İki Bütünleşik yöntemi" olarak adlandırılmıştır.

Elde edilen bu yeni denklem vasıtasıyla 55-60 nolu dönemlere ait tahminler gerçekleştirilir.

Gelecek dönemlere ait fiyat tahmini yapabilmek ileriye yönelik kararlar vermek açısından önemlidir. Gelecekte fiyatların artacağı değerlendirilirse, buna uygun olarak stokları arttırmak toplam maliyeti düşürecek bir alternatif haline gelir.

Benzer şekilde, birim fiyatların düşeceği öngörülürse, stokları düşük tutmak ileride daha düşük fiyatlarla ürün tedarik etmek alternatifini mümkün kılar.

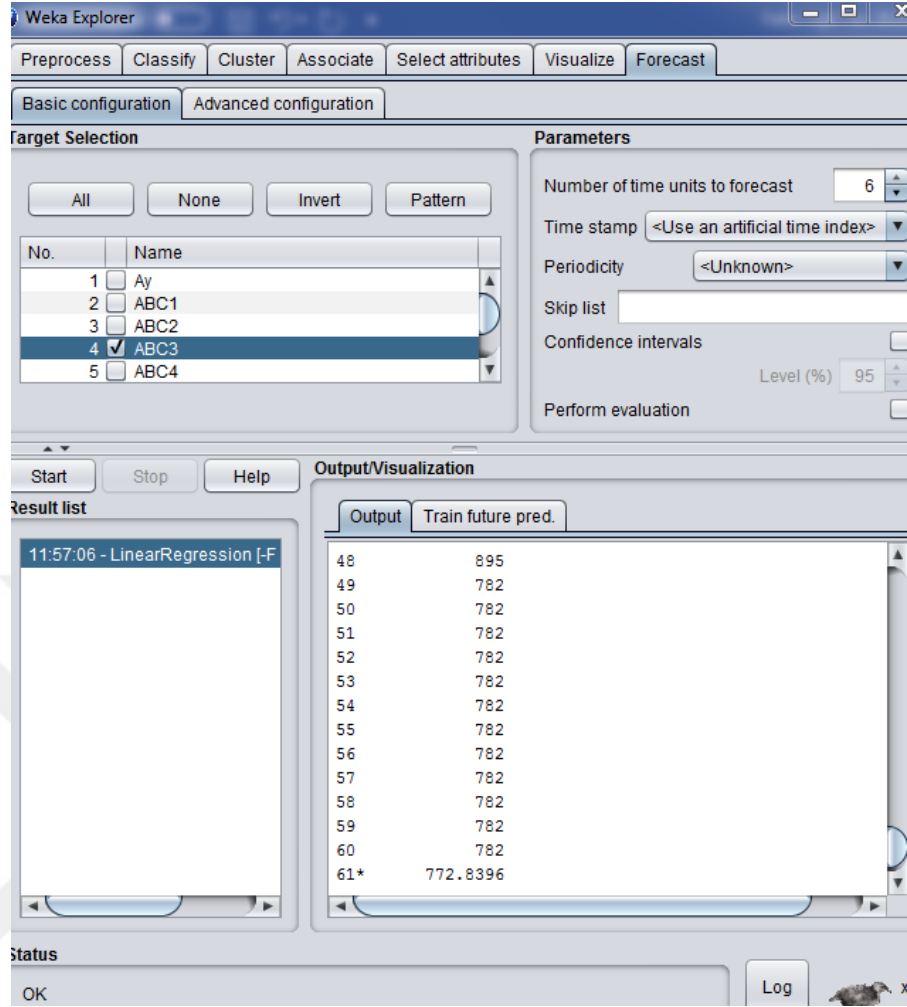
Söz konusu tahminleme çalışmaları için farklı programlar kullanılmıştır.

SVM yöntemi için Weka programı kullanılmıştır. Weka programından alınmış bir ekran çıktısı Şekil 4.5’da verilmiştir.

Weka programı kullanılırken, Destek Vektör Makinaları için kullanılan SMOReg Sınıfı tercih edilmiştir. Söz konusu sınıf, Weka web sitesinde DVM için kullanılan sınıfın adıdır.

(<http://weka.sourceforge.net/doc.dev/weka/classifiers/functions/SMOReg.html>, Ziyaret Tarihi 05.04.2019)

Weka programı dahilinde, kullanılan kernel için ise RBF Kernel(Radial Based Kernel) kullanılmıştır. Söz konusu yöntem, alternatif üç yöntemden birisidir. Diğer değişkenler olan c ve parti büyüklüğü ise programla gelen sırasıyla 1 ve 100 verileri aynı şekilde kullanılmıştır.



Şekil 4.5: WEKA ekran çıktısı.

Poisson-Regresyon hesaplamaları için ise Matlab 2011 programı kullanılmıştır. Poisson Regresyon yöntemi, Matlab programı içinde tanımlı hazır bir fonksiyondur.

Söz konusu Matlab programı şekil 4.6’de verilmiştir.

```

ay = data(:, 1);
[x y] = size(data);
for
ABC =data(:, i);
b = glmfit(ay, ABC, 'poisson');
sonuc(:, i)= b';
end

```

Şekil 4.6: PR Matlab programı.

Gri Tahminleme için ise benzer şekilde Matlab programı kullanılmıştır. İlgili fonksiyon ve bu fonksiyonu kullanan program dosyaları Şekil 4.7 ve 4.8’da verilmiştir. Şekil 4.6’da verilen fonksiyon programı için Zhang ve Li(2010) yaptıkları çalışmadan faydalanılmıştır.

```
clear
verilery = xlsread('veriyeniv2.xlsx', 'Orj');
%verilery=input('Please input the numbers to be predicted: ');
alfa = 0.5;
verilery = transpose( verilery);
[t yk]= size(verilery);
t_test=input('Please input the number to be predicted: ');

for s=1:t
    X = verilery(s , :);
    X1(s , :)=greymodel(X , t_test);
    X1(s , :);
end
%X1= transpose(X1);
sonuclar = [verilery , X1];
sonuclar = transpose (sonuclar)

[status,sheets,format] = xlsfinfo('veriyeniv2.xlsx');

xlswrite('veriyeniv2.xlsx' , sonuclar , 'Orj')
```

Şekil 4.7: Gri tahminleme programı.

```

function [sonuc]=greymodel(y , t_test)

n=length(y);
yy=ones(n,1);
yy(1)=y(1);
for i=2:n
yy(i)=yy(i-1)+y(i);
end
B=ones(n-1,2);
for i=1:(n-1)
B(i,1)=-(yy(i)+yy(i+1))/2;
B(i,2)=1;
end
BT=B';
for j=1:n-1
YN(j)=y(j+1);
end
YN=YN';
A=inv(BT*B)*BT*YN;
a=A(1);
u=A(2);
t=u/a;

i=1:t_test+n;
yys(i+1)=(y(1)-t).*exp(-a.*i)+t;
yys(1)=y(1);
for j=n+t_test:-1:2
ys(j)=yys(j)-yys(j-1);
end

x=1:n;
xs=2:n+t_test;

%plot(x,y,'^r',xs,yn,'*-b');
det=0;
for i=2:n
det=det+abs(yn(i)-y(i));
end
det=det/(n-1);

sonuc = [ys(n+1:n+t_test) a u det]

%disp([' Percentage of relative error: ',num2str(det),'%']);

end

```

Şekil 4.8: Gri Tahminleme fonksiyonu Matlab programı.

Söz konusu programların ardından, talep ve birim fiyatları için aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4.7: Talep tahminleri sonuç karşılaştırma.

	SVM	Poisson-Regresyon	SAGF	En iyi İki Bütünleşik Yöntemi
Min.Mape	21	2	1	40

Birim Fiyatlar için;

Fiyatların nispeten daha düzgün bir şekilde artması sebebiyle, Gri Tahminleme daha iyi performans göstermiştir. Bunun sonucu olarak Gri Tahminleme tercih edilmiştir.

Tablo 4.8: Birim fiyat tahminleri sonuç karşılaştırma.

	SVM	Poisson-Regresyon	SAGF	En iyi İki Bütünleşik Yöntemi
Min.Mape	6	1	20	11

B grubu veriler için A grubu verilere oranla daha az işlem gerektiren bir yöntem kullanılmıştır. Söz konusu yöntemle göre test verilerine tahminleme gerçekleştirilmiş ve bunun ardından en iyi tahmin yöntemi 55-60 nolu verilerin tahmini için kullanılmıştır.

A gruplarında, elde edilen elde edilen tahmin sonuçları Tablo 4.8’da verilmiştir.

Tablo 4.9: A Grubu tahmin sonucu.

	SVM	Poisson-Regresyon	MAGF	En İyi İki Bütünleşik Yöntemi
Min. MAPE	27	3	21	51

B grubu ürünlerin tahmin aşamasında, önerilen 3 model arasında 49-54 arasında en iyi sonucu veren model tahmin için kullanılmıştır.

Bu tahmin aşamasının sonucu olarak A ve B grubu ürünlerde son aşama olan optimizasyon aşamasında kullanılacak veriler elde edilmiş olur.

4.4. 4. AŞAMA– SİPARİŞ MİKTARI MODELLEME AŞAMASI

Tez kapsamında önerilen metodolojinin en son aşaması sipariş miktarı modelleme aşamasıdır. Burada planlama için gerekli olan sipariş miktarları dinamik olarak belirlenmektedir.

Öte yandan önerilen modelin optimum sonuçlarına dinamik programlama, sezgisel veya metasezgisel algoritmalarla ulaşmak mümkündür. Ancak uygulama verisinin büyüklüğü

nedeniyle burada metasezgisel bir algoritma olan ve Kennedy ve Eberhart tarafından 1995 yılında, sürü zekasından esinlenerek geliştirilen PSO algoritması kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasındaki uygulama verisinde 154 stok kaleminin 6 aylık planlama dönemi için dinamik sipariş miktarları belirlenmeye çalışılmış ve bunun sonucunda 924 değişkenli bir optimizasyon problemi ortaya çıkmıştır.

Uygulama yapılan verilerin küçük bir örnek kümesine PSO ve excel çözücüsündeki Genetik Algoritmaları kullanan evrim algoritması uygulanmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır.

4.4.1. PSO Performans Kıyaslama

PSO algoritmasının performansının karşılaştırılması için uygulama verisinden en yüksek fiyat dalgalanmasına sahip 5 adet veri örnek olarak alınmıştır. Söz konusu verilerin tez uygulamasında olduğu gibi 6 aylık tahminleri göz önüne alınmış ve MS Excel Çözücü eklentisi Genetik Algoritmalarla çözüm sağlayan evrim algoritması ile bulunan sonuçlar, PSO algoritmasının bulduğu sonuçlarla kıyaslanmıştır.

Bu şekilde, daha basit bir örnek kullanılarak, PSO algoritmasının daha kısıtlı bir örnekte amaç fonksiyonunda istenen sonuçlara yakın bir değer aldığı kanıtlanmış olmaktadır.

PSO uygulamasında, amaç fonksiyonu olarak toplam maliyeti minimize etmek olarak belirlenirken, kısıtlar ise toplam talebin karşılama oranı minimum %95, stok değeri 1.000.000 TL ve stok miktarı ise 250 MT alınmıştır. Bertaraf miktarı kısıtı 50 MT, bütçe kısıt 4.000.000 TL olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.9, tablo 4.10 ve tablo 4.11’de kısıtlar ve sonuçlar kıyaslanmıştır.

Tablo 4.10: Örnek veri ile PSO sonuçları.

	1	2	3	4	5	Ortalama	Standart Sapma
Maliyet	3.773.871	3.829.758	3.771.429	3.740.999	3.742.499	3.771.711	35.954
Bütçe Kısıt	3.692.003	3.773.231	3.688.984	3.648.967	3.688.776		

Tablo 4.11: (devam)

Talep Karşılama Kısıtı	95,41%	99,45%	99,34%	99,9%	95,56%
Stok Değeri Mak Kısıtı	775.620	806.350	718.013	761.862	723.562
Stok Miktarı Kısıtı	114	48	53	56	49
Bertaraf Mik. Kısıtı	46	0	0	0	0

Tablo 4.12: Örnek veri Genetik Algoritma sonuçları.

	1	2	3	4	5	Ortalama	Standart Sapma
Maliyet	3.837.655	3.718.986	3.720.637	3.905.095	3.740.006	3.784.476	83.245
Bütçe Kısıt	3.719.941	3.614.204	3.609.504	3.586.494	3.618.734		
Talep Karşılama Kısıtı	95,00%	95,00%	97,76%	95,00%	95,00%		
Stok Değeri Mak Kısıtı	755.951	1.000.000	812.669	1.000.000	940.470		
Stok Miktarı Kısıtı	106	84	82	249	126		
Bertaraf Mik. Kısıtı	23	10	16	19	13		

Tablo 4.13: Örnek problem kısıtları.

Bütçe Kısıt	<=	4.000.000
Talep Karşılama Kısıtı	>=	95,00%
Stok Değeri Mak Kısıtı	<=	1.000.000
Stok Miktarı Kısıtı	<=	250
Bertaraf Mik. Kısıtı	<=	50

Algoritma sonlandırma için ise 3 dakika veya son 5 iterasyonda %0,001'den daha büyük bir iyileşme olmaması durdurma kriterleri kullanılmıştır.

4.4.2. PSO Uygulama

4. aşama olan PSO uygulama aşamasında son aşamaya kadar olan veriler kullanılarak toplam maliyeti yerel optimumlar da olsa minimize edecek son aşamaya geçilmiştir. Buna göre elde edilen tahminler neticesinde toplam maliyetin yerel optimum değerlerini bulacak olan model kurulmuştur.

Söz konusu modelde göz önüne alınan kısıtlar ve değişkenler aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Stok Maliyeti: Ürünlerin stok maliyeti olarak %2 belirlenmiştir. Finans, depolama, Sigorta ve vergi maliyetleri için kullanılan bu değer verilerin toplanma aşamasında, ilgili verilerin toplandığı firmanın finans departmanından alınmıştır.

Bertaraf Maliyeti: Stokta son kullanma süresi dolmuş ya da başka sebeplerle bozulan ürünlerin, ürün değerinin dışında oluşan maliyeti için bertaraf firmalarından alınan fiyat tekliflerindeki fiili değer kullanılmıştır. Söz konusu değer 2000 TL/MT'dur.

Stok bulundurmama maliyeti: Yoğun rekabet ortamı ve stok bulundurulmaması durumunda müşterinin alımlarını rakiplere çevirmesi sebebiyle, söz konusu kayıp oldukça yüksek olabilir. Söz konusu değer ürünün satış bedelinin %150'si olarak satış departmanı tarafından belirlenmiştir.

Amaç fonksiyonunun yerel minimumlarını bulmaya çalışırken sağlanması gereken kısıtlar şu şekildedir.

Bütçe Kısıtı: Uygulamanın yapıldığı firmada diğer firmalar gibi finansal olarak belirli bir disipline sahiptir. Mevcut işlerini devam ettirebilmek için söz konusu satınalmaya harçayabileceği maksimum tutar dönem dönem satış rakamlarına göre değişmekle birlikte, 6 aylık dönem için 45 Milyon TL olarak öngörülmüştür.

Talep Karşılama Kısıtı: Doğal olarak firmanın amacı müşterilerinin taleplerini karşılamak olmaktadır. Öte yandan, stok maliyeti ya da dış depo maliyetlerindeki artışlar sebebiyle, daha düşük hizmet yüzdesi ile daha yüksek kazanımlar elde edilebilir. Müşterilerin belirli bir hizmet yüzdesinin altında hizmet alması da uzun vadede firma için gözle görülemeyen kayıplar ve esas amacı yüksek hizmet düzeyi sağlamak olan firmanın hedefleriyle uyumlu olmayacaktır. Bunun sonucu olarak hizmet düzeyi yüzdesi de modelin kısıtlarına dahil edilmiştir. Söz konusu kısıt için %95'lik bir kısıt değeri firmanın satış departmanı tarafından belirlenmiştir.

Stok Değeri Maksimum Kısıtı: Stok değerlerinde maksimum bir üst limit olması firmanın hem gelecekteki belirsizliklere karşı bir önlem alması açısından anlamlıdır. Bu

kısıtın toplam bütçeden farkı, her ay için hesaplanmasıdır. Bunun sonucu olarak her aylık dönemde stokta olabilecek maksimum değer bu kısıtı tanımlamaktadır.

Söz konusu kısıt 4 Milyon TL olarak finans departmanı tarafından belirlenmiştir.

Stok Miktarı Kısıtı: Gerek fiziksel depolama alanları, gerekse de sevkiyat imkanları gibi sebeplerle fiziksel olarak stokta devir edilebilecek olan ürünler için bir üstü limit tanımlıdır. Söz konusu değer firmanın lojistik departmanından alınmış ve 2.000 MT'dur.

Bertaraf Miktar Kısıtı: Ürünlerin bertaraf edilmesi durumunda amaç fonksiyonuna maliyetleri eklenmiş olsa da, gene de çevre düzenlemeleri ve işletmenin kanuni yükümlülükleri söz konusu bertaraf edilebilecek miktarları belirli bir seviyenin altında tutmayı zorunlu kılmaktadır. Söz konusu kısıt için veri firmanın sürdürülebilirlik departmanından alınmış ve 6 aylık dönem için toplamda 50 MT olarak belirlenmiştir.

PSO algoritmasında, durdurma kriterleri olarak, %0,01 iyileştirmeden daha düşük bir iyileşme sağlanması veya arka arkaya 2 iterasyon sonucunda iyileşme görülmemesi olarak belirlenmiştir.

Öte yandan, toplam veri boyutunun 924(154 kalem $\times$ 6 ay) olması sebebiyle toplam koşul sayısı 5 ile kısıtlanmıştır.

Tezin son aşamasında, MS Excel 365 yazılımı ile Intel Core i5 -2.6 GHZ işlemci, 4 GB RAM'e sahip Windows 7 Professional Edition işletim sistemine sahip bir bilgisayar kullanılmıştır.

Parçacık sayısı olarak olarak 20 kullanılmıştır. Söz konusu parçacık sayısının arttırılması ileride yapılacak olan çalışmalarda, daha etkin yazılımların kullanılmasıyla gerçekleştirilecektir.

c_1 ve c_2 , parametreleri için ise 0.5 kullanılmıştır.

Tüm hesaplamalar, MS Excel programında gerçekleştirilmiştir. İlgili hesaplamalarda, kullanılacak olan veriler MS Excel programında bir araya getirilmiştir. Bu şekilde, elde edilen verileri daha sonraki aşama olan ve Şekil 4.9'de bir örneği verilen MS Excel dosyası dahilinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

Ürün No	1	2	3	4	5	6	7	8
Ürün Şablonu	A	A	A	A	A	A	A	A
Son Kullanma Süresi	3	3	4	3	6	6	3	5
	G. Talep	G. Br. Fiy.	G. Talep	G. Br. Fiy.	G. Talep	G. Br. Fiy.	G. Talep	G. Br. Fiy.
1	32,529.00	3,371.69	76,538.50	1,144.92	38,400.00	895.00	21,749.00	1,197.65
2	26,577.00	2,928.08	60,145.00	1,003.63	35,800.00	895.00	19,065.00	1,029.47
...	...	...	...	...	...	...	...	...
46	70,575.00	2,329.89	73,885.50	906.80	39,200.00	895.00	35,263.00	957.59
47	73,786.00	2,384.04	81,563.00	1,068.28	40,800.00	895.00	37,196.00	1,062.36
48	81,554.00	2,589.01	80,699.50	1,157.79	40,000.00	895.00	38,363.00	1,107.69
49	122,311.00	1,984.91	76,538.50	978.27	39,200.00	781.67	38,819.00	935.53
50	99,090.00	1,739.46	63,145.00	816.40	38,800.00	781.67	32,723.00	788.16
51	89,144.00	1,568.03	55,198.50	727.49	41,200.00	781.67	28,613.00	716.28
52	91,283.00	1,698.38	60,615.00	744.87	38,800.00	781.67	30,489.00	764.03
53	102,794.00	1,717.72	66,294.00	790.23	38,800.00	781.67	31,692.00	762.42
54	96,088.00	1,655.83	65,803.50	767.90	40,800.00	781.67	32,093.00	828.37
55	103,094.00	1,672.56	64,474.50	832.57	39,200.00	781.67	29,891.00	812.28
56	94,661.00	1,581.82	68,047.00	795.99	38,400.00	781.67	29,144.00	760.61
57	95,087.00	1,672.56	63,145.00	767.90	38,800.00	781.67	30,320.00	780.11
58	107,198.00	1,685.94	71,885.50	865.71	39,200.00	781.67	34,689.00	819.12
59	120,047.00	1,886.86	76,563.00	988.68	40,800.00	781.67	37,364.00	1,002.79
60	125,101.00	1,987.00	80,609.50	950.28	40,000.00	781.67	40,884.00	1,025.10

Şekil 4.9: 1. veri tablosu Excel.

Kullanılan MS Excel dosyasının 1. Nolu ürün için görüntüsü Şekil 4.10'de verilmiştir. İlgili dosyada hesaplamaların gerçekleştirildiği alanlarda, ilgili formülasyon noları belirtilmiştir.

Şekil 4.10'de verilen hesaplama bir ürün için gerçekleştirilirken, tüm hesaplamaların 154 ürün ve 6 dönem için yapılması gereksinimi sebebiyle kullanılan dosyaların boyutu 20 MB'ı geçmektedir.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		Ürün No	1									
2		Ürün Sınıfı	A									
3												
4		Bozulma Süresi (Ay)	3									
5												
6	t	T ₁ P ₁	BuM ₁	HaM ₁	(3.49)	(3.46)	(3.61)	(3.65)	(3.64)	(3.47)	(3.68)	
7	Ay	T. Talep	T.Br. Fiyat	Sipariş	Ay Sonu Stok	Stok Maliyeti	Satınalma Maliyeti	Bozulan Ürün Miktarı	Stok Bulundurmama Maliyeti	Stokta Bulunmayan Ürün Adedi	Sipariş Maliyeti	T. Toplam Maliyet
8	55	99.65	1,600	115	16	251	184,547	0	0	0	1,000	185,798
9	56	102.46	1,585	93	6	97	147,247	0	0	0	1,000	148,344
10	57	105.34	1,570	104	5	78	163,608	0	0	0	1,000	164,686
11	58	108.31	1,555	111	7	113	172,091	0	0	0	1,000	173,205
12	59	111.36	1,541	85	0	0	130,426	0	44,887	19	1,000	176,312
13	60	114.50	1,526	132	17	264	201,152	0	0	0	1,000	202,416
14		T. Toplam Mal.		1,050,761	51	803	999,072	0	44,887	19	6,000	1,050,761
15		Bütçe Kısıtı	(3.70)	999,072								
16		Talep Karşılama Kısıtı	(3.74)	99.67%								
17		Stok Değeri Mak Kısıtı	(3.72)	26,401								
23		Stok Miktarı Kısıtı	(3.71)	17								
29		Bozulan Ürün Kısıtı	(3.73)	0								

Şekil 4.10: 1 nolu ürün PSO uygulaması ekran görüntüsü.

Toplam maliyetin hesaplandığı ekran görüntüsü Şekil 4.10'de verilmiştir. Söz konusu hesaplama göre, G sütünü, 3.6.3 bölümünde detayları verilen stok maliyetini hesaplamaktadır. H sütünü, 3.6.1 bölümünde detayları verilen satınalma maliyetini hesaplamaktadır.

I sütünü, 3.6.3.5 bölümünde tanımlanan ve ürünlerin bozulması sonucu oluşan maliyetleri hesaplamaktadır.

J ve K sütunları, 3.6.4 bölümünde detayları verilen, talep edilen ürünün stokta bulunmadığı durumda oluşan, stok bulundurmama maliyetini hesaplamaktadır.

L sütunu, sipariş verilmesi durumunda ortaya çıkan ve detayları 3.6.2’de verilen sipariş maliyetini hesaplamaktadır.

M sütunu, bölüm 3.7’de detayları verilen amaç fonksiyonunun bu ürün için hesaplandığı toplam maliyeti göstermektedir.

Kısıtlar ise ilgili hesaplamalar ile, E sütünunda verilmiştir.

E15 hücresi, 3.7.1.1’de verilen bütçe kısıtını göstermektedir. E16, hücresi, siparişlerin talebi karşılama oranını göstermektedir. İlgili kısıt, bölüm 3.7.1.5’de tanımlanmıştır.

Stok değeri kısıtı, E17 hücresinde hesaplanmıştır. Stok değeri kısıtı, 3.7.1.3 bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.7.1.4 bölümünde tanımlanmış olan ve kullanım süresi geçtiği için bozulan ürün kısıtı, E29 hücresinde hesaplanmıştır.

Hesaplamalar için kullanılan formüller, “()” gösterilerek atıfta bulunulmuştur. Hesaplamaların tüm ürünler için yapılması sebebiyle, tüm ürünlerin maliyetini ve benzer şekilde kısıtların da tüm ürünler için hesaplanması gerekmektedir.

Bu hesaplamalar için aynı MS Excel dosyasına, bir sayfa eklenerek, farklı parçacıklar ve ürün için hesaplamalar gerçekleştirilir. Tüm ürünlerin hesaplamalarının gerçekleştirildiği MS Excel dosyası örneği Şekil 4.11’da verilmiştir.

Öte yandan, hesaplamaların, 154 ürün için, 6 dönemde ve toplam 4 maliyet kalemi ve 5 kısıt için hesaplanması sebebiyle dosya boyutu 20 MB boyutlarına ulaşmaktadır.

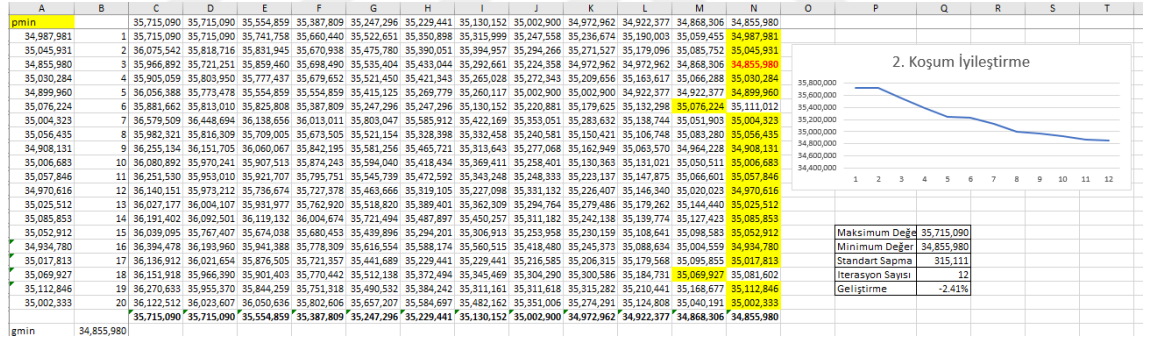
Her iterasyonda hesaplama yapılacak farklı bir dosya ihtiyacı da ek bir MS Excel dosyası kullanımı ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Bu son dosya vasıtasıyla her iterasyonda, PSO algoritması çerçevesinde, yeni değerler hesaplanmaktadır. İlgili dosyanın, ekran görüntüsü Şekil 4.12’da verilmiştir.

İlgili dosyada, B123 hücresi, Global minimumu verirken, B2-B116 arasındaki hücreler lokal minimumları vermektedir.

Her iterasyona ait sayfalarda, yeni veriler tekrar hesaplanarak, Şekil 4.12’de veriler güncellenerek her iterasyon değeri tespit edilir.

				Parçacık No	Dönem	Ürün No										152	153	154
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Bütçe Kısıtı	33,354,222	Tahmini T.Maliyet	34,987,981	1	55	115.32	62.28	40.73	35.83	..	..	..	..	..	..	1.00	0.14	0.48
Talep Karşılama Kısıtı	98%	Gerçek T.Maliyet	46,299,303		56	92.89	88.85	40.13	32.99	..	..	..	..	..	..	0.10	2.00	0.59
Stok Değeri Mak Kısıtı	171,015				57	104.19	102.32	64.39	49.41	..	..	..	..	..	..	0.09	0.27	0.50
Stok Miktarı Kısıtı	898				58	110.64	95.92	32.09	18.17	..	..	..	..	..	..	0.12	0.20	0.46
Bertaraf Mik. Kısıtı	0				59	84.65	79.00	43.75	27.63	..	..	..	..	..	..	0.04	0.26	0.42
Toplam Mik.	9,016				60	131.79	99.58	68.27	34.12	..	..	..	..	..	..	0.06	0.26	0.34
Bütçe Kısıtı	33,433,394	Tahmini T.Maliyet	35,045,931	2	55	111.53	61.38	40.94	36.74	..	..	..	..	..	..	0.10	0.14	0.48
Talep Karşılama Kısıtı	99%	Gerçek T.Maliyet	46,299,262		56	93.38	86.45	39.09	33.74	..	..	..	..	..	..	0.10	0.18	0.59
Stok Değeri Mak Kısıtı	178,548				57	104.63	101.94	64.46	46.78	..	..	..	..	..	..	0.09	0.27	0.50
Stok Miktarı Kısıtı	867				58	110.91	95.52	33.41	18.17	..	..	..	..	..	..	0.12	0.20	0.46
Bertaraf Mik. Kısıtı	0				59	82.73	78.68	45.46	27.60	..	..	..	..	..	..	0.04	0.26	0.42
Toplam Mik.	8,998				60	136.82	99.94	67.97	34.13	..	..	..	..	..	..	0.06	0.26	0.34
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Bütçe Kısıtı	33,320,645	Tahmini T.Maliyet	35,002,333	20	55	91.58	59.73	41.29	36.86	..	..	..	..	..	..	0.10	0.14	0.48
Talep Karşılama Kısıtı	98%	Gerçek T.Maliyet	46,299,327		56	92.97	83.53	39.46	36.42	..	..	..	..	..	..	0.10	0.18	0.59
Stok Değeri Mak Kısıtı	170,688				57	104.50	102.25	63.80	51.14	..	..	..	..	..	..	0.09	0.27	0.50
Stok Miktarı Kısıtı	870				58	121.25	95.45	32.46	18.10	..	..	..	..	..	..	0.12	0.20	0.46
Bertaraf Mik. Kısıtı	0				59	87.05	79.05	46.96	27.62	..	..	..	..	..	..	0.04	0.27	0.42
Toplam Mik.	8,952				60	132.16	99.74	68.20	34.17	..	..	..	..	..	..	0.06	0.26	0.34

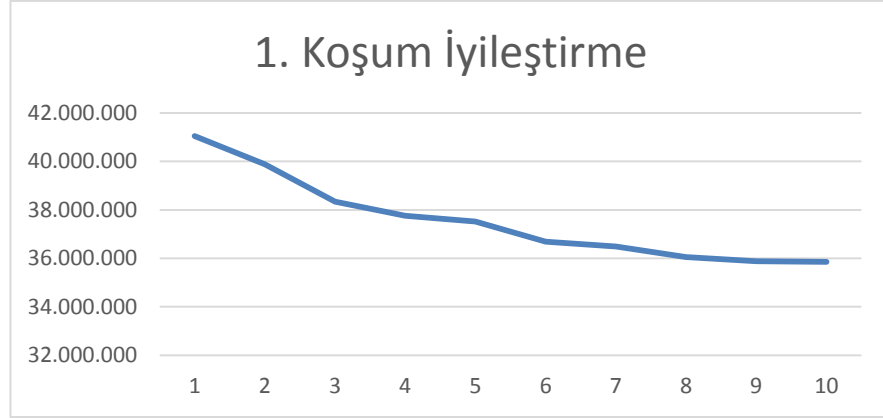
Şekil 4.11: Tüm ürünler hesaplama Excel dosyası.



Şekil 4.12: İterasyon hesaplama dosyası.

PSO ile yapılan 5 koşumun sonuçları her iterasyon için Şekil 4.13- Şekil 4.17 ve Tablo 4.12- Tablo 4.16’larda verilmiştir.

1. Koşumun sonuçları Şekil 4.13 gösterilmiştir ve Tablo 4.12’de özetlenmiştir. 1. Koşumun sonuçlarına göre, 10 iterasyon sonucunda, %12,67 oranında bir iyileşme gerçekleştirilmiştir. Söz konusu maliyet iyileştirmesi 5.200.609 TL olmaktadır.

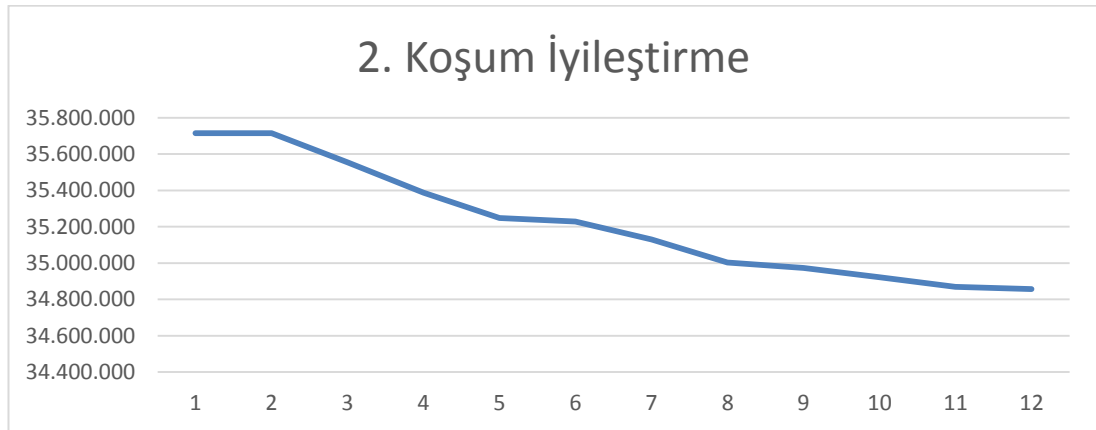


Şekil 4.13: 1. koşum iyileştirme grafiği.

Maksimum Değer	41.048.897
Minimum Değer	35.848.288
Standart Sapma	1.768.405
İterasyon Sayısı	10
Geliştirme	-12,67%

Tablo 4.14: 1. koşum sonuç değerleri.

2. Koşumun sonuçları Şekil 4.14 gösterilmiştir ve Tablo 4.13’de özetlenmiştir. 2. Koşumun sonuçlarına göre, 12 iterasyon sonucunda, %2,41 oranında bir iyileşme gerçekleştirilmiştir. Söz konusu iyileşmenin tutarı, 859.110 TL olmaktadır.

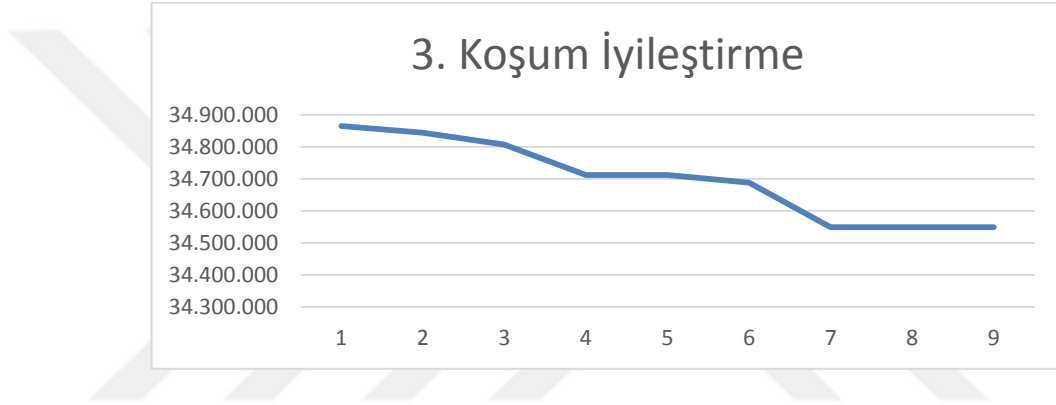


Şekil 4.14: 2. koşum iyileştirme grafiği.

Tablo 4.15: 2. koşum sonuç değerleri.

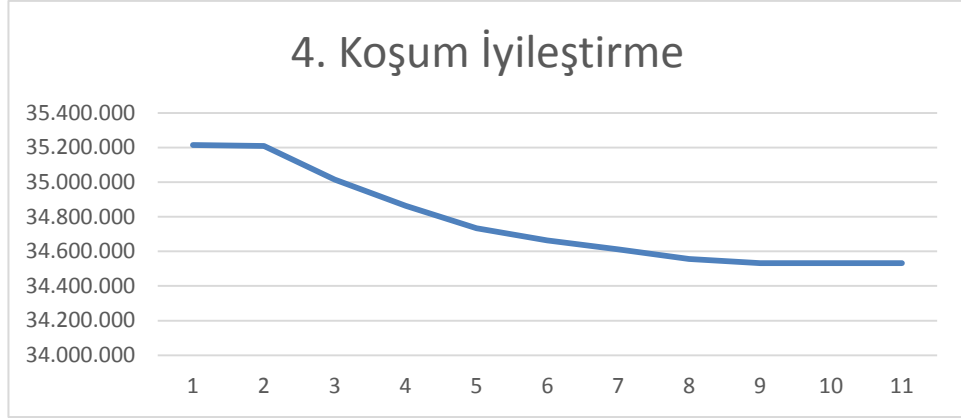
Maksimum Değer	35.715.090
Minimum Değer	34.855.980
Standart Sapma	315.111
Iterasyon Sayısı	12
Geliştirme	-2,41%

3. Koşumun sonuçları şekil 4.15 gösterilmiştir ve Tablo 4.14’de özetlenmiştir. 3. Koşumun sonuçlarına göre, 9 iterasyon sonucunda, %0,90 oranında bir iyileşme gerçekleştirilmiştir. Söz konusu iyileşmenin tutarı, 315.099 TL olmaktadır.

**şekil 4.15:** 3. koşum iyileştirme grafiği.**Tablo 4.16:** 3. koşum sonuç değerleri.

Maksimum Değer	34.864.478
Minimum Değer	34.549.379
Standart Sapma	126.309
Iterasyon Sayısı	9
Geliştirme	-0,90%

4. Koşumun sonuçları şekil 4.16 gösterilmiştir ve Tablo 4.15’de özetlenmiştir. 4. Koşumun sonuçlarına göre, 11 iterasyon sonucunda, %1,94 oranında bir iyileşme gerçekleştirilmiştir. Söz konusu iyileşmenin tutarı, 683.664 TL olmaktadır.

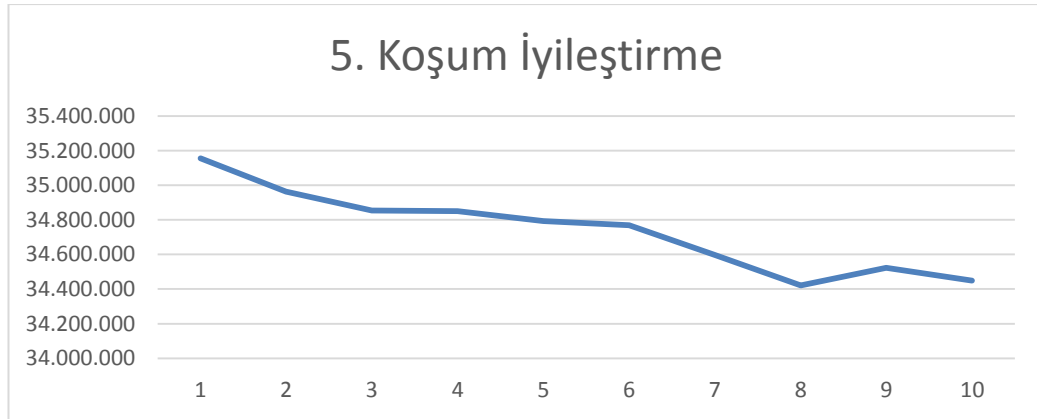


Şekil 4.16: 4. koşum iyileştirme grafiği.

Tablo 4.17: 4. koşum sonuç değerleri.

Maksimum Değer	35.215.409
Minimum Değer	34.531.745
Standart Sapma	267.214
İterasyon Sayısı	11
Geliştirme	-1,94%

5. Koşumun sonuçları Şekil 4.17 gösterilmiştir ve Tablo 4.16’de özetlenmiştir. 5. Koşumun sonuçlarına göre, 10 iterasyon sonucunda, %2,09 oranında bir iyileşme gerçekleştirilmiştir. Söz konusu iyileşmenin tutarı, 733.328 TL olmaktadır.



Şekil 4.17: 5. koşum iyileştirme grafiği.

Tablo 4.18: 5. koşum sonuç değerleri.

Maksimum Değer	35.155.028
Minimum Değer	34.421.700
Standart Sapma	236.768
İterasyon Sayısı	10
Geliştirme	-2,09%

5 koşumun ardından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalı olarak Tablo 4.17’de verilmiştir. Bu koşum sonuçlarına göre en iyi sonuç 1. koşum sonucunda elde edilir.

Tablo 4.19: Koşum sonuçları karşılaştırması.

	1. Koşum	2. Koşum	3. Koşum	4. Koşum	5. Koşum	5 Koşumun en iyi Sonucu
Minimum Değer	35.848.288	34.855.980	34.549.379	34.531.745	34.421.700	34.421.700

Bu değerlendirmeye göre PSO algoritması ile gerçekleştirilen 5 koşum sonucunda elde edilen en düşük değer 34.421.700 TL ile 5. Koşumun 10. İterasyonunda gerçekleşmiştir.

Tez çalışmasının yapıldığı işletmede, satınalma siparişleri geçmişe yönelik 12 aylık ortalamalar kullanılarak verilmektedir.

Tablo 4.18’de, işletmenin kullandığı mevcut modeller ve önerilen PSO bazlı metodolojinin sonuçları kıyaslanmıştır. Bu tabloya göre, aylık ortalamalara göre %7,12 oranında iyileşme sağlanmıştır.

Tablo 4.20: Önerilen model ile mevcut uygulama kıyaslama.

	12 Aylık Ortalama	Önerilen Metodoloji
Bütçe Kısıtı	27.004.421	32.861.254
Talep Karşılama Kısıtı	78%	99%
Stok Değeri Mak. Kısıtı	15.579	146.586
Stok Miktarı Kısıtı	191	862
Bertaraf Miktar Kısıtı	0	0
Toplam Satın alınan Miktar	6.163	8.743
Tahmini Toplam Maliyet	37.062.303	34.421.700
İyileştirme	7,12%	

Bu tabloda da açık bir şekilde görülmektedir ki önerilen metodoloji, sadece kullanıcılara ham verilerle sipariş planlamasını yapacak fırsatı vermekle kalmamış, aynı zamanda, gerek tahmin aşamasında elde ettiği sonuçlar, gerekse de bu verilere son aşamada uygulanan optimizasyon modeli sonucu, mevcut uygulamaya göre %7,12'lik ya da tutar olarak 2.640.603 TL'lik bir optimizasyon sağlamıştır.

Öte yandan, talep karşılama oranları ise %78'den %99'a çıkmıştır.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tez kapsamında önerilen metodolojinin amacı, özellikle planlama departmanlarının karşılaştığı karmaşık problemlere destek olmaktır. Bu yapısı itibarıyla, günümüzün karmaşık, hızlı ve yoğun rekabet ortamında karar vericilere destek olma amacı hedefleyen, bir “karar verme metodolojisi” olarak tanımlanmıştır.

İlgili metodolojinin ilk aşamasında, ham verileri kullanarak, ABC analizi gerçekleştirilmiştir. ABC analizi için literatürde ilk defa AHP-BCO-RVeto olarak adlandırılan yöntem kullanılmıştır. AHP-BCO-RVeto yöntemi, Lolli ve diğ. (2014) tarafından önerilen AHP-K-Veto yönteminin eksik yönlerini geliştirmiş ve daha yüksek performans göstermiştir.

AHP-K-Veto yöntemi, “Veto” olarak tanımlanan son aşamasında, bir ürünün bir kriterden A(C) aldığı durumda C(A) grubundaki ürünler, B grubuna atanmaktadır. Bu yaklaşım, kriter sayısı arttıkça ürünlerin B grubunda toplanmasına yol açmaktadır. Bu özellik sebebiyle, AHP-K-Veto modeli, ABC analizinin, 80-20 kuralı çerçevesinde, ürünlerin %20’si değerinin %80’ine sahiptir varsayımına uygun çalışmamaktadır. Bu eksik yönler, AHP-BCO-RVeto yöntemi ile geliştirilmiş ve çözülmüştür. AHP-BCO-RVeto yönteminin RVeto olan son aşamasında, belirlenen sınıf sayıları kısıtlarına göre sınıflamayı gerçekleştirmektedir. Tezin 1. Aşaması bu yönleriyle literatüre katkıda bulunmuştur.

Literatürde önerilen pek çok yöntem veya yöntem, karmaşık yazılımlar gerektirmekte ve ayrıca karmaşık bilgi toplama aşamalarına gerek duymaktadır. (Ng, 2007)

AHP-BCO-RVeto yönteminin en büyük özelliklerinden biri kullanım kolaylığıdır. Öte yandan, yapılan işin en önemli alanlara odaklanılmasına imkan veren ABC analizinde, bu sonuca varmak için karmaşık ve yoğun hesaplama gerektiren modeller kullanmak hızlı çözümlerden uzaklaşılmasına yol açmaktadır. Bu sebeple, önerilen AHP-BCO-RVeto yöntemi, ihtiyaç duyduğu verilerin az olması sayesinde kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Bunun yanında, ABC analizine yeni bir ürün dahil edildiğinde, sadece

BCO ve RVeto aşamalarını tekrar uygulamak yeterli olmaktadır. Bu şekilde, yeni ürünün devreye girmesi ya da mevcut ürünlerden birini iptal olması durumunda, AHP-BCO-RVeto yönteminin sadece BCO-RVeto aşamalarını tekrarlamak yeterli olmaktadır.

Tezin 2. aşamasında, geçmiş veriler kullanılarak emniyet stokları tespit edilmiştir. Geçmiş veriler ve hedeflenen hizmet düzeyleri kullanılarak başlangıç emniyet stokları tespit edilmiştir. Kısıt olarak stok miktarları göz önüne alınarak her iterasyonda bu kısıta yaklaşacak şekilde revize emniyet stokları hesaplanmıştır. Söz konusu yaklaşım için Lagrange Çarpanları yöntemi uygulanmıştır. Bunun sonucu olarak 6 İterasyonda kısıtlara uygun revize emniyet stokları tespit edilmiştir. Emniyet stoklarının hesaplanması aşaması da metodoloji kapsamında önemli bir yer tutmaktadır. Bu sayede işletmenin belirlediği toplam emniyet stokları göz önüne alınabilmektedir.

Emniyet stoklarının değişen tahmin veya gerçekleşen rakamların eklenmesiyle tekrar hesaplanarak planlamaya dahil edilmesi mümkün olmaktadır. Bu şekilde ihtiyaç duyulduğunda veya her çalıştırılmasında değişen öncelik ve verilere göre tekrar hesaplanabilmektedir.

Üçüncü aşamada da, gri tahminlemeyi kullanan karma tahmin yöntemi sayesinde, az sayıda veriyi kullanabilecek karma bir yöntem önerisiyle literatüre katkıda bulunulmuştur. Karma tahminlemenin kullanılması PR, MAGT ve DVM yöntemlerinin aynı anda kullanılmasına imkan vermiştir. Karma tahmin sistemleri, farklı metotların kullanılması sonucunda her yöntemin farklı avantajlarını kullanabilmektedir.

GT'nin az sayıda veriyi kullanabilmesi literatürde verilen en önemli avantajlarından biri olmaktadır. Öte yandan, GT'nin genel olarak monoton artış ya da azalış gösteren verilerde kullanılıyor olması en önemli eksikliklerinden biri olmaktadır. Söz konusu eksiklik tez kapsamında, diğer tahmin modellerinin uygulandığı karma yöntem sayesinde giderilmiştir. Bu karma yöntem sayesinde, GT istenen sonuçları vermediği durumlarda, PR ve DVM yöntemleri tahminleme için kullanılmıştır.

Metodolojinin son aşamasında, problemin stok, stok bulundurmama ve bozulma maliyetlerinin dinamik yapısı gereği matematiksel modeli kuramadığı için doğrusal

programlama ile çözümünü de mümkün olmamaktadır. PSO sezgisel algoritması bu aşamada, kullanılmıştır.

Dördüncü aşama olan son aşamada, bu aşamaya kadar elde edilen veriler kullanılarak, ham veriler nihai kararlara dönüştürülmüştür. Buna göre, talep tahmini, fiyat tahmini verileri ile kısıtlar göz önüne alınarak yakın optimum değerler elde etmek amacıyla PSO algoritması kullanılarak planlama gerçekleştirilmiştir. PSO algoritması ile oluşturulan model sonucunda, mevcut uygulamaya göre %7,12'lik ya da 2.640.603 TL'lik bir iyileştirme sağlanmıştır.

Uygulamanın yapıldığı işletmenin mevcut uygulamalarına göre, talep karşılama oranları ise %78'den %99'a çıkmıştır.

Bu son aşamada metodolojinin hem birim fiyat hem de talep tahminlerinin kullanıldığı veri kümesinde, etkin sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Tez çalışmasında önerilen metodolojinin farklı aşamalarında geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılması planlanmaktadır.

İkinci aşama olan emniyet stoklarının tespitinde, ürünlerin son kullanma tarihleri göz önüne alınmamaktadır. Talebin yüksek değişkenlik gösterdiği ürünlerde emniyet stoklarının tespitinde, ürünlerin belirlenen süre içinde tüketilmemesi durumunda bozulma ihtimalini de göz önüne alan bir yöntem tespit edilmesi planlanmaktadır. Bu sayede emniyet stoğu tespit edilirken son kullanma tarihi çok kısa olan ürünlerde, ürünlerin bozulma ihtimali ve bunun beklenen maliyeti de göz önüne alınarak emniyet stokları seviyeleri belirlenecektir.

Üçüncü aşama olan tahmin yöntemlerine, ARIMA, GARCH gibi talep ve fiyat tahmini alanlarında etkin bir şekilde kullanılan modellerinde eklenmesi planlanmaktadır. Bu yöntemlerin eklenmesinin ardından, A ve B grubu ürünler için daha etkin tahminler gerçekleştirilmesi mümkün olacaktır. Bu şekilde önerilen metodolojinin genel performansının artması planlanmaktadır.

Tez çalışmasının ardından sonraki aşamalarda söz konusu metodolojinin etkin bir yapay zeka uygulamasına dönüştürülmesi planlanmaktadır. Bu şekilde günümüzde, her aşamada tek tek verilmesi gereken kararlar için etkin bir metodoloji önerilerek,

kullanıcılara ham verilerden nihai kararlara ulaşmaları için karar destek sistemi uygulaması geliştirilecektir.



KAYNAKLAR

- Akay, D. ve Atak, M., 2007, Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey, *Energy*, 32, 1670-1675.
- Aydemir, E., Bedir, F. ve Ozdemir, G., 2013, The grey system approaches for demand forecasting, *Journal of trends in the development of machinery and associated technology*, 17, 105-108.
- Atsalakis, G.S., Atsalaki, I.G., Pasiouras, F., ve Zopounidis, C., 2019, Bitcoin price forecasting with neuro-fuzzy techniques. *European journal of operational research*, 276(2), 770-780.
- Azoury, K.S. ve Miyaoka, J., 2009, Optimal policies and approximations for a Bayesian linear regression inventory model, *Management science*, 55(5), 813–826.
- Ballou, R. H., 1999, *Business logistics management*, Prentice-Hall, New Jersey, ISBN: 0-13-081262-5.
- Bates, J.M. ve Granger, C.W.J., 1969, Combination of forecasts, *Operational research quarterly*, 20, 451–68.
- Bergh, V. ve Engelbrecht, A., 2004, A Cooperative Approach to Particle Swarm Optimization. Evolutionary Computation, *IEEE Transactions*, 8, 225 - 239.
- Bian, Y., Bostel-Dejax, N., Lemoine, D., Yeung, T., Hovelaque, V. ve Viviani, J., 2015, Dynamic lot-sizing-based working capital requirement minimization model with infinite capacity, *Industrial engineering and systems management (IESM), 2015 International Conference on, IEEE.*, 1048-1054.
- Biddle, G. C., 1980, Accounting Methods and Management Decisions: The Case of Inventory Costing and Inventory Policy, *Journal of accounting research*, 18, 235-280.
- Bilişik, M. T., Sezgin, F. H., ve Esnaf, Ş., 2017, *Dynamic pricing for revenue management in retailing using support vector machine*, Poisson regression and nonlinear programming, <http://acikerisim.iku.edu.tr/handle/11413/3813>, Ziyaret Tarihi. 01.04.2019.
- Blackstone, J.H. ve Cox J.F., 2008, *APICS Dictionary*, 12th ed. Alexandria, VA: American production and inventory control society, ISBN: 9781558221994.
- Boulaksil, Y., Fransoo, J.C. ve Van Halm, E.N.G, 2009, Setting safety stocks in multi-stage inventory systems under rolling horizon mathematical programming models, *OR spectrum*, 31(1), 121–140 .
- Cakir, O. ve Canbolat, M. S. , 2008, A web-based decision support system for multi-

criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology, *Expert systems with applications*, 35(3), 1367-1378.

Çebi, F., Kahraman, C., Bolat, B., 2010, A multiattribute ABC classification model using fuzzy AHP, *In the 40th international conference on computers & industrial engineering*, 1-6. IEEE.

Cebi, F. ve Kahraman, C., 2012, Single and multiple attribute fuzzy pareto models, *Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing*, 19.

Chen, J. X., 2011, Peer-estimation for multiple criteria ABC inventory classification. *Computers & Operations Research*, 38(12), 1784-1791.

Cheng, S., Lu, H., Lei, X. ve Shi, Y., 2018, A quarter century particle swarm optimization, *Complex & intelligent systems*, 4, 227-239.

Clemen, R. T., 1989, Combining forecasts: A review and annotated bibliography, *International journal of forecasting*, 5(4), 559-583.

Chopra, S. ve Meindl, P., 2001, *Supply chain management: Strategy, planning, and operation*, Prentice Hall, ISBN: 978-0133800203.

Cohen, M.A. ve Ernst, R., 1988, Multi-item classification and generic inventory stock control policies, *Production and inventory management journal*, 29(3), 6–8.

Deng, J.L., 1982, Control problem of grey system, *System control letters*, 1, 288–294.

Dogan, B. ve Koruurek, M., 2012, A new ECG beat clustering method based on kernelized fuzzy C-means and hybrid ant colony optimization for continuous domains, *Applied soft computing*, 12, 3442–3451.

Dougherty, A.W. ve You, J., 2017, A Kernel-based adaptive Fuzzy C-Means algorithm for M-FISH image segmentation, *2017 International joint conference on neural networks (IJCNN)*, 198-205.

Eberhart, R.C. ve Kennedy, J., 1995, A new optimizer using particle swarm theory, *Proceedings. 6th International Symposium micro machine and human science*, Nagoya, Japan, 39–43.

Eberhart, R.C., Simpson, P. ve Dobbins, R., 1996, Computational intelligence PC tools, *Academic*, 6, 212–226.

Ettl, M., Feigin, G.E., Lin, G.Y. ve Yao, D.D., 2000, A supply network model with base-stock control and service requirements, *Operations research*, 48(2), 216–232.

Evangelou, I.E., Hadjimitsis, D.G., Lazakidou, A.A. ve Clayton, C., 2001, Data mining and knowledge discovery in complex image data using artificial neural networks, *Workshop on complex reasoning an geographical data*, Patros,

Yunanistan.

Fogarty, D. W., Blackstone, J. H. ve Hoffmann, T. R., 1991, *Production and inventory management*, South-Western Publishing Co., Ohio, ISBN: 0-538-07461-2.

Flores, B.E. ve Whybark, D.C., 1987, Implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of operations management*, 7(1), 79–84.

Flores, B.E., Olson, D.L., Dorai, V.K., 1992, Management of multicriteria inventory classification, *Mathematical and computer modeling*, 16, 71–82.

Forgy, E.W., 1965, Cluster analysis of multivariate data: efficiency versus interpretability of classifications, *Biometrics*, 21, 768–769.

Frome E.L., Kutner, M.H. ve Beauchamp, J.J., 1973, Regression analysis of Poisson-Distributed data, *Journal of American Statistical Association*, 68(344), 935-940.

Frome, E.L., 1983, The analysis of rates using poisson regression models, *Biometrics*, 39, 665-674.

Güvenir, H.A ve Erel, E., 1998, Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm, *European journal of operational research*, 105, 29–37.

Hadi-Vencheh, A., 2010, An improvement to multiple criteria ABC inventory classification. *European Journal of Operational Research*, 201(3), 962-965.

Hamzacebi, C. ve Es, H.A., 2014, Forecasting the annual electricity consumption of Turkey using an optimized grey model, *Energy*, 70, 165-171.

Heppner, F. ve Grenander, U., 1990, *A stochastic nonlinear model for coordinated bird flocks*, In S. Krasner, Ed., *The Ubiquity of Chaos*. AAAS Publications, Washington, DC, ISBN: 978-0871683502.

Hon, K.K.B., 2005, Performance and evaluation of manufacturing systems, *CIRP Annals – Manufacturing technology*, 54(2), 139–154.

Hsu, C. ve Chen, C., 2003, Applications of improved grey prediction model for power demand forecasting, *Energy conversion and management*, 44, 2241–2249.

Huang, C., Davis, L.S. ve Townshend, J.R.G., 2002, An assessment of support vector machines for land cover classification, *International journal of remote sensing*, 23, 725-749.

Jain, A. K., 2010, Data clustering: 50 years beyond K-means, *Pattern recognition letters*, 31(8), 651-666.

Julong, D., 1988, *Introduction to grey system theory*, The journal of grey system, 1, 1-24.

Jung, J.Y. , Blau, G. , Pekny, J.F., Reklaitis, G.V. ve Eversdyk, D., 2004, A simulation based optimization approach to supply chain management under demand uncertainty, *Computers and chemical engineering*, 28(10), 2087–2106 .

Jung, J.Y. , Blau, G. , Pekny, J.F. , Reklaitis, G.V. ve Eversdyk, D., 2008, Integrated safety stock management for multi-stage supply chains under production capacity constraints, *Computers and chemical engineering*, 3, 2570–2581 .

Karahan, M., 2011, İstatistiksel tahmin yöntemleri: Yapay sinir ağları metodu ile ürün talep tahmini uygulaması, *Doktora tezi*, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kartal, H. B. ve Çebi, F., 2013, Support vector machines for multi-attribute ABC analysis, *International journal of machine learning and computing*, 3(1), 154.

Kennedy, J. ve Eberhart, R.,1995, Particle swarm optimization, *Proceedings of IEEE international conference on neural networks*, 1942–1948.

Kennedy, J. ve Clerc, M., Standard PSO 2006, Ziyaret Tarihi: 2006, <http://www.particleswarm.info/Programs.html> .

Keskin, G.A., 2015, Using integrated fuzzy DEMATEL and fuzzy C: means algorithm for supplier evaluation and selection, *International journal of production research*, 53, 3586-3602.

Kucukdeniz, T. ve Esnaf, S., 2016, Heuristics optimization-based clustering solution for large facility location problems, *Intelligent techniques for data analysis in diverse settings*, Chapter 8, Information science reference an imprint of IGI global, Pennsylvania, USA, 171-190, ISBN: 9781522500759.

Küçükdeniz, T., 2009., Sürü zekası optimizasyon tekniği ve tedarik zinciri yönetiminde uygulama, *Doktora tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kumar, U. ve Jain V.K., 2010, Time series models (Grey-Markov. Grey model with rolling mechanism and singular spectrum analysis) to forecast energy consumption in India, *Energy*, 35, 1709–1716.

Lam, K.F., Mui, H.W. ve Yuen, H.K., 2001, A note on minimizing absolute percentage error in combined forecasts, *Computer & operations research*, 28, 1141–1147.

Lambert, D. M. ve Lalonde, B. J., 1976, Inventory carrying costs, *Management accounting*, 8, 31-35.

Laskari, E., Parsopoulos, K. ve Vrahatis, M., 2002, Particle swarm optimization for

integer programming, *Proceedings of the 2002 congress on evolutionary computation*, CEC '02, 2, 1582–1587.

Lee, Y. ve Tong, L., 2011, Forecasting energy consumption using a grey model improved by incorporating genetic programming, *Energy conversion and management*, 52, 147–152.

Li, H., Li, J. ve Kang, F., 2011, Risk analysis of dam based on artificial bee colony algorithm with fuzzy c-means clustering, *Canadian journal of civil engineering*, 38, 483-492.

Liang, J.J., Suganthan ve P.N., 2005, Dynamic multiswarm particle swarm optimizer (DMS-PSO), 1-6 June 2008, *Hong-Kong China, Proceedings of the IEEE swarm intelligence*, 3845-3852.

Lillesand, T. ve Keifer, R., *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons. 1994, ISBN: 978-1-118-34328-9.

Liu, S. Ve Lin, Y., 2006, *Grey Information: Theory and practical applications*, Londra, Springer , ISBN: 978-1-84628-342-0 ,107-109.

Liu, S. ve Lin, Y., 2011, *Grey systems theory and applications*, Berlin, Springer, ISBN: 978-3-64216-157-5, 197-216.

Lloyd, S.P., 1982, Least squares quantization in PCM, *IEEE Transactions on information theory*, 28 (2), 129–137.

Lolli, F., Ishizaka, A. ve Gamberini, R., 2014, New AHP-based approaches for multi-criteria inventory classification, *International journal of production economics*, 156, 62-74.

Lummus, R. R., Krumwiede, D. W. ve Vokurka, R. J., 2001, The relationship of logistics to supply chain management: developing a common industry definition, *Industrial management & data systems*, 101(8), 426-432.

Makridakis, S., 1989, Why combining works?, *International journal of forecasting*, 5, 601–3.

Makridakis, S., Andersen, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibon, M. ve Lewandowski, R., 1982,. The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition, *Journal of forecasting*, 1, 111 – 153.

Menezes, L.M., Bunn D.W ve Taylor J.W., 2000, Review of guidelines for the use of combined forecasts, *European journal of operational research*, 120(6), 190–204.

Mohammaditabar, D., Ghodsypour, S. H. ve O'Brien, C., 2012, Inventory control system design by integrating inventory classification and policy selection, *International journal of production economics*, 140(2), 655-659.

National Performance Review, Serving the American people: Best practices in resolving customer complaints, 1996, s:2,

<http://govinfo.library.unt.edu/npr/library/papers/benchmrk/bstprac.html>, Ziyaret Tarihi: 20.11.2012.

Nath, B., Dhakre, D. S. ve Bhattacharya, D., 2019, Forecasting wheat production in India: An ARIMA modelling approach, *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 8(1), 2158-2165.

Ng, W.L., 2007, A simple classifier for multiple criteria ABC analysis, *European journal of operational research*, 177, 344–353.

Partovi, F.Y. ve Anandarajan, M., 2002, Classifying inventory using an artificial neural network approach, *Computers and industrial engineering*, 41, 389–404.

Partovi, F.Y. ve Burton, J., 1993, Using the analytic hierarchy process for ABC analysis, *International journal of production and operations management*, 13, 29–44.

Partovi, F. Y. ve Hopton, W. E., 1994. The analytic hierarchy as applied to two types of inventory problems. *Production and inventory management journal*, 35(1), 13-19.

Pedram, G., Micael, S. ve Fernando, M.L, 2014, Multilevel image segmentation based on fractional-order darwinian particle swarm optimization, *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*., 52 (5), 2382–2394.

Poli, R., Kennedy, J. ve Blackwell, T., 2007, Particle swarm optimization, *Swarm intelligence*, 1, 33-57.

Prak, D. ve Teunter, R., 2019, A general method for addressing forecasting uncertainty in inventory models. *International journal of forecasting*, 35(1), 224-238.

Radasanu, A., 2016, Inventory management, Service level and safety stock, *Journal of public administration, finance and law*, 9, 145-153.

Raheman, A. ve Nasr, M., 2007, Working capital management and profitability–case of pakistani firms, *International review of business research papers*, 3(1), 279-300.

Ramanathan, R., 2002, *Introductory econometrics with applications*. Ed. ke-5, Harcourt Brace College Publishers, ISBN-13: 978-0030246166

Ramanathan, R., 2006, ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization, *Computers and operations research*, 33, 695–700.

Rao, M.R., 1971, Cluster analysis and mathematical programming, *Journal of the American statistical association*, 22, 622-626.

Rathore, S. S., ve Kumar, S., 2019, A study on software fault prediction techniques, *Artificial intelligence review*, 51(2), 255-327.

Reid, A., R., 1987, ABC method in hospital inventory management: A Practical approach, *Production and inventory management journal*, 28. 67-70.

Rezaei, J. ve Dowlathshahi, S., 2010, A rule-based multi-criteria approach to inventory classification, *International journal of production research*, 48 (23), 7107–7126.

Ruiz-Torres, A.J. ve Mahmoodi, F., 2010, Safety stock determination based on parametric lead time and demand information, *International journal of production research*, 48, 2841–2857.

Saaty, T.L. , 1977, A scaling method for priorities in a hierarchichal structure, *Journal of mathematical psychology*, 15, 234–281.

Saaty, T.L., 1980, The analytic hierarchy process, New York: McGraw-Hill. ISBN: 9780070543713.

Saaty, T.L., 2003, Rank, normalization and idealization in the Analytic Hierarchy Process. In: *7th IS AHP conference proceedings*, 7-9 August 2003, Bali, Indonesia, 57-64.

Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler, M., 2007, *Ekonometrik zaman serileri analizi E Views uygulamalı*, Baskı, Nobel Yayınları, Ankara, ISBN: 6054485222.

Silver, E. A., Pyke, D. F. ve Peterson, R., 1998, *Inventory management and production planning and scheduling 3rd Edition*, Wiley, New York, ABD, ISBN-13: 978-0471119470.

Sha, D. ve Hsu, C.Y., 2008, A new particle swarm optimization for the open shop scheduling problem, *Computers and operations research*., 35 (10), 3243–3261.

Shi, Y. ve Eberhart, R., 1998, A modified particle swarm optimizer, *Proceedings of the 1998 congress on evolutionary computation*, Anchorage, USA, 69–73.

Simchi-Levi, D., 2000, Introduction to supply chain management, *Designing and managing the supply chain*, McGraw-Hill Higher Education, USA, ISBN: 0070285942.

Simchi-Levi, D. ve Zhao, Y., 2005, Safety stock positioning in supply chains with stochastic lead times. *Manufacturing service operations management*, 7(4), 295–318.

Sitompul, C. , Aghezzaf, E.H., Dullaert, W. ve Van Landeghem, H., 2007, Safety stock placement problem in capacitated supply chains, *International journal production research*, 46(17), 4709-4727.

Smola, A.J. ve Scholkopf, B., 2004, A tutorial on support vector regression, *Journal of statistics and computing*, 14 (3), 199-222.

Stonebraker, P.W. ve Leong, G. K., 1994, *Operations strategy: Focusing competitive excellence*, Allyn and Bacon, Boston, ISBN: 978-0205142538

Su, J. ve Zhou, J., 2011, The use of Grey Verhulst Model in the prediction of operating activity cash flow, 2011 *Fourth international conference on business intelligence and financial engineering*, 17-18 October 2011, Wuhan, China, 27-31.

Suganthan, P.N., 1999, Particle swarm optimiser with neighbourhood operator, *Proceedings of the 1999 congress on evolutionary computation*, 6-9 July 1999, Washington, USA, 3, 1958-1962.

Suganthi, A. ve Samuel, A., 2012, Energy models for demand forecasting-A review, *Renewable and sustainable energy reviews*, 16, 1223–1240.

Sung, A.H. ve Mukkamala, S., 2003, Identifying important features for intrusion detection using support vector machines and neural networks. In: *Proceedings of the 2003 Symposium on applications and the Internet*, 27-31 Jan. 2003, Orlando, FL, USA, IEEE, 209-216.

Taha, H.A., 1997, *Yöneylem araştırması*, Prentice-Hall, New Jersey, ISBN: 9758431064.

Tang, C.S., 2006, Perspectives in supply chain risk management, *International journal of production economics*, 103, 451–488.

Tillett, J., Mao, T. M., Sahin, F. ve Rao, R., 2005, Darwinian particle swarm optimization, *Proceedings of the 2nd Indian international conference on artificial intelligence*, 20-22 Dec. 2005, Pune, India, 1474–1487.

Torabi, S.A., Hatefi, S.M. ve Pay, B.S., 2012, ABC inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria, *Computers & industrial engineering*, 63, 530–537.

Trelea, I., 2003, The particle swarm optimization algorithm: convergence analysis and parameter selection, *Information processing letters*, 85, 317-325.

Van den Bergh, F., 2001, An analysis of particle swarm optimizers, *Ph.D dissertation*, University of Pretoria, Pretoria, South Africa

Wang, D., Han, B. ve Huang, M., 2012, Application of fuzzy C-Means clustering algorithm based on particle swarm optimization in computer forensics, *Physics procedia*, 24, 1186-1191.

Wang, D., Tan, D. ve Liu, L., 2017, Particle swarm optimization algorithm: An overview, *Soft computation*, 22, 387-408.

Wang, J., Ma, X., Wu, J. ve Dong, Y., 2012, Optimization models based on GM (1, 1) and seasonal fluctuation for electricity demand forecasting, *Electrical power and energy systems*, 43, 109-117.

Wang, X., Qi, L., Chen, C., Tang, J. ve Jiang, M., 2014, Grey system theory based prediction for topic trend on Internet, *Engineering applications of artificial*

intelligence, 29, 191-200.

Yang, S., Joo, H., ve Youm, S., 2019, Demand forecasting model development through big data analysis, *Electronic commerce research*, 1-19.

Yiğit, F. ve Esnaf, Ş., 2013, Gelir yönetiminde kapasite üstü rezervasyon için bir karma dinamik model önerisi, *Istanbul management journal*, 24(75), 105-120

You, J., ve Kim, T. J., 2000, Development and evaluation of a hybrid travel time forecasting model, *Transportation research Part C: Emerging technologies*, 8(1-6), 231-256.

Žalik, K.R. ve Žalik, B., 2011, Validity index for clusters of different sizes and densities, *Pattern recognition on letters*, 32(2), 221–234.

Zendehboudi, A., Baseer, M. A. ve Saidur, R., 2018, Application of support vector machine models for forecasting solar and wind energy resources: A review, *Journal of cleaner production*, 199, 272-285.

Zhang, G., P., 2003, Times series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model, *Neurocomputing*, 50, 159–75.

Zhang, Y., ve Li, M., 2010, Grey system forecasting based on MATLAB and its example application. In 2010 2nd IEEE international conference on information management and engineering, 16-18 Apr. 2010 Chengdu, China, 48-52

Zhou, P, Ang, B., Poh, K., 2006, A trigonometric grey prediction approach to forecasting electricity demand, *Energy*, 31, 2839–2847.

Zhou, P. ve Fan, L., 2007, A note on Multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization, *European journal of operational research*, 182, 1488–1491.

Zhu, J., 2003, Imprecise data envelopment analysis (IDEA): A review and improvement with an application, *European journal of operational research*, 144, 513–529.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Fatih Yiğit
Uyruğu	T.C
Doğum tarihi, Yeri	1977 / İstanbul
Telefon	532 725 29 77
E-mail	fatihyi@hotmail.com
Web adres	

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Doktora	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü/ /	2019
Yüksek Lisans	İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü/ Endüstri Müh. Y. L.	2003
Lisans	Yıldız Teknik Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Müh.	2000
Lise	İstek Vakfı Özel Belde Lisesi	1995

Makaleler / Bildiriler

Gelir Yönetiminde Kapasite Üzeri Rezervasyon için Bir Karma Dinamik Model Önerisi – Fatih Yiğit ve Şakir Esnaf, İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi, 24(75), Aralık, 2013