

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BELİRSİZLİK ALTINDA BİR ÜÇÜNCÜ PARTİ LOJİSTİK
ŞİRKETİNİN AĞ TASARIMININ MODELLENMESİ: STOKASTİK
MODELLEME VE GENETİK ALGORİTMA UYGULAMASI**

SELİN ÖZGE ÖNDİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. SELİN SONER KARA

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BELİRSİZLİK ALTINDA BİR ÜÇÜNCÜ PARTİ LOJİSTİK
ŞİRKETİNİN AĞ TASARIMININ MODELLENMESİ: STOKASTİK
MODELLEME VE GENETİK ALGORİTMA UYGULAMASI**

Selin Özge ÖNDİN tarafından hazırlanan tez çalışması 26.03.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Selin SONER KARA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Selin SONER KARA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Kenan ÖZDEN
Gelişim Üniversitesi

Doç. Dr. Nihan ÇETİN DEMİREL
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışma önemi son yıllarda hızla artan bir konu olan lojistik ağ tasarımı problemlerine ilişkin bir örnek sunmaktadır. Çalışmada bir üçüncü parti lojistik şirketinin lojistik ağ tasarımı yapılarak farklı bilimsel tekniklerle test edilmiştir. Bu yöntemlerden ilki stokastik programlamadır. Stokastik programlamanın seçilmesinin sebebi müşterilerden toplanan kargo taleplerinin belirsiz olmasıdır. İkinci olarak stokastik programlamadaki tüm olasılıkların gerçekleştiği varsayılarak ortalama değerler ile probleme deterministik yöntem yaklaşımı ile bakılmıştır. Son olarak modelin genetik algoritması oluşturulmuş, bu sayede lojistik ağın yapısına sezgisel yaklaşımla bakılmıştır. Elde edilen üç yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanmasında bana yol gösteren değerli tez danışmanım Doç. Dr. Selin SONER KARA'ya, bilgilerini benden esirgemeyen Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet Fatih USLU'ya, verilerin toplanmasında yardımcı olan, çalışmaya konu olan şirketin yöneticilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bana desteklerini hayatımın her döneminde hiç esirgemeyen aileme, yanımda olduğunu ve manevi desteğini hep hissettiğim değerli eşime ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mart, 2018

Selin Özge ÖNDİN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	ix
KISALTMA LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
ÖZET	xvi
ABSTRACT.....	xviii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı.....	2
1.3 Hipotez.....	2
BÖLÜM 2	
TEDARİK ZİNCİRİ ve LOJİSTİK YÖNETİMİ.....	3
2.1 Tedarik Zinciri Kavramı	3
2.1.1 Tedarik Zincirinin Yapısı	4
2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi	4
2.2.1 Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi.....	5
2.2.2 Tedarik Zinciri Modelleme Yaklaşımları.....	6

2.3 Tedarik Zincirinde Karşılaşılan Problemler ve Uygulanabilecek İyileştirmeler	7
2.4 Lojistik ve Lojistik Yönetimi	7
2.5 Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminin İlişkisi	8
2.6 Lojistiğin Önemi ve Faydaları	11
2.7 Üçüncü Parti Lojistik	12
2.7.1 Üçüncü Parti Lojistiğin Tanımı	12
2.7.2 Üçüncü Parti Lojistiğin Sınıflandırılması	13
2.7.3 Üçüncü Parti Lojistiğin Avantajları	14
2.7.4 Üçüncü Parti Lojistiğin Dezavantajları	15
2.8 Lojistik Ağ Tasarımı Problemleri	15
2.8.1 Lojistik Ağ Tasarımı	15
2.8.2 Lojistik Ağ Tasarımı Problemlerinin Tanımı ve Kapsamı	16
2.8.3 İleriye Doğru Lojistik	16
2.8.4 Tersine Lojistik	17
2.8.5 İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar	17
2.8.6 Bütünleşik Lojistik	18
2.8.7 Lojistik Ağ Tasarımı Aşamaları	18
2.8.7.1 Problemin Tanımlanması	19
2.8.7.2 Amaçların Belirlenmesi	19
2.8.7.3 Model Formülasyonu	19
BÖLÜM 3	
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	20
BÖLÜM 4	
ÇALIŞMADA KULLANILAN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ	28
4.1 Stokastik Programlama	28

4.1.1 Temel Kavramlar.....	29
4.1.2 Kararlar ve Aşamalar	30
4.1.3 İki Aşamalı Stokastik Programlama.....	30
4.2 Genetik Algoritma.....	31
4.2.1 Genetik Algoritmanın Tanımı	31
4.2.2 Genetik Algoritmanın Tarihçesi.....	33
4.2.3 Genetik Algoritma Terimleri Hakkında Bilgiler	33
4.2.3.1 Gen	33
4.2.3.2 Kromozom (Birey)	34
4.2.3.3 Popülasyon	34
4.2.3.4 Kodlama	34
4.2.4 Genetik Algoritmaların Çalışma Prensibi	35
4.2.5 Genetik Algoritma Operatörleri Hakkında Bilgiler	36
4.2.6 Seçim.....	38
4.2.6.1 Sıra-Bazlı Uygunluk Ataması	39
4.2.6.2 Çok-Amaçlı Uygunluk Ataması.....	39
4.2.6.3 Rulet Tekerleği Seçimi	40
4.2.6.4 Yerel Seçim	41
4.2.6.5 Turnuva Seçimi	41
4.2.7 Rekombinasyon (Çaprazlama)	42
4.2.7.1 Tüm Gösterimler – Ayrık Rekombinasyon.....	42
4.2.7.2 Reel Değerli Rekombinasyon.....	43
4.2.7.3 İkili Değerli Çaprazlama	45
4.2.8 Mutasyon.....	46
4.2.8.1 Reel Değerli Mutasyon.....	46
4.2.8.2 İkili (Basit) Mutasyon	47

4.2.8.3 Değiştirme Mutasyonu	48
4.2.8.4 Karşılıklı Değişim Mutasyonu	48
4.2.8.5 Araya Yerleştirme Mutasyonu	48
4.2.9 Yeniden Ekleme	49
4.2.9.1 Evrensel Yeniden Ekleme	49
4.2.9.2 Yerel Yeniden Ekleme	50
BÖLÜM 5	
UYGULAMA	51
5.1 Çalışmanın Amacı ve Hedefler	51
5.2 Problemin Tanımı ve Model Formülasyonu	51
5.2.1 Stokastik Model Formülasyonu	52
5.2.2 Senaryo Analizi: Deterministik Model Formülasyonu	57
5.2.3 Uygulamanın Genetik Algoritmasının Akış Diyagramı.....	63
5.3 Varsayımlar	65
5.4 Veriler	65
5.5 Uygulamanın Sonuçları.....	71
5.5.1 Stokastik Modelin Sonuçları	71
5.5.2 Deterministik Modelin Sonuçları.....	77
5.5.3 Genetik Algoritma Sonuçları	81
5.6 Stokastik Model ile Deterministik Modelin Karşılaştırması	88
5.7 Stokastik Model ile Sezgisel Modelin Karşılaştırması	88
5.8 Deterministik Model ile Sezgisel Modelin Karşılaştırması	89
BÖLÜM 6	
SONUÇ ve ÖNERİLER	91
KAYNAKLAR	93
EK-A	

UYGULAMA VERİ ve SONUÇLARI	97
A-1 Alıcıların Göndericilerden Dönemsel Bazda Senaryolardaki Kargo Talepleri Veri Tablosu	97
A-2 Gönderici Merkezlerinden Toplama Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri.....	101
A-3 Toplama Merkezlerinden Havalimanlarına Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri	105
A-4 Havalimanlarından Dağıtım Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri	106
A-5 Dağıtım Merkezlerinden Müşteri Noktalarına Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri	108
A-6 Müşteri Noktalarından Dağıtım Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri.....	111
A-7 Dağıtım Merkezlerinden Havalimanlarına Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri	115
A-8 Havalimanlarından Toplama Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri.....	117
A-9 Toplama Merkezlerinden Göndericilere Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri	118
ÖZGEÇMİŞ	122

SİMGE LİSTESİ

a	Alıcı kümesi
B_{hdsp}	p . dönemde s . senaryodaki h . havalimanından d . teslimat şubesine gönderim hacmi
c^T	Stokastik programlamada birinci aşama değişkenlerinin amaç fonksiyonu katsayı matrisi
C^1_{gt}	g . göndericiden t . toplama şubesine gönderim maliyeti
C^2_{th}	t . toplama şubesinden h . havalimanına gönderim maliyeti
C^3_{hd}	h . havalimanından d . teslimat şubesine gönderim maliyeti
C^4_{da}	d . teslimat şubesinden a . alıcıya gönderim maliyetli
C^5_{ad}	a . alıcıdan d . teslimat şubesine geri gönderim maliyeti
C^6_{dh}	d . teslimat şubesinden h . havalimanına geri gönderim maliyeti
C^7_{ht}	h . havalimanından t . toplama şubesine geri gönderim maliyeti
C^8_{tg}	t . toplama şubesinden g . göndericiye geri gönderim maliyeti
CF_{gsp}	g . üreticiden p . dönemde alınan birim başına kargo ücreti
d	Teslimat şubeleri kümesi
DC_{agp}	a . alıcısının g . göndericisinden senaryolardaki p dönemlerinde kargo talebi
E_{tgsp}	p . dönemde s . senaryodaki t . toplama şubesinden g . göndericiye geri gönderim hacmi
F_{adsp}	p . dönemde s . senaryodaki a . alıcıdan d . teslimat şubesine geri gönderim hacmi
F^1_{tp}	t . toplama şubesinin p . dönemdeki sabit maliyeti
F^2_{dp}	d . teslimat şubesinin p . dönemdeki sabit maliyeti
F^3_{hp}	h . havalimanının p . dönemdeki kullanım maliyeti
g	Gönderici kümesi
h	Havalimanları kümesi
$h(\omega)$	Stokastik programlamada ikinci aşama değişkenlerinin amaç fonksiyonu katsayı matrisi
J_{dhsp}	p . dönemde s . senaryodaki d . teslimat şubesinden h . havalimanına geri gönderim hacmi
K^1_t	t . toplama şubesinin kapasitesi
K^2_d	d . teslimat şubesinin kapasitesi
N^1_{th}	t . toplama şubesinden h . havalimanına kargo gönderildiği takdirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri

N^2_{hd}	$h.$ havalimanından $d.$ teslimat şubesine kargo gönderildiği takdirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri
N^3_{da}	$d.$ teslimat şubesinden $a.$ alıcıya kargo gönderildiği takdirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri
N^4_g	$g.$ göndericiden $t.$ toplama merkezine kargo gönderildiği takdirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri
OC_s	Senaryolara bağlı olarak açık kalacak toplama merkezi sayısı
OD_s	Senaryolara bağlı olarak açık kalacak dağıtım merkezi sayısı
OP^1_{th}	$t.$ toplama şubelerinden $h.$ havalimanına gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti
OP^2_{hd}	$h.$ havalimanından $d.$ teslimat şubesine kargo gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti
OP^3_{da}	$d.$ teslimat şubelerinden $a.$ alıcılara kargo gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti
OP^4_{gt}	$g.$ göndericiden $d.$ teslimat şubelerine kargo gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti
O_s	$s.$ senaryonun gerçekleşme olasılığı
p	Dönem kümesi
P^1_{tp}	$p.$ dönemde $t.$ toplama şubesinin güvenilirlik yüzdesi
P^2_{dp}	$p.$ dönemde $d.$ teslimat şubesinin güvenilirlik yüzdesi
$q(\omega)^T$	Stokastik programlamada ikinci aşama değişkenlerinin amaç fonksiyonu katsayı matrisi
$Q(x)$	Stokastik programlamada beklenen ikinci aşama değer fonksiyonu
R^1_{agsp}	$a.$ alıcı noktasının $g.$ göndericiye $p.$ dönemde $s.$ senaryodaki iade oranı
R^2_{htsp}	$p.$ dönemde $s.$ senaryodaki $h.$ havalimanından $t.$ toplama şubesine geri gönderim hacmi
s	Senaryo kümesi
t	Toplama şubeleri kümesi
$T(\omega)$	Stokastik programlamada ikinci aşama değişkenlerinin amaç fonksiyonu katsayı matrisi
V_{dasp}	$p.$ dönemde $s.$ senaryodaki $d.$ teslimat şubesinden $a.$ alıcıya gönderim hacmi
W^1_{ts}	$t.$ toplama merkezinin açılıp açılmadığını gösteren binary değişken
W^2_{ds}	$d.$ teslimat merkezinin açılıp açılmadığını gösteren binary değişken
x	Stokastik programlamada birinci aşama değişkenleri
X_{gtsp}	$p.$ dönemde $s.$ senaryodaki $g.$ göndericisinden $t.$ toplama şubesine gönderim hacmi
$y(\omega)$	Stokastik programlamada ikinci aşama değişkenleri
Y_{thsp}	$p.$ dönemde $s.$ senaryodaki $t.$ toplama şubesinden $h.$ havalimanına gönderim hacmi
$Y1_{das}$	$a.$ alıcının $d.$ teslimat şubesinden hizmet alıp almadığını gösteren binary değişken
$Y2_{hs}$	$h.$ havalimanının $s.$ senaryoda hizmete açık olup olmadığını gösteren binary değişken
ω	Rassal deney sonucu elde edilen çıktılar
Ω	Çıktı kümesi
ξ	Herhangi bir rassal değişken
$\xi(\omega)$	Rassal deney sonucu bilinen rassal değişken

KISALTMA LİSTESİ

CPU	Central Processing Unit (Merkezi İşlemci Birimi)
FTL	Full Track Load (Komple Taşımacılık)
GA	Genetik Algoritma
İAH	İstanbul Atatürk Havalimanı
LODER	Lojistik Derneği
MILP	Mixed Integer Linear Programming (Karışık Tam Sayılı Programlama)
PSO	Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
SB	Seçim Baskısı
SCN	Supply Chain Network (Tedarik Zinciri Ağı)
SGH	Sabiha Gökçen Havalimanı
TZY	Tedarik Zinciri Yönetimi
3PL	Üçüncü Parti Lojistiği

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Tedarik zinciri ağı genel yapısı	4
Şekil 2.2 Farklı TZY bakış açıları	9
Şekil 2.3 Geleneksel lojistik paradigması ile tedarik zinciri yönetimi	11
Şekil 2.4 İleri ve tersine dağıtım	17
Şekil 4.1 Stokastik programlamanın optimizasyon modeli	28
Şekil 4.2 Genetik algoritma kullanarak problem çözme.....	33
Şekil 4.3 Genetik algoritmanın yapısı.....	38
Şekil 4.4 Rulet tekerleği örneği	40
Şekil 4.5 Tek noktalı çaprazlama örneği	45
Şekil 4.6 Çok noktalı çaprazlama örneği	45
Şekil 4.7 İki boyutlu reel değişkenlerde mutasyonun etkisi	47
Şekil 4.8 İkili mutasyon örneği	48
Şekil 4.9 Değiştirme mutasyonu örneği.....	48
Şekil 4.10 Karşılıklı değişim mutasyonu örneği.....	48
Şekil 4.11 Araya yerleştirme mutasyonu örneği.....	49
Şekil 5.1 Uygulamaya konu olan üçüncü parti lojistik şirketinin tedarik zinciri ağ yapısı	52
Şekil 5.2 Uygulamanın genetik algoritmasının akış diyagramı	64
Şekil 5.3 Özelliklerin veri giriş ekranı	81
Şekil 5.4 Birim isim, dönem isim ve senaryo ihtimal veri girişi	82
Şekil 5.5 Senaryo bazında kargo talep ve kargo gelir veri girişleri	82
Şekil 5.6 Sabit maliyet, kapasite, güvenilirlik yüzdesi veri girişleri	83
Şekil 5.7 Gönderim maliyetleri, fırsat maliyetleri birim değeri girişleri	83
Şekil 5.8 Geri gönderim maliyetleri, iade oranları, parametre girişleri	84
Şekil 5.9 İlerleme grafiği	84
Şekil 5.10 Birinci senaryodaki mart ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları	85
Şekil 5.11 Birinci senaryodaki nisan ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları	86
Şekil 5.12 Birinci senaryodaki mayıs ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları	86
Şekil 5.13 İkinci senaryodaki mart ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları	87

Şekil 5.14 İkinci senaryodaki nisan ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları.....	87
Şekil 5.15 İkinci senaryodaki mayıs ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları.....	87



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 Seçilme olasılıkları ve uygunluk değeri	40
Çizelge 5.1 Göndericilerden toplama merkezlerine ulaşım maliyetleri	65
Çizelge 5.2 Toplama merkezlerinden havalimanlarına ulaşım maliyetleri	65
Çizelge 5.3 Havalimanlarından dağıtım merkezlerine ulaşım maliyetleri	66
Çizelge 5.4 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına ulaşım maliyetleri	66
Çizelge 5.5 Müşteri noktalarından dağıtım merkezlerine ulaşım maliyetleri.....	66
Çizelge 5.6 Dağıtım merkezlerinden havalimanlarına ulaşım maliyetleri	66
Çizelge 5.7 Havalimanlarından toplama merkezlerine ulaşım maliyetleri.....	66
Çizelge 5.8 Toplama merkezlerinden göndericilere ulaşım maliyetleri	66
Çizelge 5.9 Toplama ve dağıtım merkezlerinin sabit maliyetleri	66
Çizelge 5.10 Toplama ve dağıtım merkezlerinin kapasiteleri	67
Çizelge 5.11 Müşteri noktalarının dönemlere göre iade oranları	67
Çizelge 5.12 Toplama ve dağıtım merkezlerinin dönemlere göre güven düzeyleri	67
Çizelge 5.13 Göndericilerden toplama merkezlerine ulaşım süreleri.....	67
Çizelge 5.14 Toplama merkezlerinin havalimanlarına ulaşım süreleri	67
Çizelge 5.15 Havalimanlarından dağıtım merkezlerine ulaşım süreleri.....	68
Çizelge 5.16 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına ulaşım süreleri.....	68
Çizelge 5.17 Göndericilerden toplama merkezlerine ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (zaman)	68
Çizelge 5.18 Toplama merkezlerinden havalimanlarına ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (zaman)	68
Çizelge 5.19 Havalimanlarından dağıtım merkezlerine ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (zaman)	69
Çizelge 5.20 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (zaman)	69
Çizelge 5.21 Göndericilerden toplama merkezlerine ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (para/zaman)	69
Çizelge 5.22 Toplama merkezlerinden havalimanlarına ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (para/zaman)	69
Çizelge 5.23 Havalimanlarından dağıtım merkezlerine ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (para/zaman)	69
Çizelge 5.24 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (ara/zaman)	69

Çizelge 5.25 Senaryoların gerçekleşme olasılığı	70
Çizelge 5.26 En fazla açık kalacak teslimat ve dağıtım merkezlerinin sayısı	70
Çizelge 5.27 Göndericilerden alıcı ve dönemsel bazda alınan birim kargo ücreti	70
Çizelge 5.28 Toplama merkezlerin açık kapalı olma durumları.....	71
Çizelge 5.29 Dağıtım merkezlerin açık kapalı olma durumları.....	72
Çizelge 5.30 Müşteri noktalarının dağıtım merkezlerinden hizmet alma durumları.....	73
Çizelge 5.31 Havalimanlarının hizmete açık olup olmama durumları	73
Çizelge 5.32 Gönderici merkezlerinden Güneşli'ye giden kargo hacimleri.....	74
Çizelge 5.33 Güneşli'den Sabiha Gökçen Havalimanı'na giden kargo hacimleri	74
Çizelge 5.34 Sabiha Gökçen Havalimanı'ndan dağıtım merkezlerine giden kargo hacimleri	74
Çizelge 5.35 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına giden kargo hacimleri	75
Çizelge 5.36 Müşteri noktalarından dağıtım merkezlerine geri dönen kargo hacimleri	75
Çizelge 5.37 Dağıtım merkezlerinden havalimanlarına geri dönen kargo hacmi.....	76
Çizelge 5.38 Havalimanlarından toplama merkezine geri dönen kargo hacmi	76
Çizelge 5.39 Toplama merkezlerinden göndericilere geri dönen kargo hacmi	76
Çizelge 5.40 Dağıtım merkezlerinin hizmet verme durumları	77
Çizelge 5.41 Göndericilerden Güneşli toplama merkezine gelen kargo hacimleri	78
Çizelge 5.42 Göndericilerden Güneşli toplama merkezine gelen kargo hacimleri	80
Çizelge 5.43 Deterministik model ile stokastik modelin karşılaştırılması	88
Çizelge 5.44 Stokastik model ile sezgisel modelin karşılaştırılması	88
Çizelge 5.45 Deterministik model ile sezgisel modelin karşılaştırılması.....	89

ÖZET

BELİRSİZLİK ALTINDA BİR ÜÇÜNCÜ PARTİ LOJİSTİK ŞİRKETİNİN AĞ TASARIMININ MODELLENMESİ: STOKASTİK MODELLEME VE GENETİK ALGORİTMA UYGULAMASI

Selin Özge ÖNDİN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Selin SONER KARA

Son yıllarda rekabet koşullarının zorlaşması ve teknolojinin hızla gelişmesi, müşteri hizmet düzeyini geliştirme, üretim sürelerini ve teslimat sürelerini azaltma, stok seviyelerini düşürme gibi konuların önemini arttırmıştır. Firmalar bu konularda gerekli amaçlara ulaşmak için tedarik zinciri yönetimi, lojistik yönetimi, üretim dağıtım planlama gibi konular üzerinde çalışmaya başlamışlardır. Ürünlerin geri dönüşünü ve geri kazanımını dikkate alan “Tersine Lojistik” konusu da son yıllarda üzerinde çokça çalışma yapılan bir alan haline gelmiştir.

Bu çalışma, önemi son yıllarda oldukça artan lojistik ağ tasarımı konusunu içermektedir. Aynı zamanda sadece ileri yönlü değil geri yönlü akışları da dikkate alan bir çalışmadır. Çalışmada; beş gönderici firma, iki kargo toplama merkezi, iki havalimanı, iki teslimat/dağıtım merkezi ve dört alıcı kargo ülkesi incelenmektedir. Aynı zamanda çalışma içerisinde belirsiz kargo miktarı, dönemsel bazda kargo durumu inceleme ile toplama ve tedarik şubeleri durumlarını inceleme konularını barındırırken gecikmelerin fırsat kaybını ve merkezlerin güvenilirlik yüzdelerini yani teslimatların yüzde kaçını sorunsuz, doğru zamanda ve doğru şekilde gönderdiğini de modelin içerisine katmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; mevcut toplama ve teslimat merkezlerinin açık ya da kapalı olması durumunu değerlendirilmesi ve merkezler arasındaki gönderim miktarlarının ne olacağına belirlenmesidir. Böylece çalışma, çalışmaya konu olan işletmeye toplama ve teslimat merkezlerinin açık veya kapalı olması konusunda ve merkezler, havalimanları, göndericiler ve alıcılar arasındaki akış konusunda bilgi sağlayacaktır. Ayrıca lojistik

konusu üzerinde çalışanlar, bu konuda ilgisi olanlar için bir ağ yapısının bilimsel olarak incelenmesi için örnek oluşturmak amaçlanmıştır.

Çalışmadaki veriler kargo firmasından doğrudan elde edilmiş olup problem öncelikle stokastik programlama ile modellenmiştir. Bir maksimizasyon problemi şeklinde oluşturulan stokastik ağ tasarımı modeli GAMS Distribution 23.5.1 programı kullanılarak çözülmüştür. Daha sonra stokastik modeldeki her senaryonun eşit olasılıklara sahip olduğu bilindiği için senaryolarda yer alan talep miktarlarının ortalaması alınmış ve deterministik model için bu verilerin gerçekleştiği varsayımı kabul edilerek bir kar maksimizasyonu, bir de maliyet minimizasyonu amaçlayan iki model ile GAMS Distribution 23.5.1 programı kullanılarak çözülmüştür. Üçüncü bir yöntem olarak metasezgisel bir yöntem olan genetik algoritma tabanlı bir model oluşturulmuştur. Sonuçları elde edildikten sonra üç yöntem ikili olarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik yönetimi, lojistik ağ tasarımı, bütünleşik lojistik, üçüncü parti lojistik, stokastik programlama, genetik algoritma.



ABSTRACT

MODELING OF THE NETWORK DESIGN OF A THIRD PARTY LOGISTICS COMPANY UNDER UNCERTAINTY: STOCHASTIC MODELING AND GENETIC ALGORITHM IMPLEMENTATION

Selin Özge ÖNDİN

Department of Industrial Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Selin SONER KARA

The difficulties of competition in recent years and the rapid development of technology have increased the importance of issues such as improving customer service level, reducing production times and delivery times, and reducing stock levels. Firms have started to work on issues such as supply chain management, logistics management, production distribution planning to reach the necessary goals in these issues. The "Reverse Logistics" issue, which takes into account the return and recovery of products, has also become an area of much work over the last few years.

This study includes the logistics network design concept which has been increasing in recent years. At the same time, it is a study that takes into account not only forward but also backward flows. In this study; five shipping companies, two cargo collection centers, two airports, two delivery / distribution centers and four buyer shipping countries are investigated. At the same time, the study includes reviews of uncertain cargo volume, periodic cargo status, and collection and supply branch situations and delays of opportunity loss and reliability percentage of centers so that and what percentage of deliveries are sent smoothly, at the right time and in the right way.

The purpose of this study is; the assessment of whether current collection and delivery centers are open or closed, and the determination of what amounts to be sent between centers. Thus, the study will provide information on whether the collection and delivery centers are open or closed and the flow between centers, airports, senders and receivers to the operation subject. It is also aimed to set an example for scientists working on the logistics topic, and for those interested in a network structure.

The data in the study are obtained directly from the cargo company and the problem is first modeled by using stochastic programming. The stochastic network design model created as a maximization problem is solved using the GAMS Distribution 23.5.1 program. Then, since it is known that every scenario in the stochastic model has equal probabilities, the average of the demand quantities included in the scenario is taken and for the deterministic model it is assumed that the assumption of this data is realized and two models aiming at a profit maximization and cost minimization solved using GAMS Distribution 23.5.1 program. As a third method, a genetic algorithm based model which is a metasequential method has been created. After the results were obtained, the three methods were compared to each other in duplicate.

Keywords: Logistics management, logistic network design, integrated logistic, third party logistic, stochastic programming, genetic algorithm.



1.1 Literatür Özeti

Bir işletmenin amacı müşterilere alanındaki hizmetini ve/veya ürününü en hızlı şekilde en doğru yer ve zamanda ulaştırarak kar elde etmektir. Son yıllarda artan rekabet koşulları işletmelerin bu konulara daha çok önem göstermelerini sağlamıştır. İşletmeler tedarik zinciri yönetimi, lojistik yönetimi, üretim dağıtım planlama gibi konular üzerinde çalışmaya başlamışlardır.

Lojistik yönetimi, tedarik zinciri yönetiminin bir parçası olarak değerlendirilmektedir. Hammadde, yarı mamul ve mamullerin üretim noktasından tüketim noktasına, müşterilerin istek ve beklentilerini karşılamak için düşük maliyetli bir şekilde doğru zamanda, doğru miktarda ve doğru yere akışı depolanması, planlaması, uygulanması ve kontrol edilmesidir.

Günümüzde lojistik sistemlerinde ileriye akışları içeren ileriye lojistik ile birlikte ürünlerin iadeler, geri dönüşümler için ters yönlü akışını da dikkate alan tersine lojistik de önemli bir yer edinmiştir. Tüm çalışmalarda bu iki yönlü akışları dikkate almaya çalışılmaktadır. Bu çalışmada da bütünleşik lojistik denilen ve her iki yönlü akışı içinde barındıran bir lojistik sistemi mevcuttur.

Bir lojistik ağın tasarımı gerçekleştirilirken üç adımdan geçilmektedir. Bunlardan birinci problemin tanımlanması, ikincisi ise amaçların doğru bir şekilde oluşturulması, son adım ise model formülasyonunun oluşturulmasıdır. Bu formülasyon oluşturulurken birçok modelleme yöntemi kullanılabilir. Önemli olan probleme uygun bir modelleme yönteminin kullanılmasıdır. Tez kapsamında stokastik modelleme, deterministik modelleme ve sezgisel yöntemlerden genetik algoritma uygulamasına yer verilmiştir.

Stokastik programlama; herhangi bir belirsizlik içeren optimizasyon problemlerinin modellenmesinde kullanılmaktadır. Deterministik programlama modelleri belirli parametreler söz konusu olduğu durumda kullanılırken gerçek hayatta her zaman parametreler belirli olmayabilir. Bu durumda problemin tam anlamıyla yansıtılması ancak stokastik modeller ile sağlanabilmektedir.

Çalışmada stokastik programlama modeli, üzerinde ilk durulan yöntem olmuştur. Daha sonra stokastik modeldeki eşit olasılıklı senaryolar gerçekleşmiş kabul edilerek problem deterministik model olarak da çözülerek şirkete farklı çözümler sunulabilmiştir. Genetik algoritma tabanlı metasezgisel bir algoritma geliştirilerek model tekrar çözülmüştür. Bu üç yöntemin sonuçları birbiri ile karşılaştırılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Çalışma, bir üçüncü parti lojistik (3PL) şirketi olan yani üretici şirketlerden ürünleri alıp satışını gerçekleştiren şirketlere taşımaları sağlayan bir şirketin lojistik ağı planlaması üzerine kurulmuştur. Bu ağ yapısındaki tüm aşamaların gerekli olup olmadığının, merkezlerin açık/kapalı olma durumlarının, aşamalar arası akan kargo miktarlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu sonuçları firmaya sunarak firmanın gelişimine katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Ayrıca bir üçüncü parti lojistik şirketi için kurulan bu lojistik ağ tasarımı modelinin daha sonraki çalışmalara bir örnek teşkil etmesi açısından model önerisi sunulması amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Uygulamaya konu olan üçüncü parti lojistik şirketinin ağ tasarımının deterministik, stokastik programlama ve genetik algoritma tabanlı sezgisel yöntem ile modellendiğinde elde edilen sonuçlar birbirini desteleyecektir. En iyi sonucu ise kesin veriler ile hareket edildiğinden deterministik model sunacaktır.

TEDARİK ZİNCİRİ ve LOJİSTİK YÖNETİMİ

Bu bölümde Tedarik Zinciri Yönetimine ilişkin bilgiler verilmiştir. Tedarik zinciri kavramı ve yapısından söz edildikten sonra tedarik zinciri yönetimi kavramı anlatılmıştır. Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, tedarik zincirinde karşılaşılan problemler ve uygulanabilecek iyileştirmeler gibi konulara değinilmiştir. Lojistik ve lojistik yönetimi kavramları incelenerek lojistik yönetimi ve tedarik zinciri yönetimi arasındaki ilişki açıklanmıştır. Daha sonra lojistik yönetimin faydalarına değinilmiştir. Son başlıkta da tezin konusu da olan üçüncü parti lojistik hakkında bilgi verilmiştir.

2.1 Tedarik Zinciri Kavramı

Günümüzde artan rekabet ortamı müşterilerin beklentilerini daha kaliteli, daha düşük maliyetle ve daha hızlı karşılamayı zorunlu kılmıştır. Bu durum, tedarik zinciri kavramının giderek önem kazanmasını sağlamıştır (Özkan [1]). Tedarik zinciri; içerisinde tedarikçilerin, üreticilerin, dağıtıcıların ve perakendecilerin bulunduğu bütünleşik bir yapı olarak tanımlanabilir. Bu yapı ürün için gerekli hammaddenin tedarikinden, son ürün olarak müşteriye ulaşımına kadar gerçekleştirilen tüm süreçleri içerir (Alegöz [2]).

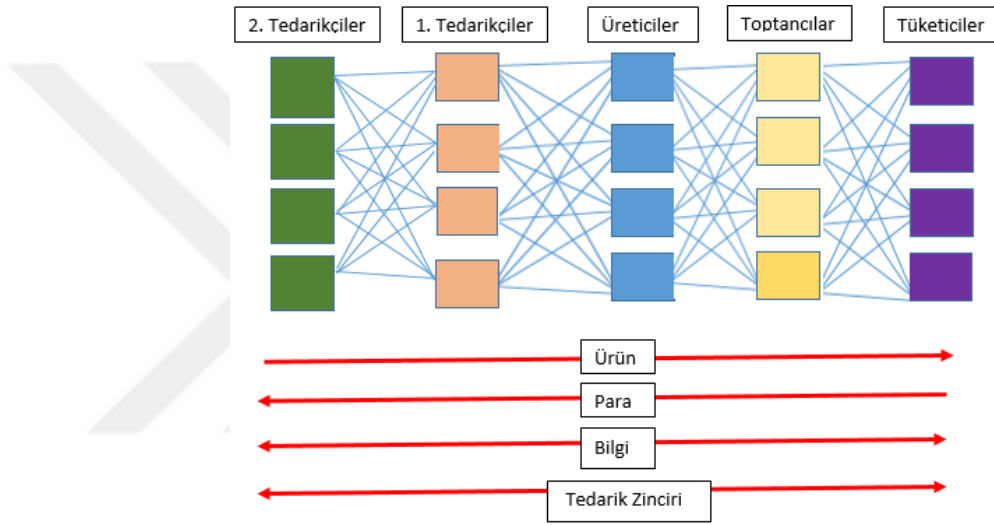
Tedarik zinciri, bir veya daha fazla ürün grubuyla ilgili elde etme, üretim ve dağıtım faaliyetlerinden ortaklaşa bir biçimde sorumlu olan otonom veya yarı otonom iş faaliyetlerinden oluşan bir ağıdır (Swaminathan vd. [3]).

Tedarik zinciri, hammaddeleri elde eden, bunları yarı ve tamamlanmış ürünlere dönüştüren ve ardından bir dağıtım sistemi vasıtasıyla bu ürünleri müşterilere teslim eden yapılar ağıdır (Lee vd. [4]).

2.1.1 Tedarik Zincirinin Yapısı

Tedarik zinciri tanımlarından anlaşıldığı üzere bu süreçlerde faaliyetleri gerçekleştiren ve zincirin yapısını oluşturan belli başlı bazı aktörler bulunmaktadır. (Sezer [5]) Bu aktörler,

- Müşteriler (tüketiciler)
- Perakendeciler
- Toptancılar
- Üreticiler
- Parça/Hammadde Tedarikçileri



Şekil 2.1 Tedarik zinciri ağı genel yapısı (Sezer [5])

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere ürünün tedarikçilerden tüketicilere doğru akışı söz konusu olurken para tam tersi yönde tüketicilerden tedarikçilere doğru akmaktadır. Bilgi ve tedarik zincirinin ise iki yönlü olduğu görülmektedir. Bu şekil tedarik zincirine ait genel bir yapıyı göstermektedir. Geri yönlü akışları da içerisinde barındıran tedarik zinciri yapıları da vardır. Bu yapılarda bozuk, yanlış veya istenmeyen ürünler iade edilirken ürün tüketicilerden tedarikçilere doğru bir akış sergilemektedir. Para da bu durumda tam tersi akış ile tüketicilere geri dönmektedir.

2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik Zinciri Yönetimi, hammaddenin satın alınıp nihai ürünün müşteriye ulaştırılmasına kadar olan tüm sürecin yönetilmesidir. Tedarik zinciri yönetimi, firmaların tedarikçilerinin proseslerinden, teknolojilerinden nasıl yararlanacağı konusu

üzerinde yoğunlaşır. Bu konuda yoğunlaşmasının sebebi ise firmaların rekabet piyasasında firmayı bir adım öne taşımayı sağlamaktır. Bir başka tanımda ise tedarik zinciri yönetimi, malzemelerin ve tamamlanmış malların, satıcıdan müşteriye kadar olan akışının olası ara duraklar olarak üretim vasıtaları ve depolar kullanılarak etkili yönetimidir. İşletmeler son yıllarda tedarik zincirine uygun yapının verilmesi sonucunda müşteri hizmet seviyelerini iyileştirebileceği, sistemdeki fazla envanterin azaltılabileceğini ve işletme ağındaki gereksiz maliyetlerin azaltılabileceğine dikkat etmiştir (Sengupta ve Turnbull [6]).

Tedarik zinciri yönetiminin etkin olması işletmeye aşağıda sunulan yararları sağlamaktadır (Sezer [5]):

- Girdilerin tedarikini garantileyerek, üretimin devamlılığını sağlar,
- Tedarik süresini azaltarak bir işletmenin pazardaki değişikliklere kısa sürede cevap verebilmesini ve rakiplerinin içinde bir adım öne geçmesini sağlar,
- Tüketici taleplerini mümkün olan en iyi şekilde karşılayarak kaliteyi artırır,
- Teknoloji kullanarak yeniliği teşvik eder,
- Toplam maliyetleri azaltır,
- İşletmenin tüm bilgi, malzeme ve para akışı yönetilebilir duruma gelir.

2.2.1 Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi

1950 ve 1960'larda, birçok üretici, birim üretim maliyetlerini azaltmak için az ürün ve süreç esnekliğiyle birlikte seri üretimin üzerinde durmuşlardır. Bu dönemlerde yeni ürün gelişimi yavaş ve tamamen kurum içi teknolojinin durumuna dayanmaktadır. Darboğazlar, hattın dengeli akışlarını sürdürmek için stoklarla desteklenmekte ve bu durum büyük yarı mamül stoklarına neden olmaktadır. Müşteri ve tedarikçilerle bilgi ve tecrübe paylaşımı çok riskli ve kabul edilemez görülmektedir (Özkan [1]).

1970'lerde Malzeme Kaynak Planlaması ortaya çıkmıştır ve yöneticiler fazla yarı mamülün üretim maliyetleri, yeni ürün geliştirme, kalite ve teslim süreleri üzerindeki olumsuz etkisinin farkına varmıştır (Özkan [1]).

1980'lerde yoğun rekabet ortamı, dünya çapındaki tüm şirketleri tasarımda esnekliği olan, düşük maliyetli, yüksek kaliteli ürünler ortaya çıkarmaya itmiştir. Üreticiler, üretim verimliliği ve çevrim zamanlarında iyileştirme sağlamak için tam zamanında üretim gibi yönetim tekniklerinden yararlanmaya başlamışlardır. Bunun yanında alıcı – tedarikçi

arasındaki ilişki ve işbirliğinin önemini farkına varmışlardır. Tedarik zinciri yönetimi fikri de üreticilerin tedarikçileriyle stratejik işbirlikleri sonucunda ortaya çıkmış bir kavramdır (Özkan [1]).

Tedarik zincirinin gelişimi 1990'larda da hızla devam etmiştir. Çoğu üretici ve perakendeci tedarik zinciri yönetiminin değer zinciri arasında verimliliği önemli ölçüde artırdığı görüşünü benimsemiştir (Özkan [1]).

İş ortamında internet kullanımının bu yıllarda oldukça yaygınlaşması ve dijital pazarların kurulumu ile birlikte değer katma fırsatları ortaya çıkmaktadır. Bu fırsatların değerlendirilmesi ancak tedarik zinciri yönetiminin etkin ve verimli bir şekilde uygulanmasıyla mümkün olmaktadır. Şirketler rekabetçi avantaja ancak ve ancak tedarik zincirlerini entegrasyonu ile sahip olmaktadır. Dolayısıyla tedarik zincirini en iyi yöneten taraf, başarılı taraf haline gelmiştir (Sezer [5]).

2.2.2 Tedarik Zinciri Modelleme Yaklaşımları

Tedarik zinciri modelleme yaklaşımları 3 alana ayrılmaktadır (Sezer [5]):

- 1) Şebeke Tasarımı
- 2) Kaba Tahmin Metotları
- 3) Simülasyon Tabanlı Metotlar

Şebeke Tasarım Metotları: Bu modeller daha stratejik kararlar için uygundur. Tedarik zincirinin tasarımı, şebekenin ve ilgili akışların tesis edilmesi konusu üzerinde yoğunlaşır. Üretim, stoklama ve kaynak merkezlerinin yerleşimi ile bunlardan geçen ürünlerin rotalarını belirler. Bu metotlar genellikle büyük ölçeklidir ve tedarik zincirinin başlangıcında kullanılır. Optimal çözüm vermeleri genellikle zordur. Bunun dışında bu modeller statik ve deterministik yapılardır.

Kaba Tahmin Metotları: Operasyonel kararlar için yön göstericidirler. Bu modeller tipik olarak, "tek bir yer" baz alarak ona tedarik zinciri karakteristiklerini eklerler. Örneğin bir yerin, ağdaki diğer yerlerle olan ilişkisini düşünürler. Bu modeller tedarik zinciri ile ilgili olanların büyük kısmını oluştururlar ve daha çok operasyonel veya taktiksel kararlar ile ilgilidir. Bu metotların ilk ortaya çıkışları, birkaç seviye veya kademenin göz önüne alınarak stok kontrol politikalarının gelişmesiyle gerçekleşmiştir. Çok kademeli tedarik zinciri problemleri hakkındaki son yıllardaki araştırmalar, müşteri hizmetlerinin artırılması ile stokun azaltılması hakkında olumlu olsa da, çalışmaların birkaç sınırlaması

bulunmaktadır. Bu çalışmalar tedarik zincirinin üretim yanını önemli bir ölçüde göz ardı etmektedir. Başlangıç noktaları çoğu zaman tamamlanmış ürün stoğudur ve politikalar da tamamlanmış ürün stoklarının etkin bir şekilde yönetilmesi için belirlenmiştir.

Simülasyon Metotları: Kapsamlı bir tedarik zinciri modelinin hem stratejik hem de operasyonel elemanların göz önüne alınarak analiz edilebileceği bir metottur. Buna karşın, tüm simülasyon modellerinde olduğu gibi simülasyon metotlarında sadece önceden belirlenmiş bir politikanın etkililiği değerlendirilebilir, yeni bir politika bu metot ile geliştirilemez.

2.3 Tedarik Zincirinde Karşılaşılan Problemler ve Uygulanabilecek İyileştirmeler

Yöneticiler artan rekabet ortamında kendilerini müşterilerin artan talepleri ile işletmenin kar ve büyüme ihtiyaçlarını dengelemeye çalışan bir konumda bulunmaktadır. Yöneticilerin birçoğu, söz konusu dengeyi tedarik zinciri yönetimini stratejik bir değişken olarak kullanarak kar sağlayabilecek bir büyümeye ulaşabileceklerini, bununla birlikte müşteri ihtiyaçlarını da karşılayabileceklerini fark etmiştir. Öncelikle, tedarik zinciri kavramını bir bütün olarak ele almak gerekmektedir. İkinci olarak, yöneticilerin, şirkete geleneksel bakışı reddederek, başarının müşterilere değer oluşturmak için faaliyetlerin tedarik zinciri boyunca ne kadar iyi kullanıldığına bağlı olduğunun kabul edilmesi gerekmektedir (Sezer [5]).

Başarılı girişimlerin ortak yönleri, stratejik ve taktik değişimlerini birleştiren çalışmalar olmasıdır. Başarısız girişimler ise fonksiyonel olarak tanımlanmıştır ve daha dar bir noktaya odaklanmıştır. Bunların haricinde en önemlisi taşıyıcı bir yapıdan yoksun çalışmalardır. Ayrıca tedarik zincirinde en önemli konulardan biri, tedarik zinciri yönetiminin nasıl gerçekleştirileceğinin belirlenmesidir. Müşterilerin beklentilerinin ne olduğunun, bu beklentileri hızlı ve ucuz bir şekilde nasıl karşılanacağına belirlenmesi için tedarik zinciri çerçevesinde organizasyonun ne şekilde koordine edilmesi gerektiğinin belirtilmesi, hem müşteri tatminini arttıracak hem de işletmelerin finansal performanslarını arttıracaktır (Sezer [5]).

2.4 Lojistik ve Lojistik Yönetimi

Lojistik, müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere hammaddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içerisindeki malzeme, hizmet ve bilgilerin, etkili ve verimli bir şekilde, her iki yönde hareket etmesinin ve depolanmasının

planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir (Varlı [7]). Etkili bir lojistik için; doğru ürün, doğru miktarda, doğru ortamda, doğru yere, doğru zamanda, doğru müşteriye ve doğru maliyet ile taşınmalıdır. Bu etkenlerden birinin yanlış olması lojistik olayının etkin bir şekilde yürütülmesine engel olacaktır.

2.5 Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminin İlişkisi

Bu iki kavram başta olmak üzere tedarik zinciri, endüstriyel lojistik, dağıtım gibi kavramlar uygulamada aynı anlamlar yüklenilerek kullanılmaktadır. Tedarik zinciri ve lojistik ile uğraşan kişiler için bu iki kavram arasında kesin çizgiler yer almaması kavramların anlaşılmasını güçleştirmektedir. Bu yüzden ki bazı durumlarda bu iki kavram birbirinin yerine kullanılmaktadır. Bu noktada tedarik zinciri yönetimi (TZY) ve lojistik kavramlarını netleştirmek ve arasındaki ilişkiyi ortaya koymak yerinde olacaktır (Uludağ [8]).

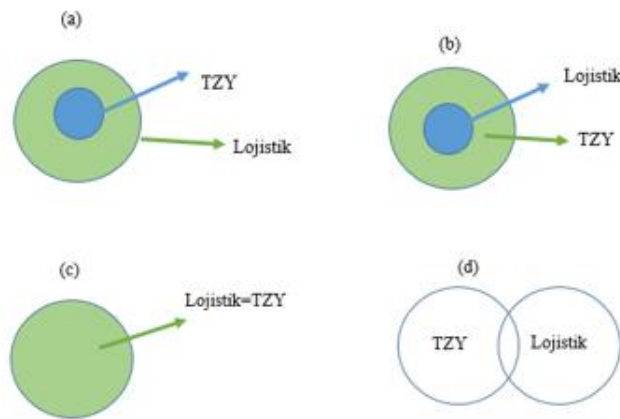
Tedarik zinciri yönetimi kavramının temelleri çok eskiye dayanmaktadır. Aslında lojistik içerisinde çıkmış ve daha sonrasında geliştirilmiştir. TZY kavramını bu şekilde yeni gibi görülmesinin nedeni ve kavramı popüler yapan günümüzde daha stratejik açıdan ele alınıyor olmasıdır. Aslında yeni olan süreç içerisindeki faaliyetler değil, faaliyetlerin ve zincir içerisindeki üyelerin birbirleriyle olan ilişkilerini daha bütüncül bir bakış açısıyla ele almayı sağlayan düşünce olmuştur. TZY’de alınan kararlar stratejik kararlardır. Bu kararlardan ilki olan yer kararları; üretim tesisleri, dağıtım merkezleri, depolar gibi sabit varlıkların nereye konumlandırılması gerektiği ile ilgilidir. TZY kapsamındaki bir diğer konu, müşterilerin beklentilerini karşılamaya yönelik hangi mal ve/veya hizmetlerin üretileceği, süreçlerin tasarımı ve seçimi, kapasitenin planlaması, üretim tesislerinin yerleştirilmesi gibi konuları kapsamaktadır. TZY’de önemli yeri bulunan konulardan bir diğeri de stoklardır. Tedarik zincirinin her aşamasında stoklara rastlanmaktadır. Hangi aşamada ne kadar stok bulundurulmalı ve ne tutardaki likit varlık stoklara bağlanmalı, hangi aralıklarla ne kadar sipariş verilmeli stok yönetimi kapsamındaki önemli konulardır. TZY ile alakalı bir diğer konu, tedarik zincirindeki hareketlilikten sorumlu olan taşımacılık faaliyetleridir. Yeni taşıma problemlerinin ortaya çıkması ve taşıma maliyetlerinin artması; taşımacılıkla ilgili kararları TZY’de önemli bir konuma taşımıştır (Uludağ [8]).

TZY, zincirde yer alan tüm üyeler arasındaki ilişkilerin ve işlerin yönetilmesindeki yeni bir yöntem olarak ifade edilirken; başarılı bir TZY, ilişkilerin yönetilmesi ve

performansın artırılmasına odaklanmış durumdadır. Bunun başarılması da önemli süreçlerin çapraz fonksiyonel entegrasyonuna bağlanmıştır. Bu önemli denilen anahtar süreçler; müşteri ilişkileri yönetimi, müşteri hizmetleri yönetimi, talep yönetimi, sipariş yerine getirme, imalat akış yönetimi, tedarikçi ilişkileri yönetimi, ürün geliştirme ve ticarileştirme, geri dönüş yönetimi süreçleridir. Bunların arasından, müşteri ilişkileri yönetimi ve tedarikçi ilişkileri yönetiminin temel fonksiyonu ise zincirdeki üyelere işletme süreçlerini entegre etmektir (Uludağ [8]).

Bu açıklamalardan sonra lojistik ile arasındaki farklara yönelmek gerekirse; literatürde bu iki kavram arasındaki ilişkiyi açıklayan çalışmaların yer aldığı görülmektedir. Bu konuda farklı bakış açıları yer almaktadır. Bir grup TZY taraftarı görüş sergilerken bir grup ise lojistik yönetimi taraftarı görüş belirtmektedir. Tedarik zinciri ve lojistik yönetimi taraftarları arasında yaşanmakta olan rekabette, bir tarafta Amerikan ekolü olarak adlandırılacak ve sıkı TZY savunucuları olan araştırmacılar yer alırken; diğer tarafta İskandinav ekolü yer almakta ve söz konusu bu ekolün savunucuları TZY kavramı yerine lojistiği ön plana çıkarmaktadırlar. Literatürde iki ekol arasındaki farklılaşmayı açıklamaya yönelik dört farklı bakış açısı bulunmaktadır (Uludağ [8]):

- a) Gelenekselciler
- b) Yeniden Adlandırmacılar (Relabelling)
- c) Birlikçiler (Unionist)
- d) Etkileşimciler (Inter-Sectionist)



Şekil 2.2 Farklı TZY bakış açıları

Gelenekselciler, lojistik savunucularıdır ve onlara göre, TZY lojistiğin küçük bir parçasıdır. Gelenekselci yaklaşımın uygulayıcıları, lojistik fonksiyonu içinde yeni TZY pozisyonları oluştururlar ve bu pozisyonda görevlendirilen TZY analizcileri, lojistik

analizlerin ölçeğini genişletir ve organizasyon bünyesinde lojistiğin diğer fonksiyonlarla bağlantısını kurarlar (Uludağ [8]).

Birlikçiler, lojistiği TZY'nin bir parçası olarak kabul etmekte ve bu anlamda TZY'nin tamamen lojistiği kapsadığını ileri sürmektedirler. Bu görüşün taraftarları, TZY'nin lojistikten daha fazlasını ifade ettiğini; TZY'nin lojistik, pazarlama, üretim yönetimi ve satın alma dahil geleneksel işletme okullarının müfredatlarının bir bütünü olduğunu iddia etmektedirler. Birlikçi görüşe göre, TZY'nin bileşenleri; lojistik (envanter, depolama, paketleme, dağıtım, taşıma, müşteri hizmetleri, satın alma, üretim planlama ve talep tahmini), stratejik planlama, bilgi teknolojileri, pazarlama ve satış olup; TZY disiplinler arası bir yaklaşımı ifade etmektedir (Uludağ [8]).

Yeniden adlandırmacılar, lojistiği yeniden adlandırmakta ve lojistiğin günümüzdeki karşılığının TZY olduğunu öne sürmektedirler. Bu görüşe göre lojistik ve tedarik zinciri yönetimi aslında aynı anlama gelmektedir. Bu görüşün taraftarları, dünyadaki lojistik uygulamaları dikkate alındığında, lojistik ve TZY uzmanlarının iş tanımlarında herhangi bir farklılık olmadığını, lojistik ve tedarik zinciri yöneticilerinin görevlerinin; doğru ürünü, doğru yerde, doğru zamanda, doğru niteliklerle, doğru maliyet ve doğru kalitede yerine getirme sürecini yönetmek olduğunu ileri sürmektedirler (Uludağ [8]).

Etkileşimciler, TZY'nin, lojistik, pazarlama, üretim yönetimi, satın alma ve diğer fonksiyonel alanların birleştiği bir alandan ziyade, farklı disiplinlerden gelen stratejik ve bütünleştirici elemanları kapsayan bir alan olduğunu ileri sürmektedir. Dolayısıyla, tek başına ne tedarik zinciri yönetimi ne de lojistik yönetimi amaçların başarılması için yeterli olamamaktadır. Etkileşimci yaklaşıma göre; TZY, çapraz fonksiyonel çabalar vasıtasıyla, birden fazla organizasyon arasında koordinasyonu sağlamaktadır. Bu yönüyle TZY, taktiksel değil stratejik bir uygulamadır. Uygulamada, bu yaklaşımı benimseyen organizasyonlarda, üst düzey çapraz fonksiyonel yöneticilerden oluşan bir tedarik zinciri komisyonu oluşturulmaktadır. Bu komisyonun amacı; TZY uygulamaları önündeki engelleri kaldırmak ve fırsatları değerlendirerek tüm tedarik zinciri performansını geliştirmektir (Uludağ [8]).

Bu dört farklı yaklaşıma karşın; literatürde, tedarik zincirinin lojistik yönetiminden daha kapsamlı bir konu olduğu yönündeki görüş ağır basmakta ve çoğunluk tarafından kabul edilmektedir (Uludağ [8]). Bunu bir Çizelge ile açıklayan (Russel [9]) geleneksel lojistik paradigması ile tedarik zinciri yönetimini karşılaştırmıştır:

	Klasik Lojistik	Tedarik Zinciri Yönetimi
Hareket Noktası	Gereksinimlerin belirlenmesi	İşletme süreçlerinin yenilenmesi
Organizasyon	Fonksiyonel bölümler	Bütünleşik tedarik zinciri
Strateji	Önceden belirlenmiş eylem planları	Esnekliği sağlayacak uyarlabilir yetenekler
Vizyon Genişliği	İlk tetikleyici olarak kaynaklar ve müşteriler	End to end system
Yönetim Odağı	Lojistik optimizasyonu	İşletme genelinde optimizasyon
Performans Standartları	Tedarikçi-gelişmiş	Müşteri-emreden
Ortak Seçimi	Fiyat ve rekabet	Öneri ve anlaşma
Ortakların İlişkisi	Kısa vadeli sözleşmeler	Uzun vadeli ve stratejik anlaşmalar
Sözleşmeli Çevre	Yasalarca belirlenmiş	Kurumsal güvене dayalı
İlişkiler	İşlemsel	Uzun dönemli, işbirliğine dayalı
İlişkilerin Amacı	Tek taraflı fayda	Karşılıklı memnuniyet temelinde uzun dönemli ilişkiler
Satın Alma Amacı	Minimum maliyet temelinde temin	En iyi katma değeri sağlayacak varlıkların elde edilmesi
Tedarikçi Tabanı	Büyük	Sınırlı seçim veya birinci sınıf tedarikçi
Tedarikçilere Bakış	Kaynak	Varlık
Malzeme Kontrolü ve Kalite Denetimi	Malzeme muayenesi	Tedarikçilere güven
İşletme Çevresi	Düşman	Karşılıklı kazanç
Taşımacılık	Minimum maliyetle hizmet amacı	Güvenli ve en iyi hizmet amaçlı
Envanter	İtme	Çekme
Malzeme Akışı	Programlanmış	Kendini senkronize eden
Tablo 3'ün Devamı		
Bilgi	Endüstri standartları, performans denetimleri	ERP, EDI, Internet, EPL, SCA
Maliyet ve Hizmet	Çatışan, takas gerektiren	Maliyetleri düşürmek ve daha iyi hizmet için değişim mühendisliği süreci
Maliyet Odağı	Elde etme maliyeti	Mülkiyetin toplam maliyeti
Destek Varlık Odağı	Stoklar	Akış
Risk	Düşük	Yüksek

Şekil 2.3 Geleneksel lojistik paradigması ile tedarik zinciri yönetimi (Russel [9])

2.6 Lojistiğin Önemi ve Faydaları

Hem ulusal hem de uluslararası pazarda kalıcı olabilmek için müşteri tatmininin yanında düşük maliyetlerin hedeflenmesi de etkin bir lojistik yönetiminin sağlanması için önem taşıyan konulardır. Bu yüzden ki lojistik kavramı, günümüzde en etkin rekabet araçlarından biri haline gelmiştir. Lojistik, doğru ürünü, doğru zamanda, doğru yere hasarsız bir şekilde ulaştırmayı hedeflemekte, bu çerçevede ürün ya da hizmetler için önemli bir değer yaratıcı faaliyet olarak görülmektedir. Lojistik konusunda ilginin artmasını sağlayan diğer faktörler ise bilgi teknolojilerindeki gelişmeler, artan müşteri hizmetlerine verilen önem, toplam maliyet ve sistem yaklaşımının önem kazanması olarak sayılabilir (Sezer [5]).

Lojistik yönetimi başarıyla uygulandığı takdirde firmalarda aşağıdaki değişikliklerin olduğu saptanmıştır (Sezer [5]):

- Envanter % 50 azalmıştır.

- Zamanındaki teslimatlar %40 artmıştır.
- Kümülatif dönüşüm zamanı %27 azalmıştır.
- Ciro %17 artmıştır.
- Cirodaki lojistik sistemin toplam maliyetlerinin payı %20 azalmıştır.

2.7 Üçüncü Parti Lojistik

Bu bölümde üçüncü parti lojistik ile ilgili bilgiler verilmektedir. Üçüncü parti lojistik kavramının tanımı, sınıflandırılması, avantajları, dezavantajları anlatılmıştır.

2.7.1 Üçüncü Parti Lojistiğin Tanımı

Üçüncü parti lojistiği tanımı da lojistik konusundakine benzer şekilde fikir ayrılıkları olduğundan net bir sonuca varamamıştır. Bu yüzden farklı tanım yaklaşımları verilecektir.

Üçüncü parti lojistik; üretici, toptancı ya da perakendeci bir firmanın, lojistik hizmetler konusunda uzman bir firmaya, kendisine bir ya da birkaç lojistik fonksiyonu sağlaması için izin vermesi şeklinde olmaktadır (Uludağ [8]).

Lojistik Derneği (LODER) [10] tarafından yapılan bir tanımda ise üçüncü parti lojistik (3PL) firmaları; “Müşterilerinin tedarik zinciri içindeki temel lojistik faaliyetlerinden birkaçını üstlenen konusunda uzman olan lojistik şirketlerdir.” şeklinde tanımlanmaktadır.

Bir başka tanımda üçüncü parti lojistik; “çoklu lojistik hizmetlerinin en azından yönetiminin tedarikini içeren ve nakliyeciyi gibi hareket eden harici bir firma tarafından yerine getirilen faaliyetler” olarak tanımlanmaktadır (Aktaran vd. [11]).

Bu tanımlardan yola çıkarak, 3PL şirketleri ilişkilerinden üç taraf (parti) söz konusu olduğu anlaşılmaktadır. Burada birinci taraf; üretici, toptancı veya perakendeci, ikinci parti; birinci partinin müşterisi, son olarak üçüncü parti ise; birinci parti ve ikinci parti arasında nakliyeciyi gibi hareket eden, bu şekilde hareket ederken de birinci partinin sahip olduğu kaynakları kullanan aracı konumundaki hizmet sağlayıcılarıdır (Uludağ [8]).

2.7.2 Üçüncü Parti Lojistiğın Sınıflandırılması

3PL şirketlerinin sınıflandırılmasında aşağıdaki kriterler etkili olmaktadır (Uludağ [13]):

- Müşteriler ile yapılan anlaşmanın türü
- Yönetim ve ortaklık ilişkinin kapsamı
- Kişiselleşme ve tahsis derecesi
- Nakliyecisi ve tedarikçinin bilgi seviyesi
- Malzemenin akış özellikleri
- 3PL şirketinin coğrafi kapsamı
- Tedarikçilerin lojistik hizmetlerin ne kadarını dışarıdan temin ettikleri
- Hizmet sağlayıcıların 3 PL işini esas faaliyet olarak mı yoksa ek iş olarak mı benimsedikleri.

Hertz ve Alfredson'ın çalışmalarında [12] 3PL hizmet sağlayıcılarını genel problem çözme ve müşteri uyumu yeteneklerine göre sınıflandırmışlardır. Bu sınıflandırma doğrultusunda 3PL şirketleri dört gruba ayrılmıştır:

Bunlardan ilki hem genel problem çözme yeteneği hem de müşteri adaptasyon yeteneği düşük olan standart nakliye firmalarıdır.

İkinci grupta ise genel problem çözme yetenekleri yüksek müşteri uyum yetenekleri düşük olan tamamlayıcı (bütünleştirici) firmalar yer almaktadır.

Üçüncü grupta, genel problem çözme yetenekleri düşük müşteri uyum yeteneği yüksek olan geleneksel depolama firmaları yer almaktadır.

Son grupta ise; hem genel problem çözme yetenekleri hem de müşteri uyumu yetenekleri yüksek olan 3PL firmaları yer almaktadır.

Hem müşteri uyumu ve hem de genel problem çözme yeteneği bakımından yüksek olarak gösterilen 3PL firmaları kendi içinde dört grupta sınıflandırılmıştır.

- Standart 3PL sağlayıcılar
- Hizmet geliştiriciler
- Müşteri uyumlaştırıcıları
- Müşteri geliştiriciler

Standart 3PL sağlayıcılar; depolama, dağıtım, toplama ve paketleme gibi standart 3PL hizmetleri sunan firmalar olarak nitelendirilebilir. Bu firmalar, söz konusu hizmetleri genelde ek iş olarak yaparlar.

Hizmet geliştiriciler, firmalara katma değer sağlayan hizmetler sunan firmalar olarak tanımlanır. Bu, farklı müşteriler için farklılaştırılmış hizmetler, müşteriye özel paketleme, cross-docking, özel güvenlik sistemleri gibi hizmetlerin sunulmasıdır.

Müşteri uyumlaştırıcı; müşterinin mevcut faaliyetlerini üstlenen ve verimliliği geliştiren ancak bunu yaparken hizmetleri büyük ölçüde geliştirmeyen 3PL hizmet sağlayıcısı olarak sınıflandırılmaktadır. Bunlar, müşterisinin lojistik faaliyetlerinin tümünü üstlenir ve birkaç müşteri ile ilişki halindedir.

Müşteri geliştirici; 3PL hizmet sağlayıcıların en ileri ve en zor şeklidir. Tüm faaliyetlerin yerine getirilmesinde müşteri geliştiriciler sorumludur. Ayrıca müşteri ile yüksek seviyede bütünleşmeyi gerektirir. Müşteri sayısı sınırlı ve mevcut müşterilerle olan ilişkinin kapsamı geniştir. Bu tip hizmet sağlayıcılar, riski de kazancı da müşterisiyle paylaşırlar.

2.7.3 Üçüncü Parti Lojistiğin Avantajları

Firmalar, lojistik hizmetlerinde dış kaynak kullanımının rekabet açısından avantaj sağladığının farkına varmışlardır. Bu yüzden ki günümüzde firmalar ihtiyaç duydukları lojistik hizmetleri başka firmalara yaptırmaktadırlar.

Küreselleşme de artık firmalar arasındaki sınırları kaldırarak ticareti bölgesel boyuttan global boyuta çevirmiştir. Aynı zamanda lojistik sektöründe ciddi sermaye yatırımlarına ihtiyaç duyulması, bilgi teknolojilerinin gelişmesi de uzman kişilere başvurmayı arttırmıştır. Bunların dışında firmaların kendi esas iş kollarına odaklanmayı istemesi ve lojistik işlerini de bu konuda uzman lojistik sağlayıcılara teslim etmek istemesi dış kaynak kullanımını arttırmıştır (Uludağ [13]).

Üçüncü parti lojistiğin firmalar sağladığı yararlar şöyledir (Uludağ [13]):

- Ölçek ve alan ekonomilerinin gelişimi
- Pazarlık gücünün artması
- Hizmetlerin çeşitlenmesi
- Daha hızlı öğrenme
- Çeşitli konularda bilgi sahibi olma

- Yeni sistemlerin hızlı bir şekilde adapte edilmesi
- Firmaların kendi esas işlerine odaklanması
- Tedarik zincirinin yeniden yapılandırılması
- Yatırım yapılması gereken kısımların azalması
- Etkili faaliyetler
- Sorunsuz ve hızlı bir üretim
- Çevrim süresinin kısalması

2.7.4 Üçüncü Parti Lojistiğin Dezavantajları

Üçüncü parti lojistiğinin avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Uludağ [13]):

- Hizmet sağlayıcının bilgisiz olması durumunda işlerin aksaması
- Firmaların beklentilerinin hizmet sağlayıcılar tarafından net anlaşılabilmesi
- Dış kaynak kullanımının maliyeti
- Firmanın yeteneklerini kaybetmesi
- İletişim sorunları
- Bilgi sistemlerinin entegrasyonunda yaşanabilecek sorunlar

2.8 Lojistik Ağ Tasarımı Problemleri

Bu bölümde lojistik ağ tasarımı kavramı, lojistik ağ tasarımı problemlerinin tanımı ve kapsamı, ileriye lojistik, tersine lojistik, ileri ve tersine lojistik kavramları arasındaki farklar, bütünlük lojistik ve lojistik ağ tasarımı aşamaları anlatılmıştır.

2.8.1 Lojistik Ağ Tasarımı

Lojistik faaliyetleri işletmenin en önemli fonksiyonlarından biridir. Üretim merkezleri, dağıtım merkezleri, talep noktaları, toplama - denetleme merkezleri, geri dönüşüm merkezleri, imha ve yeniden işleme merkezleri ile ortaya çıkan sistemler, operasyonlar ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerini içeren karmaşık bir bütün olduğundan lojistik ağların tasarımı, tedarik zinciri yönetimi içerisindeki en önemli problemlerden ve en stratejik karar süreçlerinden birisidir. Bu yapının tasarımı, modelinin oluşturulması, uygulanması, işletmenin maksimum verimliliğe sahip olmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ağ tasarımı sırasında ağ elemanlarının az sayıda olması yalın bir yapı

sağlayacak olup hızlı bir şekilde ürünün istenilen noktaya istenilen kalite ve fiyatta ulaşımını sağlayacaktır. (Paksoy, [14])

2.8.2 Lojistik Ağ Tasarımı Problemlerinin Tanımı ve Kapsamı

Lojistik ağ tasarımı, etkin ve verimli bir tedarik zinciri için ilgili tedarikçi, üretici, depo ve dağıtım merkezleri, satış noktaları ile müşteriler gibi tesislerin bir ağ yapısı bütünlüğü içerisinde hızlı yanıt, yüksek kalite, düşük maliyet vb. amaçlarla analizi ve yeniden tasarlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu durumyla lojistik ağ tasarımı problemi bir yönelem araştırması konusudur. Yer seçimi ve atama problemlerine bir örnek teşkil eder. Bu problemde müşteri memnuniyeti ile maliyet minimizasyonu arasındaki dengeyi en iyi şekilde karşılayacak ağ üyelerinin seçimi ve aralarındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanır. Ağ üyeleri kavramı, önceleri sadece fiziksel dağıtım çerçevesinde ele alınarak dağıtım kanalını oluşturan yapılar olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle, yakın bir geçmişe kadar yapılan ağ tasarımı tanımlamalarında tersine lojistik operasyonlarına fazla yer verilmemiştir. Tersine lojistik faaliyetleri bağımsız olarak düşünülmüştür. Ancak son dönemde yapılan çalışmalara bakıldığında tersine lojistiğin, ileriye doğru lojistikle birlikte bütünlük olarak da ele alındığı görülmektedir (Paksoy, [14]).

Bu kapsamda, oluşturulabilecek lojistik ağları ileriye doğru, tersine ve bütünlük olmak üzere üç şekilde ifade etmek mümkündür.

2.8.3 İleriye Doğru Lojistik

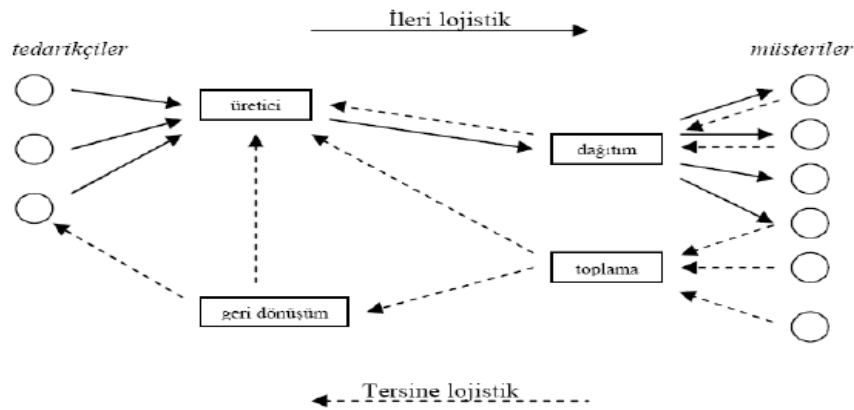
İleriye doğru lojistik, tedarik zinciri yönetimi içerisindeki en önemli faaliyetlerden biridir. Bu faaliyetteki ana amaç üretilen ürünlerin maksimum müşteri memnuniyeti ile istenilen zamanda ve kalitede en düşük maliyet ile talep noktalarına ulaştırılmasıdır. Aracısız olarak ürünlerin talep noktalarına ulaşması doğrudan işletmenin büyüklüğüyle doğru orantılıdır. İşletme büyüdükçe ve hedef pazarını büyüttükçe doğrudan tüketiciye ulaşması zorlaşmaktadır. Bu yüzden bazı yapılanmalara ihtiyaç duyulur. Bu yapılanma ile birlikte üreticiler ve tüketiciler arasında bir kanal oluşur. Bu kanal literatürde dağıtım kanalları olarak adlandırılır. Dağıtım kanalları her işletmenin kendi yapısına göre değişiklik göstermektedir. İleriye doğru lojistik; satışları arttırması, dağıtım maliyetlerini azaltması, üretim ile tüketicinin uyumunun sağlanması, fiyat istikrarına olumlu etki etmesi gibi faydalar sağlamaktadır (Paksoy, [14]).

2.8.4 Tersine Lojistik

Son yıllarda önemi gittikçe artan tersine lojistik fonksiyonu, işletmelerin müşteri memnuniyeti sağlamasında önemli bir yer teşkil etmektedir. Tersine lojistik; müşteriden satıcıya geri dönen ürünlerin taşınması, depolanması, elleçlenmesi sürecini kapsamaktadır. Aynı zamanda geri dönüşüm için ürünlerin parçalanması süreci ve yeniden işlem görmesi de tersine lojistik fonksiyonu içinde yer almaktadır. Genel olarak tersine lojistik, ürünlerin müşteri noktalarından hangi toplama merkezlerine gideceği, yapılan incelemeler sonucunda imha ya da geri dönüşüm faaliyetlerinden hangisine gireceği ve bu faaliyetin hangi merkezde gerçekleşeceği kararlarını içinde barındıran bir süreç denilebilir. Etkin bir tersine lojistik müşteri memnuniyetinin artması, maksimum düzeyde atık iyileştirmesi, maliyetlerin azalması, çevre duyarlılığının artması gibi faydalar sağlamaktadır (Paksoy, [14]).

2.8.5 İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar

Tersine lojistik, her zaman ileriye lojistiğin bir yansıması olmamaktadır. (Sezer, [5])



Şekil 2.4 İleri ve tersine dağıtım (Sezer, [5])

İleri lojistikte tatmin daha belirginken, tersine lojistikte belirsizdir. İleri lojistikte taşıma azdan çoğa doğru iken tersine lojistikte çoktan aza doğrudur. İleri lojistikte kalite ve fiyat standarttır. Fakat tersine lojistikte standart değildir. Tersine lojistikte genellikle ürün paketi zarar görmüştür. İleri lojistikte stok yönetimi tutarlı iken tersine lojistikte tutarlı değildir. Süreçlerin izlenebilirliği tersine lojistikte daha zordur.

Belirtilen belirsizlikler yüzünden tersine lojistik daha zor bir akış sürecidir. Geri dönen ürünlerin miktar ve zamanlaması belirsiz ve aynı zamanda her ürün için geri dönüş

oranları farklılık arz etmektedir. Tedarikçi ve satıcı arasındaki anlaşmalar bu belirsizliklerden kaynaklı olarak daha karmaşıktır.

İzlenebilirlik arasındaki fark ise, şirketlerin bilişim sistemlerinin geri dönüşleri takip edecek şekilde tasarlanmamasından kaynaklanmaktadır.

Tersine lojistik faaliyetlerinde nakliye, eskime, toplama gibi maliyet kalemleri daha yüksekken stok bulundurma ve kayıp maliyet kalemleri daha azdır. Yeniden paketleme maliyeti ise ileri lojistikte yoktur.

2.8.6 Bütünleşik Lojistik

Bütünleşik lojistik, ileriye doğru ve tersine lojistik faaliyetlerinin eş zamanlı olarak ele alındığı ve tüm sistemlerin bir bütün içerisinde incelendiği bir lojistik ağıdır. Bütünleşik lojistik işletmeye gelen ve giden tüm lojistik faaliyetlerinin toplam maliyeti en aza indirmesi, verimliliğin artırılması gibi amaçlar çerçevesinde bütünsel bir bakış açısı ile ele alınıp değerlendirilmesini kapsamaktadır. Bütün bunların eş zamanlı olarak değerlendirmesinden ötürü model kurma ve uygun çözüm yöntemlerinin geliştirilmesi de kolay olmamaktadır. Bütün bu zorluğun yanında eşzamanlı olarak tüm yapının bütünsel olarak ele alınması stratejik kararların etkinliğini artırır. Bu nedendir ki son yıllarda yapılan çalışmalarda bütünleşik lojistik modelleri ve çözüm yaklaşımları yer almaktadır. Bütünleşik bir lojistik ağda; üretim merkezleri, müşteri bölgeleri, toplama ve denetleme merkezleri, yeniden işleme merkezleri, geri dönüşüm merkezleri ve imha merkezleri yer almaktadır. Problem içerisinde, yer seçimi ve atama yapılacak ağ katmanlarının sayısının artması problemi daha da zorlaştırmaktadır. Problem boyutunun büyüklüğüne veya problemin karmaşıklığına göre mümkün olan iki temel çözüm yöntemi mevcuttur. Birincisi kesin çözüm yöntemleri ikincisi ise sezgisel / meta sezgisel yöntemlerdir. Bu yöntemler, birbirinden ayrı olarak kullanılabilirdiği gibi birlikte kullanılmaları da mümkündür (Paksoy, [14]).

2.8.7 Lojistik Ağ Tasarımı Aşamaları

Lojistik ağ tasarımı problemlerinde en az çözüm kadar önemli olan, durum analizinin yapılması, ihtiyaçların doğru bir şekilde belirlenmesi, problemin düzgün bir şekilde tanımlanması ve modellenmesidir. Bu bağlamda, lojistik ağ tasarımı aşamaları; problemin tanımlanması, hedeflerin belirlenmesi ve model formülasyonu şeklinde üç adımda ifade edilmektedir (Paksoy, [14]).

2.8.7.1 Problemin Tanımlanması

Öncelikle bir çalışmada en önemli adım problemin doğru ve amaca hizmet edecek şekilde tanımlanmasıdır. Etkili bir çalışma yapılabilmesi için sistemin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Durum analizi yapılarak olunan nokta ve elde edilmek istenen nokta belirlenir. Daha sonra amaçlar belirlenerek model kurulması ve belirlenen yöntemlerle problemin çözümü gerçekleştirilir. İlk ve en önemli adım problemin ne olduğunun ihtiyaçların ne olduğunun belirlenmesidir. Bu adımda gereksiz adımlardan kaçınılacak şekilde hareket edilmelidir (Paksoy, [14]).

2.8.7.2 Amaçların Belirlenmesi

Amaçlar üzerinde çalışılan konuya bağlı olarak belirlenmektedir. Amaçların duruma göre gerekirse geliştirilebilecek şekilde tanımlanması önem arz etmektedir (Paksoy, [14]).

2.8.7.3 Model Formülasyonu

Problemin belirlenmesinden sonra amaçlar da net olarak ortaya konur. Daha sonrasında modeli kuran kişi modelin temel çatısını geliştirir. Genellikle bu çatı problemlerin varsayımlarını ve kullanılan elemanları içerir. Toplanan verilerin doğruluğu, elde edilen sonuç üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Yapılan ilk çalışma, gerekli olan verilerin, bilgi kaynaklarının ve bu bilgilerin nasıl elde edilebileceği olmalıdır. Daha sonra sistemin basit bir modeli kurulmalıdır. Ayrıntılar karmaşıklığa neden olmaması için modele gerektikçe eklenmelidir (Paksoy, [14]).

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tedarik zinciri ağ tasarımı problemlerine ilişkin birçok çalışma mevcuttur. Bu bölümde çalışmayı içeren konuda yazılmış diğer bazı kaynaklara kronolojik sıra ile yer verilmiştir.

Dandy, Simpson, and Murphy [15], 1996 yılında yaptıkları çalışmada tünel hattı ağ tasarımı genetik algoritma tabanlı bir yapı kullanarak oluşturmuşlardır. Geliştirilen GA, amaç fonksiyonunun değişken güç ölçeklemesini kullanmaktadır. GA bilgisayar çalışması devam ederken amaç fonksiyonuna eklenen kuvvet büyüklüğünde sonuç artmaktadır. Son olarak, tünel ağ tasarımı oluşturan karar değişkenlerini belirlemek için ikili kodlardan ziyade kapalı kodlar kullanılmıştır. Sonuçlar, geleneksel veya basit GA formülasyonunun performansı ve geliştirilmiş New York Şehir tünelleri probleminin GA formülasyonunu karşılaştırarak sunulmuştur. Vaka incelemesi sonuçları, geliştirilmiş GA'nın basit GA'ya göre daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Geliştirilmiş GA, New York tünelleri sorununun henüz literatürde sunulmuş olan en düşük maliyetle uygulanabilir ayrık boyutlu çözüm için bir çözüm bulmuştur.

Juang, [16], 2004 yılında yaptığı çalışmasında, tekrarlayan sinirsel / bulanık ağların tasarımı yeni bir evrimsel öğrenme algoritması kullanarak otomatikleştiren evrimsel tekrarlayan bir ağ önerilmektedir. Bu yeni evrimsel öğrenme algoritması, genetik algoritma (GA) ve parçacık sürüsü optimizasyonuna (PSO) sahiptir. Buna HGAPSO (Hybrid of Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization) demişlerdir. HGAPSO'da, yeni nesil bireyler yalnızca GA'da olduğu gibi çaprazlama ve mutasyon işlemi ile değil aynı zamanda PSO tarafından oluşturulur. Bir nüfustaki en iyi performans gösteren bireylerin üst yarısının elit olarak görüldüğü elit strateji kavramı, HGAPSO'da benimsenmiştir. Bununla birlikte, direkt olarak bir sonraki kuşağa kopyalanmak yerine, bu seçkinler ilk geliştirilmişlerdir. Seçkinler tarafından oluşturulan grup bir sürü olarak

kabul edilir ve her elit, içindeki bir parçacığa karşılık gelir. Bu bağlamda seçkinler doğadaki olgunlaşma olgusunu taklit eden bir operasyon olan PSO tarafından geliştirilmiştir. Bu gelişmiş seçkinler, yeni kuşaktaki nüfusun yarısını oluştururken, diğer yarısı bu gelişmiş seçkinler üzerinde çaprazlama ve mutasyon işlemi yaparak oluşturulur. HGAPSO tekrar eden sinirsel / bulanık ağ tasarımına aşağıdaki gibi uygulanır: Tekrarlayan sinir ağı için, tamamen bağlı tekrarlayan sinir ağı tasarlanır ve zamansal bir dizi üretim problemine uygulanır. Tekrarlayan bulanık ağ tasarımı için, bir Takagi-Sugeno-Kang tipi tekrarlayan bulanık ağ tasarlanmış ve dinamik tesis kontrolü uygulanmıştır. HGAPSO'nun performansı, tekrar eden ağ tasarım problemlerinde hem GA hem de PSO ile karşılaştırılmış ve üstünlüğü kanıtlanmıştır.

Paksoy [17], 2005 yılındaki çalışmasında, çok kademeli tedarik zincirinin malzeme gereksinimlerini dikkate alan bir tasarım olarak düşünmüştür. Daha önce, Yan vd. [18], 2003 yılında stratejik tedarik zinciri tasarımı problemini mantık kısıtları kullanarak karma tamsayılı bir üretim-dağıtım modeli olarak ele almıştı. Bu çalışmada, mantık kurallarına dayalı matematiksel programlama yerine doğrusal kısıtlar kullanılarak ele alınmıştır. Geliştirilen modelde; tedarikçiler, üreticiler, dağıtım merkezleri ve müşteri bölgelerinden oluşan çok aşamalı tedarik zinciri için malzeme ihtiyaçlarını da göz önüne alan bir tasarım gerçekleştirilmektedir. Paksoy, varsayımsal bir örnek üzerinde modellenmiş ve sonuçları analiz etmiştir. İleride yapılacak çalışmalarda; statik olan model yapısının farklı dönemleri de kapsayacak şekilde geliştirilerek dinamik hale getirilebileceği önerilmiştir. Tek ürünlü model yapısının ise birden fazla ürün için yeniden düzenlenebileceği görüşü sunulmuştur. Deterministik olan mevcut model geliştirilerek, gerçek yaşamdaki modellerin daha iyi yansıtılabilmesi için Bulanık Küme Teorisi veya Olasılık Teorisi gibi belirsizlik yaklaşımlarını da içerecek şekilde yeniden kurulabileceği belirtilmiştir.

Altıparmak, Gen, Lin, Karaoğlan [19], 2007 yılında yayınladıkları makalelerinde, çok amaçlı SCN (Supply Chain Network) tasarım problemi için Pareto-optimal çözümler setini bulmaya yönelik genetik algoritmalara dayalı yeni bir çözüm prosedürü önermektedir. Çok amaçla uğraşmak ve karar vericiyi daha fazla sayıda alternatif çözüm değerlendirmesi için etkinleştirmek için, önerilen çözüm prosedüründe iki farklı ağırlık yaklaşımı uygulanmaktadır. Türkiye'de plastik ürünler üreten bir şirketten elde edilen verileri kullanarak deneysel bir çalışma, iki aşamalı olarak yürütülmektedir. Ağırlık yaklaşımlarının önerilen çözüm prosedürünün performansı üzerindeki etkileri birinci aşamada incelenirken, ikinci aşamadaki Pareto-optimal çözümlerin kalitesine göre

önerilen çözüm prosedürü ve tavlama benzetimi karşılaştırılmaktadır. Deneysel sonuçlar, birinci ağırlık yaklaşımının ikinciye göre daha fazla Pareto-optimal çözüm üretebildiğini göstermesine karşın, çeşitlendirme mekanizması Pareto-optimal çözümlerin kalitesi üzerinde çok etkili olduğunu göstermiştir.

Pishvae, Jolai ve Razmi [20], 2009 yılında stokastik optimizasyonlu bütünleşik lojistik üzerine çalışmışlardır. İlk olarak, verimli olmayan bir deterministik model, alt optimalliği önlemek için geliştirilmiştir. Daha sonra önerilen MILP modelinin stokastik karşılığı senaryo temelli stokastik yaklaşım kullanılarak geliştirilmiştir. Sayısal sonuçlar, veri belirsizliğinin ele alınmasında önerilen stokastik modelin gücünün yüksek olduğunu gösterir şekilde elde edilmiştir. Bu makalede problem boyutu ve senaryo sayısı arttıkça hesaplama süresi önemli derecede arttığı için zaman karmaşıklığı ele alınmamıştır. Dolayısıyla verimli kesin veya sezgisel çözüm yöntemleri geliştirmenin bu alandaki kritik bir ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır.

Costa, Celano, Fichera ve Trovato [21] 2010 yılındaki çalışmalarında tedarik zinciri ağ tasarımı konusuna ilişkin tedarik zincirinin etkin ve etkili bir şekilde yönetilmesi için bir dizi tesisin en iyi kombinasyonunu seçmeyi amaçlayan stratejik bir konu tercih etmişlerdir. Makalede, malların taşınmasından kaynaklanan toplam lojistik maliyeti en aza indirmek için genetik algoritma tabanlı tek bir ürünün üç aşamalı tedarik zinciri ağındaki tesislerin yerini ve açılışını sunan yapıyı tasarlamışlardır. Problemlerin karşılaştırmalı bir değerlendirmesine ilişkin sayısal çalışma, toplam tedarik zinciri lojistik maliyet tasarrufu açısından optimal bir tasarım elde etmek için gerekli hesaplama yükünün azaltılmasını ve literatürde mevcut olanlara kıyasla önerilen yaklaşımın istatistiksel olarak daha iyi performans sergilediğini ortaya koymaktadır. İleriki çalışmalarda ise kapalı çevrim ağ yapıları ve daha karmaşık yapılar için denenebileceği ayrıca modelin çok amaçlı bir yapıya çevrilebileceği makalede belirtilmiştir.

Sadjady ve Davoudpour'un 2012 yılındaki çalışması [22] mod seçimi, teslimat süreleri ve envanter maliyetleri ile birlikte iki kademeli, çok ürünlü tedarik zinciri ağı tasarımı üzerinedir. Bu modeli Lagrangian tabanlı sezgisel çözüm algoritması ile çözüme ulaştırmışlardır. Hesaplamalı deneyler, önerilen sezgisel algoritmanın hem küçük hem de büyük boyutlu problemler için etkin ve verimli bir çözüm yaklaşımı olduğunu göstermektedir. Önerilen model ve çözüm prosedürünün çok kademeli ağ tasarımı problemleriyle başa çıkabilmek için kolaylıkla genişletilebileceğini de belirtmişlerdir.

Zhang ve Xu [23] 2014 yılındaki belirsizlik altında bütünleşik lojistik ağ tasarımı konusunda yaptıkları çalışmalarına iki farklı yoldan çözüm bulmaya çalışmışlardır. İlki tedarikçiler için iki seviyeli bir programlamadır ve ikincisi perakendeciler için sipariş miktarı belirlemelidir. Sonuç olarak, bu araştırma, lojistik sisteminde nispeten düşük fiyatla ürün sipariş edebilen çok sayıda tedarikçi bulunduğunu ve en büyük kârı ürünün fiyatını en yüksek fiyatla satabilecek perakendeciye ait olduğunu göstermiştir. Ayrıca karın kazanılması için talep tahmininin önemli olduğu vurgusu yapılmıştır.

Rodriguez, Vecchietti, Harjunkoski ve Grossmann'ın [24] 2014 yılındaki çalışması, tedarik zinciri tasarımı ve yönetimi ile ilgilidir. Bu çalışma, talep belirsizliği altında çok dönemli bir optimizasyon problemi ele almaktadır. Bu problem uzun vadeli kararlar, birden fazla ürünü işleyen depoların ve fabrikaların yeni kurulumları, genişletilmesi ve ortadan kaldırılmasını içerir. Belirsiz talep, bir müşterinin fabrikasında belirli hizmet seviyesini garanti eden emniyet stokunun optimum miktarını tanımlayarak ele alınmıştır. Buna ek olarak, dağıtım merkezleri ve müşteri bölgeleri için stok seviyelerini tanımlarken risk etkisi de dikkate alınmıştır. Özgün formülasyonun doğrusal olmayan yapısı nedeniyle, optimal çözümün kritik bir alt sınırını elde etmek için parça-bazlı bir doğrusallaştırma yaklaşımı uygulanır. Formülasyon birkaç endüstrinin kritik birime uyarlanabilir ve elektrik motorlarının tedarik zinciri örnek olarak burada verilmektedir.

Khalifehzadeh, Seifbarghy ve Naderi'nin [25] 2015 çalışması, Karşılaştırmalı Parçacık Sürüsü Optimizasyonu adı verilen sezgisel bir algoritma ile lojistik ağ tasarımı ile ilgilidir. Çalışmada, çok tedarikçi, birden fazla üretici, birden fazla distribütör ve birden çok müşteri içeren dört kademeli bir tedarik zinciri yapısı tasarlanmıştır. Amaçlar, tüm tedarik zinciri unsurlarının toplam işletme maliyetlerini en aza indirmek ve sistemin güvenilirliğini en üst düzeye çıkarmaktır. Farklı güvenilirlik oranlarına sahip bir dizi ulaşım sistemi düşünülmektedir. Makale, problemi matematiksel olarak karışık bir tamsayı doğrusal programlama modeli olarak formüle etmektedir. Sorunun büyük boyutlu örneklerini çözmek için, çalışma karşılaştırmalı parçacık sürüsü optimizasyonu adlı yeni bir sezgisel algoritma önermektedir. Bu algoritma, üretilen çözümleri karşılaştırmak ve daha kötü çözümler üretmekten kaçınmak için bir mekanizma kullanmaktadır. Farklı sayısal deneylerin sonuçları önerilen sezgisel yöntemin etkililiğini onaylamaktadır. Problem, küçük boyutlu problemlerin optimalliği için çözülmüştür. Büyük boyutlu problemler için önerilen metasezgiseller kullanılmıştır. Model ve algoritmaları değerlendirmek için, küçük ve büyük ölçekli örneklerden oluşan onar set

oluşturulmuştur. Sonuçlar, karşılaştırmalı parçacık sürü optimizasyonunun problem için etkili olduğunu göstermiştir. Gelecek çalışmalarda karşılaştırmalı parçacık sürü optimizasyonu ve ayrıcalıklı komşu arama optimizasyonunun karşılaştırılmasının ilginç olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, müşterinin talepleri ve ulaşım güvenilirlik oranları gibi modelin bazı parametreleri için belirsizlik de varsayılabilir olduğu söylenmiştir.

Pop, Pintea, Sitar ve Hajdu-Măcelaru [26], 2015’de, sezgisel bir algoritma ile tedarik zinciri ağı tasarım problemi üzerinde çalışmışlardır. Bu makale, kamu sektöründe ortaya çıkan sürdürülebilir bir tedarik zinciri ağı tasarım problemi ile ilgilidir. Sorunun karmaşıklığı nedeniyle, geliştirilmiş klasik sezgisel algoritmalarla oluşan verimsiz Ters Dağıtım Sistemi önerilmektedir. Geliştirilen yaklaşımlar test edilmiş ve 10 ila 50 dağıtım merkezi ve 10 ila 100 müşteri arasında, literatür bazında karşılaştırma örneklerinde umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların istatistiksel geçerliliğini doğrulamak için t-testi analizi yapılmıştır.

Zohal ve Soleimani [27], 2016 yılında kapalı çevrimli yeşil tedarik zinciri ağı tasarımı problemi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmalarını yürütürken metasezgisel algoritma kullanmışlardır. Vaka analizinin 7 katmanlı şebekesi için yeni bir çözüm yaklaşımı uygulanmış ve araştırılan tedarik zincirinin mevcut zorluklarını çözmek için çözümler elde edilmiştir. Bu makale, altın endüstrisindeki çok amaçlı bir lojistik modelinin verimli bir metasezgisel algoritma ile nasıl oluşturulabileceğini ve çözülebileceğini ele almaya çalışmaktadır. Önerilen algoritmanın performansı, rasgele veriler ve gerçek dünya örneklerine dayalı çeşitli sayısal örnekler aracılığıyla LINGO yazılımının optimum çözümleri ile karşılaştırılmıştır. Değerlendirme çalışmaları önerilen modelin pratik ve uygulanabilir olduğunu ve gelişmiş algoritmanın güvenilir ve verimli olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, seçilen tedarik zincirinin düzenleyicilerine uygun değişiklikleri sunma açısından modelin ve çözüm yaklaşımının yönetsel etkilerini ispatlamaktadır. Ayrıca, algoritma için uygun parametrelerin kullanılmasını sağlamak için Taguchi tabanlı bir parametre ayarı yapılmaktadır. Bu makalede, tüm parametreler deterministik olarak kabul edilirken gerçek dünyada bazı parametreler talep ve fiyat gibi stokastiktir. Önerilen yeşil tedarik zinciri, gerçek ihtiyaçlara dayalı daha karmaşık birçok katmanlı modele ve diğer yeşil yaklaşımlara genişletilebileceği makalede belirtilmiştir. Çözüm yönteminin performans araştırması, çapraz entropi veya simülasyon tabanlı optimizasyon teknikleri gibi diğer yeni çözüm metodolojileri ile değerlendirilebilir olduğu belirtilmiştir.

Bordin, Gordini ve Vigo'nun [28], 2016 yılındaki çalışması bölgesel ısıtma sistemi planlamasını desteklemek için geliştirilen stratejik ağ tasarımı ile ilgilidir. Burada amaç, var olan bir termal ağa bağlanacak optimum yeni kullanıcı kümesini seçmek, gelirleri en üst düzeye çıkarmak ve altyapı ve operasyonel maliyetleri en aza indirmektir. Model, hidrolik sistemin kararlı durum koşullarını dikkate alır ve gerçek dünya uygulamasının ana teknik gereksinimlerini dikkate almaktır. Çözüm yöntemi doğrusal programlama optimizasyonudur. Gerçek ve rasgele oluşturulmuş karşılaştırma verileri ve ağlar üzerindeki sonuçlar tartışılmıştır.

Yi, Huang, Guo ve Shi [29] 2016'daki çalışmalarında bu konuda bir perakendeci odaklı kapalı döngü tedarik zinciri ağı tasarımı incelemişlerdir. Bu çalışmada, model, ters lojistik içeren bir hibrit model şeklindedir. Çin'deki bir hedef inşaat makinesi yeniden üretim firmasıyla ilgili gerçek hayatta bir vaka çalışması yapılan bu araştırmada, önerilen modelin farklı işlev merkezlerinin yerini başarıyla belirleyebileceğini ve kullanılmış ürünlerin, çeşitli bileşenlerin ve yeniden üretilmiş ürünlerin akışlarını yönetebileceğini doğrulamaktadır.

Dondo, Méndez [30], son yıllarda önemi gittikçe artan geri dönüşüm konusu üzerinde yaptıkları 2016 yılındaki çalışmalarında yeniden üretim ve dağıtım faaliyetlerini incelemiş ve modellemişlerdir. Makalede bu ağ yapısı için en uygun çözüm aranmış ve bu ayrışmaları dikkate alan bir yaklaşım ile gerçekleştirilmiştir. Yapı, dağıtım merkezlerinde bulunan FTL kamyon taşımacılığı ile büyük miktarda kargonun boşaltılmasıyla daha küçük kamyonlarla dağıtımına izin verilmesi, kamyon kapasitelerinin etkin bir şekilde kullanılması yoluyla nakliye masraflarının düşürülmesini sağlayan bir yapıdır. Gerçek bir vaka analizi ile hesaplamalar yapılmıştır. Model oldukça karmaşık olmasına karşın verilen algoritma ayarlarıyla çözümler makul CPU zamanlarında elde edilmiş ve % 10'dan daha düşük bir boşluk göstermektedir. Bu boşluk, araç turlarında sabit maliyetlerin ağırlığına bağlı görünmektedir. Çalışma sonucunda bazı önerilerde de bulunulmuştur. Örneğin, operasyonel maliyetleri düşürmek için müşterilere birden fazla ziyaret seçeneği (bölünmüş alım ve / veya teslimat) araştırılmalı ve yakın zamanda imal edilen ürünlerden dolayı üretim tesislerinde zamanla değişen envanter stoku konularının modele katılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Naderi ve Pishvae [31] 2017 yılındaki çalışmalarında tedarik zinciri ağ tasarımı konusuna belirsizlikleri içerisine katarak yaklaşmışlardır. Bu makalede, entegre su temini ve atık su toplama sistemlerinin tasarımı için karma senaryo tabanlı ve olasılıklı iki

aşamalı stokastik programlama modeli öngörülmüştür. Bu modeli Bezdek bulanık kümeleme yöntemi ve Bender ayrışma yöntemi kullanarak çözüme kavuşturmuşlar ve sonuçlarını sunmuşlardır. Uygulanan Bender ayrıştırma algoritmasının yakınsamasını hızlandırmak için, farklı hızlandırma teknikleri, özellikle yerel dallanma yöntemi kullanılmıştır.

Badri, Ghomi ve Hejazi [32] 2017 yılındaki çalışmalarında, mevcut iş dünyasındaki hemen hemen tüm şirketler için nihai hedef olan değer artırma konusunu ele almıştır. Bu araştırma, bir tedarik zincirinin tüm bölümlerinin şirketin toplam değerinin artacağı şekilde yapılandırıldığı ve kontrol edildiği, değer temelli tedarik zinciri ağı tasarımı için iki aşamalı bir stokastik programlama modeli geliştirmiştir. Önerilen model, taktiksel ve stratejik karar verme için üç kademeli, çok ürünlü ve çok dönemli bir modeldir. Ayrıca, önerilen yaklaşımın performansını değerlendirmek için kapsamlı bir hesaplama analizi yapılmıştır. Sonuçlar, geliştirilen çözüm prosedürünün, küçük ve orta ölçekli sorunlar ve büyük ölçekli bazı sorunlar için makul bir süre içinde doğru bir çözüm bulabileceğini göstermiştir. Bu nedenle gelecekteki araştırmalar için olası bir yön, daha büyük boyutlu örneklemeler temelinde bir çözüm yöntemi geliştirmek olabileceği ve değer temelli yaklaşımın kapalı döngü tedarik zinciri ağına uygulanmasının daha karmaşık bir ağ yapısıyla gelecekteki çalışmalar için ilginç bir yön olarak düşünülebileceği sunulmuştur.

Lima, Relvas ve Barbosa-Póvoa [33] 2018 yılında çalıştıkları bu makalelerinde rafine edilmiş ürünlerin dağıtım problemini en iyi şekilde çözmek için çok aşamalı stokastik programlama geliştirmişlerdir. Stokastik model, petrol fiyat ve talebindeki belirsizliği etkili bir şekilde ele almak ve göstermek için, senaryo ağacı analizinin yanı sıra zaman serisi analizine de dayanmaktadır. ARIMA (autoregressive integrated moving average) metodolojisi, yani birleştirilmiş otoregresif hareketli ortalama modeli, gelecekteki sonuçları sağlamayı amaçlayan rasgele parametrelerin zaman serilerini incelemek için araştırılmıştır. Bunlar daha sonra senaryo temelli yaklaşımda kullanılmıştır. Tasarlanan metodoloji büyük ölçekli bir optimizasyon problemine yol açtığından, problem boyutunu azaltmak ve hesaplama performansını arttırmak için senaryo azaltma yaklaşımı kullanılmıştır. Stokastik modelin uygulanabilirliğini doğrulamak için kullanılan Portekiz'in akaryakıt tedarik zincirine dayanan vaka çalışmasını yapılmıştır. Sonuçlar, belirsizlik bulunan büyük ve karmaşık problemler için tasarlanmış yaklaşımın performansını ortaya koymuştur. Gelecekteki çalışmalar için önerilen yaklaşım, ürün fiyat ve talebi, ulaşım vergileri, süreç verimleri gibi diğer belirsizlik kaynaklarını

giderecek şekilde genişletmektir. Buna ek olarak, stokastik modellerin yanı sıra dinamik modellerin de geliştirilebileceği çalışmada önerile kısmında söylenmektedir.

Quddus, Chowdhury, Marufuzzaman, Yu ve Bian [34] 2018 yılındaki çalışmalarında, biyolojik yakıt tedarik zinciri ağında hammadde mevsimselliklerinden kaynaklanan belirsizlikleri içerisine alan, iki aşamalı olasılığa dayalı, stokastik programlama modeli sunmaktadır. Olasılık kısıtlaması, yüksek ihtimalle Belediye Katı Atıkların (MSW) biyo-yakıt üretimi için kullanılmasını sağlamaktadır. Önerilen optimizasyon modelini çözmek için, hibrit bir örnek ortalama yaklaşım algoritması kullanılmıştır. Modelleme sonuçlarını görselleştirmek ve doğrulamak için Mississippi eyaletini bir test alanı olarak kullanmışlardır. Hesaplamalı deneylerimiz, MSW kullanımının biyo-yakıt tedarik zinciri ağı performansı üzerindeki etkileri hakkında bazı duyarlı sonuçlar ortaya koymaktadır. Önerilen modelin, genel tedarik zinciri ağının maliyetini azaltmak ve aynı zamanda ulus çapında biyo-yakıtlar için enerji talebini tatmin etmek için MSW'nin diğer besleme stoğu türleriyle kullanımının arttırılmasına yardımcı olabileceği görüşü sunulmuştur.

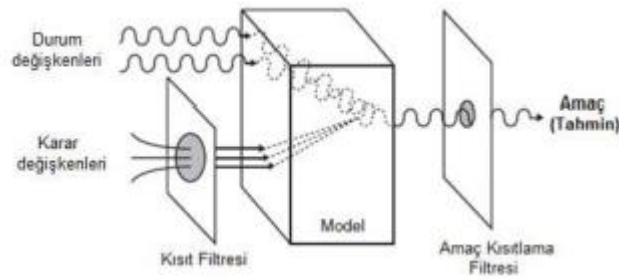
Bu çalışmalardan yola çıkarak tedarik zinciri ağ tasarımı konusundaki çalışmalarda genellikle MILP (mixed integer linear programming), stokastik programlama ve meta sezgisel yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür. Buradan hareketle bu çalışmada da stokastik programlama ve genetik algoritma kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca çalışmalarda kullanılan temel parametreler ve değişkenler değerlendirilmiş. Bunlara ek olarak farklı değişkenler ve parametreler de eklenerek kapsamlı bir çalışma sunmak amaçlanmıştır.

ÇALIŞMADA KULLANILAN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Bu bölümde çalışmada kullanılan çözüm yöntemlerine ayrıntılı olarak yer verilmiştir. İlk önce stokastik programlama problemlerine değinilmiş daha sonra genetik algoritmalar hakkında bilgi verilmiştir.

4.1 Stokastik Programlama

Belirsizlik, birçok karar verme probleminde önemli bir bileşen durumundadır. Yıllar boyunca belirsizliği matematiksel modellere entegre etmek için yöntemler aranmıştır. Bu çalışmalarda genellikle olasılıklı modeller incelenmiştir. Bu tip yaklaşımlarda, olası çıktıların ortalaması ya da olayların oluşma olasılıklarının modele katılması ile amaç fonksiyonu ve kısıtlar modellenmiştir (Soner Kara [35]).



Şekil 4.1 Stokastik programlamanın optimizasyon modeli (Ayaz [36])

Stokastik modellerin optimizasyonu, deterministik modellere göre oldukça zordur. Stokastik programlamada verilen kısıtlar altında ve amaç fonksiyonuna dayanarak optimal karar stratejisi belirlenmeye çalışılır. Aynı zamanda probleme ait belirsizlikler hesaba katılır. (Birge ve Louveaux [37]). Bu belirsizlikler parametrelerin kesin olarak belirlenmesinin mümkün olmadığı ya da zor olduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır.

Gerçek hayatta belirsizlikler daha çok olduğundan stokastik programlama modelleri gerçeği deterministik modellere göre daha iyi yansıtır.

4.1.1 Temel Kavramlar

Problemlerde birçok parametre belirsiz olabilmektedir. Bu yüzden bu parametreler, rassal değişkenler olarak tanımlanmaktadır. Belirsizlik, rassal deneyler sonucunda elde edilen ve ω ile gösterilen çıktılar ile ifade edilmektedir. Bütün çıktıların kümesi Ω ile ifade edilir. Ayrıca bu çıktıları tam olarak belirlemekten ziyade bu çıktıların rassal değişkene olan etkisinin bulunması önem taşımaktadır (Birge ve Louveaux [37]).

Bu çıktılar olay olarak ifade edilen Ω 'nin altkümesi olarak toplanabilir. Toplanmış rassal olaylar kümesi A olarak ifade edilir. Her $A \in \mathcal{A}$ olayı, $P(A)$ olasılık değeri ile ilişkilendirilmiştir ve $0 \leq P(A) \leq 1$, $P(\emptyset) = 0$, $P(\Omega) = 1$ ve eğer $A_1 \cap A_2 = \emptyset$ ise $P(A_1 \cup A_2) = P(A_1) + P(A_2)$ dir.

(Ω, \mathcal{A}, P) , birçok koşulu sağlaması gereken bir olasılık uzayı olarak ifade edilmektedir (Birge ve Louveaux [37]).

Stokastik programlamada, Ω ile yakından ilişkisi olan rassal değişkenlerin tanımlanması için $\omega \in \Omega$ çıktıları kullanılır ve genellikle bu çıktılar 'senaryo' olarak isimlendirilir. Tüm rassal değişkenler birleşik olarak sonlu sayıda olan birçok senaryoya bağlı durumdadırlar. Çoğu zaman Ω ve \mathcal{A} 'yı tamamıyla oluşturmak oldukça zor olmaktadır. Bu nedenle sadece rassal değişkenler ile ilgili bilgiye sahip olmak yeterli olmaktadır. Herhangi bir rassal ξ değişkeni için kümülatif dağılım, $F_\xi(x) = P(\xi \leq x)$ ya da tam olarak $F_\xi(x) = P(\{\omega | \xi \leq x\})$ şeklinde tanımlanabilir. Bu durum için iki ana rassal değişken düşünülebilmektedir. Bu iki ana rassal değişken; kesikli rassal değişken, sürekli rassal değişkendir (Birge ve Louveaux [37]).

Kesikli rassal değişken, sayılabilir ve sınırlı sayıda farklı değerlerden oluşmaktadır. Bu rassal değişkenlerin için olasılık dağılımı $\xi^k, k \in K$ şeklinde tanımlanır. Bu doğrultuda olasılık değeri de $f(\xi^k) = P(\xi = \xi^k)$ ve $\sum_{k \in K} f(\xi^k) = 1$ 'dir (Birge ve Louveaux [37]).

Sürekli değişkenler genellikle yoğunluk fonksiyonu $f(\xi)$ ile ifade edilir. ξ rassal değişkenin $[a, b]$ aralığı için olasılık değeri $P(a \leq \xi \leq b) \int_a^b f(\xi) d\xi$ dir. Kesikli duruma zıt olarak, tek bir sürekli rassal a değerinin olasılık değeri $P(\xi = a)$ her zaman 0

olur. Rassal değişken için beklenen değer, kesikli durumda $\mu = \sum_{k \in K} \xi^k f(\xi^k)$ iken sürekli durumda $\mu = \int_{-\infty}^{+\infty} \xi dF(\xi)$ şeklinde bulunur (Birge ve Louveaux [37]).

4.1.2 Kararlar ve Aşamalar

Stokastik doğrusal programlama, bazı problemlerinin verilerinin belirsiz olduğu kabul edilen bir programlama modelidir. Bu modellerdeki veri belirsizliğinden kasıt, verilerin rassal değişkenler şeklinde ifade edilebilmesidir. Rassal değişkenlerin doğru olasılıksal tanımlarının; olasılık dağılımları, yoğunluk fonksiyonları ve olasılık ölçümleri ile yapılabileceği varsayılmaktadır. Genellikle birçok rassal değişken rassal deneyler gerçekleştirildikten sonra bilinir hale gelmektedir (Soner Kara [35]).

Karar aşaması ikiye ayrılır. Bu doğrultuda birinci aşama değişkenler, rassal deneyler yapılmadan önce verilir. İkinci aşama değişkenler ise rassal deneyler yapıldıktan sonra alınır.

Birinci aşama değişkenleri x vektörü ile ifade edilirken ikinci aşama değişkenleri y veya $y(\omega)$ ya da $y(\omega, x)$ ifade edilebilir. Olayların ve kararların sırası şu şekilde özetlenebilir: $x \rightarrow \xi(\omega) \rightarrow y(\omega, x)$ (Soner Kara [35]).

4.1.3 İki Aşamalı Stokastik Programlama

İki aşamalı stokastik programlama aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Ayaz, [36]):

$$\min z = c^T x + E_{\xi} [\min_q(\omega)^T y(\omega)] \quad (4.1)$$

$$Ax = b \quad (4.2)$$

$$T(\omega)x + Wy(\omega) = h(\omega) \quad (4.3)$$

$$x \geq 0, y(\omega) \geq 0 \quad (4.4)$$

Aşamalar arasında belirgin bir farklılık bulunmaktadır. Birinci aşamadaki değişkenler $n_1 \times 1, m_1 \times 1, m_1 \times n_1$ boyutlu c, b ve A 'dır. İkinci aşamada belirli bir sayıda rassal olaylar gerçekleşir ($\omega \in \Omega$). ω belirlendikten sonra ikinci aşamaya ait problem verileri sırasıyla $n_2 \times 1, m_2 \times 1, m_2 \times n_2$ boyutlu $q(\omega), h(\omega)$ ve $T(\omega)$ matrisleridir. q, T, h 'lerin her bir bileşeni de birer rassal değişkendir. İkinci aşama değişkenlerine ait stokastik veriler bir araya getirilirse

$N = n_2 + m_2 + (m_2 \times n_1)$ adet bileşenli $\xi^T(\omega) = (q(\omega)^T, h(\omega)^T, T_1(\omega)^T, \dots, T_{m_2}(\omega)^T)$ vektörü elde edilir. ω belirlendikten sonra q, T, h problem verileri biliniir hale gelir. Daha sonra ikinci aşama kararlarının alınmasına sıra gelir. y 'nin ω 'ye olan bağımlılığı q 'nin ω 'ye olan bağımlılığından çok farklıdır. Çok fazla fonksiyonel olmamakla beraber anlatılmak istenen y 'nin farklı ω 'ler altında aynı değeri almıyor olmasıdır. Yukarıda belirtilen amaç fonksiyonu deterministik bölümdeki değişkenler olan c^T, x ve tüm ω rassal olaylarının belirlenmesi ile oluşan ikinci aşama amaç fonksiyonun beklenen değerinden $(q(\omega)^T, y(\omega))$ oluşmaktadır. İkinci aşama terimi birinci aşama terimlerine göre daha zordur. Çünkü her bir ω için $y(\omega)$ değeri doğrusal programın çözümüdür. Bu duruma dikkat çekmek için genellikle deterministik eşdeğer programının notasyonu kullanılır. Her bir ω 'nin belirlenmesi için amaç fonksiyonu, $Q = (x, \xi(\omega)) = \min_y \{q(\omega)^T y | W = h(\omega) - T(\omega)x, y \geq 0\}$ olarak gösterilir. Sonra ikinci aşama beklenen değer fonksiyonu $Q(x) = E_\xi Q(x, \xi(\omega))$ olur ve deterministik eşdeğer program modeli aşağıdaki gibi gösterilir (Ayaz [36]):

$$\min z = c^T x + Q(x) \quad (4.5)$$

$$Ax = b \quad (4.6)$$

$$x \geq 0 \quad (4.7)$$

Stokastik programlamanın bu şekilde gösterimi, deterministik formülasyona göre farkın ikinci aşama değer fonksiyonunu ifade eder. Bu fonksiyon belirlendiği takdirde model sıradan bir deterministik modele dönüşür.

4.2 Genetik Algoritma

Bu bölümde genetik algoritması ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Genetik algoritmanın tanımı, tarihçesi, genetik algoritma terimleri hakkında bilgiler, temel çalışma prensibi, genetik algoritma operatörleri hakkında bilgiler, seçim, çaprazlama, mutasyon ve yeniden ekleme hakkında ayrıntılı bilgiler bu bölümde yer almaktadır.

4.2.1 Genetik Algoritmanın Tanımı

Genetik algoritma (GA) doğal seleksiyon ve doğal genetik kurallarına dayanan bir arama algoritmasıdır (Tuzkaya [38]). Bir başka tanıma göre; genetik algoritmalar, bir arama veya optimizasyon problemine, tam yada yaklaşık sonuç bulabilmek için kullanılan bir

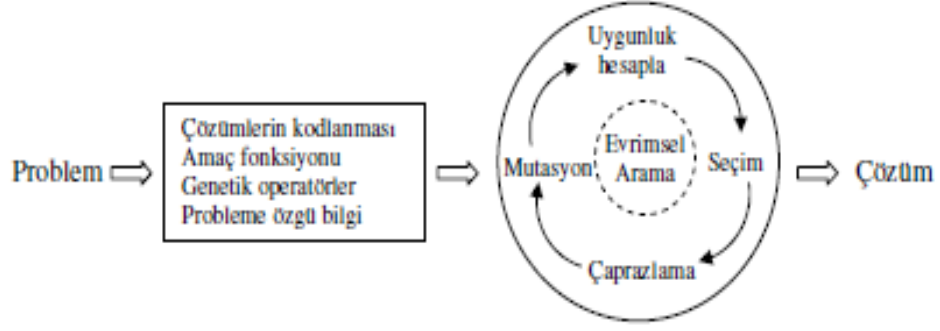
sezgisel optimizasyon tekniğidir. Evrimsel biyolojideki kalıtım, mutasyon, seçim ve çaprazlama gibi tekniklerden esinlenerek geliştirilmiştir. GA'lar çözüme en uygun çözümler ve potansiyel çözümler için popülasyonlar üzerinde çalışırlar ve üretilen her nesilde daha güçlü ve amaca hizmet eden sonuçlar elde ederek sonuca ulaşmaya çalışırlar. (Demirel [39])

Genetik algoritmalar geleneksel yöntemler ve tabu arama gibi bazı metasezgisel arama metotlarında olduğu gibi iyi bir sonuç elde edip daha sonra da onu geliştirmek için çok çalışmazlar. Bunun aksine çok fazla sonucu eş zamanlı ele alır ve her bir sonuçta çok az çalışırlar. Genetik algoritmayı da hızlı kılan tam da bu özelliğidir (Kuruca [40]).

Genetik algoritmalar doğada da geçerli olan en iyinin yaşaması kuralına dayanarak sürekli iyileşen çözümler üretmektedirler. Bunun için "iyi"nin ne olduğunun belirlenmesini sağlayan bir uygunluk fonksiyonu (fitness function) ve yeni çözümler üretmek için yeniden birleştirme (recombination), değiştirme (mutation) gibi operatörleri kullanır. Genetik algoritmaları diğer algoritmalarından ayıran bir diğer önemli olduğu bilinen özelliklerden biri de seçmedir. Genetik algoritmalarda çözümün uygunluğu onun seçilme şansını artırır ancak seçileceğini garanti etmez. Seçim de ilk grubun oluşturulması rastgeledir ancak bu rasgele seçimde seçilme olasılıklarını çözümlerin uygunluğu belirler.

Genetik algoritmalar, klasik optimizasyon algoritmalarından dört temel noktada ayrılır (Varlı [7]):

- 1) GA parametreler ile değil, parametre takımının kodlanmış halleri ile uğraşır.
- 2) GA aramaya tek bir noktada değil, bir nokta ailesinden başlar. Dolayısıyla yerel bir optimuma takılmadan çalışabilir.
- 3) GA amaç fonksiyonunun (objective function) türevlerini ve ek bilgileri değil, doğrudan amaç fonksiyonunun kendisini kullanır.
- 4) GA'da deterministik değil rastlantısal geçiş kuralları kullanılır.



Şekil 4.2 Genetik algoritma kullanarak problem çözme (Varlı [7])

4.2.2 Genetik Algoritmanın Tarihçesi

Genetik algoritma ilk olarak John Holland tarafından 1960 yıllarında öne sürülmüştür. Sonraki yıllarda Holland ve öğrencileri ve iş arkadaşları tarafından 1960'lar ve 1970'lerde geliştirilmiştir.

1985 yılında Holland'ın öğrencisi olarak doktorasını yapan David E. Goldberg adlı inşaat mühendisi 1989'da konusunda önemli bir yer tutan kitabını yayınlamaya kadar genetik algoritmaların pratik yararı olmayan bir araştırma konusu olduğu hakkında düşünceler vardı. Goldberg, GA'nın çok sayıda kollara ayrılmış gaz borularında, gaz akışını düzenlemek ve kontrol etmek için bir uygulamasını yapmıştır. Goldberg'in gaz boru hatlarının denetimi üzerine yaptığı doktora tezi ona sadece 1985 National Science Foundation Genç Araştırmacı ödülünü kazandırmakla kalmamış aynı zamanda genetik algoritmaların pratik kullanımının da olabirliğini kanıtlamıştır. Ayrıca kitabında genetik algoritmalara dayalı tam 83 uygulamaya yer vererek GA'nın dünyanın her yerinde çeşitli konularda kullanılmakta olduğunu göstermiştir. Günümüzde genetik algoritma, uzman sistemler ve yapay sinir ağları ile birlikte yapay zeka uygulamalarının ana araçlarından biri haline gelmiştir (Kuruca [40]).

4.2.3 Genetik Algoritma Terimleri Hakkında Bilgiler

Bu bölümde genetik algoritmanın terimleri: Gen, kromozom (birey), popülasyon, kodlama hakkında bilgi verilecektir.

4.2.3.1 Gen

Kalıtsal molekülde bulunan ve organizmanın karakterlerinin atamasında rol oynayan kalıtsal birimlere gen denir. Yapay sistemlerde gen, kendi başına anlamlı bilgi taşıyan en küçük birim olarak tanımlanır (Şeker [41]).

4.2.3.2 Kromozom (Birey)

Birden fazla genin birleşerek oluşturduğu diziye ise kromozom denir. Kromozomlar, alternatif aday çözümleri de göstermektedirler (Şeker [41]).

4.2.3.3 Popülasyon

Kromozomların bir araya gelerek oluşturdukları topluluğa ise popülasyon adı verilir. Popülasyon, geçerli alternatif çözüm kümesidir. Popülasyondaki birey sayısı (kromozom) çoğu zaman sabit tutulur. GA'da popülasyondaki birey sayısı ile ilgili genel bir kural bulunmamaktadır. Popülasyondaki kromozom sayısı arttıkça çözüme ulaşma süresi yani iterasyon sayısı azalır (Şeker [41]).

4.2.3.4 Kodlama

Kodlama GA'nın çok önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Probleme GA uygulanmadan önce verinin uygun şekilde kodlanması gerekmektedir. Kurulan genetik modelin hızlı ve güvenilir çalışması için bu kodlamanın doğru olması çok önemlidir. Aşağıda uygulamalarda kullanılan kodlama biçimlerine yer verilmiştir (Şeker [41]):

- Binary (İkili) Kodlama

İkili kodlama en çok kullanılan yöntemdir. İlk GA araştırmaları bu kodlama yöntemini kullanarak yapılmıştır. İkili kodlamada, her kromozom bit (0 veya 1) karakter dizilerinden oluşmaktadır. Ancak, bu kodlama çoğu problemin çözümü için uygun olamayabilir. Bunun için çeşitli problemlerde genetik algoritmanın etkin olarak kullanılabilmesi için başka çeşit kodlama yöntemleri geliştirilmiştir. Binary kodlama biçimi aşağıda gösterilmiştir.

Kromozom A: 101100101100101011100101

Kromozom B: 11111100000110000011111

- Permütasyon Kodlama

Permütasyon kodlama yöntemi genellikle gezgin satıcı problemi veya sıralama problemlerinde kullanılabilir. Permütasyon kodlamada, her kromozom sırada konum belirten numara dizisinden oluşur.

Kromozom A: 1 5 3 2 6 4 7 9 8

Kromozom B: 8 5 6 7 2 3 1 4 9

- Değer Kodlama

Gerçek sayılar gibi karmaşık değerlerin kullanıldığı problemlerde, ikili kodlama zor olmaktadır. Bu yüzden doğrudan değer kodlanması kullanılabilir.

Kromozom A: 1.2324 5.3243 0.4556 2.3293 2.4545

Kromozom B: ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGT

Kromozom C: (geri), (geri), (sağ), (ileri), (sol)

- Ağaç Kodlama

Ağaç kodlama genellikle evrimleşen program veya ifadeler için kullanılmaktadır. Örneğin genetik programlama için ağaç kodlamada her kromozom bazı nesnelerin ağacıdır. Ağaç kodlama, evrimleşen programlar veya ağaç şeklinde kodlanabilecek herhangi diğer yapılar için uygun olmaktadır.

4.2.4 Genetik Algoritmaların Çalışma Prensibi

Genetik algoritmanın çalışma prensibini anlatmak çalışmanın daha iyi anlaşılması için yerinde olacaktır. Genetik algoritmanın çalışma prensibi aşağıdaki yedi adımdan oluşmaktadır (Varlı [7]):

1. Adım: Olası çözümlerin kodlandığı bir çözüm grubu oluşturulur. Bu çözüm grubuna biyolojideki benzerliği dikkate alınarak popülasyon, çözümlerin kodları da kromozom olarak adlandırılır. Bu adıma popülasyonda bulunan birey sayısını belirleyerek başlanır. Bu sayı için herhangi bir standart yoktur. Genel olarak önerilen 100-300 aralığında bir büyüklüktür. Büyüklük seçiminde yapılan işlemlerin karmaşıklığı ve aramanın derinliği önemlidir. Popülasyon bu işlemde sonra rasgele oluşturulur.

2. Adım: Her kromozomun ne kadar iyi olduğu uygunluk fonksiyonuna göre bulunur. Bu fonksiyon işletilerek kromozomların uygunluklarının bulunması işlemine ise hesaplama (evaluation) adı verilir. Bu fonksiyon genetik algoritmanın beynini oluşturmaktadır. GA'da probleme özel olarak çalışan tek yer bu fonksiyondur. Çoğu zaman GA'nın başarısı bu fonksiyonun verimliliğine ve hassaslığına bağlı olmaktadır.

3. Adım: Bu kromozomları eşleyerek yeniden kopyalama ve değiştirme operatörleri uygulanır. Bu sayede yeni bir popülasyon oluşturulmuş olur. Kromozomların eşlenmesi kromozomların uygunluk değerlerine göre yapılır. Bu seçimi yapmak için rulet tekerleği seçimi, turnuva seçimi gibi çeşitli seçme yöntemleri vardır.

4. *Adım:* Yeni kromozomlara yer açmak için eski kromozomlar çıkarılır. Böylece sabit büyüklükte bir popülasyon sağlanır.

5. *Adım:* Tüm kromozomların uygunluk değerleri yeniden hesaplanır. Tüm kromozomlar yeniden hesaplanarak yeni popülasyonun başarisı elde edilir.

6. *Adım:* GA defalarca çalıştırılarak çok sayıda popülasyon oluşturulup hesaplanır. Eğer zaman dolmamışsa 3. adıma gidilir.

7. *Adım:* O ana kadar bulunan en iyi kromozom problemin sonucudur. Çünkü popülasyonların hesaplanmasında en iyi bireyler saklanmış, kötü bireyler elenmiştir.

4.2.5 Genetik Algoritma Operatörleri Hakkında Bilgiler

Bu bölümde genetik algoritmanın operatörleri: seçim, çaprazlama, mutasyon, yeniden ekleme hakkında bilgi verilecektir.

Seçim:

Seçim operatöründe çaprazlama için hangi bireylerin seçileceği belirlenir. Seçim, uygunluk değerini hesaplanarak popülasyondan uygunluk değeri düşük olan bireylerin elenmesi ve yerlerine uygunluk değerleri yüksek bireylerin konmasıdır. Uygunluk değeri; hangi bireyin sonraki topluluğa taşınacağını belirlemektedir. Bir dizinin uygunluk değeri, problemin amaç fonksiyonu değerine eşittir. Bir dizinin gücü uygunluk değerine bağlı olup iyi bir dizi, problemin yapısına göre maksimizasyon problemi ise yüksek, minimizasyon problemi ise düşük uygunluk değerine sahip olmalıdır (Varlı [7]).

Çaprazlama:

Elenen ebeveynler arasındaki kromozomların yer değiştirilerek yeni bireylerin oluşturulmasıdır. Bu eşleşme sonucunda oluşan yeni bireyler yani çocuklar ebeveynlerin karmaşık kromozomlarını taşımaktadırlar. Örneğin; 1. ebeveyn 'abcdef' kromozomuna sahip olurken 2. ebeveyn 'ABCDEF' kromozomuna sahip olsun; çocuğun taşıyabileceği kromozomlardan bir tanesi 'abcDEF' olabilir. Örneğimizdeki 'c' ve 'D' kromozomlarının yeri çaprazlama noktasını gösterir (Varlı [7]).

Genetik algoritmada ikili kodlama kullanıldığında belirlenen çaprazlama noktasından kromozomlar değiştirilerek yeni bireyler oluşturulmaktadır. Reel sayılar kullanıldığı durumda ise önceden belirlenen bir algoritma kullanılarak yeni bireyler oluşturulur. Bu

durumda çaprazlama değil rekombinasyon kelimesini kullanmak doğru olacaktır (Varlı [7]).

Eşleşme havuzu seçildikten sonra, bu operatör devreye girmektedir. Bu operatör rastgele eşleşme havuzundan kromozomları seçer. Sonra çaprazlama sayısı çaprazlama olasılığına göre yapılır (Varlı [7]).

Çaprazlama olasılığı: Çaprazlama olasılığı çaprazlamanın hangi sıklıkta yapılacağını belirten bir kavramdır. Eğer hiç çaprazlama yapılmazsa yeni bireyler eski bireylerin aynısı olarak kalır. Eğer bu çaprazlama olasılığı oranı %100 olursa yeni bireyler tamamıyla çaprazlama ile elde edilir. Çaprazlama eski bireylerden iyi tarafları alınarak elde edilen yeni bireylerin daha iyi olacakları umuduyla yapılır. Eğer çaprazlama yapılmayacaksa seçilen iki kromozom aynen gelecek jenerasyon için kopyalanmaktadır. Eğer çaprazlama yapılacaksa da seçilen iki kromozom rastgele bir noktadan kesilip iki kromozomun kesilen noktalarından itibaren genler yer değiştirir. Yer değiştiren bu kromozomlar potansiyel olarak yeni çocuk olmaya uygundur. Örneğin, 100100 ve 011110 zincirlerinin çaprazlama için seçildiğini kabul edersek gelişigüzel ayırtma noktası da 3 olsun. Bu durumda aşağıdaki çaprazlama durumu söz konusudur (Varlı [7]):

$$\begin{array}{ccc} 100100 & & 100110 \\ & \longrightarrow & \\ 011110 & & 011100 \end{array}$$

Çaprazlama sonunda yeni kromozomlar ise 10010 ve 01100 olacaktır. Çaprazlama işlemi yeni popülasyon büyüklüğü tamamlanıncaya kadar sürdürülür.

Mutasyon:

Re-kombinasyondan sonra bireyler küçük miktarlarda ve düşük olasılıkla değişime uğratılmaktadırlar. Bu değişime mutasyon denilmektedir. Bazı iyi kromozomların çaprazlama ve seçim aşaması sırasında kaybedilmiş olması mümkün olabilmektedir. Bu durumda yeni bireyin genlerinin rasgele değiştirilmesiyle kaybedilmiş olan iyi kromozomlar kurtarılabilir. Aşağıda orijinal bireylerdeki koyu ile gösterilmiş genler değişmiş bireyde yer değiştirmiştir (Varlı [7]).

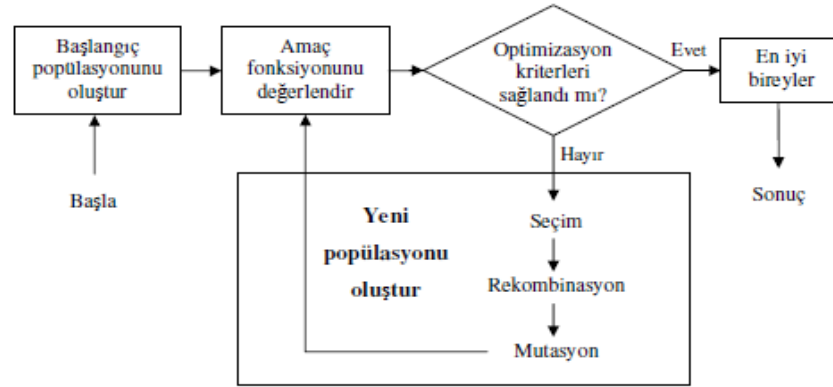
Orijinal Birey: 1100011000011110

Değişmiş Birey: 1100011100011110

Yeniden Üretim:

Popülasyondan en uygun değer farklı seçim operatörlerinden duruma en uygun olanının kullanılarak seçilmesidir. Yeniden üretim operatörü yardımı ile birey kromozomu gelecek jenerasyona katkı sağlaması için kopyalanır. Bu kopyalama işlemi kromozomun değerine bağlı olarak bulunan uygunluk fonksiyonu değerine göre yapılmaktadır. Her jenerasyonda, bu operatör iyi bireyleri seçer ve eşleşme havuzuna atar. Bu havuz da gelecek jenerasyonları üretmek için kullanılır. Yeniden üretim işlemi seçim operatörleri yardımıyla yapılabilmektedir. Bunlardan literatürde yaygın olarak kullanılanlar: Rulet tekeri ve Turnuva seçimidir (Varlı [7]). Bu seçim yöntemleri ileriki bölümlerde anlatılacaktır.

Şekil 4.3'te genetik algoritmanın yapısı görülmektedir. Burada anlatılan tüm operatörler genetik algoritmanın genel yapısını oluşturmaktadır.



Şekil 4.3 Genetik algoritmanın yapısı (Varlı [7])

4.2.6 Seçim

Seçim, yeni nesli oluşturmak için kullanılan bir genetik algoritma operatörüdür. Bunun için ilk adım uygunluk değerlerinin bilinmesidir. Seçim havuzunda yer alan tüm bireylerin uygunluk değerlerine göre seçim olasılıkları hesaplanır. Seçim sırasında karşılaştırmada kullanılan bazı terimlerden bahsetmek yerinde olacaktır (Varlı [7]):

Seçici baskı: En iyi bireyin diğer tüm bireylere göre olan seçilme olasılığıdır.

Eğilim: Bir bireyin normalize edilmiş uygunluk değeri ile beklenen üreme olasılığının farkıdır.

Yaylış: Bir bireyin çocuklarının sayısı için olası değerler aralığıdır.

Farklılaşma kaybı: Seçim aşamasında bir popülasyondaki seçilmeyen bireylerin oranıdır.

Seçim yoğunluğu: Normalize edilmiş Gaussian dağılımına bir seçim metodu uygulandıktan sonra popülasyonun beklenen ortalama uygunluk değeridir.

Seçim varyansı: Normalize edilmiş Gaussian dağılımına bir seçim metodu uygulandıktan sonra popülasyonun uygunluk dağılımının beklenen varyansıdır.

4.2.6.1 Sıra-Bazlı Uygunluk Ataması

Sıra-bazlı uygunluk atamasında, popülasyondaki bireyler amaç değerlerine göre sıralanırlar. Her bireye atanan uygunluk yalnızca o bireyin popülasyondaki sırasıdır. (Varlı [7]).

Sıra-bazlı uygunluk ataması, orantılamadan kaynaklanan problemleri çözer. Örneğin çok küçük değerlerde, uygunlukların çok yakın olması ve seçici baskının çok az olduğu durumlarda daha etkilidir. Üreme alanı sınırlıdır, bu sayede gereksiz yere fazla çocuk oluşturulmamış olur. Sıralama düzenli bir derecelendirme oluşturur ve seçici baskının kontrolü bu sayede basit ve etkili bir yolla sağlanır. Sıra-bazlı uygunluk tayini, orantılı uygunluk tayinine göre daha kesin sonuçlar sağlar (Varlı [7]).

4.2.6.2 Çok-Amaçlı Uygunluk Ataması

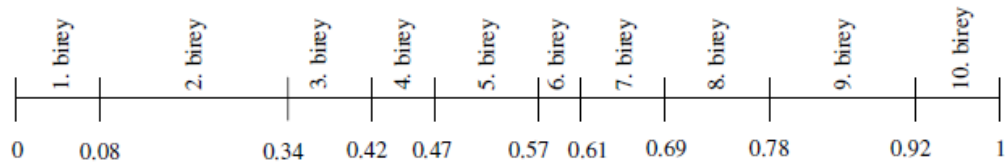
Orantısal ve sıra-bazlı uygunluk tayinleri bireylerin yalnızca tek amaç fonksiyon değerlerine sahip olduğu düşünülerek geliştirilmiştir. Ancak gerçek yaşamdaki çoğu problemde bir bireyin kalitesini değerlendirmek tek kritere bağlı değildir. Bir bireyin diğerine olan üstünlüğüne karar verirken ancak birçok kriter temel alınarak bir karara varılabilir (Varlı [7]).

Çok-amaçlı uygunluk ataması ve bununla beraber çok-amaçlı optimizasyon, N Amaç f_r , $r = 1, \dots, N$ Amaç kriterlerinin eşzamanlı minimizasyonu olarak düşünülebilir. f_r değerleri, bireylerin (karar değişkenleri) değişkenlerine bağlı olan amaç fonksiyonu tarafından belirlenir. Açıklayıcı bir örnek vermek gerekirse; ürünler üretilirken, üretim maliyetleri minimum tutulmalı ve aynı zamanda ürünler hızlı bir biçimde üretilmelidir. Üretim planlama sırasında çalışan makine sayısı ve tipi ile çalışan işçi sayısına bağlı olarak çok çeşitli çözümler geliştirilebilir. Amaç fonksiyonu tarafından belirlenen f_1 üretim maliyeti ve f_2 üretim zamanı kriterleri, her çözüm için bir değerlendirme kriteri olarak ortaya çıkmaktadır (Varlı [7]).

4.2.6.3 Rulet Tekerleği Seçimi

Bu seçim tekniği stokastik örnekleme olarak da adlandırılır. En basit seçim yöntemi olan rulet tekerleği seçimi bir stokastik algoritmadır. Daha iyi kromozomlar, daha fazla seçilme olasılığına sahip olanlardır. Popülasyondaki tüm kromozomların yerleştirildiği bir rulet tekerini düşünüldüğünde bu rulet tekeri üzerindeki kromozomun yerinin boyutu kromozomun uygunluğuyla orantılı olduğu bilinmelidir. Daha uygun olan kromozom daha geniş bir kısma sahip olur (Şeker [41]).

Bir başka şekilde anlatmak gerekirse, her bireyin uygunluk değeri bir çizgi boyunca çizildiğinde ilgili bireyin bütün çizgideki oranı, o bireyin uygunluk değerinin tüm bireylerin toplam uygunluk değerlerine olan oranını vermektedir. 0 ile elde edilen çizginin boyu aralığında rassal bir sayı üretildiğinde bu sayı hangi bireye denk geliyorsa o seçilir. Bu birey çizgiden çıkartılır ve bu işleme istenen sayıda birey seçilene kadar devam edilir. Bu teknik dilimleri uygunluk değerleriyle orantılı olan rulet tekerleğine benzetilebileceği için bu adı almıştır (Varlı [7]).



Şekil 4.4 Rulet tekerleği örneği (Varlı [7])

Yukarıdaki şekilde 10 bireye ilişkin rulet tekerleği seçimi gösterilmiştir. Aşağıdaki çizelgede ise 10 bireyin seçilme olasılıkları ve lineer sıralamaları gösterilmiştir (Varlı [7]).

Çizelge 4.1 Seçilme olasılıkları ve uygunluk değeri (Varlı [7])

Birey	2	9	5	8	10	1	3	7	4	6
Uygunluk Değeri	165	85	60	60	50	48	48	48	35	25
Seçilme Olasılığı	0,26	0,14	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,04

0-1 aralığında rassal sayılar ürettiğimizde, aşağıdaki değerlerin geldiğini varsayalım:

0.48, 0.77 ve 0.35

Bu durumda seçilen bireyler; 5. birey, 8. birey ve 3. birey olacaktır.

Rulet tekerleği seçim yöntemi sıfır eğilim sağlar, fakat minimum yayılışı garanti etmeyebilir. Minimum yayılış için seçilen birey çıkartılarak işleme devam etme yoluna gidilebilir.

4.2.6.4 Yerel Seçim

Yerel seçim tekniğinde her birey yerel komşuluk denilen kısıtlı bir evre içinde yer almaktadır. Diğer seçim metotlarında seçim havuzu veya komşuluğu tüm popülasyonu veya alt popülasyonu kapsarken yerel seçimde bireyler bu alandaki bireylerle etkileşim halindedirler. Komşuluk, popülasyonun yayıldığı yapıda tanımlanmıştır. Komşuluk potansiyel olarak iftleşebilecek eşlerden oluşan grup olarak görülebilir. İlk adım, eşleme popülasyonunun ilk yarısının rassal olarak (veya stokastik genel örnekleme, budama seçimi gibi diğer metotlardan biri kullanılarak) seçilmesidir. Her bir seçilecek birey için bir yerel komşuluk tanımlanır. Komşuluk içinden iftleştirilecek eşler en iyi, uygunluk orantılı veya rassal olarak seçilir. (Varlı [7]).

Bu yöntemle ilgi aşağıdakiler söylenilebilir:

- Popülasyondaki bireyler arasında “mesafe bazlı izolasyon” söz konusudur. Komşuluk küçüldükçe izolasyon mesafesi artar.
- Komşuluğu boyutu popülasyondaki bireyler arasındaki bilgi çoğalmasının hızını belirler, böylece popülasyondaki hızlı çoğalma veya yüksek farklılaşmaya karar verilmelidir.

4.2.6.5 Turnuva Seçimi

Turnuva seçimi popülasyon hakkında büyük bir bilgiye ihtiyaç duymayan ve oldukça kullanışlı bir seçim operatörüdür. Turnuva seçimi sadece iki bireyi karşılaştıracak bir sıralama bağıntısına dayanmaktadır. Dolayısıyla uygulanması kolay ve hızlıdır. Turnuva seçimi, sıralama yöntemi gibi mutlak uyuma değil sadece bağıl uyuma bakmaktadır. Bu yüzden uyum fonksiyonunun transpozisinin alınması durumunda sonuçlar değişir (Kuruca [40]).

Turnuva seçiminde bir bireyin seçilmesi aşağıda belirtilen faktörlere dayanır (Kuruca [40]):

- Popülasyondaki sırasına bağlıdır. Fakat bu tüm popülasyonu sıralamadan tahmin edilmektedir.

- Turnuva sayısı olan k değerine bağlıdır. Çünkü turnuvaya dahil edilen birey sayısı arttıkça turnuvanın sonucunda daha büyük uyuma sahip bireylerin çıkma olasılığı artarken daha az uyuma sahip bireylerin çıkma olasılığı azalmaktadır.
- Turnuvanın en uygun bireyinin seçilme ihtimali olan p olasılığına bağlıdır. Bu genelde deterministik sistemlerde $p=1$ olarak alınır. Stokastik sistemlerde ise $p<1$ olarak alınır. Bu durumda seçim baskısı daha azdır.

4.2.7 Rekombinasyon (Çaprazlama)

Rekombinasyon, iki veya daha fazla ebeveyn bilgilerinin birleştirilerek yeni bireylerin üretilmesidir. Bu üretim, ebeveynlerin değişken değerlerinin birleştirilmesi yoluyla sağlanır. Değişkenlerin temsil edildikleri biçime göre farklı çaprazlama metotları kullanılmalıdır. Bu metotların her biri hem tam sayılı hem de reel sayılı değişkenlere uygulanabilmektedir (Varlı [7]).

4.2.7.1 Tüm Gösterimler – Ayrık Rekombinasyon

Ayrık rekombinasyon bireyler arasında değişken değerlerinin değişimini gerçekleştirir. Her pozisyon için çocuğun oluşmasına katkıda bulunan ebeveyn eşit olasılıkla rassal olarak seçilir. Ayrık rekombinasyon ebeveynler tarafından tanımlanmış olan hiperküpte köşeler oluşturur (Varlı [7]).

$$Var_i^0 = Var_i^{p_1} a_i + Var_i^{p_2} (1 - a_i) \quad i \in (1, 2, \dots, N_{var}) \quad (4.8)$$

Aşağıda 3 değişkenli iki birey örnek olarak verilmiştir:

1. birey 8 12 47

2. birey 5 136 26

Her değişken için çocukların oluşumuna değişkeniyle katkıda bulunacak olan ebeveynin seçilmesi eşit olasılıkla ve rastsaldır.

1. örnek 2 1 2

2. örnek 1 1 2

Rekombinasyondan sonra yeni bireyler oluşturulmuş olur:

1. çocuk 5 12 26

2. çocuk 8 12 26

Ayrık rekombinasyon her türlü değişkene sahip bireylere uygulanabilir (ikili, tam sayılı, reel)

4.2.7.2 Reel Değerli Rekombinasyon

Bu bölümdeki rekombinasyon yöntemleri reel değerli değişkenlere sahip olan bireylere uygulanabilir yöntemlerdir.

Ara Rekombinasyonu: Çocukların değişken değerleri ebeveynlerin değişken değerlerinin etrafından ve arasından seçilirler. Çocuklar aşağıdaki kurala göre oluştururlar (Varlı [7]):

$$Var_i^0 = Var_i^{p_1} a_i + Var_i^{p_2} (1 - a_i) \quad i \in (1, 2, \dots, N_{var}) \quad (4.9)$$

$a_i \in [-d, 1 + d]$ rassal olarak, $d = 0,25$, a_i her yeni i için.

a her değişken için $[-d, 1+d]$ aralığından rassal olarak yeniden seçilen boyutlandırma faktörüdür.

d parametresinin değeri ise olası oluşabilecek çocuklar için alanın boyutunun ne kadar olduğunu ifade etmektedir. $d = 0$ değeri çocukların ebeveynlerin alanıyla aynı boyuta sahip olduğunu ifade eder. $d = 0.25$ değeri çocukların ebeveynler tarafından genişletilen alanla aynı alana sahip olacaklarını istatistiksel olarak garanti eden bir değerdir.

Aşağıdaki 3 değişkenli iki bireyi örnek olarak alacak olursak:

1. birey 8 12 47

2. birey 5 136 26

Bu örnek için seçilmiş olan a değerleri:

1. örnek 0.6 1.2 -0.3

2. örnek 0.2 0.8 0.4

Hesaplanan yeni bireyler aşağıdaki gibidir:

1. çocuk 6.2 160.8 53.3

2. çocuk 7.4 111.2 38.6

Çizgi Rekombinasyonu: Bu yöntem de ara rekombinasyonu yöntemine benzemektedir. Buradaki fark tüm değişkenler için aynı a değerinin kullanılıyor olmasıdır (Varlı [7]).

Aşağıda verilen 3 değişkenli iki bireyi örnek olarak alacak olursak:

1. birey 8 12 47

2. birey 5 136 26

Bu örnek için seçilmiş olan a değerleri:

1. örnek 0.6

2. örnek 0.2

Hesaplanan yeni bireyler aşağıdaki gibidir:

1. çocuk 6.2 86.4 34.4

2. çocuk 7.4 36.8 42.8

Genişletilmiş Çizgi Rekombinasyonu: Çocukları ebeveynlerin değişken değerleri tarafından tanımlanmış olan bir çizgi üzerinde oluşturur. Ancak, genişletilmiş çizgi rekombinasyonu yönteminde ebeveynlerinin çizgileri arasında ve dışarısındaki küçük bir alanla sınırlandırılma vardır. Ebeveynler yalnızca olası çocukların hangi çizgide oluşturulabileceğini tanımlar. Olası çocuklar için alanın boyutu, değişkenler tarafından tanımlanmıştır. Bu olası alan içinde çocuklar rassal olarak dağıtılmamıştır. Çünkü çocukların ebeveynlerine yakın yerlerde oluşturulma olasılığı yüksektir. Çok düşük bir olasılıkla bazen çocuklar ebeveynlerinden uzak bir yerde oluşturulurlar. Eğer ebeveynlerin uygunluk değerleri elimizde bulunuyorsa, o zaman çocuklar daha ziyade iyi olan ebeveyn yönünde oluşturulur. Buna da yönlendirilmiş genişletilmiş çizgi rekombinasyonu denir. Bu yöntemde çocuklar aşağıdaki kural ile oluşturulurlar (Varlı [7]).

$$Var_i^0 = Var_i^{p1} + a_i * s_i * r_i * \frac{Var_i^{p2} - Var_i^{p1}}{\|Var^{P1} - Var^{P2}\|} \quad i \in (1, 2, \dots, N_{var}) \quad (4.10)$$

$a_i = 2^{-ku}$, k : mutasyon kesinliği, $u \in [0, 1]$ rassal olarak,

a_i tüm i 'ler için özdeş,

$r_i = r$. Domain

r = Rekombinasyon adım aralığı

$s_i \in \{-1, +1\}$, rassal olarak: yönlendirilmemiş rekombinasyon,

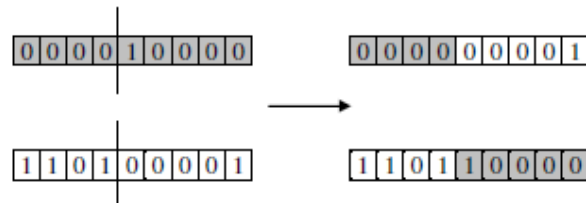
$y > 0.5$ olasılığı ile $+1$: yönlendirilmiş rekombinasyon,

Çocukların oluşturulması reel değerli değişkenlere uygulanan mutasyon operatörüyle benzetilmektedir. a parametresi göreceli adım-boyutu, r parametresi maksimum adım-boyutu ve s parametresi rekombinasyon adımının yönü olarak ifade edilir. k parametresi rekombinasyon adımlarının oluşturulması için kullanılan kesinliği ifade eder. k 'nın tüm değerleri için a 'nın maksimum değeri $a=1$ ($u=0$)'dir. a 'nın minimum değeri ise k 'ya bağlıdır ve $a=2-k$ ($u=1$)'dir. Kesinlik değeri için değerler 4 ile 20 arasındaki alanda olmaktadır (Varlı [7]).

4.2.7.3 İkili Değerli Çaprazlama

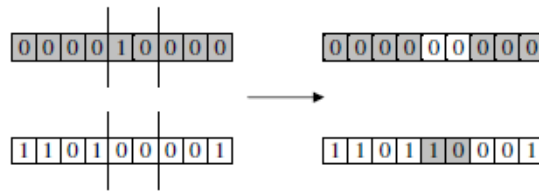
Bu bölümde ikili değerli çaprazlama metotlarından bahsedilecektir. İkili değişkenlerin rekombinasyonu sırasında bireylerin parçaları değiş tokuş edilir. Parçaların sayısına yani çaprazlama noktalarının sayısına bağlı olarak metotlar oluşmuştur.

- Tek noktalı çaprazlama: Bu yöntemde tek bir çaprazlama noktası bulunmaktadır. Ebeveynler bu noktadan değiş tokuş edilirler ve iki yeni birey oluşturulmuş olur.
- İki noktalı çaprazlama: Rassal olarak iki çaprazlama pozisyonu seçilir ve çaprazlama bu noktalar etrafında olur. Sonra iki yeni çocuk elde edilir (Tuzkaya [38]).



Şekil 4.5 Tek noktalı çaprazlama örneği (Tuzkaya [38])

- Çok noktalı çaprazlama için, n tane çaprazlama noktası rastgele seçilir. Bu seçilen noktalarından değişkenler değiş tokuş edilerek çaprazlama gerçekleştirilir. Aşağıda çaprazlama noktası 2 iken çaprazlama nasıl gerçekleştirildiği gösterilmiştir (Tuzkaya [38]).



Şekil 4.6 Çok noktalı çaprazlama örneği (Tuzkaya [38])

- Düzenli çaprazlama yöntemi: Her değişken için çocuğun değişkenine katkıda bulunan ebeveynleri aynı olasılıkla rassal olarak seçilir. Burada 1. çocuk, eğer ilgili parçanın değeri 1 ise 1. ebeveynin parçası, 0 ise 2. ebeveynin parçası alınarak oluşturulur. Bu yöntemin örneği de aşağıda verilmiştir (Varlı [7]):

1. örnek 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0

2. örnek 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 1

Çaprazlamadan sonra yeni bireyler oluşur:

1. çocuk 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1

2. çocuk 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0

- Karışık çaprazlama yöntemi: Düzenli çaprazlama yöntemi ile ilişkilidir. Tek noktali çaprazlamadaki bir çaprazlama noktası seçilir. Ancak değişkenler değiş tokuş edilmeden önce, her iki ebeveynde de rastgele karıştırılırlar. Rekombinasyondan sonra, çocuklardaki değişkenler ters olarak geri karıştırılırlar (Varlı [7]).

4.2.8 Mutasyon

Mutasyon algoritması da çaprazlamaya benzeyen bir genetik algoritma operatörüdür. Birey seçimi benzeyen mantıkla yapılmaktadır. Daha sonra seçilen birey mutasyon fonksiyona iletilmektedir. Mutasyon fonksiyonunda ilk olarak rastgele bir mutasyon noktası belirlenir ve eğer belirlenen nokta 0 ise 1, 1 ise 0 olarak değiştirilir. Oluşan yeni birey standart forma getirilir, fizibil değilse işlem tekrarlanır. Fizibil çözüm olduğu görülürse uygunluk değeri hesaplanır ve birey yeni nesle kaydedilir. Mutasyon noktasına kadar ve mutasyon noktasından sonrasında mevcut bireyin tüm genleri olduğu gibi yeni bireye aktarılırken, belirlenen mutasyon noktasındaki gen değiştirilir. Standart forma getirilip fizibil olup olmadığı denetlenir. Eğer fizibilse birey ve uygunluk değeri kaydedilir. Aksi takdirde işlem yenilenir (Varlı [7]).

4.2.8.1 Reel Değerli Mutasyon

Reel değerli mutasyon yöntemi, değişkenlere küçük bir olasılıkla rastsal olarak oluşturulan değerlerin eklenmesi yöntemidir. Bu yüzden, bir değişkenin mutasyon olasılığı ve her mutasyona uğratılan değişkenin değişim büyüklüğü bir diğer deyişle mutasyon adımı belirlenmelidir (Varlı [7]).

Bir değişkenin mutasyona uğrama olasılığı değişken sayısı (boyutu) ile ters orantılı olarak değişir. Bir birey ne kadar çok değişkene sahipse, mutasyon olasılığı o kadar küçük olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, $1/n$ (n : bir bireydeki değişken sayısı) oranındaki bir mutasyon oranının iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. İyi bir mutasyon için yüksek olasılıkta ve küçük adım boyutları veya küçük olasılıkta ve büyük adım boyutları üretmelidir (Varlı [7]).

$$Var_i^{Mut} = Var_i + a_i * s_i * r_i \quad i \in (1, 2, \dots, n) \text{ rassal olarak,}$$

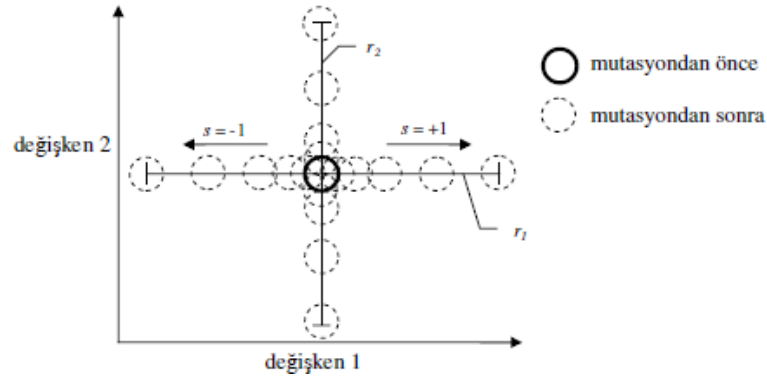
$$s_i \in \{-1, +1\} \text{ rassal olarak}$$

$$r_i = r. \text{ domain}_i,$$

r : mutasyon aralığı (standart: %10),

$$a_i = 2^{-u.k}, \quad u \in [0, 1] \text{ rassal olarak, } k: \text{ mutasyon kesinliği } \in \{4, 5, \dots, 20\}$$

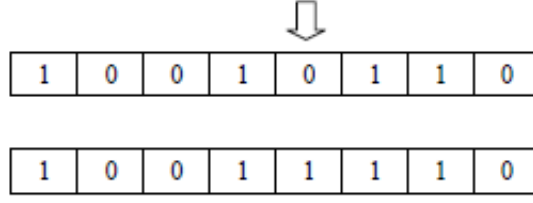
k parametresi (mutasyon kesinliği) dolaylı olarak olası minimal adım boyutunu ve mutasyon aralığındaki mutasyon adımlarının dağılımını tanımlamaktadır.



Şekil 4.7 İki boyutlu reel değişkenlerde mutasyonun etkisi (Varlı [7])

4.2.8.2 İkili (Basit) Mutasyon

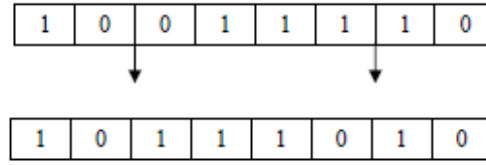
Bu mutasyon yöntemi en sık kullanılan mutasyon yöntemidir. İkili değerli bireyler için mutasyon değişken değerlerinin yer değiştirilmesi şeklinde gerçekleşir. Her birey için değişecek olan değişken değeri rassal olarak seçilir (Demirel [39]). Şekil 4.8'de ikili mutasyon örneği verilmiştir. Ebeveynde rassal olarak seçilen 0 değeri yavruda 1 olarak değiştirilerek mutasyona uğratılmıştır.



Şekil 4.8 İkili mutasyon örneği (Demirel [39])

4.2.8.3 Değişirme Mutasyonu

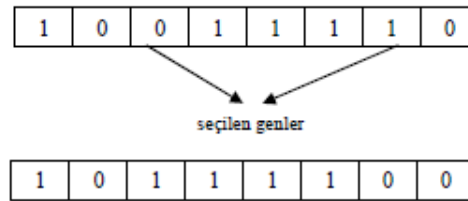
Değişirme mutasyonunda kromozomda rassal olarak iki nokta seçilir ve bu noktalar arasında kalan tüm değerler ters çevrilir. (Demirel [39]) Yani 0 ise 1, 1 ise 0 değerini alır. Şekil 4.9’da değişirme mutasyonuna örnek verilmiştir. Burada seçilen iki nokta arasındaki değerlerin değişimi görülmektedir.



Şekil 4.9 Değişirme mutasyonu örneği (Demirel [39])

4.2.8.4 Karşılıklı Değişim Mutasyonu

Karşılıklı değişim mutasyonunda ise kromozomdan yine rastsal olarak iki nokta seçilir. Bu genlerin karşılıklı yerleri değiştirilir. Bu mutasyon yönteminde aradaki genler aynı kalır (Demirel [39]). Şekil 4.10’da karşılıklı değişim mutasyonu örneği verilmektedir.



Şekil 4.10 Karşılıklı değişim mutasyonu örneği (Demirel [39])

4.2.8.5 Araya Yerleştirme Mutasyonu

Araya yerleştirme mutasyonunda, kromozomdan rassal olarak seçilen bir gen yine rassal olarak belirlenen bir noktaya eklenir (Demirel [39]). Şekil 4.11’de araya yerleştirme mutasyonu örneği verilmektedir.



Şekil 4.11 Araya yerleştirme mutasyonu örneği (Demirel [39])

4.2.9 Yeniden Ekleme

Çocuklar üretildikten sonra ilk özgün popülasyonun sayısına bakılır. Eğer daha az çocuk üretilmişse popülasyon boyutuna tekrar ulaşmak için çocuklar eski popülasyona yeniden eklenirler. Yine benzer şekilde, her nesilde çocukların hepsi kullanılmayacaksa veya eski popülasyon boyutundan daha fazla çocuk üretilmişse oluşturulan yeni popülasyonda hangi bireylerin kalıp hangilerinin eleneceğine karar vermek için de bir yeniden ekleme yapılabilir. Kullanılan seçim metodu yeniden ekleme şeklini belirler niteliktedir. Seçim metotları şöyledir: yerel seçim için yerel yeniden ekleme ve diğer tüm seçimler için evrensel yeniden ekleme (Varlı [7]).

4.2.9.1 Evrensel Yeniden Ekleme

Evrensel yeniden ekleme metodu için aşağıdaki farklı yeniden ekleme yöntemleri kullanılmaktadır (Varlı [7]):

- Ebeveyn sayısı kadar çocuk oluştur ve tüm ebeveynleri çocuklarla değiştir. Buna katıksız yeniden ekleme denir.
- Ebeveyn sayısından daha az çocuk oluştur ve rastsal olarak ebeveynleri değiştir. Buna rastsal yeniden ekleme denir.
- Ebeveyn sayısından daha az çocuk oluştur ve en kötü ebeveynleri değiştir. Buna seçkin yeniden ekleme denir.
- Yeniden ekleme için gerekli olandan daha fazla çocuk oluştur ve yalnızca en iyi olan çocukları yeniden ekle. Buna uygunluk temelli yeniden ekleme denir.

4.2.9.2 Yerel Yeniden Ekleme

Yerel seçimde bireyler daha sınırlı komşuluktan seçilirler. Çocukların yeniden eklenmesi de aynı komşuluktan yapılır. Kullanılan komşuluk yapıları yerel seçimdeki komşuluk yapıları ile aynıdır. İlk olarak bir bireyin ebeveyni bu komşulukta seçilir. Değiştirilecek ebeveynlerin seçimi ve yeniden eklenecek çocukların seçimi için şu yöntemler uygulanır (Varlı [7]):

- Her bireyi ekle ve komşuluktaki bireyleri rastsal olarak değiştir.
- Her bireyi ekle ve komşuluktaki en zayıf bireyleri değiştir.
- Komşuluk içinde daha zayıf bireylerden daha uygun olan çocukları ekle ve komşuluktaki en zayıf bireyleri değiştir.
- Komşuluktaki en zayıf bireylerden daha uygun olan çocukları ekle ve ebeveynleri değiştir.
- Komşuluktaki en zayıf bireylerden daha uygun olan çocukları ekle ve komşuluktaki bireyleri rastsal olarak değiştir.
- Ebeveyninden daha uygun olan çocukları ekle ve ebeveynleri değiştir.

BÖLÜM 5

UYGULAMA

Bu bölümde önceki bölümlerde anlatılan konulara ilişkin yapılan uygulamaya yer verilmiştir. Çalışmada 3PL firmasının deterministik ve stokastik modellemesi yapılmış GAMS programı ile çözülmüştür. Ayrıca genetik algoritması kurularak sezgisel bir yöntemle de sonuca ulaşılmış. Son olarak bu üç yöntem sonuçları karşılaştırılmıştır.

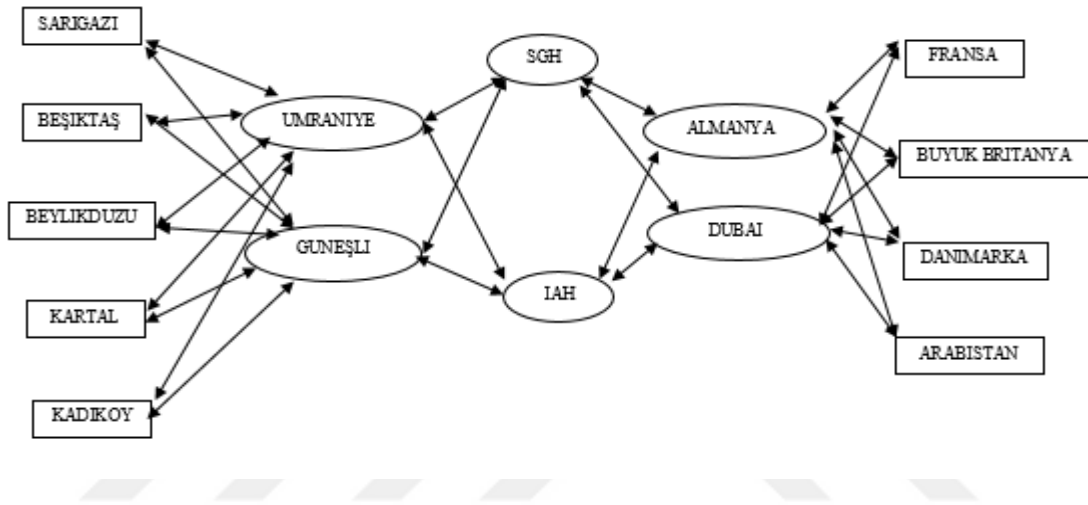
5.1 Çalışmanın Amacı ve Hedefler

Bu çalışma ile tedarik zinciri yönetimi ve lojistik yönetimi konularının firmalara sağladığı katkılar göz önüne alınarak bir 3PL firmasının lojistik ağ tasarımı problemine bilimsel bir yaklaşım ile çözüm önerisi sunmak amaçlanmıştır. Çalışmada öncelikle, problemin tanımı ve model yapısı anlatılmış olup modele dahil olan tüm değişkenler ile birlikte bir model kurulmuştur. Bu lojistik ağ tasarımı modeli stokastiktir. Stokastik model daha sonra bütün senaryoların gerçekleştiği varsayılarak deterministik olarak da çözülmüştür. Bu iki karma tam sayılı doğrusal programlama problemi GAMS Distribution 23.5.1 programı ile çözülerek karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda Genetik Algoritma ile sezgisel bir yöntemle de aynı probleme çözüm aranmış olup bu yöntemle diğer yöntemler de karşılaştırılmıştır. Hedef en iyi sonucu işletmeye sunarak ağ problemine bilimsel bir katkı sağlamaktır.

5.2 Problemin Tanımı ve Model Formülasyonu

Tez kapsamında uygulama için kargo taşıyan bir üçüncü parti lojistik firması ele alınmıştır. Bu 3PL firması, İstanbul'un çeşitli ilçelerinden (Sarıgazi, Beşiktaş, Beylikdüzü, Kartal, Kadıköy) yurtdışına gönderim yapılmasını sağlayan bir firmadır. Ümraniye ve Güneşli'de iki toplama merkezi vardır. Buradan Sabiha Gökçen Havalimanı

ve Atatürk Havalimanına giden gönderiler, hızlı taşımacılık için yolcu uçaklarıyla yerlerine ulaştırılmaktadır. Buradan Almanya ve Dubai'de bulunan teslimat şubelerine gönderim yapılmaktadır. Almanya ve Dubai merkezlerinden de çeşitli yurt dışı ülkelerindeki müşterilere gönderimleri gerçekleştirmektedir. Gönderimler müşterilerin dönemlik talepleri göz önüne alınarak gerçekleştirilmektedir. Firma mevcut ağ yapısının değerlendirilmesini ve toplama, teslimat merkezlerinin mevcut durumlarının incelenmesini istemektedir. Gerekli görülürse depolarda azalmaya gidebileceğini belirtmiştir.



Şekil 5.1 Uygulamaya konu olan üçüncü parti lojistik şirketinin tedarik zinciri ağ yapısı

5.2.1 Stokastik Model Formülasyonu

Stokastik modelde 10 adet senaryo bulunmaktadır. Bu senaryolar baz alınarak müşteri talepleri rassal olarak oluşturulmuştur. Modelin notasyon, parametre ve karar değişkenleri aşağıda verilmiş olup modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları da ayrıntılı yer almaktadır.

- Notasyonlar:

g : Göndericiler (Sarığazi, Beşiktaş, Beylikdüzü, Kartal, Kadıköy)

t : Toplama şubeleri (Güneşli, Ümraniye)

h : Havalimanları (Atatürk Havalimanı, Sabiha Gökçen Havalimanı)

d : Teslimat şubeleri (Almanya, Dubai)

a : Alıcılar (Fransa, Büyük Britanya, Danimarka, Arabistan)

s : Senaryo (1,2,...,10)

p : Dönem (Mart, Nisan, Mayıs)

- Parametreler:

C^1_{gt} : g . göndericiden t . toplama şubesine gönderim maliyeti

C^2_{th} : t . toplama şubesinden h . havalimanına gönderim maliyeti

C^3_{hd} : h . havalimanından d . teslimat şubesine gönderim maliyeti

C^4_{da} : d . teslimat şubesinden a . alıcıya gönderim maliyetli

C^5_{ad} : a . alıcıdan d . teslimat şubesine geri gönderim maliyeti

C^6_{dh} : d . teslimat şubesinden h . havalimanına geri gönderim maliyeti

C^7_{ht} : h . havalimanından t . toplama şubesine geri gönderim maliyeti

C^8_{tg} : t . toplama şubesinden g . göndericiye geri gönderim maliyeti

F^1_{tp} : t . toplama şubesinin p . dönemdeki sabit maliyeti

F^2_{dp} : d . teslimat şubesinin p . dönemdeki sabit maliyeti

F^3_{hp} : h . havalimanının p . dönemdeki kullanım maliyeti

CF_{gap} : g . üreticiden a . alıcıya p . dönemde giden kargodan alınan birim başına kargo ücreti

K^1_t : t . toplama şubesinin kapasitesi

K^2_d : d . teslimat şubesinin kapasitesi

R^1_{agsp} : a . alıcı noktasının g . göndericiye p . dönemde s . senaryodaki iade oranı

OC_s : Senaryolara bağlı olarak açık kalacak toplama merkezi sayısı

OD_s : Senaryolara bağlı olarak açık kalacak dağıtım merkezi sayısı

DC_{agps} : a . alıcısının g . göndericisinden senaryolardaki p dönemlerinde kargo talebi (belirsiz)

P^1_{tp} : p . dönemde t . toplama şubesinin güvenilirlik yüzdesi (teslimatlarının % kaçını zamanında ve zararsız göndermiş olduğunu belirtir oran)

P^2_{dp} : p . dönemde d . teslimat şubesinin güvenilirlik yüzdesi (teslimatlarının % kaçını zamanında ve zararsız göndermiş olduğunu belirtir oran)

N^1_{gt} : g . göndericiden t . toplama şubesine kargo gönderildiği takdirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri (zaman birimi)

OP^1_{gt} : g . göndericiden t . toplama şubelerine kargo gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti (para / zaman)

N^2_{th} : t . toplama şubesinden h . havalimanına kargo gönderildiği takdirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri (zaman birimi)

OP^2_{th} : t . toplama şubesinden h . havalimanına gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti (para / zaman)

N^3_{hd} : h . havalimanından d . teslimat şubesine kargo gönderildiği takdirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri (zaman birimi)

OP^3_{hd} : h . havalimanından d . teslimat şubesine kargo gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti (para / zaman)

N^4_{da} : d . teslimat şubesinden a . alıcıya kargo gönderildiği takdirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri (zaman birimi)

OP^4_{da} : d . teslimat şubelerinden a . alıcılara kargo gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti (para / zaman)

O_s : s . Senaryonun gerçekleşme olasılığı

- Karar Değişkenleri:

X_{gtps} : p . dönemde s . senaryodaki g . göndericisinden t . toplama şubesine gönderim hacmi

Y_{thps} : p . dönemde s . senaryodaki t . toplama şubesinden h . havalimanına gönderim hacmi

B_{hdps} : p . dönemde s . senaryodaki h . havalimanından d . teslimat şubesine gönderim hacmi

V_{daps} : p . dönemde s . senaryodaki d . teslimat şubesinden a . alıcıya gönderim hacmi

F_{adps} : p . dönemde s . senaryodaki a . alıcıdan d . teslimat şubesine geri gönderim hacmi

J_{dhps} : p . dönemde s . senaryodaki d . teslimat şubesinden h . havalimanına geri gönderim hacmi

R^2_{htps} : p . dönemde s . senaryodaki h . havalimanından t . toplama şubesine geri gönderim hacmi

E_{tgps} : p . dönemde s . senaryodaki t . toplama şubesinden g . göndericiye geri gönderim hacmi

W^I_{ts} : t . toplama merkezinin açılıp açılmaması $\{0,1\}$

W^2_{ds} : d . teslimat merkezinin açılıp açılmaması $\{0,1\}$

Y^1_{das} : a . alıcının d . teslimat şubesinden hizmet alıp almaması $\{0,1\}$

Y^2_{hs} : h . havalimanının s . senaryoda hizmete açık olup olmaması $\{0,1\}$

- Amaç Fonksiyonu:

$$\begin{aligned}
MaxZ = & \sum_s O_s \sum_g \sum_a \sum_t \sum_p C F_{gap} X_{gtps} - \sum_s O_s \left[\sum_g \sum_t \sum_p C^1_{gt} X_{gtps} + \right. \\
& \sum_t \sum_h \sum_p C^2_{th} Y_{thps} + \sum_h \sum_d \sum_p C^3_{hd} B_{hdps} + \sum_d \sum_a \sum_p C^4_{da} V_{daps} + \\
& \sum_a \sum_d \sum_p C^5_{ad} F_{adps} + \sum_d \sum_h \sum_p C^6_{dh} J_{dhps} + \sum_h \sum_t \sum_p C^7_{ht} R^2_{htps} + \\
& \sum_t \sum_g \sum_p C^8_{tg} E_{tgps} + \sum_g \sum_t \sum_p X_{gtps} N^1_{gt} OP^1_{gt} + \sum_t \sum_h \sum_p Y_{thps} N^2_{th} OP^2_{th} + \\
& \sum_h \sum_d \sum_p Z_{hdps} N^3_{hd} OP^3_{hd} + \sum_d \sum_a \sum_p V_{daps} N^4_{da} OP^4_{da} + \\
& \left. \sum_t \sum_p F^1_{tp} W^1_{ts} + \sum_d \sum_p F^2_{dp} W^2_{ds} + \sum_h \sum_p F^3_{hp} Y^2_{hs} \right] \quad (5.1)
\end{aligned}$$

Denklemler 5.1’de amaç fonksiyonu yer almaktadır. Bu denklemlerde, göndericilerden alıcılara gönderilen kargolardan elde edilen kargo ücretlerinin toplamından taşıma maliyetleri, fırsat kaybı maliyetleri, merkezlere ait sabit maliyetler çıkartılarak karı maksimize etmek amaçlanmıştır.

- Kısıtlar:

$$\sum_g X_{gtps} + \sum_h R^2_{htps} \leq K^1_t W^1_{ts} \quad \forall_{t,s,p} \quad (5.2)$$

5.2 numaralı denklem, toplama şubesi için kapasite kısıtıdır.

$$\sum_h Z_{hdps} + \sum_a F_{adps} \leq K^2_d W^2_{ds} \quad \forall_{d,s,p} \quad (5.3)$$

5.3 numaralı denklem, teslimat şubesi için kapasite kısıtıdır.

$$\sum_g X_{gtsp} = \sum_h Y_{thsp} \quad \forall_{t,s,p} \quad (5.4)$$

Denklemler 5.4, her toplama merkezine tüm göndericilerden gelen ve tüm havalimanlarına giden gönderim hacmini eşitleyen kısıttır.

$$\sum_t Y_{thsp} P^1_{tp} = \sum_d B_{hdsp} \quad \forall_{h,s,p} \quad (5.5)$$

Denklemler 5.5, her havalimanına tüm toplama şubelerinden gelen ve tüm teslimat şubelerine giden gönderim hacmini eşitleyen kısıttır.

$$\sum_h B_{hdsp} = \sum_a V_{dasp} \quad \forall_{d,s,p} \quad (5.6)$$

Denklem 5.6, her teslimat merkezine tüm havalimanlarından gelen ve tüm alıcılara giden gönderim hacmini eşitleyen kısıttır.

$$\sum_d V_{dasp} (P_{dp}^2) R^1_{agsp} = \sum_d F_{adsp} \quad \forall_{a,s,p,g} \quad (5.7)$$

Denklem 5.7, her teslimat merkezinden alıcılara gelen kargo miktarlarını, iade oranı ve güvenilirlik yüzdesi dahilinde, tüm alıcılarından teslimat merkezlerine geri dönen gönderim hacmine eşitleyen kısıttır.

$$\sum_a F_{adsp} = \sum_h J_{dhsp} \quad \forall_{d,s,p} \quad (5.8)$$

Denklem 5.8, teslimat şubesinden havalimanlarına dönen miktarların toplamı alıcılardan teslimat şubelerine dönen tüm hacme eşit olması gerektiğini söyleyen kısıttır.

$$\sum_d J_{dhsp} = \sum_t R^2_{htsp} \quad \forall_{h,s,p} \quad (5.9)$$

Denklem 5.9, tüm teslimat şubelerinden havalimanlarına gelen toplam miktar havalimanlarından toplama şubelerine dönen miktar hacmine eşitleyen kısıttır.

$$\sum_h R^2_{htsp} = \sum_g E_{tgsp} \quad \forall_{t,s,p} \quad (5.10)$$

Denklem 5.10, tüm toplama merkezlerine havalimanlarından gelen miktar hacmi toplama merkezlerinden göndericilere dönen toplam miktara eşitleyen kısıttır.

$$\sum_t W^1_{ts} \leq OC_s \quad \forall_s \quad (5.11)$$

Denklem 5.11, her senaryo için açılacak toplama şubesi sayısının OC_s ' ye eşit veya küçük olmasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_d W^2_{ds} \leq OD_s \quad \forall_s \quad (5.12)$$

5.12 numaralı denklem her senaryo için açılacak teslimat şubesi sayısının OD_s ' ye eşit veya küçük olmasını sağlayan kısıttır.

$$Y^1_{das} \leq W^2_{ds} \quad \forall_{d,a,s} \quad (5.13)$$

Denklem 5.13, her alıcının açık olan teslimat merkezinden hizmet almasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_d Y^1_{das} = 1 \quad \forall_{a,s} \quad (5.14)$$

Denklem 5.14, her alıcının sadece bir teslimat merkezinden hizmet almasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_g DC_{agps} Y^1_{das} = V_{daps} \quad \forall_{a,p,s} \quad (5.15)$$

Denklem 5.15, her alıcının göndericilerden her dönem ve senaryoda talep ettiği miktarın hizmet alınan teslimat merkezi yoluyla alıcılara akan kargo miktarına eşit olmasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_a DC_{agps} \leq \sum_t X_{gtps} \quad \forall_{p,s,g} \quad (5.16)$$

Denklem 5.16, göndericilerden toplama merkezlerine giden kargo miktarının talebe eşit veya büyük olmasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_h Y^2_{hs} \geq 1 \quad \forall_s \quad (5.17)$$

Denklem 5.17, havalimanlarının en az bir tanesinin hizmette olmasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_t E_{tgps} \geq DC_{agps} (R^1_{agps}) \quad \forall_{a,g,p,s} \quad (5.18)$$

Denklem 5.18, toplama merkezlerinden göndericilere geri dönen kargo miktarının talep miktarından iade oranı dahilinde akacak miktara eşit veya büyük olmasını sağlayan kısıttır.

$$W^1_{ts}, W^2_{ds}, Y^1_{das}, Y^2_{hs} \in \{0,1\} \quad (5.19)$$

Denklem 5.19, değişkenlerin 0 ya da 1 sayısını aldığı gösteren kısıttır.

$$X_{gtsp}, Y_{thsp}, B_{hdsp}, V_{dasp}, F_{adsp}, J_{dhsp}, R^2_{htsp}, E_{tgsp} \geq 0 \quad (5.20)$$

Denklem 5.20, belirtilen değişkenlerin hepsinin pozitif bir sayıya eşit olduğunu gösteren kısıttır.

5.2.2 Senaryo Analizi: Deterministik Model Formülasyonu

Deterministik olarak kurulan model, stokastik modeldeki her senaryonun eşit olasılıklara sahip olduğu bilindiği için senaryolarda yer alan talep miktarlarının ortalaması alınmış ve deterministik model için bu verilerin gerçekleştiği varsayımı kabul edilmiştir. Burada kullanılan tüm veriler, kargo talebi hariç stokastik modelde kullanılan veriler ile aynıdır.

Burada stokastik modelden farklı olarak maliyet minimizasyonu da ele alınarak 2 farklı amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Her ikisi için de sonuç alınmıştır.

- Notasyonlar:

g : Göndericiler (Sarıgazi, Beşiktaş, Beylikdüzü, Kartal, Kadıköy)

t : Toplama şubeleri (Güneşli, Ümraniye)

h : Havalimanları (Atatürk Havalimanı, Sabiha Gökçen Havalimanı)

d : Teslimat şubeleri (Almanya, Dubai)

a : Alıcılar (Fransa, Büyük Britanya, Danimarka, Arabistan)

p : Dönem (Mart, Nisan, Mayıs)

- Parametreler:

C^1_{gt} : g . göndericiden t . toplama şubesine gönderim maliyeti

C^2_{th} : t . toplama şubesinden h . havalimanına gönderim maliyeti

C^3_{hd} : h . havalimanından d . teslimat şubesine gönderim maliyeti

C^4_{da} : d . teslimat şubesinden a . alıcıya gönderim maliyetli

C^5_{ad} : a . alıcıdan d . teslimat şubesine geri gönderim maliyeti

C^6_{dh} : d . teslimat şubesinden h . havalimanına geri gönderim maliyeti

C^7_{ht} : h . havalimanından t . toplama şubesine geri gönderim maliyeti

C^8_{tg} : t . toplama şubesinden g . göndericiye geri gönderim maliyeti

F^1_{tp} : t . toplama şubesinin p . dönemdeki sabit maliyeti

F^2_{dp} : d . teslimat şubesinin p . dönemdeki sabit maliyeti

F^3_{hp} : h . havalimanının p . dönemdeki kullanım maliyeti

CF_{gap} : g . üreticisinden a . alıcısına p . dönemde giden kargodan alınan birim başına kargo ücreti

K^1_t : t . toplama şubesinin kapasitesi

K^2_d : d . teslimat şubesinin kapasitesi

R^1_{agp} : a . alıcı noktasının g . göndericiye p . dönemdeki iade oranı

OC : Senaryolara bağlı olarak açık kalacak toplama merkezi sayısı

OD : Senaryolara bağlı olarak açık kalacak dağıtım merkezi sayısı

DC_{agp} : a . alıcısının g . göndericisinden p dönemlerinde kargo talebi (belirsiz)

P^1_{tp} : p . dönemde t . toplama şubesinin güvenilirlik yüzdesi (teslimatlarının % kaçını zamanında ve zararsız göndermiş olduğunu belirtir oran)

P^2_{dp} : p . dönemde d . teslimat şubesinin güvenilirlik yüzdesi (teslimatlarının % kaçını zamanında ve zararsız göndermiş olduğunu belirtir oran)

N^1_{gt} : g . göndericiden t . toplama şubesine kargo gönderildiği taktirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri (zaman birimi)

OP^1_{gt} : g . göndericiden t . toplama şubesine kargo gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti (para / zaman)

N^2_{th} : t . toplama şubesinden h . havalimanına kargo gönderildiği taktirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri (zaman birimi)

OP^2_{th} : t . toplama şubesinden h . havalimanına gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti (para / zaman)

N^3_{hd} : h . havalimanından d . teslimat şubesine kargo gönderildiği taktirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri (zaman birimi)

OP^3_{hd} : h . havalimanından d . teslimat şubesine kargo gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti (para / zaman)

N^4_{da} : d . teslimat şubesinden a . alıcıya kargo gönderildiği taktirde oluşabilecek fırsat kaybı değeri (zaman birimi)

OP^4_{da} : d . teslimat şubelerinden a . alıcılara kargo gönderilirken meydana gelen gecikmelerin birim fırsat maliyeti (para / zaman)

- Karar Değişkenleri:

X_{gtp} : p . dönemde g . göndericisinden t . toplama şubesine gönderim hacmi

Y_{thp} : p . dönemde t . toplama şubesinden h . havalimanına gönderim hacmi

B_{hdp} : p . dönemde h . havalimanından d . teslimat şubesine gönderim hacmi

V_{dap} : p . dönemde d . teslimat şubesinden a . alıcıya gönderim hacmi

F_{adp} : p . dönemde a . alıcıdan d . teslimat şubesine geri gönderim hacmi

J_{dhp} : p . dönemde d . teslimat şubesinden h . havalimanına geri gönderim hacmi

R^2_{htp} : p . dönemde h . havalimanından t . toplama şubesine geri gönderim hacmi

E_{tgp} : p . dönemde t . toplama şubesinden g . göndericiye geri gönderim hacmi

W^1_t : t . toplama merkezinin açılıp açılmaması $\{0,1\}$

W^2_d : d . teslimat merkezinin açılıp açılmaması $\{0,1\}$

Y^1_{da} : a . alıcının d . teslimat şubesinden hizmet alıp almaması $\{0,1\}$

Y^2_h : h . havalimanının hizmete açık olup olmaması $\{0,1\}$

- Amaç Fonksiyonu:

Maliyet Minimizasyonu:

$$\begin{aligned}
 MinZ = & \sum_g \sum_t \sum_p C^1_{gt} X_{gtp} + \sum_t \sum_h \sum_p C^2_{th} Y_{thp} + \sum_h \sum_d \sum_p C^3_{hd} B_{hdp} + \\
 & \sum_d \sum_a \sum_p C^4_{da} V_{dap} + \sum_a \sum_d \sum_p C^5_{ad} F_{adp} + \sum_d \sum_h \sum_p C^6_{dh} J_{dhp} + \\
 & \sum_h \sum_t \sum_p C^7_{ht} R^2_{htp} + \sum_t \sum_g \sum_p C^8_{tg} E_{tgp} + \sum_g \sum_t \sum_p X_{gtp} N^1_{gt} OP^1_{gt} + \\
 & \sum_t \sum_h \sum_p Y_{thp} N^2_{th} OP^2_{th} + \sum_h \sum_d \sum_p Z_{hdp} N^3_{hd} OP^3_{hd} + \sum_d \sum_a \sum_p V_{dap} N^4_{da} OP^4_{da} + \\
 & \sum_t \sum_p F^1 W^1_t + \sum_d \sum_p F^2 W^2_d + \sum_h \sum_p F^3 Y^2_h
 \end{aligned} \tag{5.21}$$

Denklem 5.21’de deterministik modele ait taşıma maliyetleri, fırsat kaybı maliyetleri ve merkezlere ait sabit maliyetleri minimize eden amaç fonksiyonu verilmiştir.

Kar Maksimizasyonu:

$$\begin{aligned}
 MaxZ = & \sum_g \sum_a \sum_t \sum_p C F_{gap} X_{gtp} - \left[\sum_g \sum_t \sum_p C^1_{gt} X_{gtp} + \sum_t \sum_h \sum_p C^2_{th} Y_{thp} + \right. \\
 & \sum_h \sum_d \sum_p C^3_{hd} B_{hdp} + \sum_d \sum_a \sum_p C^4_{da} V_{dap} + \sum_a \sum_d \sum_p C^5_{ad} F_{adp} + \\
 & \sum_d \sum_h \sum_p C^6_{dh} J_{dhp} + \sum_h \sum_t \sum_p C^7_{ht} R^2_{htp} + \\
 & \sum_t \sum_g \sum_p C^8_{tg} E_{tgp} + \sum_g \sum_t \sum_p X_{gtp} N^1_{gt} OP^1_{gt} + \sum_t \sum_h \sum_p Y_{thp} N^2_{th} OP^2_{th} + \\
 & \sum_h \sum_d \sum_p Z_{hdp} N^3_{hd} OP^3_{hd} + \sum_d \sum_a \sum_p V_{dap} N^4_{da} OP^4_{da} + \\
 & \left. \sum_t \sum_p F^1_{tp} W^1_t + \sum_d \sum_p F^2_{dp} W^2_d + \sum_h \sum_p F^3_{hp} Y^2_h \right]
 \end{aligned} \tag{5.22}$$

Denklem 5.22’de ise yine deterministik modele ait karı maksimize eden bir amaç fonksiyonu verilmiştir. Bu denklemde stokastik modeldeki gibi göndericilerden alıcılara gönderilen kargolardan elde edilen kargo ücretlerinin toplamından taşıma maliyetleri,

fırsat kaybı maliyetleri, merkezlere ait sabit maliyetler çıkartılarak karı maksimize etmek amaçlanmıştır.

Kısıtlar:

$$\sum_g X_{gtp} + \sum_h R^2_{htp} \leq K_t^1 W_t^1 \quad \forall_{t,p} \quad (5.23)$$

5.23 numaralı denklem, toplama şubesi için kapasite kısıtıdır.

$$\sum_h Z_{hdp} + \sum_a F_{adp} \leq K_d^2 W_d^2 \quad \forall_{d,p} \quad (5.24)$$

5.24 numaralı denklem, teslimat şubesi için kapasite kısıtıdır.

$$\sum_g X_{gtp} = \sum_h Y_{thp} \quad \forall_{t,p} \quad (5.25)$$

Denklem 5.25, her toplama merkezine tüm göndericilerden gelen ve tüm havalimanlarına giden gönderim hacmini eşitleyen kısıttır.

$$\sum_t Y_{thp} P_{tp}^1 = \sum_d B_{hdp} \quad \forall_{h,p} \quad (5.26)$$

Denklem 5.26, her havalimanına tüm toplama şubelerinden gelen ve tüm teslimat şubelerine giden gönderim hacmini eşitleyen kısıttır.

$$\sum_h B_{hdp} = \sum_a V_{dap} \quad \forall_{d,p} \quad (5.27)$$

Denklem 5.27, her teslimat merkezine tüm havalimanlarından gelen ve tüm alıcılara giden gönderim hacmini eşitleyen kısıttır.

$$\sum_d V_{dap} (P_{dp}^2) R^1_{agp} = \sum_a F_{adsp} \quad \forall_{a,s,p,g} \quad (5.28)$$

Denklem 5.28, her teslimat merkezinden alıcılara gelen kargo miktarlarını, iade oranı ve güvenilirlik yüzdesi dahilinde, tüm alıcılarından teslimat merkezlerine geri dönen gönderim hacmine eşitleyen kısıttır.

$$\sum_a F_{adp} = \sum_h J_{dhp} \quad \forall_{d,p} \quad (5.29)$$

Denklem 5.29, teslimat şubesinden havalimanlarına dönen miktarların toplamı alıcılardan teslimat şubelerine dönen tüm hacme eşit olması gerektiğini söyleyen kısıttır.

$$\sum_d J_{ahp} = \sum_t R^2_{htp} \quad \forall_{h,p} \quad (5.30)$$

Denklem 5.30, tüm teslimat şubelerinden havalimanlarına gelen toplam miktar havalimanlarından toplama şubelerine dönen miktar hacmine eşitleyen kısıttır.

$$\sum_h R^2_{htp} = \sum_g E_{tgp} \quad \forall_{t,p} \quad (5.31)$$

Denklem 5.31, tüm toplama merkezlerine havalimanlarından gelen miktar hacmi toplama merkezlerinden göndericilere dönen toplam miktara eşitleyen kısıttır.

$$\sum_t W_t^1 \leq OC \quad (5.32)$$

Denklem 5.32, açılacak toplama şubesi sayısının OC' ye eşit veya küçük olmasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_d W_d^2 \leq OD \quad (5.33)$$

5.33 numaralı denklem açılacak teslimat şubesi sayısının OD' ye eşit veya küçük olmasını sağlayan kısıttır.

$$Y^1_{da} \leq W_d^2 \quad \forall_{d,a} \quad (5.34)$$

Denklem 5.34, her alıcının açık olan teslimat merkezinden hizmet almasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_d Y^1_{da} = 1 \quad \forall_a \quad (5.35)$$

Denklem 5.35, her alıcının sadece bir teslimat merkezinden hizmet almasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_g DC_{agp} Y^1_{da} = V_{dap} \quad \forall_{a,p} \quad (5.36)$$

Denklem 5.36, her alıcının göndericilerden her dönemde talep ettiği miktarın hizmet alınan teslimat merkezi yoluyla alıcılara akan kargo miktarına eşit olmasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_a DC_{agp} \leq \sum_t X_{gtp} \quad \forall_{p,g} \quad (5.37)$$

Denklem 5.37, göndericilerden toplama merkezlerine giden kargo miktarının talebe eşit veya büyük olmasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_h Y^2_h \geq 1 \quad (5.38)$$

Denklem 5.38, havalimanlarının en az bir tanesinin hizmette olmasını sağlayan kısıttır.

$$\sum_t E_{tgp} \geq DC_{agp}(R^1_{agsp}) \quad \forall_{ag,p} \quad (5.39)$$

Denklem 5.39, toplama merkezlerinden göndericilere geri dönen kargo miktarının talep miktarından iade oranı dahilinde akacak miktara eşit veya büyük olmasını sağlayan kısıttır.

$$W^1_t, W^2_d, Y^1_{da}, Y^2_h \in \{0,1\} \quad (5.40)$$

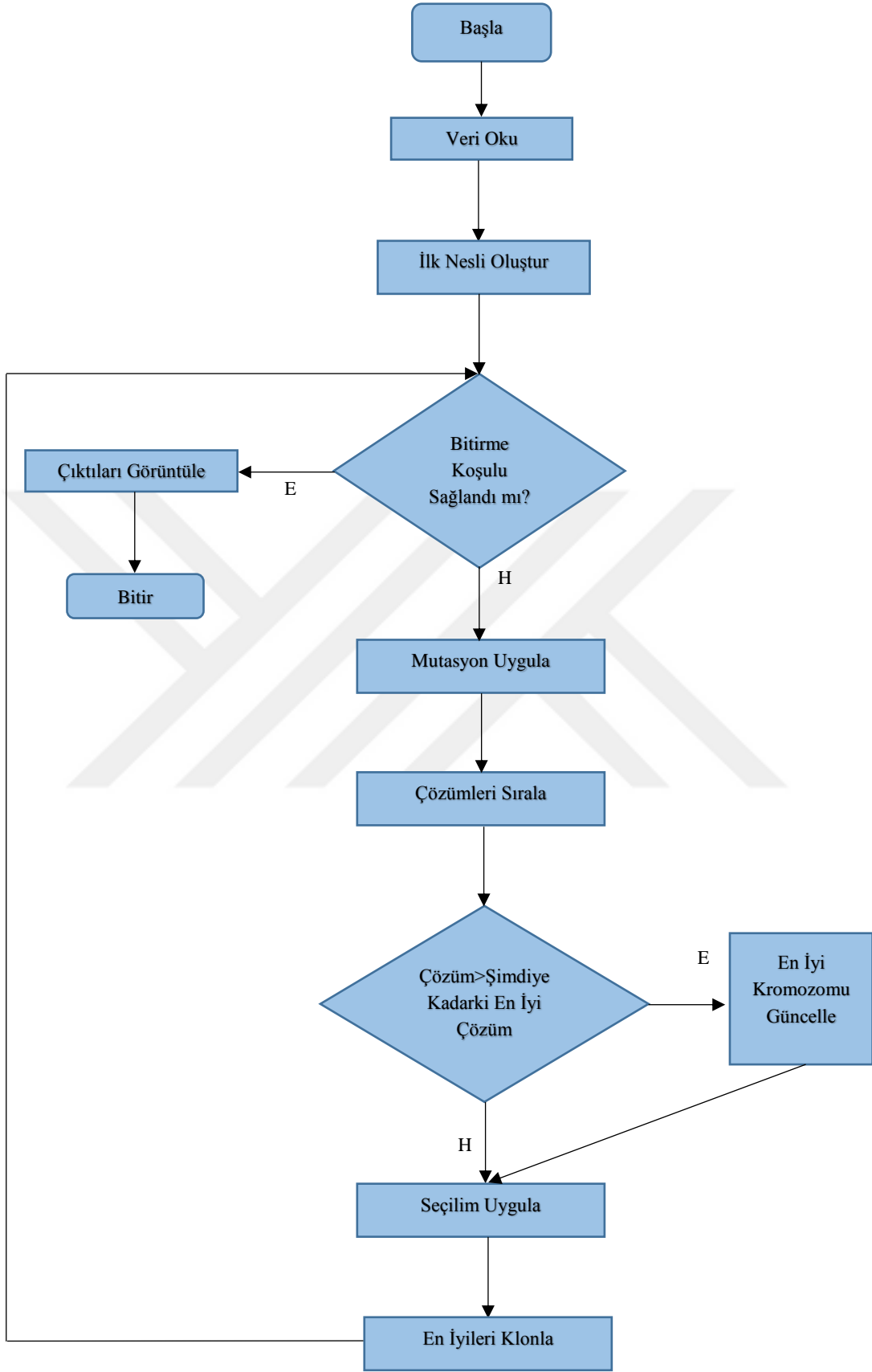
Denklem 5.40, değişkenlerin 0 ya da 1 sayısını aldığını gösteren kısıttır.

$$X_{gtp}, Y_{thp}, B_{hdp}, V_{dap}, F_{adp}, J_{dhp}, R^2_{htp}, E_{tgp} \geq 0 \quad (5.41)$$

Denklem 5.41, belirtilen değişkenlerin hepsinin pozitif bir sayıya eşit olduğunu gösteren kısıttır.

5.2.3 Uygulamanın Genetik Algoritmasının Akış Diyagramı

Firmanın ağ tasarımının optimizasyonu için oluşturulmuş çözüm süreci genetik algoritmaya uyarlanmıştır. Kromozomlar oluşturulurken reel kodlama kullanılmıştır. Mutasyon oranı, birey sayısı verilerini kullanıcıya soran bir yapı oluşturulmuştur. Burada ilk olarak hazır gelmesi için mutasyon oranı 0,90 olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda popülasyondaki birey sayısı 1000 olarak belirlenmiştir. Herhangi bir elitizm oranı yer almamaktadır. Bunun yerine her seferinde en iyi olan bir birey korunarak bir sonraki jenerasyona taşınmıştır. Çaprazlama yöntemi kullanılmamıştır. Bunun yerine kötü bireyler öldürülmüş, iyi bireyler mitoz bölünme gibi kopyalanmıştır. Seçim için Turnuva seçim yöntemi kullanılmıştır. Uygulamanın algoritması Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2 Uygulamanın genetik algoritmasının akış diyagramı

5.3 Varsayımlar

Tez kapsamında modellenmesi yapılan lojistik ağ ileriye ve tersine lojistik faaliyetleri içermektedir. Dağıtım süreci üretim merkezinden başlayarak dağıtım kanalları ile müşteriye ürünlerin ulaştırılması ile son bulur. Firmanın verdiği tüm ürünlerin doğru olduğu varsayılmıştır. Ağ üyeleri arasındaki mesafelerin belirlenmesi için öncelikle, işletmeden bütün bilgileri alınmıştır. Adres bilgileri kullanılarak Google Earth programı üzerinde konumlar belirlenmiştir. İnternet verilerinin doğru olduğu varsayılmıştır.

5.4 Veriler

Aşağıdaki Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2, şirketten alınan veriler doğrultusunda oluşturulmuştur. Şirket göndericilerden aldığı kargoları toplama merkezlerine getirirken kullandığı aracın kilometre başına 0.45 kuruş yaktığı bilgisini paylaşmıştır. Google Earth programı üzerinde belirlenen kilometreler ile 0.45 kuruş çarpılarak toplam kilometrede yakılan yakıt maliyeti elde edilmiştir. Ayrıca aynı araçların kapasitesinin 8m³ olduğu ancak 8m³ ürün taşınabildiği bilgisi verilmiştir. 1 m³ kargo başına düşen maliyeti bulmak için 8'e bölünerek nihai sonuçlar elde edilmiştir. Kilogram cinsinden olan verilerin hepsi 0.01 ile çarpılarak metreküp birimine çevrilmiştir.

Çizelge 5.1 Göndericilerden toplama merkezlerine ulaşım maliyetleri

	Ümraniye	Güneşli
Sarıgazi	1.74 TL/m ³	2.7 TL / m ³
Beşiktaş	0.51 TL / m ³	0.956 TL / m ³
Beylikdüzü	3.2525 TL / m ³	1.51875 TL / m ³
Kartal	1.41 TL / m ³	3.43 TL / m ³
Kadıköy	0.675 TL / m ³	2.5875 TL / m ³

Çizelge 5.2 Toplama merkezlerinden havalimanlarına ulaşım maliyetleri

	Sabiha Gökçen Havalimanı	Atatürk Havalimanı
Ümraniye	1.575 TL / m ³	2.3625 TL / m ³
Güneşli	3.43 TL / m ³	0.5625 TL / m ³

Çizelge 5.3'deki veriler; şirketten elde edilen kilogram başına havalimanları ile dağıtım/teslimat merkezleri arasındaki taşıma maliyetinin metreküp cinsine çevrilerek bulunduğu halidir.

Çizelge 5.3 Havalimanlarından dağıtım merkezlerine ulaşım maliyetleri

	Almanya	Dubai
Sabiha Gökçen H.	40 TL / m ³	80 TL / m ³
Atatürk H.	110 TL / m ³	165 TL / m ³

Çizelge 5.4'deki veriler; yolcu uçakları ile taşıma maliyetlerini içermektedir. Bu veriler doğrudan şirketten elde edilmiştir.

Çizelge 5.4 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına ulaşım maliyetleri

	Fransa	Büyük Britanya	Danimarka	Arabistan
Almanya	105.65 TL / m ³	103.3 TL / m ³	96.75 TL / m ³	281.75 TL / m ³
Dubai	271.7 TL / m ³	205.55 TL / m ³	205.15 TL / m ³	107.3 TL / m ³

Çizelge 5.5-5.6-5.7-5.8'deki veriler geri dönüş maliyetlerini içermektedir.

Çizelge 5.5 Müşteri noktalarından dağıtım merkezlerine ulaşım maliyetleri

	Almanya	Dubai
Fransa	105.65 TL / m ³	271.7 TL / m ³
Büyük Britanya	103.3 TL / m ³	205.55 TL / m ³
Danimarka	96.75 TL / m ³	205.15 TL / m ³
Arabistan	281.75 TL / m ³	107.3 TL / m ³

Çizelge 5.6 Dağıtım merkezlerinden havalimanlarına ulaşım maliyetleri

	Sabiha Gökçen H.	Atatürk H.
Almanya	40 TL / m ³	110 TL / m ³
Dubai	80 TL / m ³	165 TL / m ³

Çizelge 5.7 Havalimanlarından toplama merkezlerine ulaşım maliyetleri

	Ümraniye	Güneşli
Sabiha Gökçen H.	1.575 TL / m ³	3.43 TL / m ³
Atatürk H.	2.3625 TL / m ³	0.5625 TL / m ³

Çizelge 5.8 Toplama merkezlerinden göndericilere ulaşım maliyetleri

	Sarıgazi	Beşiktaş	Beylikdüzü	Kartal	Kadıköy
Ümraniye	1.74 TL/m ³	0.51 TL/m ³	3.25 TL/m ³	1.41 TL / m ³	0.675 TL / m ³
Güneşli	2.7 TL/m ³	0.96 TL/m ³	1.52 TL / m ³	3.43 TL / m ³	2.59 TL / m ³

Çizelge 5.9'daki veriler, toplama ve dağıtım merkezlerinin elektrik, su, doğalgaz, kira ve işçilik maliyetlerinden oluşmaktadır. Bu maliyetler doğrudan şirketten elde edilen maliyetlerdir.

Çizelge 5.9 Toplama ve dağıtım merkezlerinin sabit maliyetleri

Ümraniye	Güneşli	Almanya	Dubai
30080	17280	19500	35000

Çizelge 5.10, merkezlerin hacimsel kapasitelerini içermektedir.

Çizelge 5.10 Toplama ve dağıtım merkezlerinin kapasiteleri

Ümraniye	Güneşli	Almanya	Dubai
1200 m ³	5250 m ³	6450 m ³	8000 m ³

Çizelge 5.11, ülkelerdeki müşteri şirketlerinin dönemsel bazdaki iade oranlarını göstermektedir.

Çizelge 5.11 Müşteri noktalarının dönemlere göre iade oranları

	Mart	Nisan	Mayıs
FR	0.0026	0.002	0.018
GB	0.0026	0.002	0.018
DK	0.0026	0.002	0.018
AR	0.0026	0.002	0.018

Çizelge 5.12, merkezlerin ürünlerin yüzde kaçını zamanında, eksiksiz ve hasarsız gönderdiğini gösteren oran çizelgesidir.

Çizelge 5.12 Toplama ve dağıtım merkezlerinin dönemlere göre güven düzeyleri

	Mart	Nisan	Mayıs
Ümraniye	%99.7	%99.8	%99.6
Güneşli	%99.7	%99.8	%99.6
Almanya	%99.7	%99.8	%99.6
Dubai	%99.7	%99.8	%99.6

Çizelge 5.13, göndericilerden toplama merkezlerine ortalama ulaşım sürelerini içermektedir.

Çizelge 5.13 Göndericilerden toplama merkezlerine ulaşım süreleri

	Ümraniye	Güneşli
Sarıgazi	15 dakika	44 dakika
Beşiktaş	29 dakika	38 dakika
Beylikdüzü	60 dakika	37 dakika
Kartal	26 dakika	59 dakika
Kadıköy	23 dakika	44 dakika

Çizelge 5.14, Toplama merkezlerinden havalimanlarına ortalama ulaşım sürelerini içermektedir.

Çizelge 5.14 Toplama merkezlerinin havalimanlarına ulaşım süreleri

	Sabiha Gökçen Havalimanı	Atatürk Havalimanı
Ümraniye	36 dakika	51 dakika
Güneşli	61 dakika	18 dakika

Çizelge 5.15, Havalimanlarından dağıtım merkezlerine olan ortalama ulaşım sürelerini içermektedir.

Çizelge 5.15 Havalimanlarından dağıtım merkezlerine ulaşım süreleri

	Almanya	Dubai
Sabiha Gökçen H.	138 dakika	222 dakika
Atatürk H.	138 dakika	228 dakika

Çizelge 5.16, Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına olan ortalama ulaşım sürelerini göstermektedir.

Çizelge 5.16 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına ulaşım süreleri

	Fransa	Büyük Britanya	Danimarka	Arabistan
Almanya	60 dakika	66 dakika	42 dakika	612 dakika
Dubai	390 dakika	426 dakika	378 dakika	78 dakika

Çizelge 5.17, 5.18, 5.19, 5.20 bir tercih söz konusu olduğunda diğer yerin seçilmemesinden kaynaklı bir kayıp olup olmadığı, eğer varsa bunun ne kadar dakika olduğunu gösteren çizelgelerdir. Örneğin; Ümraniye-S.G.H arası 36 dakikadır. Güneşli-S.G.H arası ise 61 dk'dır. Bu durumda ürünler Ümraniye'den Sabiha Gökçen Havalimanı yoluyla dağıtım merkezlerine ulaştırılırsa fırsat kaybı olmayacaktır. Fakat Güneşli'den Sabiha Gökçen Havalimanı'na gönderilmesi söz konusu olursa Ümraniye'den gönderilmemesinden kaynaklı bir $61-36=25$ dk bir fırsat kaybı oluşmuş olacaktır.

Çizelge 5.17 Göndericilerden toplama merkezlerine ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (zaman)

	Ümraniye	Güneşli
Sarıgazi	0	29
Beşiktaş	0	9
Beylikdüzü	23	0
Kartal	0	33
Kadıköy	0	21

Çizelge 5.18 Toplama merkezlerinden havalimanlarına ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (zaman)

	Sabiha Gökçen H.	Atatürk H.
Ümraniye	0	33
Güneşli	25	0

Çizelge 5.19 Havalimanlarından dağıtım merkezlerine ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (zaman)

	Almanya	Dubai
Sabiha Gökçen H.	0	0
Atatürk H.	0	6

Çizelge 5.20 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (zaman)

	Fransa	Büyük Britanya	Danimarka	Arabistan
Almanya	0	0	0	534
Dubai	330	360	336	0

Çizelge 5.21, 5.22, 5.23, 5.24'teki veriler ise ulaşım maliyetlerinin zamana bölünmesi ile bulunan fırsat kaybı değerleridir.

Çizelge 5.21 Göndericilerden toplama merkezlerine ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (para/zaman)

	Ümraniye	Güneşli
Sarıgazi	0.116	0.0613
Beşiktaş	0.0175	0.0251
Beylikdüzü	0.0542	0.0410
Kartal	0.05423	0.0581
Kadıköy	0.0293	0.05880

Çizelge 5.22 Toplama merkezlerinden havalimanlarına ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (para/zaman)

	Sabiha Gökçen H.	Atatürk H.
Ümraniye	0.0583	0.0646
Güneşli	0.07	0.0401

Çizelge 5.23 Havalimanlarından dağıtım merkezlerine ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (para/zaman)

	Almanya	Dubai
Sabiha Gökçen H.	0.2899	0.3604
Atatürk H.	0.7971	0.7237

Çizelge 5.24 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına ulaşımında oluşabilecek fırsat kaybı değerleri (ara/zaman)

	Fransa	Büyük Britanya	Danimarka	Arabistan
Almanya	18.4275	4.5955	2.3036	4.6434
Dubai	7.8762	7.6891	8.0560	6.8885

Çizelge 5.25’de 10 adet senaryonun gerçekleşme olasılıklarına yer verilmiştir. Bu olasılıklar her senaryo için eşit olarak dağıtılmıştır.

Çizelge 5.25 Senaryoların gerçekleşme olasılığı

Senaryo	Gerçekleşme olasılığı
1	0.1
2	0.1
3	0.1
4	0.1
5	0.1
6	0.1
7	0.1
8	0.1
9	0.1
10	0.1

Çizelge 5.26 ise şirkete ait açık kalacak toplama ve dağıtım merkezlerinin şube sayılarının en fazla kaç olması gerektiğini belirtir.

Çizelge 5.26 En fazla açık kalacak teslimat ve dağıtım merkezlerinin sayısı

Merkezler	Şube Sayısı
Teslimat Merkezleri	2
Dağıtım Merkezleri	2

Ek A-1, a. alıcının g. göndericiden dönemsel bazda senaryolara bağlı kargo taleplerini içermektedir.

Çizelge 5.27’de ise göndericilerden alıcı ve dönemsel bazda alınan birim kargo ücreti verilmiştir.

Çizelge 5.27 Göndericilerden alıcı ve dönemsel bazda alınan birim kargo ücreti

Göndericiler	Ülkeler	Dönemler	Kargo Ücreti
Sarıgazi	Fransa	Mart, Nisan, Mayıs	216
Beşiktaş	Fransa	Mart, Nisan, Mayıs	216
Beylikdüzü	Fransa	Mart, Nisan, Mayıs	216
Kartal	Fransa	Mart, Nisan, Mayıs	216
Kadıköy	Fransa	Mart, Nisan, Mayıs	216
Sarıgazi	Büyük Britanya	Mart, Nisan, Mayıs	216
Beşiktaş	Büyük Britanya	Mart, Nisan, Mayıs	216
Beylikdüzü	Büyük Britanya	Mart, Nisan, Mayıs	216
Kartal	Büyük Britanya	Mart, Nisan, Mayıs	216
Kadıköy	Büyük Britanya	Mart, Nisan, Mayıs	216
Sarıgazi	Danimarka	Mart, Nisan, Mayıs	216
Beşiktaş	Danimarka	Mart, Nisan, Mayıs	216
Beylikdüzü	Danimarka	Mart, Nisan, Mayıs	216

Çizelge 5.27 Göndericilerden alıcı ve dönemsel bazda alınan birim kargo ücreti
(devamı)

Göndericiler	Ülkeler	Dönemler	Kargo Ücreti
Kartal	Danimarka	Mart, Nisan, Mayıs	216
Kadıköy	Danimarka	Mart, Nisan, Mayıs	216
Sarıgazi	Arabistan	Mart, Nisan, Mayıs	312
Beşiktaş	Arabistan	Mart, Nisan, Mayıs	312
Beylikdüzü	Arabistan	Mart, Nisan, Mayıs	312
Kartal	Arabistan	Mart, Nisan, Mayıs	312
Kadıköy	Arabistan	Mart, Nisan, Mayıs	312

5.5 Uygulamanın Sonuçları

Bu bölümde farklı yöntemlerle kurulmuş modellerin sonuçları ayrı ayrı verilecektir.

5.5.1 Stokastik Modelin Sonuçları

Yapılan çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara burada yer verilmiştir. Karma tam sayılı doğrusal programlama ile stokastik olarak modellenmiş olan bir 3PL şirketinin ağ tasarımı GAMS Distribution programı ile çözülmüş ve aşağıda bu sonuçlara ilişkin birinci senaryo sonuçları belirtilmiştir. Tüm senaryo sonuçları ektedir.

Amaç Fonksiyonu: 9900297.754736

Çözüm Süresi: 0.11

İterasyon Sayısı: 105 iterasyon

Çizelge 5.28 Toplama merkezlerin açık kapalı olma durumları

Merkezler	Senaryo	Açık Olup Olmama Durumu
Güneşli	1	1
Güneşli	2	1
Güneşli	3	1
Güneşli	4	1
Güneşli	5	1
Güneşli	6	1
Güneşli	7	1
Güneşli	8	1
Güneşli	9	1
Güneşli	10	1
Ümraniye	1	-
Ümraniye	2	-
Ümraniye	3	-
Ümraniye	4	-

Çizelge 5.28 Toplama merkezlerin açık kapalı olma durumları (devamı)

Merkezler	Senaryo	Açık Olup Olmama Durumu
Ümraniye	5	-
Ümraniye	6	-
Ümraniye	7	-
Ümraniye	8	-
Ümraniye	9	-
Ümraniye	10	-

Yukarıdaki çizelgedeki 1 değerleri senaryolara bağlı olarak Güneşli toplama şubesinin açık kalması gerektiği, Ümraniye şubesinin ise kapatılması gerektiğini açıklamaktadır.

Çizelge 5.29 Dağıtım merkezlerin açık kapalı olma durumları

Merkezler	Senaryo	Açık Olup Olmama Durumu
Almanya	1	1
Almanya	2	1
Almanya	3	1
Almanya	4	1
Almanya	5	1
Almanya	6	1
Almanya	7	1
Almanya	8	1
Almanya	9	1
Almanya	10	1
Dubai	1	1
Dubai	2	1
Dubai	3	1
Dubai	4	1
Dubai	5	1
Dubai	6	1
Dubai	7	1
Dubai	8	1
Dubai	9	1
Dubai	10	1

Almanya ve Dubai dağıtım merkezlerinin ikisinin de her senaryo için açık kalması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.30 Müşteri noktalarının dağıtım merkezlerinden hizmet alma durumları

Teslimat Merkezleri	Müşteri Noktaları	Senaryolar	Hizmet Alıp Almama Durumu
Almanya	Fransa	(1,2,.....,10)	1
Almanya	Büyük Britanya	(1,2,.....,10)	1
Almanya	Danimarka	(1,2,.....,10)	1
Almanya	Arabistan	(1,2,.....,10)	.
Dubai	Fransa	(1,2,.....,10)	.
Dubai	Büyük Britanya	(1,2,.....,10)	.
Dubai	Danimarka	(1,2,.....,10)	.
Dubai	Arabistan	(1,2,.....,10)	1

Çizelgeden çıkarmamız gereken sonuç, Fransa, Büyük Britanya, Danimarka'daki müşterilerin Almanya teslimat merkezinden, Arabistan'daki müşterinin ise Dubai teslimat merkezinden hizmet aldığıdır. Çizelge 5.31'de ise Sabiha Gökçen Havalimanı kullanımda iken Atatürk Havalimanı'nın kullanımda olmadığı görülmektedir.

Çizelge 5.31 Havalimanlarının hizmete açık olup olmama durumları

Havalimanları	Senaryolar	Hizmet Verip Vermeme Durumu
Atatürk Havalimanı	(1,2,.....,10)	-
Sabiha Gökçen Havalimanı	(1,2,.....,10)	1

Akışlar ile ilgili edinen bilgilerden ise bu bölümde sadece birinci senaryoya ilişkin veriler aktarılacak olup tüm senaryo sonuçları ekte verilecektir.

Gönderici merkezlerinden ise farklı dönemlerde birinci senaryoda Güneşli'ye giden kargo hacimleri Çizelge 5.32'de verilmiştir.

Güneşli toplama merkezinden ise farklı dönemlerde birinci senaryoda Sabiha Gökçen Havalimanı'na giden kargo hacmi aşağıdaki Çizelge 5.33'te verilmiştir.

Sabiha Gökçen Havalimanı'ndan dağıtım merkezlerine farklı dönemlerde ve birinci senaryoda giden kargo hacmi aşağıdaki Çizelge 5.34'te verilmiştir.

Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına farklı dönemlerde ve birinci senaryoda giden kargo hacmi aşağıdaki Çizelge 5.35'te verilmiştir.

Çizelge 5.32 Gönderici merkezlerinden Güneşli'ye giden kargo hacimleri

Gönderici Merkezleri	Aylar	Senaryo	Toplama Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Sarıgazi	Mart	1	Güneşli	1230.070
Sarıgazi	Nisan	1	Güneşli	1110.408
Sarıgazi	Mayıs	1	Güneşli	998.265
Beşiktaş	Mart	1	Güneşli	905.551
Beşiktaş	Nisan	1	Güneşli	784.470
Beşiktaş	Mayıs	1	Güneşli	670.999
Beylikdüzü	Mart	1	Güneşli	926.782
Beylikdüzü	Nisan	1	Güneşli	843.855
Beylikdüzü	Mayıs	1	Güneşli	779.744
Kartal	Mart	1	Güneşli	1314.182
Kartal	Nisan	1	Güneşli	1187.360
Kartal	Mayıs	1	Güneşli	1068.509
Kadıköy	Mart	1	Güneşli	1066.258
Kadıköy	Nisan	1	Güneşli	888.239
Kadıköy	Mayıs	1	Güneşli	721.410

Çizelge 5.33 Güneşli'den Sabiha Gökçen Havalimanı'na giden kargo hacimleri

Toplama Merkezleri	Aylar	Senaryo	Havalimanları	Kargo Gönderim Hacmi
Güneşli	Mart	1	Sabiha Gökçen H.	5442.843
Güneşli	Nisan	1	Sabiha Gökçen H.	4814.332
Güneşli	Mayıs	1	Sabiha Gökçen H.	4238.927

Çizelge 5.34 Sabiha Gökçen Havalimanı'ndan dağıtım merkezlerine giden kargo hacimleri

Havalimanları	Aylar	Senaryo	Dağıtım Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Sabiha Gökçen H.	Mart	1	Almanya	4928.713
Sabiha Gökçen H.	Nisan	1	Almanya	3067.278
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	1	Almanya	3685.182
Sabiha Gökçen H.	Mart	1	Dubai	497.801
Sabiha Gökçen H.	Nisan	1	Dubai	1737.425
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	1	Dubai	536.789

Çizelge 5.35 Dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına giden kargo hacimleri

Dağıtım Merkezleri	Aylar	Senaryo	Müşteri Noktaları (Alıcılar)	Kargo Gönderim Hacmi
Almanya	Mart	1	Fransa	2115.841
Almanya	Nisan	1	Fransa	1019.304
Almanya	Mayıs	1	Fransa	1677.721
Almanya	Mart	1	Büyük Britanya	795.710
Almanya	Nisan	1	Büyük Britanya	441.501
Almanya	Mayıs	1	Büyük Britanya	432.691
Almanya	Mart	1	Danimarka	2017.162
Almanya	Nisan	1	Danimarka	1606.473
Almanya	Mayıs	1	Danimarka	1574.770
Dubai	Mart	1	Arabistan	497.801
Dubai	Nisan	1	Arabistan	1737.425
Dubai	Mayıs	1	Arabistan	536.789

Müşteri noktalarından farklı dönem ve birinci senaryoda dağıtım merkezlerine geri dönen kargo hacmi aşağıdaki çizelgede verilmiştir:

Çizelge 5.36 Müşteri noktalarından dağıtım merkezlerine geri dönen kargo hacimleri

Müşteri Noktaları	Aylar	Senaryo	Dağıtım Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Fransa	Mart	1	Almanya	5.485
Fransa	Nisan	1	Almanya	2.035
Fransa	Mayıs	1	Almanya	30.078
Büyük Britanya	Mart	1	Almanya	2.063
Büyük Britanya	Nisan	1	Almanya	0.881
Büyük Britanya	Mayıs	1	Almanya	7.757
Danimarka	Mart	1	Almanya	5.229
Danimarka	Nisan	1	Almanya	3.207
Danimarka	Mayıs	1	Almanya	28.232
Arabistan	Mart	1	Dubai	1.290
Arabistan	Nisan	1	Dubai	3.468
Arabistan	Mayıs	1	Dubai	9.624

Dağıtım merkezlerinden farklı dönemlerde ve birinci senaryoda havalimanlarına geri dönen kargo hacmi aşağıdaki çizelgede verilmiştir:

Çizelge 5.37 Dağıtım merkezlerinden havalimanlarına geri dönen kargo hacmi

Dağıtım Merkezleri	Aylar	Senaryo	Havalimanları	Kargo Gönderim Hacmi
Almanya	Mart	1	Sabiha Gökçen H.	12.776
Almanya	Nisan	1	Sabiha Gökçen H.	6.122
Almanya	Mayıs	1	Sabiha Gökçen H.	66.068
Dubai	Mart	1	Sabiha Gökçen H.	1.290
Dubai	Nisan	1	Sabiha Gökçen H.	3.468
Dubai	Mayıs	1	Sabiha Gökçen H.	2.198

Havalimanlarından farklı dönemlerde ve birinci senaryoda toplama merkezlerine geri dönen kargo hacmi aşağıdaki çizelgede verilmiştir:

Çizelge 5.38 Havalimanlarından toplama merkezine geri dönen kargo hacmi

Havalimanları	Aylar	Senaryo	Toplama Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Sabiha Gökçen H.	Mart	1	Güneşli	14.067
Sabiha Gökçen H.	Nisan	1	Güneşli	9.590
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	1	Güneşli	75.691

Toplama merkezlerinden farklı dönemlerde ve birinci senaryoda göndericilere geri dönen kargo hacmi aşağıdaki çizelgede verilmiştir:

Çizelge 5.39 Toplama merkezlerinden göndericilere geri dönen kargo hacmi

Toplama Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Göndericiler	Kargo Gönderim Hacmi
Güneşli	Mart	1	Sarıgazi	1.179
Güneşli	Nisan	1	Sarıgazi	0.762
Güneşli	Mayıs	1	Sarıgazi	6.648
Güneşli	Mart	1	Beşiktaş	9.538
Güneşli	Nisan	1	Beşiktaş	6.716
Güneşli	Mayıs	1	Beşiktaş	50.693
Güneşli	Mart	1	Beylikdüzü	0.834
Güneşli	Nisan	1	Beylikdüzü	0.549
Güneşli	Mayıs	1	Beylikdüzü	4.806
Güneşli	Mart	1	Kartal	1.257
Güneşli	Nisan	1	Kartal	0.812
Güneşli	Mayıs	1	Kartal	7.093
Güneşli	Mart	1	Kadıköy	1.258
Güneşli	Nisan	1	Kadıköy	0.751
Güneşli	Mayıs	1	Kadıköy	6.453

5.5.2 Deterministik Modelin Sonuçları

Öncelikle maliyet minimizasyonunu amaçlayan deterministik model sonuçları ele alınacak olup daha sonra kar maksimizasyonu amaçlayan deterministik model sonuçları açıklanacaktır.

Amaç fonksiyonu maliyet minimizasyonu olan modelin sonuçları aşağıdaki gibidir:

Amaç Fonksiyonu : 2752672.223309

Çözüm Süresi : 0.016

İterasyon Sayısı : 102

- Sonuçlar incelendiğinde stokastik modelde olduğu gibi Ümraniye toplama merkezinin kapalı, Güneşli toplama merkezinin ise açık olduğu görülmektedir. Dağıtım merkezlerinin ise her ikisinin de açık olduğu sonucu çıkmıştır.
- Çizelge 5.40'ta görüldüğü gibi Fransa, Büyük Britanya, Danimarka, Almanya dağıtım merkezinden hizmet alırken; Arabistan, Dubai dağıtım merkezinden hizmet almaktadır.

Çizelge 5.40 Dağıtım merkezlerinin hizmet verme durumları

Teslimat Merkezleri	Müşteri Noktaları	Hizmet Alıp Almama Durumu
Almanya	Fransa	1
Almanya	Büyük Britanya	1
Almanya	Danimarka	1
Almanya	Arabistan	.
Dubai	Fransa	.
Dubai	Büyük Britanya	.
Dubai	Danimarka	.
Dubai	Arabistan	1

- Sabiha Gökçen Havalimanı hizmete açıkken Atatürk Havalimanı'nın hizmet vermediği sonucu bir diğer ulaşılan sonuçtur.

Kargo akışları incelenecek olursa gönderici merkezlerinden ay bazında Güneşli'ye gelen kargo miktarı Çizelge 5.41'deki gibidir.

Çizelge 5.41 Göndericilerden Güneşli toplama merkezine gelen kargo hacimleri

Gönderici Merkezleri	Aylar	Toplama Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Sarıgazi	Mart	Güneşli	1175.439
Sarıgazi	Nisan	Güneşli	1195.653
Sarıgazi	Mayıs	Güneşli	1204.820
Beşiktaş	Mart	Güneşli	865.747
Beşiktaş	Nisan	Güneşli	881.243
Beşiktaş	Mayıs	Güneşli	901.267
Beylikdüzü	Mart	Güneşli	875.653
Beylikdüzü	Nisan	Güneşli	888.530
Beylikdüzü	Mayıs	Güneşli	894.368
Kartal	Mart	Güneşli	1256.283
Kartal	Nisan	Güneşli	1277.707
Kartal	Mayıs	Güneşli	1287.421
Kadıköy	Mart	Güneşli	984.984
Kadıköy	Nisan	Güneşli	1015.057
Kadıköy	Mayıs	Güneşli	1028.693

- Güneşli toplama merkezinden Sabiha Gökçen Havalimanı'na giden kargolar ise Mart ayında 5158.106 m³ iken Nisan ayında 5258.190, Mayıs ayında ise 5316.569 m³'tür.
- Sabiha Gökçen Havalimanı'na gelen bu kargolar Almanya'ya Mart ayında 4000.039, Nisan ayında 3788.839, Mayıs ayında 4075.436 m³; Dubai'ye ise Mart ayında 1142.593, Nisan ayında 1458.835, Mayıs ayında 1219.867 m³ şeklinde dağılmıştır.
- Almanya'ya gelen kargolar hizmet vermekte olduğu üç müşteri ülkesinden Fransa'ya Mart ayında 1428.171, Nisan ayında 1447.287, Mayıs ayında 1418.708 m³ olacak şekilde dağılmıştır. Büyük Britanya'ya Mart ayında 1140.362, Nisan ayında 1056.158, Mayıs ayında 1365.594 olacak şekilde dağılmıştır. Danimarka'ya Mart ayında 1431.506, Nisan ayında 1285.394, Mayıs ayında ise 1291.134 m³ olacak şekilde dağılmıştır. Dubai'den ise Arabistan'a Mart ayında 1142.593, Nisan ayında 1458.835, Mayıs 1219.867 m³ olacak şekilde dağılmıştır.
- Müşterilere gelen kargolardan bir takım nedenler dolayısıyla iade oranları dahilinde dağıtım merkezlerine geri dönen kargolar şöyledir:
Fransa'dan Almanya'ya Mart ayında 3.702, Nisan ayında 2.889, Mayıs ayında 25.435 m³ kargo geri dönmüştür. Büyük Britanya'dan Almanya'ya Mart ayında 2.956, Nisan ayında 2.108, Mayıs ayında 24.482 m³ kargo geri dönmüştür. Danimarka'dan Almanya'ya ise Mart ayında 3.711, Nisan ayında 2.566, Mayıs

ayında 23.147 m³ kargo geri dönmüştür. Arabistan'dan Dubai'ye Mart ayında 2.962, Nisan ayında 2.912, Mayıs ayında 21.870 m³ kargo geri dönmüştür.

- Almanya'dan Sabiha Gökçen Havalimanı'na Mart ayında 10.369, Nisan ayında 7.563, Mayıs ayında 73.064 m³ kargo geri dönmüştür. Dubai'den ise Mart ayında 2.962, Nisan ayında 2.912, Mayıs ayında 21.870 m³ kargo geri dönmüştür.
- Sabiha Gökçen Havalimanı'ndan Güneşli'ye dönen kargolar ise şöyledir: Mart ayında 13.331, Nisan ayında 10.474, Mayıs ayında 94.934 m³.
- Güneşli'den gönderici merkezlerine dönen kargoları inceleyecek olursak; Sarıgazi'ye Mart ayında 0.837, Nisan ayında 0.654, Mayıs ayında 5.750 m³, Beşiktaş'a Mart ayında 10.235, Nisan ayında 8.049, Mayıs ayında 73.690 m³, Beylikdüzü'ne Mart ayında 0.616, Nisan ayında 0.480, Mayıs ayında 4.234 m³, Kartal'a Mart ayında 0.894, Nisan ayında 0.699, Mayıs ayında 6.142 m³, Kadıköy'e Mart ayında 0.749, Nisan ayında 0.592, Mayıs ayında 5.118 m³ kargonun geri döndüğü görülmektedir.

Amaç fonksiyonu kar maksimizasyonu olan modelin sonuçları aşağıdaki gibidir:

Amaç Fonksiyonu : 12350879.114444

Çözüm Süresi: 0.016

İterasyon Sayısı: 102

- Kar maksimizasyonu amaçlayan deterministik modelin sonuçları incelendiğinde toplama merkezlerinden Güneşli'nin açık, Ümraniye'nin kapalı olduğu ve dağıtım merkezlerinin her ikisinin de açık olduğu görülmektedir.
- Hizmet alma durumları incelendiğinde ise Fransa, Büyük Britanya, Danimarka, Almanya dağıtım merkezinden hizmet alırken; Arabistan'ın, Dubai dağıtım merkezinden hizmet aldığı görülmektedir.
- Sabiha Gökçen Havalimanı hizmete açırken Atatürk Havalimanı'nın hizmet vermediği sonucu bir diğer ulaşılan sonuçtur.
- Göndericilerden toplama merkezine ulaşan kargo hacimleri Çizelge 5.42'de verilmiştir.
- Güneşli toplama merkezinden Sabiha Gökçen Havalimanı'na giden kargolar ise Mart ayında 5158.106 m³ iken Nisan ayında 5258.190, Mayıs ayında ise 5316.569 m³'tür.

- Sabiha Gökçen Havalimanı'na gelen bu kargolar Almanya'ya Mart ayında 4000.039, Nisan ayında 3788.839, Mayıs ayında 4075.436 m³; Dubai'ye ise Mart ayında 1142.593, Nisan ayında 1458.835, Mayıs ayında 1219.867 m³ şeklinde dağılmıştır.
- Almanya'ya gelen kargolar hizmet vermekte olduğu üç müşteri ülkesinden Fransa'ya Mart ayında 1428.171, Nisan ayında 1447.287, Mayıs ayında 1418.708 m³ olacak şekilde dağılmıştır. Büyük Britanya'ya Mart ayında 1140.362, Nisan ayında 1056.158, Mayıs ayında 1365.594 olacak şekilde dağılmıştır.

Çizelge 5.42 Göndericilerden Güneşli toplama merkezine gelen kargo hacimleri

Gönderici Merkezleri	Aylar	Toplama Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Sarıgazi	Mart	Güneşli	1175.439
Sarıgazi	Nisan	Güneşli	1195.653
Sarıgazi	Mayıs	Güneşli	1204.820
Beşiktaş	Mart	Güneşli	865.747
Beşiktaş	Nisan	Güneşli	881.243
Beşiktaş	Mayıs	Güneşli	901.267
Beylikdüzü	Mart	Güneşli	875.653
Beylikdüzü	Nisan	Güneşli	888.530
Beylikdüzü	Mayıs	Güneşli	894.368
Kartal	Mart	Güneşli	1256.283
Kartal	Nisan	Güneşli	1277.707
Kartal	Mayıs	Güneşli	1287.421
Kadıköy	Mart	Güneşli	984.984
Kadıköy	Nisan	Güneşli	1015.057
Kadıköy	Mayıs	Güneşli	1028.693

- Danimarka'ya Mart ayında 1431.506, Nisan ayında 1285.394, Mayıs ayında ise 1291.134 m³ olacak şekilde dağılmıştır. Dubai'den ise Arabistan'a Mart ayında 1142.593, Nisan ayında 1458.835, Mayıs 1219.867 m³ olacak şekilde dağılmıştır.
- Müşterilere gelen kargolardan bir takım nedenler dolayısıyla iade oranları dahilinde dağıtım merkezlerine geri dönen kargolar şöyledir:
Fransa'dan Almanya'ya Mart ayında 3.702, Nisan ayında 2.889, Mayıs ayında 25.435 m³ kargo geri dönmüştür. Büyük Britanya'dan Almanya'ya Mart ayında 2.956, Nisan ayında 2.108, Mayıs ayında 24.482 m³ kargo geri dönmüştür. Danimarka'dan Almanya'ya ise Mart ayında 3.711, Nisan ayında 2.566, Mayıs

ayında 23.147 m³ kargo geri dönmüştür. Arabistan'dan Dubai'ye Mart ayında 2.962, Nisan ayında 2.912, Mayıs ayında 21.870 m³ kargo geri dönmüştür.

Almanya'dan Sabiha Gökçen Havalimanı'na Mart ayında 10.369, Nisan ayında 7.563, Mayıs ayında 73.064 m³ kargo geri dönmüştür. Dubai'den ise Mart ayında 2.962, Nisan ayında 2.912, Mayıs ayında 21.870 m³ kargo geri dönmüştür.

- Sabiha Gökçen Havalimanı'ndan Güneşli'ye dönen kargolar ise şöyledir: Mart ayında 13.331, Nisan ayında 10.474, Mayıs ayında 94.934 m³.
- Güneşli'den gönderici merkezlerine dönen kargoları inceleyecek olursak; Sarıgazi'ye Mart ayında 0.837, Nisan ayında 0.654, Mayıs ayında 5.750 m³, Beşiktaş'a Mart ayında 10.235, Nisan ayında 8.049, Mayıs ayında 73.690 m³, Beylikdüzü'ne Mart ayında 0.616, Nisan ayında 0.480, Mayıs ayında 4.234 m³, Kartal'a Mart ayında 0.894, Nisan ayında 0.699, Mayıs ayında 6.142 m³, Kadıköy'e Mart ayında 0.749, Nisan ayında 0.592, Mayıs ayında 5.118 m³ kargonun geri döndüğü görülmektedir.

5.5.3 Genetik Algoritma Sonuçları

Bu bölümde genetik algoritma ile çözülen problemin sonuçları verilmiştir. Öncelikle ekrana Şekil 5.3'teki veri giriş ekranı gelmektedir. Burada istenen bilgiler katman sayısı, birim sayısı, senaryo sayısı ve dönem sayısıdır. Probleme özgü veriler aşağıdaki şekildeki gibi girilmiştir.

Ozellikleri giriniz

Katman sayısı	<input type="text" value="5"/>	<input type="button" value="Devam"/>
Birim sayısı	<input type="text" value="5"/>	
Senaryo sayısı	<input type="text" value="10"/>	
Donem sayısı	<input type="text" value="3"/>	

Şekil 5.3 Özelliklerin veri giriş ekranı

Bir sonraki aşama ise birim isim çizelgesi oluşturmaktır. Burada gönderici, toplama merkezleri, havalimanları, teslimat (dağıtım) merkezleri, alıcı merkezleri (müşteri noktaları) isimleri girilmektedir. Sonrasında dönem isimlerini ve senaryo olasılıklarının girişi gerçekleştirilmektedir.

Birim Isim Tablosu

Gonderici	Toplama	Havalimani	Teslimat	Alici
Sarıgazi	Umraniye	Sabiha Gokce	Almanya	Fransa
Besiktas	Gunesli	Ataturk	Dubai	Britanya
Beylikduzu	x	x	x	Danimarka
Kartal	x	x	x	Arabistan
Kadikoy	x	x	x	x

Donem Isim Tablosu

Mart	Nisan	Mayis
------	-------	-------

Senaryo İhtimal Tablosu

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Devam

Şekil 5.4 Birim isim, dönem isim ve senaryo ihtimal veri girişi

Müşterilerin gönderici merkezlerin farklı dönem ve senaryolarda talep ettikleri kargo hacimlerinin girişi aşağıdaki şekilde yer almaktadır. Ayrıca kargolardan elde edilen gelirler de Şekil 5.5'teki gibi girilmiştir.

Toplama merkezleri, havalimanları ve dağıtım merkezlerine ilişkin sabit maliyetler Şekil 5.6'daki gibi girilmiştir. Ayrıca bu merkezlere ilişkin kapasite bilgilerinin girişlerinin de kullanıcı tarafından girilmesi istenmektedir. Güvenilirlik yüzdesi de tüm merkezlere ilişkin dönemsel bazda girilmiştir.

Kargo Talep Tablosu

Mart	Nisan	Mayis																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fransa</th> <th>Britanya</th> <th>Danimarka</th> <th>Arabistan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sarıgazi</td> <td>453.6</td> <td>199.5</td> <td>434.6</td> <td>142.2</td> </tr> <tr> <td>Besiktas</td> <td>374.2</td> <td>117.1</td> <td>355.0</td> <td>59.15</td> </tr> <tr> <td>Beylikduzu</td> <td>320.6</td> <td>158.8</td> <td>308.5</td> <td>122.3</td> </tr> <tr> <td>Kartal</td> <td>483.3</td> <td>214.1</td> <td>463.2</td> <td>153.3</td> </tr> <tr> <td>Kadikoy</td> <td>483.9</td> <td>105.9</td> <td>455.6</td> <td>20.69</td> </tr> </tbody> </table>		Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan	Sarıgazi	453.6	199.5	434.6	142.2	Besiktas	374.2	117.1	355.0	59.15	Beylikduzu	320.6	158.8	308.5	122.3	Kartal	483.3	214.1	463.2	153.3	Kadikoy	483.9	105.9	455.6	20.69	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fransa</th> <th>Britanya</th> <th>Danimarka</th> <th>Arabistan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sarıgazi</td> <td>242.6</td> <td>131.4</td> <td>355.5</td> <td>380.7</td> </tr> <tr> <td>Besiktas</td> <td>160.7</td> <td>48.19</td> <td>275.0</td> <td>300.5</td> </tr> <tr> <td>Beylikduzu</td> <td>186.2</td> <td>115.4</td> <td>258.2</td> <td>274.2</td> </tr> <tr> <td>Kartal</td> <td>259.7</td> <td>141.9</td> <td>379.5</td> <td>406.2</td> </tr> <tr> <td>Kadikoy</td> <td>169.9</td> <td>4.573</td> <td>338.0</td> <td>375.5</td> </tr> </tbody> </table>		Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan	Sarıgazi	242.6	131.4	355.5	380.7	Besiktas	160.7	48.19	275.0	300.5	Beylikduzu	186.2	115.4	258.2	274.2	Kartal	259.7	141.9	379.5	406.2	Kadikoy	169.9	4.573	338.0	375.5	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fransa</th> <th>Britanya</th> <th>Danimarka</th> <th>Arabistan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sarıgazi</td> <td>369.3</td> <td>129.7</td> <td>349.4</td> <td>149.7</td> </tr> <tr> <td>Besiktas</td> <td>288.9</td> <td>46.47</td> <td>268.8</td> <td>66.74</td> </tr> <tr> <td>Beylikduzu</td> <td>266.9</td> <td>114.3</td> <td>254.3</td> <td>127.1</td> </tr> <tr> <td>Kartal</td> <td>394.0</td> <td>140.1</td> <td>373.0</td> <td>161.3</td> </tr> <tr> <td>Kadikoy</td> <td>358.4</td> <td>2.051</td> <td>329.0</td> <td>31.85</td> </tr> </tbody> </table>		Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan	Sarıgazi	369.3	129.7	349.4	149.7	Besiktas	288.9	46.47	268.8	66.74	Beylikduzu	266.9	114.3	254.3	127.1	Kartal	394.0	140.1	373.0	161.3	Kadikoy	358.4	2.051	329.0	31.85
	Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan																																																																																								
Sarıgazi	453.6	199.5	434.6	142.2																																																																																								
Besiktas	374.2	117.1	355.0	59.15																																																																																								
Beylikduzu	320.6	158.8	308.5	122.3																																																																																								
Kartal	483.3	214.1	463.2	153.3																																																																																								
Kadikoy	483.9	105.9	455.6	20.69																																																																																								
	Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan																																																																																								
Sarıgazi	242.6	131.4	355.5	380.7																																																																																								
Besiktas	160.7	48.19	275.0	300.5																																																																																								
Beylikduzu	186.2	115.4	258.2	274.2																																																																																								
Kartal	259.7	141.9	379.5	406.2																																																																																								
Kadikoy	169.9	4.573	338.0	375.5																																																																																								
	Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan																																																																																								
Sarıgazi	369.3	129.7	349.4	149.7																																																																																								
Besiktas	288.9	46.47	268.8	66.74																																																																																								
Beylikduzu	266.9	114.3	254.3	127.1																																																																																								
Kartal	394.0	140.1	373.0	161.3																																																																																								
Kadikoy	358.4	2.051	329.0	31.85																																																																																								

Senaryo 1

Random

Kargo Gelir Tablosu

Mart	Nisan	Mayis																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fransa</th> <th>Britanya</th> <th>Danimarka</th> <th>Arabistan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sarıgazi</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Besiktas</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Beylikduzu</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Kartal</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Kadikoy</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> </tbody> </table>		Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan	Sarıgazi	216	216	216	312	Besiktas	216	216	216	312	Beylikduzu	216	216	216	312	Kartal	216	216	216	312	Kadikoy	216	216	216	312	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fransa</th> <th>Britanya</th> <th>Danimarka</th> <th>Arabistan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sarıgazi</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Besiktas</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Beylikduzu</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Kartal</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Kadikoy</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> </tbody> </table>		Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan	Sarıgazi	216	216	216	312	Besiktas	216	216	216	312	Beylikduzu	216	216	216	312	Kartal	216	216	216	312	Kadikoy	216	216	216	312	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fransa</th> <th>Britanya</th> <th>Danimarka</th> <th>Arabistan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sarıgazi</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Besiktas</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Beylikduzu</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Kartal</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> <tr> <td>Kadikoy</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>216</td> <td>312</td> </tr> </tbody> </table>		Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan	Sarıgazi	216	216	216	312	Besiktas	216	216	216	312	Beylikduzu	216	216	216	312	Kartal	216	216	216	312	Kadikoy	216	216	216	312
	Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan																																																																																								
Sarıgazi	216	216	216	312																																																																																								
Besiktas	216	216	216	312																																																																																								
Beylikduzu	216	216	216	312																																																																																								
Kartal	216	216	216	312																																																																																								
Kadikoy	216	216	216	312																																																																																								
	Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan																																																																																								
Sarıgazi	216	216	216	312																																																																																								
Besiktas	216	216	216	312																																																																																								
Beylikduzu	216	216	216	312																																																																																								
Kartal	216	216	216	312																																																																																								
Kadikoy	216	216	216	312																																																																																								
	Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan																																																																																								
Sarıgazi	216	216	216	312																																																																																								
Besiktas	216	216	216	312																																																																																								
Beylikduzu	216	216	216	312																																																																																								
Kartal	216	216	216	312																																																																																								
Kadikoy	216	216	216	312																																																																																								

Şekil 5.5 Senaryo bazında kargo talep ve kargo gelir veri girişleri

Sabit Maliyet Tablosu

Umraniye	30080
Gunesli	17280
Sabiha	3800
Ataturk	4400
Almanya	19500
Dubai	35000

Kapasite Tablosu

Umraniye	2000
Gunesli	7250
Sabiha	INF
Ataturk	INF
Almanya	6450
Dubai	8000

Güvenilirlik Tablosu

	Mart	Nisan	Mayıs
Umraniye	0.997	0.998	0.996
Gunesli	0.997	0.998	0.996
Sabiha	1	1	1
Ataturk	1	1	1
Almanya	0.997	0.998	0.996
Dubai	0.997	0.998	0.996

Şekil 5.6 Sabit maliyet, kapasite, güvenilirlik yüzdesi veri girişleri

Bir sonraki adımda ise göndericilerden toplama merkezlerine, toplama merkezlerinden havalimanlarına, havalimanlarından dağıtım merkezlerine, dağıtım merkezlerinden müşteri noktalarına ulaşım maliyetleri girilmektedir. Sonra da fırsat maliyetlerinin birim değerleri girilmiştir.

Gönderim Maliyet Tablosu

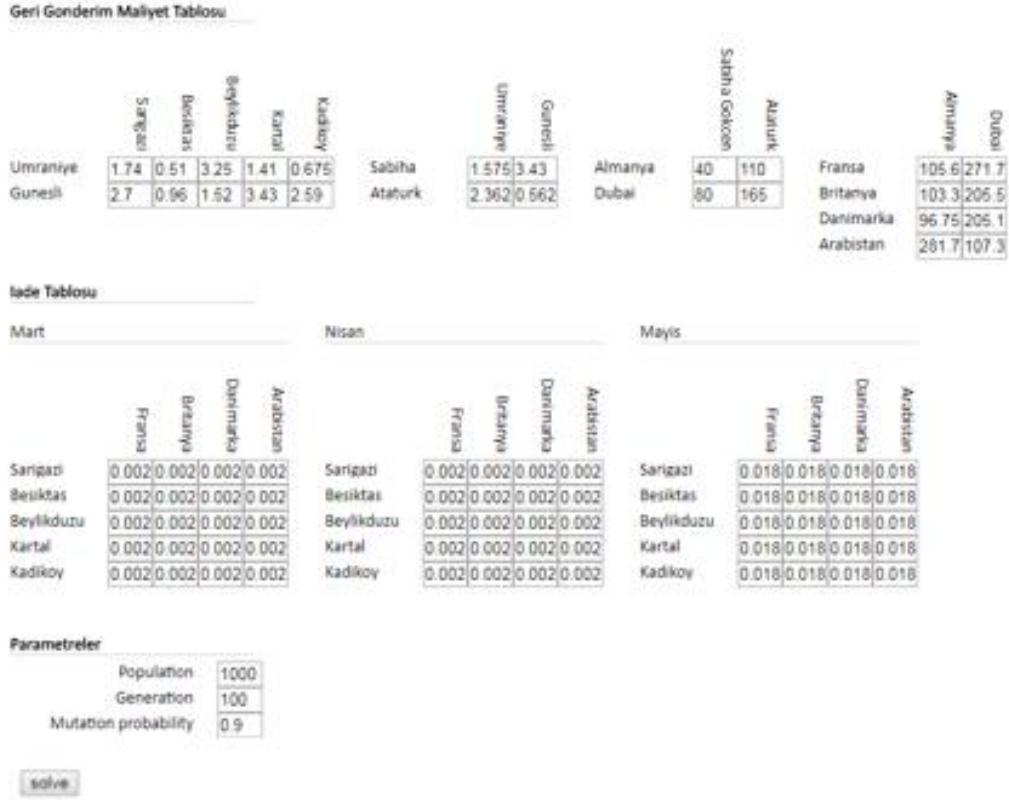
	Umraniye	Gunesli	Umraniye	Sabiha Gökken	Ataturk	Sabiha	Ataturk	Almanya	Dubai	Almanya	Dubai	Almanya	Dubai	Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan
Sarıgazi	1.74	2.7	Umraniye	1.575	2.362	Sabiha	40	80	Almanya	105.6	103.3	96.75	281.7				
Besiktas	0.51	0.96	Gunesli	3.43	0.562	Ataturk	110	165	Dubai	271.7	205.5	205.1	107.3				
Beylikdüzü	3.25	1.52															
Kartal	1.41	3.43															
Kadıköy	0.675	2.59															

Fırsat Maliyeti Birim Değeri

	Umraniye	Gunesli	Umraniye	Sabiha Gökken	Ataturk	Sabiha	Ataturk	Almanya	Dubai	Almanya	Dubai	Almanya	Dubai	Fransa	Britanya	Danimarka	Arabistan
Sarıgazi	0.116	0.061	Umraniye	0.058	0.064	Sabiha	0.289	0.360	Almanya	18.42	4.595	2.303	4.643				
Besiktas	0.017	0.025	Gunesli	0.07	0.040	Ataturk	0.797	0.723	Dubai	7.876	7.689	8.056	6.688				
Beylikdüzü	0.054	0.041															
Kartal	0.054	0.058															
Kadıköy	0.029	0.058															

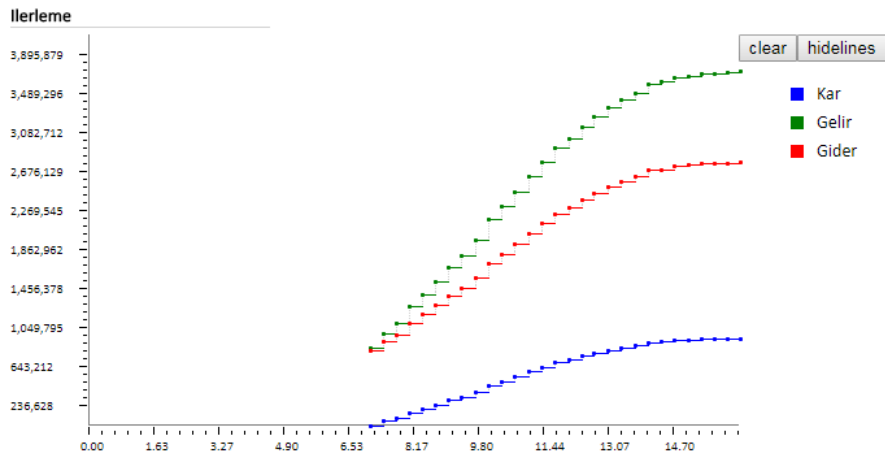
Şekil 5.7 Gönderim maliyetleri, fırsat maliyetleri birim değeri girişleri

Bu veriler girildikten sonra son olarak geri gönderim maliyetleri ile iade oranları girilmektedir. Son olarak da probleme özgü bazı parametrelerin girişleri yapılmıştır.



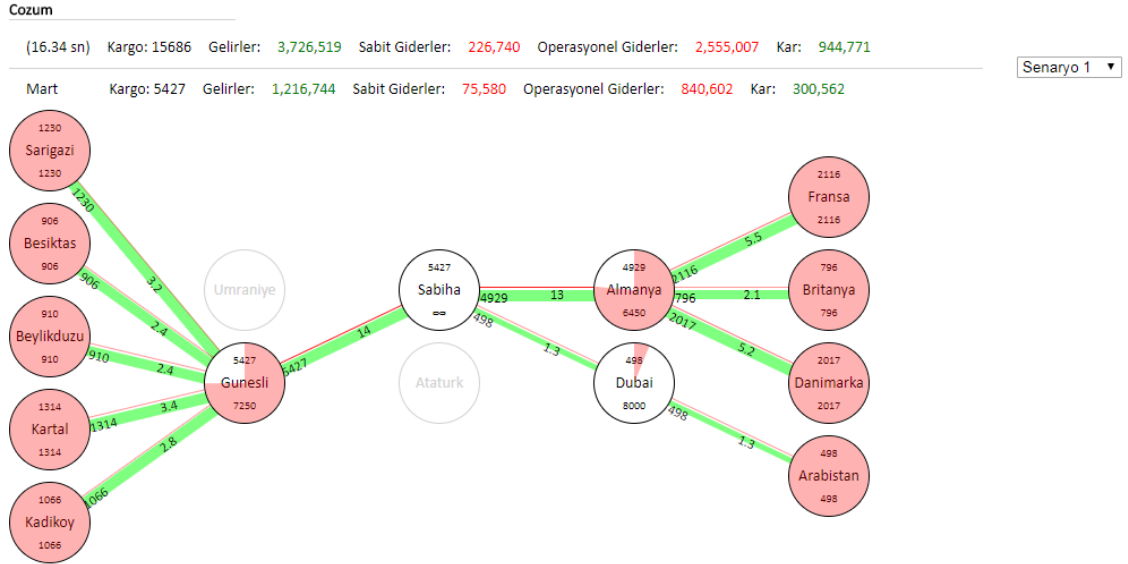
Şekil 5.8 Geril gönderim maliyetleri, iade oranları, parametre girişleri

Bütün veri girişleri tamamlandıktan sonra "Solve" butonuna tıklanarak problemin bu veriler ışığında çözülmesi sağlanır. Çıkan sonuçlar aşağıda şekiller ile gösterilmiştir. Şekil 5.9, programın problemin çözümünü gösteren ilerleme grafiğini ortaya koymaktadır. Bu grafik gelir, gider ve kar farklı renklerde göstermektedir.



Şekil 5.9 İlerleme grafiği

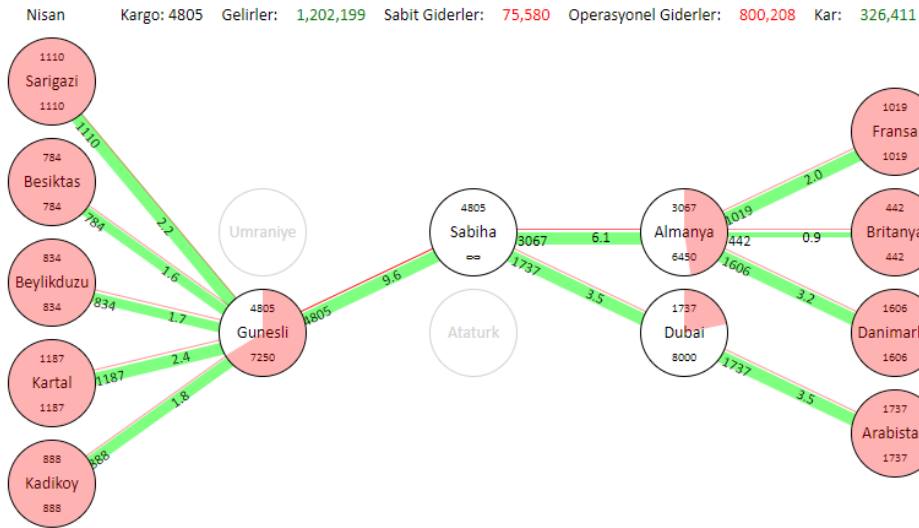
Çözüm kısmında ise senaryo bazlı olarak dönemlere ilişkin kargo gelirleri, giderleri ve karı göstermektedir. Aynı zamanda birimler arası akan kargo hacimleri, kapasitenin ne kadarının kullanıldığı hangi merkezlerin açık olduğu gibi bilgiler bulunmaktadır.



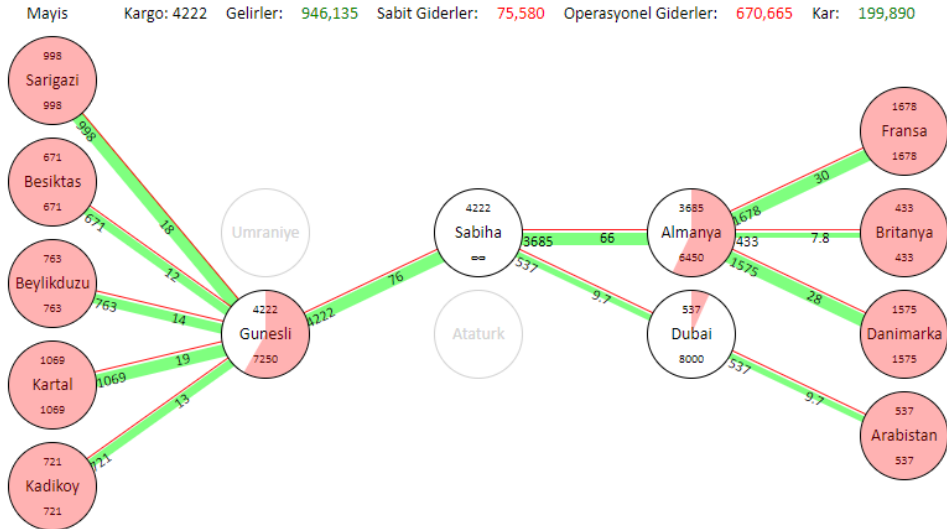
Şekil 5.10 Birinci senaryodaki mart ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları

Şekil 5.10’da görüldüğü gibi Ümraniye toplama merkezi ve Atatürk Havalimanı kapalı konumdadır. Yeşil olarak görülen çizgiler ileri yönlü kargo akışlarıdır. Kırmızı renkli çizgiler ise geri yönlü akışları temsil etmektedir. Burada çizgilerin kalınlığı kargo miktarı ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Düğümlerin üzerinde yer alan sayılar ise kargo miktarlarıdır. Toplama merkezleri, dağıtım merkezleri ve havalimanlarının üzerinde yazan sayılardan alttaki rakam yerlerin kapasitesini, üstteki rakam ise kargo miktarını göstermektedir. Ayrıca yukarıdaki şekilde ilk satırda çözüm süresi, toplam kargo miktarı, gelirler, giderler ve kar görülmektedir. İkinci satırda ise yerel bilgiler vardır. Yani o senaryo ve o döneme ait bilgiler ikinci satırda yer almaktadır.

Şekil 5.11’de görüldüğü gibi birinci senaryoda nisan ayında da Ümraniye toplama merkezi ve Atatürk Havalimanı kapalı konumdadır.



Şekil 5.11 Birinci senaryodaki nisan ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları



Şekil 5.12 Birinci senaryodaki mayıs ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları

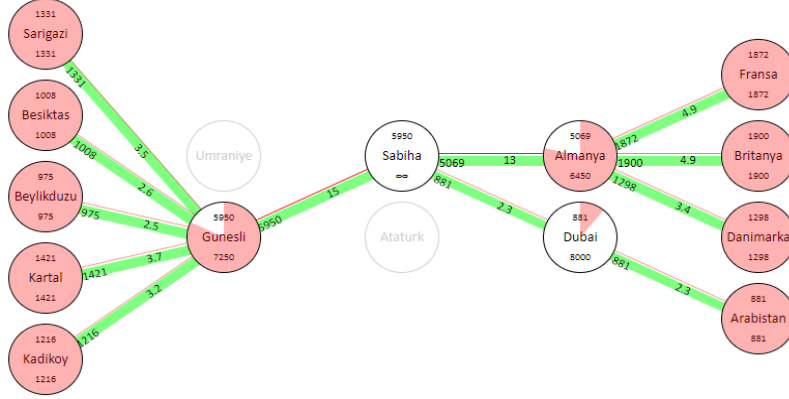
Şekil 5.12’de görüldüğü gibi birinci senaryoda mayıs ayına ilişkin verilerde de Ümraniye toplama merkezi ve Atatürk Havalimanı kapalı konumda olduğu sonuçları çıkmaktadır. İkinci senaryoya ilişkin elde edilen sonuçlar ise Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’te verilmiştir.

Cozum

(16.34 sn) Kargo: 15686 Gelirler: 3,726,519 Sabit Giderler: 226,740 Operasyonel Giderler: 2,555,007 Kar: 944,771

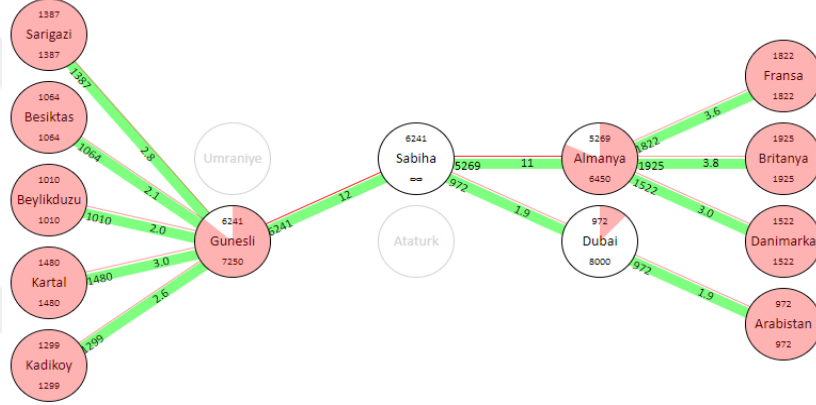
Senaryo 2

Mart Kargo: 5950 Gelirler: 1,366,329 Sabit Giderler: 75,580 Operasyonel Giderler: 941,474 Kar: 349,275



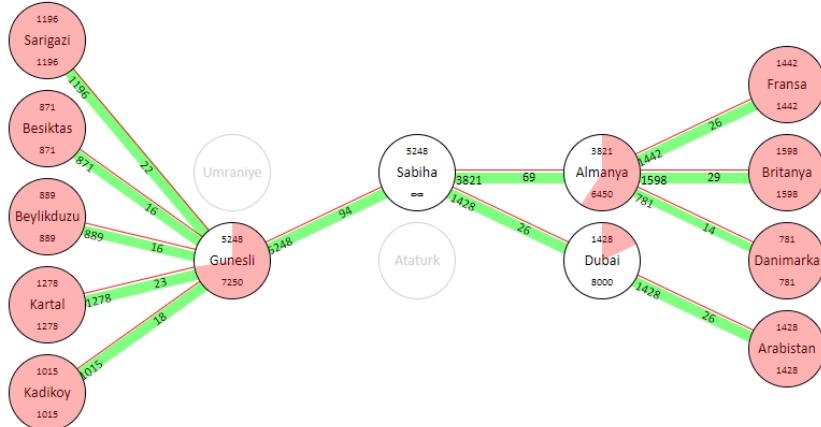
Şekil 5.13 İkinci senaryodaki mart ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları

Nisan Kargo: 6241 Gelirler: 1,438,416 Sabit Giderler: 75,580 Operasyonel Giderler: 987,528 Kar: 375,308



Şekil 5.14 İkinci senaryodaki nisan ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları

Mayıs Kargo: 5248 Gelirler: 1,247,824 Sabit Giderler: 75,580 Operasyonel Giderler: 873,999 Kar: 298,245



Şekil 5.15 İkinci senaryodaki mayıs ayında gerçekleşen kargo hacimleri ve merkezlerin açık-kapalı durumları

Senaryoların hepsi için sonuç alınmıştır. Fakat her birinin sonucuna yukarıdaki gibi yer verilmemiştir. Örnek olması açısından iki senaryoya ilişkin sonuçlar aktarılmıştır.

5.6 Stokastik Model ile Deterministik Modelin Karşılaştırması

Bu başlık altında sadece amaçları bakımından aynı olan stokastik model ile kar maksimizasyonu hedefleyen deterministik model karşılaştırılacaktır.

Çizelge 5.43 Deterministik model ile stokastik modelin karşılaştırılması

	Deterministik Model	Stokastik Model
Amaç Fonksiyonu	12350879.114444	9900297.754736
Çözüm Süresi	0.016	0.11
İterasyon Sayısı	102	105

- Amaç fonksiyonları incelendiğinde en iyi sonucu deterministik modelin verdiğini görmekteyiz. Modelin amacı karı maksimize etmektir. Bu yüzden ki deterministik model daha büyük bir değer sunmaktadır.
- Stokastik modelde toplama merkezlerinden Güneşli açık kalırken, Ümraniye'nin kapalı olmasının maliyet açısından uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Deterministik model de aynı sonuç elde edilmiştir.
- Her iki modelde de Almanya ve Dubai dağıtım merkezlerinin her ikisi de açıktır.
- Stokastik modelde Sabiha Gökçen Havalimanı hizmette iken Atatürk Havalimanı hizmet dışıdır. Deterministik model de aynı sonuçlar elde edilmiştir.
- Stokastik modelde ve deterministik modelde Almanya; Fransa, Danimarka ve Büyük Britanya'ya hizmet vermektedir. Dubai ise Arabistan'a hizmet vermektedir.
- Her bir modelde akışlardaki kargo hacimleri ise farklılık göstermektedir.

5.7 Stokastik Model ile Sezgisel Modelin Karşılaştırması

Bu başlık altında stokastik model ile sezgisel bir yöntem olan genetik algoritma tabanlı model karşılaştırılacaktır.

Çizelge 5.44 Stokastik model ile sezgisel modelin karşılaştırılması

	Stokastik Model	Sezgisel Model
Amaç Fonksiyonu	9900297.754736	9447710
Çözüm Süresi	0.11	16.34

- Stokastik model ile genetik algoritma tabanlı sezgisel model karşılaştırıldığında amaç fonksiyonu açısından stokastik modelin karı maksimize etmek konusunda daha başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Aynı zamanda çözüm süresi de önemli ölçüde daha kısa olmaktadır.
- Modellerin sonuçları incelendiğinde stokastik modelde Ümraniye toplama merkezinin kapanması kararının daha doğru olacağı sonucuna varılmış, genetik algoritma tabanlı sezgisel yöntemin de bunu desteklediği görülmüştür.
- Her iki yöntemde de Atatürk Havalimanı hizmet dışıdır.
- Almanya ve Dubai dağıtım merkezlerinin ise her iki yöntemde de açık kalması sonucu çıkmıştır.
- Hizmet verme durumları incelendiğinde her iki yöntem birbirini desteklemektedir. Almanya; Fransa, Büyük Britanya ve Danimarka'ya hizmet verirken Dubai; Arabistan'a hizmet vermektedir.

5.8 Deterministik Model ile Sezgisel Modelin Karşılaştırması

Deterministik model ile genetik algoritma tabanlı sezgisel model karşılaştırıldığında amaç fonksiyonu açısından deterministik modelin karı maksimize etmek konusunda daha başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Aynı zamanda çözüm süresinin de önemli ölçüde daha kısa olduğu Çizelge 5.45'te görülmektedir.

Çizelge 5.45 Deterministik model ile sezgisel modelin karşılaştırılması

	Deterministik Model	Sezgisel Model
Amaç Fonksiyonu	12350879.1144	9447710
Çözüm Süresi	0.016	16.34

- Modellerin sonuçları incelendiğinde deterministik modelde Ümraniye toplama merkezinin kapanması kararının daha doğru olacağı sonucuna varılmışken genetik algoritma tabanlı sezgisel yöntemde her iki toplama merkezi de açık kalmıştır.
- Modellerin sonuçları incelendiğinde stokastik modelde Ümraniye toplama merkezinin kapanması kararının daha doğru olacağı sonucuna varılmış, genetik algoritma tabanlı sezgisel yöntemin de bunu desteklediği görülmüştür.
- Her iki yöntemde de Atatürk Havalimanı hizmet dışıdır.

- Almanya ve Dubai dağıtım merkezlerinin ise her iki yöntemde de açık kalması sonucu çıkmıştır.
- Hizmet verme durumları incelendiğinde her iki yöntem birbirini desteklemektedir. Almanya; Fransa, Büyük Britanya ve Danimarka'ya hizmet verirken Dubai; Arabistan'a hizmet vermektedir.



BÖLÜM 6

SONUÇ ve ÖNERİLER

İşletmelerin ayakta kalabilmeleri ve rekabet piyasasında rakiplerine karşı güçlü olabilmeleri zorlaşmaktadır. Bu sebeptendir ki işletmeler müşteri beklentilerini en iyi şekilde karşılamaya çalışmaktadırlar. Bu bilinçle de müşterinin istediği ürün ve/veya hizmeti doğru zamanda, doğru yerde ve doğru şekilde müşteriye ulaştırmak için tedarik zinciri yönetimi konusunda çalışmalar yapmaya ve lojistik ağ yapılarının güçlü olmasına dikkat etmeye başlamışlardır. Lojistik sistemlerinde ileriye doğru akışlar söz konusu olduğu gibi geriye akışlar da söz konusudur. Ters lojistik diye adlandırılan bu geri yönlü lojistik son yıllarda üzerinde çokça durulan bir konu haline gelmiştir.

Bu bağlamda bu tez çalışmasında bu kadar önemli bir konu haline gelen lojistik sistemlerden hem ileri hem de geri yönlü lojistikleri ele alan bütünleşik lojistik ağ sistemi ele alınmıştır. Bu lojistik ağ tasarımının modellenmesi konusu üç aşamada ele alınmıştır: Problemin tanımlanması, amaçların belirlenmesi ve modelin kurulması. Bu çalışma bir üçüncü parti lojistik şirketi olan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Firma, dört yurt dışı ülkesinde yer alan alıcı firmalar ile beş gönderici (üretici) firma arasında lojistik faaliyetlerini yürüten bir firmadır. Bu çalışma ile firmanın ağ yapısının bilimsel yöntemler ile bir matematiksel modeli oluşturularak test edilmesi, ağ yapısındaki tüm aşamaların, tüm birimlerin gerekli olup olmadığı, firmaya gereksiz bir maliyet oluşturup oluşturmadığı konusunda bilgi vermek amaçlanmıştır. Ayrıca tüm birimler arasında belirli bir dönemde akabilecek kargo miktarı gözler önüne serilerek firmaya bir sonraki dönemde talep tahmini yapmaları konusunda alt yapı oluşturabilmek, işletmenin yöneticilerine bir vizyon geliştirmeleri konusunda yardımcı olmak amaçlanmıştır. Son olarak da lojistik konusu üzerinde çalışanlar, bu konuda ilgisi olanlar için bir ağ yapısının bilimsel olarak incelenmesi için örnek oluşturmak diğer bir çalışma amacıdır. Model

kurulurken firmanın ağ yapısı tamamen yansıtılmıştır. Bu çalışmadaki tüm veriler firmadan alınan doğru veriler olup gerçekçi bir çalışma olmasını desteklemektedir.

Çalışmanın ana yapısı içerisinde bu matematiksel modelin stokastik modelleme ve genetik algoritma ile modellenmesi söz konusu olmuştur.

Stokastik modelleme kullanılmasının nedeni yurt dışı ülkelerinde yer alan alıcı şirketlerinin taleplerinin belirsiz olmasıdır. Bu durumda olduğu gibi belirsizliğin söz konusu olduğu durumlarda stokastik modelleme önemli bir rol oynamaktadır. Kargoların belirsizliği altında çözülen modelden sonra stokastik modeldeki tüm senaryolardaki değerlerin ortalamaları alınarak talep belirliymiş gibi bir deterministik yapı kurulmuş, bu yapının sonuçları da incelenmiştir. Son olarak da genetik algoritma tabanlı bir sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma diğer yöntemden ayrı olarak optimal bir sonuç vermemekle birlikte optime en yakın sonucu vermektedir. Her üç yöntemin sonuçları da elde edildikten sonra birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak bahsedilen üç bilimsel yöntemle ele alınmış ağ yapısı ile ilgili bazı sonuçlar elde edilmiştir. Üç yöntemden stokastik, deterministik modelleme ve genetik algoritma tabanlı model ile optimal sonuçtan elde edilen verilere göre toplama merkezlerinden Ümraniye'nin kapatılması tek şube olarak Güneşli ile çalışılmasının firmanın karını maksimuma çıkaracağı sonucuna varılmıştır. Dağıtım merkezlerinin her ikisi ile devam edilmesi gerektiği üç yöntem ile desteklenmektedir. Ayrıca hizmet verme şeklinin kısıtlanması gerektiği, Almanya'nın Daminarka, Büyük Britanya, Fransa'ya hizmet verirken Dubai ise sadece Arabistan'a hizmet vermesi gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır. Kargolar incelendiğinde ise sonraki dönemler için veri alt yapısı oluşturmuş olup talep tahmini konusunda yardımcı olabileceği görülmüştür.

İleriki çalışmalarda, stokastik modelde kullanılan 10 senaryo yerine daha fazla senaryo kullanılabilir. Farklı metasezgiseller modele dahil edilebilir. İki veya daha fazla algoritma birlikte kullanılarak model pekiştirilebilir. Ayrıca modeldeki merkezler için farklı konumlar test edilip farklı toplama ve dağıtım merkezleri önerilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Özkan, B., (2010). Tersine Tedarik Zinciri İncelemesi ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Alegöz, M., (2015). Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Problemleri İçin Çok Amaçlı ve Çok Aşamalı Çözüm Yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [3] Swaminathan, J.M., Smith S.F. ve Sadeh, N., (1994). “Modeling The Dynamics of Supply Chains”, Proceedings AAAI-SIGMAN Workshop on Intelligent Manufacturing, Seattle, WA, 113-122.
- [4] Lee, H.L. ve Billington, C., (1995). “The Evaluation of Supply Chain Management Models And Practice At Hewlett Packard”, Interfaces, 25: 42-63.
- [5] Sezer, Ö., (2010). İleri/Geri Akışları Dikkate Alan Lojistik Ağ Tasarımı: Basın-Yayın Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [6] Sengupta, S. ve Turnbull, J., (1996). “Seamless Optimization of The Entire Supply Chain”, IIE Solutions, 28 (10): 28-32.
- [7] Varlı, A., (2007). Çok Amaçlı ve Çok Konumlu Aktarmalı Tasıma Problemlerini Genetik Algoritma ile Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Uludağ, A.S., (2013). Lojistik Yönetiminde Lojistik Ağların Kullanımı ve Bir İşletme İçin Lojistik Ağın Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [9] Russel, S. H.; (2007). “Supply Chain Management More Than Integrated Logistics”, Air Force Journal of Logistics, XXXI (2): 56-63.
- [10] Loder Lojistik Derneği, <http://www.loder.org.tr/tr/terimler.html?harf=U>, 27 Kasım 2017.
- [11] Carbone, V. ve Stone, M. A., (2005). “Growth and Relational Strategies Used by The European Logistics Service Providers: Rationale And Outcomes”, Transportation Research, Part E, 41: 496.
- [12] Hertz, S. ve Alfredson, M. (2003). “Strategic Development Of Third Party Logistics Providers”, Industrial Marketing Management, 32: 141.
- [13] Uludağ, A.S., (2006). Üçüncü Parti Lojistik Sektörünün Gelişimi ve Bir Üçüncü Parti Lojistik Firması ile Müşterisi Arasında Örnek Bir Ağ Sisteminin

Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bolu.

- [14] Paksoy, T. (2005). “Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli”. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14: 435-454.
- [15] Dandy, G. C., Simpson, A. R. ve Murphy L. J. (1996). “An Improved Genetic Algorithm For Pipe Network Optimization”. Water Resources Research, 32 (2): 449-458.
- [16] Juang, C. F., (2004). “A Hybrid of Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization for Recurrent Network Design”. IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics—Part B: Cybernetics, 34 (2): 997-1006.
- [17] Paksoy, T. (2005). “Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı Ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli”. Elsevier Computers & Industrial Engineering, 51: 196–215.
- [18] Yan, H., Yu, Z. ve Cheng, T. C. E., (2003). “A Strategic Model for Supply Chain Design with Logical Constraints: Formulation and Solution”. Computers & Operations Research, 30, (14): 2135-2155.
- [19] Altıparmak, F., Gen, M., Lin, L. ve Paksoy, T. (2006). “A Genetic Algorithm Approach for Multi-Objective Optimization of Supply Chain Networks”. Elsevier Computers & Industrial Engineering, 51: 196–215.
- [20] Pishvae, M. S., Jolai F. ve Razmi, J. (2009). “A Stochastic Optimization Model for Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design”. Elsevier Journal of Manufacturing Systems 28: 107-114.
- [21] Costa, A., Celano, G., Fichera, S. ve Trovato, E. (2010). “A New Efficient Encoding/Decoding Procedure for The Design of a Supply Chain Network With Genetic Algorithms” Elsevier Computers & Industrial Engineering 59: 986–999.
- [22] Sadjady, H. ve Davoudpour, H. (2012). “Two-Echelon, Multi-Commodity Supply Chain Network Design with Mode Selection, Lead-Times And Inventory Costs”. Elsevier Computers & Operations Research 39: 1345–1354.
- [23] Zhang, W. ve Xu D. (2014). “Integrating The Logistics Network Design with Order Quantity Determination Under Uncertain Customer Demands”. Elsevier Expert Systems with Applications 41: 168–175.
- [24] Rodrigueza, M. A., Vecchietta, A. R., Harjunkoski, I. ve Grossmann, I. E. (2014). “Optimal Supply Chain Design and Management Over a Multi-Periodhorizon Under Demand Uncertainty. Part I: MINLP and MILP Models”. Elsevier Computers and Chemical Engineering 62: 194– 210.
- [25] Khalifehzadeh, S., Seifbarghy, M. ve Naderic B. (2015). “A Four-Echelon Supply Chain Network Design With Shortage: Mathematical Modeling and Solution Methods”. Elsevier Journal of Manufacturing Systems 35: 164–175.
- [26] Pop, P.C., Pinte, C-M. Sitar, C.P. ve Hajdu-Măcelaru M. (2015). “ An Efficient Reverse Distribution System for Solving Sustainable Supply Chain Network Design Problem”. Elsevier Journal of Applied Logic 13: 105–113.

- [27] Zohal, M. ve Soleimani, H. (2016). "Developing an Ant Colony Approach for Green Closed-Loop Supply Chain Network Design: A Case Study in Gold Industry" *Journal of Cleaner Production* 133:314-337.
- [28] Bordin, C., Gordini A. ve Vigo, D. (2016). "An Optimization Approach for District Heating Strategic Network Design". *Elsevier European Journal of Operational Research* 252: 296–307.
- [29] Yi, P., Huang, M., Guo, L. ve Shi, T. (2016). "A Retailer Oriented Closed-Loop Supply Chain Network Design for End of Life Construction Machinery Remanufacturing". *Elsevier Journal of Cleaner Production* xxx 1-13.
- [30] Dondo R. G. ve Méndez C. A. (2016). "Operational Planning of Forward And Reverse Logistic Activities on Multi-Echelon Supply-Chain Networks". *Elsevier Computers and Chemical Engineering* 88: 170–184.
- [31] Naderi, M. J. ve Pishvae M. S. (2017). "A Stochastic Programming Approach to Integrated Water Supply and Wastewater Collection Network Design Problem" *Elsevier Computers and Chemical Engineering* 104: 107–127.
- [32] Badri, H., Ghomi, S.M.T. F. ve Hejazi, T. (2017). "A Two-Stage Stochastic Programming Approach for Value-Based Closed-Loop Supply Chain Network Design". *Elsevier Transportation Research Part E* 105: 1–17.
- [33] Lima, C., Relvas, S. ve Barbosa-Póvoa A. (2018). "Stochastic Programming Approach for The Optimal Tactical Planning of The Downstream Oil Supply Chain" *Elsevier Computers and Chemical Engineering* 108: 314–336.
- [34] Quddus, M. A., Chowdhury, S., Marufuzzaman, M., Yu, F. ve Bian L. (2018). "A Two-Stage Chance-Constrained Stochastic Programming Model for A Bio-Fuel Supply Chain Network" *Elsevier International Journal of Production Economics* 195: 27–44.
- [35] Soner Kara, S. (2008). Ters Lojistik Sistemlerinin Stokastik Modelleme ile Tasarımı ve Kağıt Sektöründeki Uygulaması. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [36] Ayaz, B. (2013). Miktar ve Kalite Belirsizliği Altında Tersine Lojistik Ağ Tasarımı İçin Bir Stokastik Programlama Modeli Önerisi: Elektronik Atık Sektöründe Bir Uygulama. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [37] Birge, J.R. ve Louveaux, F.V. (1997). *Introduction to Stochastic Programming*, New York: Springer-Verlag, Berlin.
- [38] Tuzkaya, G. (2008). Tersine Lojistik Ağlarının Stratejik Planlamasına Yönelik Meta-Sezgisel Bir Yaklaşım. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [39] Demirel, N. (2013). Tersine Lojistik Ağı Tasarımı İçin Yeni Bir Model Önerisi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [40] Kuruca, E. (2009). Gezgin Satıcı Problemi Tabanlı Bir Sistemin Dinamik Bulanık Genetik Algoritmalar İle Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [41] Şeker, Ş. (2007). Araç Rotalama Problemleri ve Zaman Pencere Stokastik Araç Rotalama Problemine Genetik Algoritma Yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



UYGULAMA VERİ ve SONUÇLARI

A-1 Alıcıların Göndericilerden Dönemsel Bazda Senaryolardaki Kargo Talepleri Veri Tablosu

a. g. p./s	1	2	3	4	5
Fransa. Sarıgazi. Mart	453.622	406.652	169.982	410.246	450.006
Fransa. Sarıgazi. Nisan	242.602	397.146	266.034	449.480	305.698
Fransa. Sarıgazi. Mayıs	369.309	323.863	148.405	274.850	345.542
Fransa. Beşiktaş. Mart	374.224	326.697	87.222	330.335	370.566
Fransa. Beşiktaş. Nisan	160.703	317.079	184.413	370.033	224.547
Fransa. Beşiktaş. Mayıs	288.912	242.928	65.389	193.334	264.863
Fransa. Beylikdüzü. Mart	320.685	290.764	140.000	293.054	318.382
Fransa. Beylikdüzü. Nisan	186.261	284.709	201.187	318.047	226.454
Fransa. Beylikdüzü. Mayıs	266.976	238.026	126.255	206.804	251.836
Fransa. Kartal. Mart	483.391	433.611	182.781	437.421	479.559
Fransa. Kartal. Nisan	259.746	423.536	284.580	479.001	326.617
Fransa. Kartal. Mayıs	394.034	345.870	159.913	293.924	368.845
Fransa. Kadıköy. Mart	483.919	414.043	61.957	419.391	478.540
Fransa. Kadıköy. Nisan	169.992	399.901	204.851	477.757	263.858
Fransa. Kadıköy. Mayıs	358.490	290.882	29.857	217.967	323.131
Büyük Britanya. Sarıgazi. Mart	199.573	411.993	442.840	152.440	209.818
Büyük Britanya. Sarıgazi. Nisan	131.409	416.809	192.438	399.826	226.918
Büyük Britanya. Sarıgazi. Mayıs	129.713	353.928	300.889	405.065	419.547
Büyük Britanya. Beşiktaş. Mart	117.164	332.102	363.315	69.472	127.530
Büyük Britanya. Beşiktaş. Nisan	48.191	336.974	109.944	319.791	144.833
Büyük Britanya. Beşiktaş. Mayıs	46.476	273.348	219.681	325.092	339.745
Büyük Britanya. Beylikdüzü. Mart	158.850	294.167	313.817	128.826	165.376
Büyük Britanya. Beylikdüzü. Nisan	115.428	297.234	154.305	286.416	176.270
Büyük Britanya. Beylikdüzü. Mayıs	114.348	257.178	223.391	289.753	298.979
Büyük Britanya. Kartal. Mart	214.143	439.272	471.965	164.190	225.001
Büyük Britanya. Kartal. Nisan	141.900	444.375	206.581	426.377	243.124

A-1 Alıcıların Göndericilerden Dönemsel Bazda Senaryolardaki Kargo Talepleri Veri Tablosu (devamı)

a. g. p./s.	1	2	3	4	5
Büyük Britanya. Kartal. Mayıs	140.103	377.733	321.521	431.929	447.278
Büyük Britanya. Kadıköy. Mart	105.980	421.989	467.880	35.861	121.220
Büyük Britanya. Kadıköy. Nisan	4.573	429.153	95.365	403.889	146.660
Büyük Britanya. Kadıköy. Mayıs	2.051	335.607	256.704	411.682	433.227
Danimarka. Sarıgazi. Mart	434.632	296.218	208.514	341.398	296.711
Danimarka. Sarıgazi. Nisan	355.598	339.337	223.178	206.684	391.706
Danimarka. Sarıgazi. Mayıs	349.497	196.797	272.638	310.404	310.340
Danimarka. Beşiktaş. Mart	355.009	214.954	126.211	260.670	215.453
Danimarka. Beşiktaş. Nisan	275.038	258.585	141.049	124.359	311.574
Danimarka. Beşiktaş. Mayıs	268.865	114.355	191.095	229.309	229.244
Danimarka. Beylikdüzü. Mart	308.588	220.415	164.546	249.196	220.729
Danimarka. Beylikdüzü. Nisan	258.242	247.883	173.887	163.380	281.243
Danimarka. Beylikdüzü. Mayıs	254.355	157.082	205.394	229.452	229.411
Danimarka. Kartal. Mart	463.265	316.570	223.619	364.454	317.093
Danimarka. Kartal. Nisan	379.503	362.269	239.161	221.679	417.771
Danimarka. Kartal. Mayıs	373.037	211.201	291.579	331.605	331.537
Danimarka. Kadıköy. Mart	455.668	249.754	119.280	316.968	250.488
Danimarka. Kadıköy. Nisan	338.092	313.901	141.096	116.558	391.808
Danimarka. Kadıköy. Mayıs	329.016	101.850	214.676	270.859	270.763
Arabistan. Sarıgazi. Mart	142.243	216.030	333.763	363.465	147.455
Arabistan. Sarıgazi. Nisan	380.799	233.470	441.383	325.030	191.992
Arabistan. Sarıgazi. Mayıs	149.746	321.191	135.546	370.749	297.886
Arabistan. Beşiktaş. Mart	59.154	133.816	252.944	282.999	64.428
Arabistan. Beşiktaş. Nisan	300.538	151.463	361.840	244.108	109.493
Arabistan. Beşiktaş. Mayıs	66.746	240.223	52.378	290.369	216.642
Arabistan. Beylikdüzü. Mart	122.330	169.334	244.332	263.253	125.650
Arabistan. Beylikdüzü. Nisan	274.295	180.444	312.889	238.769	154.021
Arabistan. Beylikdüzü. Mayıs	127.109	236.324	118.063	267.893	221.478
Arabistan. Kartal. Mart	153.383	231.585	356.361	387.841	158.907
Arabistan. Kartal. Nisan	406.211	250.068	470.420	347.106	206.108
Arabistan. Kartal. Mayıs	161.335	343.037	146.285	395.560	318.338
Arabistan. Kadıköy. Mart	20.691	130.462	305.608	349.796	28.445
Arabistan. Kadıköy. Nisan	375.582	156.407	465.711	292.617	94.701
Arabistan. Kadıköy. Mayıs	31.853	286.906	10.728	360.631	252.236
a. g. p. / s	6	7	8	9	10
Fransa. Sarıgazi. Mart	452.947	146.274	244.440	263.876	214.808
Fransa. Sarıgazi. Nisan	387.054	159.334	448.178	233.276	360.840
Fransa. Sarıgazi. Mayıs	351.933	291.084	292.875	436.085	360.692
Fransa. Beşiktaş. Mart	373.542	63.233	162.563	182.229	132.579

**A-1 Alıcıların Göndericilerden Dönemsel Bazda Senaryolardaki Kargo Talepleri
Veri Tablosu (devamı)**

a. g. p. / s	6	7	8	9	10
Fransa. Beşiktaş. Nisan	306.867	76.447	368.716	151.266	280.342
Fransa. Beşiktaş. Mayıs	271.330	209.760	211.572	356.480	280.193
Fransa. Beylikdüzü. Mart	320.256	124.897	187.432	199.812	168.555
Fransa. Beylikdüzü. Nisan	278.280	133.217	317.217	180.320	261.581
Fransa. Beylikdüzü. Mayıs	255.907	217.145	218.286	309.514	261.487
Fransa. Kartal. Mart	482.676	157.655	261.695	282.293	230.289
Fransa. Kartal. Nisan	412.840	171.496	477.622	249.862	385.058
Fransa. Kartal. Mayıs	375.618	311.129	313.027	464.806	384.902
Fransa. Kadıköy. Mart	482.915	26.688	172.727	201.640	128.643
Fransa. Kadıköy. Nisan	384.887	46.116	475.820	156.118	345.890
Fransa. Kadıköy. Mayıs	332.639	242.117	244.781	457.830	345.671
Büyük Britanya. Sarıgazi. Mart	159.384	301.390	293.496	297.019	191.031
Büyük Britanya. Sarıgazi. Nisan	198.946	178.543	245.948	292.488	213.618
Büyük Britanya. Sarıgazi. Mayıs	407.991	180.046	301.643	236.705	356.900
Büyük Britanya. Beşiktaş. Mart	76.499	220.188	212.200	215.765	108.521
Büyük Britanya. Beşiktaş. Nisan	116.529	95.885	164.089	211.180	131.376
Büyük Britanya. Beşiktaş. Mayıs	328.052	97.406	220.443	154.736	276.355
Büyük Britanya. Beylikdüzü. Mart	133.249	223.710	218.681	220.925	153.409
Büyük Britanya. Beylikdüzü. Nisan	158.451	145.454	188.392	218.039	167.797
Büyük Britanya. Beylikdüzü. Mayıs	291.617	146.411	223.871	182.504	259.071
Büyük Britanya. Kartal. Mart	171.550	322.052	313.685	317.419	205.090
Büyük Britanya. Kartal. Nisan	213.478	191.855	263.293	312.617	229.029
Büyük Britanya. Kartal. Mayıs	435.030	193.448	322.319	253.497	380.882
Büyük Britanya. Kadıköy. Mart	46.192	257.449	245.705	250.945	93.272
Büyük Britanya. Kadıköy. Nisan	105.046	74.694	174.970	244.206	126.874
Büyük Britanya. Kadıköy. Mayıs	416.035	76.930	257.825	161.219	340.028
Danimarka. Sarıgazi. Mart	346.286	212.712	379.415	368.654	334.731
Danimarka. Sarıgazi. Nisan	416.771	139.429	156.001	438.140	271.244
Danimarka. Sarıgazi. Mayıs	395.004	414.373	274.352	274.994	150.734
Danimarka. Beşiktaş. Mart	265.616	130.458	299.138	288.249	253.923
Danimarka. Beşiktaş. Nisan	336.936	56.307	73.075	358.559	189.685
Danimarka. Beşiktaş. Mayıs	314.912	334.510	192.829	193.479	67.746
Danimarka. Beylikdüzü. Mart	252.310	167.220	273.414	266.558	244.949
Danimarka. Beylikdüzü. Nisan	297.210	120.537	131.094	310.823	204.507
Danimarka. Beylikdüzü. Mayıs	283.345	295.683	206.486	206.895	127.739
Danimarka. Kartal. Mart	369.634	228.068	404.745	393.339	357.387
Danimarka. Kartal. Nisan	444.335	150.401	167.963	466.983	290.102
Danimarka. Kartal. Mayıs	421.267	441.795	293.396	294.077	162.382
Danimarka. Kadıköy. Mart	324.239	125.525	373.524	357.514	307.048

**A-1 Alıcıların Göndericilerden Dönemsel Bazda Senaryolardaki Kargo Talepleri
Veri Tablosu (devamı)**

a. g. p. / s	6	7	8	9	10
Danimarka. Kadıköy. Nisan	429.097	16.505	41.158	460.887	212.602
Danimarka. Kadıköy. Mayıs	396.715	425.530	217.225	218.181	33.323
Arabistan. Sarıgazi. Mart	130.669	411.096	206.184	411.570	300.804
Arabistan. Sarıgazi. Nisan	383.481	290.323	415.616	351.399	258.373
Arabistan. Sarıgazi. Mayıs	341.592	322.391	293.326	367.433	212.128
Arabistan. Beşiktaş. Mart	47.443	331.195	123.853	331.674	219.595
Arabistan. Beşiktaş. Nisan	303.252	208.989	335.767	270.790	176.660
Arabistan. Beşiktaş. Mayıs	260.866	241.438	212.028	287.014	129.868
Arabistan. Beylikdüzü. Mart	114.956	293.596	163.062	293.897	223.337
Arabistan. Beylikdüzü. Nisan	276.004	216.660	296.474	255.567	196.307
Arabistan. Beylikdüzü. Mayıs	249.319	237.088	218.573	265.781	166.848
Arabistan. Kartal. Mart	141.116	438.322	221.150	438.824	321.431
Arabistan. Kartal. Nisan	409.054	310.322	443.111	375.053	276.460
Arabistan. Kartal. Mayıs	364.659	344.309	313.505	392.046	227.449
Arabistan. Kadıköy. Mart	3.472	420.655	115.814	421.360	256.577
Arabistan. Kadıköy. Nisan	379.572	240.984	427.378	331.846	193.453
Arabistan. Kadıköy. Mayıs	317.255	288.692	245.452	355.699	124.657

A-2 Gönderici Merkezlerinden Toplama Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri

Gönderici Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Toplama Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Sarıgazi	Mart	1	Güneşli	1230.070
Sarıgazi	Mart	2	Güneşli	1330.893
Sarıgazi	Mart	3	Güneşli	1155.099
Sarıgazi	Mart	4	Güneşli	1267.549
Sarıgazi	Mart	5	Güneşli	1103.990
Sarıgazi	Mart	6	Güneşli	1089.286
Sarıgazi	Mart	7	Güneşli	1071.472
Sarıgazi	Mart	8	Güneşli	1123.535
Sarıgazi	Mart	9	Güneşli	1341.119
Sarıgazi	Mart	10	Güneşli	1041.374
Sarıgazi	Nisan	1	Güneşli	1110.408
Sarıgazi	Nisan	2	Güneşli	1386.762
Sarıgazi	Nisan	3	Güneşli	1123.033
Sarıgazi	Nisan	4	Güneşli	1381.020
Sarıgazi	Nisan	5	Güneşli	1116.314
Sarıgazi	Nisan	6	Güneşli	1386.252
Sarıgazi	Nisan	7	Güneşli	767.629
Sarıgazi	Nisan	8	Güneşli	1265.743
Sarıgazi	Nisan	9	Güneşli	1315.303
Sarıgazi	Nisan	10	Güneşli	1104.075
Sarıgazi	Mayıs	1	Güneşli	998.265
Sarıgazi	Mayıs	2	Güneşli	1195.779
Sarıgazi	Mayıs	3	Güneşli	857.478
Sarıgazi	Mayıs	4	Güneşli	1361.068
Sarıgazi	Mayıs	5	Güneşli	1373.315
Sarıgazi	Mayıs	6	Güneşli	1496.520
Sarıgazi	Mayıs	7	Güneşli	1207.894
Sarıgazi	Mayıs	8	Güneşli	1162.196
Sarıgazi	Mayıs	9	Güneşli	1315.217
Sarıgazi	Mayıs	10	Güneşli	1080.454
Beşiktaş	Mart	1	Güneşli	905.551
Beşiktaş	Mart	2	Güneşli	1007.569
Beşiktaş	Mart	3	Güneşli	829.692
Beşiktaş	Mart	4	Güneşli	943.476
Beşiktaş	Mart	5	Güneşli	777.977
Beşiktaş	Mart	6	Güneşli	763.100
Beşiktaş	Mart	7	Güneşli	745.074
Beşiktaş	Mart	8	Güneşli	797.754
Beşiktaş	Mart	9	Güneşli	1017.917

A-2 Gönderici Merkezlerinden Toplama Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri (Devamı)

Gönderici Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Toplama Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Beşiktaş	Mart	10	Güneşli	714.618
Beşiktaş	Nisan	1	Güneşli	784.470
Beşiktaş	Nisan	2	Güneşli	1064.101
Beşiktaş	Nisan	3	Güneşli	797.246
Beşiktaş	Nisan	4	Güneşli	1058.291
Beşiktaş	Nisan	5	Güneşli	790.447
Beşiktaş	Nisan	6	Güneşli	1063.584
Beşiktaş	Nisan	7	Güneşli	437.628
Beşiktaş	Nisan	8	Güneşli	941.647
Beşiktaş	Nisan	9	Güneşli	991.795
Beşiktaş	Nisan	10	Güneşli	778.063
Beşiktaş	Mayıs	1	Güneşli	670.999
Beşiktaş	Mayıs	2	Güneşli	870.854
Beşiktaş	Mayıs	3	Güneşli	528.543
Beşiktaş	Mayıs	4	Güneşli	1038.104
Beşiktaş	Mayıs	5	Güneşli	1050.494
Beşiktaş	Mayıs	6	Güneşli	1175.160
Beşiktaş	Mayıs	7	Güneşli	883.114
Beşiktaş	Mayıs	8	Güneşli	836.872
Beşiktaş	Mayıs	9	Güneşli	991.709
Beşiktaş	Mayıs	10	Güneşli	754.162
Beylikdüzü	Mart	1	Güneşli	926.782
Beylikdüzü	Mart	2	Güneşli	992.585
Beylikdüzü	Mart	3	Güneşli	877.851
Beylikdüzü	Mart	4	Güneşli	951.244
Beylikdüzü	Mart	5	Güneşli	844.494
Beylikdüzü	Mart	6	Güneşli	834.898
Beylikdüzü	Mart	7	Güneşli	823.272
Beylikdüzü	Mart	8	Güneşli	857.252
Beylikdüzü	Mart	9	Güneşli	999.257
Beylikdüzü	Mart	10	Güneşli	803.628
Beylikdüzü	Nisan	1	Güneşli	843.855
Beylikdüzü	Nisan	2	Güneşli	1022.776
Beylikdüzü	Nisan	3	Güneşli	852.028
Beylikdüzü	Nisan	4	Güneşli	1019.059
Beylikdüzü	Nisan	5	Güneşli	847.678
Beylikdüzü	Nisan	6	Güneşli	1022.446
Beylikdüzü	Nisan	7	Güneşli	621.927
Beylikdüzü	Nisan	8	Güneşli	944.423

A-2 Gönderici Merkezlerinden Toplama Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri (Devamı)

Gönderici Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Toplama Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Beylikdüzü	Nisan	9	Güneşli	976.511
Beylikdüzü	Nisan	10	Güneşli	839.755
Beylikdüzü	Mayıs	1	Güneşli	779.744
Beylikdüzü	Mayıs	2	Güneşli	909.688
Beylikdüzü	Mayıs	3	Güneşli	687.121
Beylikdüzü	Mayıs	4	Güneşli	1018.429
Beylikdüzü	Mayıs	5	Güneşli	1026.487
Beylikdüzü	Mayıs	6	Güneşli	1107.542
Beylikdüzü	Mayıs	7	Güneşli	917.657
Beylikdüzü	Mayıs	8	Güneşli	887.593
Beylikdüzü	Mayıs	9	Güneşli	988.264
Beylikdüzü	Mayıs	10	Güneşli	833.816
Kartal	Mart	1	Güneşli	1314.182
Kartal	Mart	2	Güneşli	1421.038
Kartal	Mart	3	Güneşli	1234.726
Kartal	Mart	4	Güneşli	1353.906
Kartal	Mart	5	Güneşli	1180.560
Kartal	Mart	6	Güneşli	1164.976
Kartal	Mart	7	Güneşli	1146.097
Kartal	Mart	8	Güneşli	1201.275
Kartal	Mart	9	Güneşli	1431.875
Kartal	Mart	10	Güneşli	1114.197
Kartal	Nisan	1	Güneşli	1187.360
Kartal	Nisan	2	Güneşli	1480.248
Kartal	Nisan	3	Güneşli	1200.742
Kartal	Nisan	4	Güneşli	1474.163
Kartal	Nisan	5	Güneşli	1193.620
Kartal	Nisan	6	Güneşli	1479.707
Kartal	Nisan	7	Güneşli	824.074
Kartal	Nisan	8	Güneşli	1351.989
Kartal	Nisan	9	Güneşli	1404.515
Kartal	Nisan	10	Güneşli	1180.649
Kartal	Mayıs	1	Güneşli	1068.509
Kartal	Mayıs	2	Güneşli	1277.841
Kartal	Mayıs	3	Güneşli	919.298
Kartal	Mayıs	4	Güneşli	1453.018
Kartal	Mayıs	5	Güneşli	1465.998
Kartal	Mayıs	6	Güneşli	1596.574
Kartal	Mayıs	7	Güneşli	1290.681
Kartal	Mayıs	8	Güneşli	1242.247

A-2 Gönderici Merkezlerinden Toplama Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri (Devamı)

Gönderici Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Toplama Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Kartal	Mayıs	9	Güneşli	1404.426
Kartal	Mayıs	10	Güneşli	1155.615
Kadıköy	Mart	1	Güneşli	1066.258
Kadıköy	Mart	2	Güneşli	1216.248
Kadıköy	Mart	3	Güneşli	954.725
Kadıköy	Mart	4	Güneşli	1122.016
Kadıköy	Mart	5	Güneşli	878.693
Kadıköy	Mart	6	Güneşli	856.818
Kadıköy	Mart	7	Güneşli	830.317
Kadıköy	Mart	8	Güneşli	907.770
Kadıköy	Mart	9	Güneşli	1231.459
Kadıköy	Mart	10	Güneşli	785.540
Kadıköy	Nisan	1	Güneşli	888.239
Kadıköy	Nisan	2	Güneşli	1299.362
Kadıköy	Nisan	3	Güneşli	907.023
Kadıköy	Nisan	4	Güneşli	1290.821
Kadıköy	Nisan	5	Güneşli	897.027
Kadıköy	Nisan	6	Güneşli	1298.602
Kadıköy	Nisan	7	Güneşli	378.299
Kadıköy	Nisan	8	Güneşli	1119.326
Kadıköy	Nisan	9	Güneşli	1193.057
Kadıköy	Nisan	10	Güneşli	878.819
Kadıköy	Mayıs	1	Güneşli	721.410
Kadıköy	Mayıs	2	Güneşli	1015.245
Kadıköy	Mayıs	3	Güneşli	511.965
Kadıköy	Mayıs	4	Güneşli	1261.139
Kadıköy	Mayıs	5	Güneşli	1279.357
Kadıköy	Mayıs	6	Güneşli	1462.644
Kadıköy	Mayıs	7	Güneşli	1033.269
Kadıköy	Mayıs	8	Güneşli	965.283
Kadıköy	Mayıs	9	Güneşli	1192.929
Kadıköy	Mayıs	10	Güneşli	843.679

A-3 Toplama Merkezlerinden Havalimanlarına Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri

Toplama Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Havalimanları	Kargo Gönderim Hacmi
Güneşli	Mart	1	Sabiha Gökçen H.	5442.843
Güneşli	Mart	2	Sabiha Gökçen H.	5968.333
Güneşli	Mart	3	Sabiha Gökçen H.	5052.093
Güneşli	Mart	4	Sabiha Gökçen H.	5638.191
Güneşli	Mart	5	Sabiha Gökçen H.	4785.714
Güneşli	Mart	6	Sabiha Gökçen H.	4709.078
Güneşli	Mart	7	Sabiha Gökçen H.	4616.232
Güneşli	Mart	8	Sabiha Gökçen H.	4887.586
Güneşli	Mart	9	Sabiha Gökçen H.	6021.627
Güneşli	Mart	10	Sabiha Gökçen H.	4459.357
Güneşli	Nisan	1	Sabiha Gökçen H.	4814.332
Güneşli	Nisan	2	Sabiha Gökçen H.	6253.249
Güneşli	Nisan	3	Sabiha Gökçen H.	4880.072
Güneşli	Nisan	4	Sabiha Gökçen H.	6223.354
Güneşli	Nisan	5	Sabiha Gökçen H.	4845.086
Güneşli	Nisan	6	Sabiha Gökçen H.	6250.591
Güneşli	Nisan	7	Sabiha Gökçen H.	3029.557
Güneşli	Nisan	8	Sabiha Gökçen H.	5623.128
Güneşli	Nisan	9	Sabiha Gökçen H.	5881.181
Güneşli	Nisan	10	Sabiha Gökçen H.	4781.361
Güneşli	Mayıs	1	Sabiha Gökçen H.	4238.927
Güneşli	Mayıs	2	Sabiha Gökçen H.	5269.407
Güneşli	Mayıs	3	Sabiha Gökçen H.	3504.405
Güneşli	Mayıs	4	Sabiha Gökçen H.	6131.758
Güneşli	Mayıs	5	Sabiha Gökçen H.	6195.651
Güneşli	Mayıs	6	Sabiha Gökçen H.	6838.440
Güneşli	Mayıs	7	Sabiha Gökçen H.	5332.615
Güneşli	Mayıs	8	Sabiha Gökçen H.	5094.191
Güneşli	Mayıs	9	Sabiha Gökçen H.	5892.545
Güneşli	Mayıs	10	Sabiha Gökçen H.	4667.726

A-4 Havalimanlarından Dağıtım Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri

Havalimanları	Aylar	Senaryolar	Dağıtım Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Sabiha Gökçen H.	Mart	1	Almanya	4928.713
Sabiha Gökçen H.	Mart	2	Almanya	5069.201
Sabiha Gökçen H.	Mart	3	Almanya	3543.929
Sabiha Gökçen H.	Mart	4	Almanya	3973.922
Sabiha Gökçen H.	Mart	5	Almanya	4246.472
Sabiha Gökçen H.	Mart	6	Almanya	4257.295
Sabiha Gökçen H.	Mart	7	Almanya	2707.519
Sabiha Gökçen H.	Mart	8	Almanya	4042.860
Sabiha Gökçen H.	Mart	9	Almanya	4106.237
Sabiha Gökçen H.	Mart	10	Almanya	3124.235
Sabiha Gökçen H.	Nisan	1	Almanya	3067.278
Sabiha Gökçen H.	Nisan	2	Almanya	5268.891
Sabiha Gökçen H.	Nisan	3	Almanya	2818.069
Sabiha Gökçen H.	Nisan	4	Almanya	4763.277
Sabiha Gökçen H.	Nisan	5	Almanya	4079.081
Sabiha Gökçen H.	Nisan	6	Almanya	4486.727
Sabiha Gökçen H.	Nisan	7	Almanya	1756.220
Sabiha Gökçen H.	Nisan	8	Almanya	3693.536
Sabiha Gökçen H.	Nisan	9	Almanya	4284.764
Sabiha Gökçen H.	Nisan	10	Almanya	3670.545
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	1	Almanya	3685.182
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	2	Almanya	3820.648
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	3	Almanya	3027.387
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	4	Almanya	4422.029
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	5	Almanya	4864.288
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	6	Almanya	5277.395
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	7	Almanya	3877.367
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	8	Almanya	3790.930
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	9	Almanya	4201.002
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	10	Almanya	3788.105
Sabiha Gökçen H.	Mart	1	Dubai	497.801
Sabiha Gökçen H.	Mart	2	Dubai	881.227
Sabiha Gökçen H.	Mart	3	Dubai	1493.008
Sabiha Gökçen H.	Mart	4	Dubai	1647.354
Sabiha Gökçen H.	Mart	5	Dubai	524.885
Sabiha Gökçen H.	Mart	6	Dubai	437.656
Sabiha Gökçen H.	Mart	7	Dubai	1894.864
Sabiha Gökçen H.	Mart	8	Dubai	830.063
Sabiha Gökçen H.	Mart	9	Dubai	1897.325

A-4 Havalimanlarından Dağıtım Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri (devamı)

Havalimanları	Aylar	Senaryolar	Dağıtım Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Sabiha Gökçen H.	Mart	10	Dubai	1321.744
Sabiha Gökçen H.	Nisan	1	Dubai	1737.425
Sabiha Gökçen H.	Nisan	2	Dubai	971.852
Sabiha Gökçen H.	Nisan	3	Dubai	2052.243
Sabiha Gökçen H.	Nisan	4	Dubai	1447.630
Sabiha Gökçen H.	Nisan	5	Dubai	756.315
Sabiha Gökçen H.	Nisan	6	Dubai	1751.363
Sabiha Gökçen H.	Nisan	7	Dubai	1267.278
Sabiha Gökçen H.	Nisan	8	Dubai	1918.346
Sabiha Gökçen H.	Nisan	9	Dubai	1584.655
Sabiha Gökçen H.	Nisan	10	Dubai	1101.253
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	1	Dubai	536.789
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	2	Dubai	1427.681
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	3	Dubai	463.000
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	4	Dubai	1685.202
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	5	Dubai	1306.580
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	6	Dubai	1533.691
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	7	Dubai	1433.918
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	8	Dubai	1282.884
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	9	Dubai	1667.973
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	10	Dubai	860.950

A-5 Dağıtım Merkezlerinden Müşteri Noktalarına Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri

Dağıtım Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Müşteri Noktaları (Alıcılar)	Kargo Gönderim Hacmi
Almanya	Mart	1	Fransa	2115.841
Almanya	Mart	2	Fransa	1871.767
Almanya	Mart	3	Fransa	641.942
Almanya	Mart	4	Fransa	1890.447
Almanya	Mart	5	Fransa	2097.053
Almanya	Mart	6	Fransa	2112.336
Almanya	Mart	7	Fransa	518.747
Almanya	Mart	8	Fransa	1028.857
Almanya	Mart	9	Fransa	1129.850
Almanya	Mart	10	Fransa	874.874
Almanya	Nisan	1	Fransa	1019.304
Almanya	Nisan	2	Fransa	1822.371
Almanya	Nisan	3	Fransa	1141.065
Almanya	Nisan	4	Fransa	2094.318
Almanya	Nisan	5	Fransa	1347.174
Almanya	Nisan	6	Fransa	1769.928
Almanya	Nisan	7	Fransa	586.610
Almanya	Nisan	8	Fransa	2087.553
Almanya	Nisan	9	Fransa	970.842
Almanya	Nisan	10	Fransa	1633.711
Almanya	Mayıs	1	Fransa	1677.721
Almanya	Mayıs	2	Fransa	1441.569
Almanya	Mayıs	3	Fransa	529.819
Almanya	Mayıs	4	Fransa	1186.879
Almanya	Mayıs	5	Fransa	1554.217
Almanya	Mayıs	6	Fransa	1587.427
Almanya	Mayıs	7	Fransa	1271.235
Almanya	Mayıs	8	Fransa	1280.541
Almanya	Mayıs	9	Fransa	2024.715
Almanya	Mayıs	10	Fransa	1632.945
Almanya	Mart	1	Büyük Britanya	795.710
Almanya	Mart	2	Büyük Britanya	1899.523
Almanya	Mart	3	Büyük Britanya	2059.817
Almanya	Mart	4	Büyük Britanya	550.789
Almanya	Mart	5	Büyük Britanya	848.945
Almanya	Mart	6	Büyük Britanya	586.874
Almanya	Mart	7	Büyük Britanya	1324.789
Almanya	Mart	8	Büyük Britanya	1283.767
Almanya	Mart	9	Büyük Britanya	1302.073
Almanya	Mart	10	Büyük Britanya	751.323
Almanya	Nisan	1	Büyük Britanya	441.501

A-5 Dağıtım Merkezlerinden Müşteri Noktalarına Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri (Devamı)

Dağıtım Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Müşteri Noktaları (Alıcılar)	Kargo Gönderim Hacmi
Almanya	Nisan	2	Büyük Britanya	1924.545
Almanya	Nisan	3	Büyük Britanya	758.633
Almanya	Nisan	4	Büyük Britanya	1836.299
Almanya	Nisan	5	Büyük Britanya	937.805
Almanya	Nisan	6	Büyük Britanya	792.450
Almanya	Nisan	7	Büyük Britanya	686.431
Almanya	Nisan	8	Büyük Britanya	1036.692
Almanya	Nisan	9	Büyük Britanya	1278.530
Almanya	Nisan	10	Büyük Britanya	868.694
Almanya	Mayıs	1	Büyük Britanya	432.691
Almanya	Mayıs	2	Büyük Britanya	1597.794
Almanya	Mayıs	3	Büyük Britanya	1322.186
Almanya	Mayıs	4	Büyük Britanya	1863.521
Almanya	Mayıs	5	Büyük Britanya	1938.776
Almanya	Mayıs	6	Büyük Britanya	1878.725
Almanya	Mayıs	7	Büyük Britanya	694.241
Almanya	Mayıs	8	Büyük Britanya	1326.101
Almanya	Mayıs	9	Büyük Britanya	988.661
Almanya	Mayıs	10	Büyük Britanya	1613.236
Almanya	Mart	1	Danimarka	2017.162
Almanya	Mart	2	Danimarka	1297.911
Almanya	Mart	3	Danimarka	842.170
Almanya	Mart	4	Danimarka	1532.686
Almanya	Mart	5	Danimarka	1300.474
Almanya	Mart	6	Danimarka	1558.085
Almanya	Mart	7	Danimarka	863.983
Almanya	Mart	8	Danimarka	1730.236
Almanya	Mart	9	Danimarka	1674.314
Almanya	Mart	10	Danimarka	1498.038
Almanya	Nisan	1	Danimarka	1606.473
Almanya	Nisan	2	Danimarka	1521.975
Almanya	Nisan	3	Danimarka	918.371
Almanya	Nisan	4	Danimarka	832.660
Almanya	Nisan	5	Danimarka	1794.102
Almanya	Nisan	6	Danimarka	1924.349
Almanya	Nisan	7	Danimarka	483.179
Almanya	Nisan	8	Danimarka	569.291
Almanya	Nisan	9	Danimarka	2035.392
Almanya	Nisan	10	Danimarka	1168.140
Almanya	Mayıs	1	Danimarka	1574.770
Almanya	Mayıs	2	Danimarka	781.285
Almanya	Mayıs	3	Danimarka	1175.382

A-5 Dağıtım Merkezlerinden Müşteri Noktalarına Senaryo ve Ay Bazında Giden Kargo Hacimleri (Devamı)

Dağıtım Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Müşteri Noktaları (Alıcılar)	Kargo Gönderim Hacmi
Almanya	Mayıs	4	Danimarka	1371.629
Almanya	Mayıs	5	Danimarka	1371.295
Almanya	Mayıs	6	Danimarka	1811.243
Almanya	Mayıs	7	Danimarka	1911.891
Almanya	Mayıs	8	Danimarka	1184.288
Almanya	Mayıs	9	Danimarka	1187.626
Almanya	Mayıs	10	Danimarka	541.924
Dubai	Mart	1	Arabistan	497.801
Dubai	Mart	2	Arabistan	881.227
Dubai	Mart	3	Arabistan	1493.008
Dubai	Mart	4	Arabistan	1647.354
Dubai	Mart	5	Arabistan	524.885
Dubai	Mart	6	Arabistan	437.656
Dubai	Mart	7	Arabistan	1894.864
Dubai	Mart	8	Arabistan	830.063
Dubai	Mart	9	Arabistan	1897.325
Dubai	Mart	10	Arabistan	1321.744
Dubai	Nisan	1	Arabistan	1737.425
Dubai	Nisan	2	Arabistan	971.852
Dubai	Nisan	3	Arabistan	2052.243
Dubai	Nisan	4	Arabistan	1447.630
Dubai	Nisan	5	Arabistan	756.315
Dubai	Nisan	6	Arabistan	1751.363
Dubai	Nisan	7	Arabistan	1267.278
Dubai	Nisan	8	Arabistan	1918.346
Dubai	Nisan	9	Arabistan	1584.655
Dubai	Nisan	10	Arabistan	1101.253
Dubai	Mayıs	1	Arabistan	536.789
Dubai	Mayıs	2	Arabistan	1427.681
Dubai	Mayıs	3	Arabistan	463.000
Dubai	Mayıs	4	Arabistan	1685.202
Dubai	Mayıs	5	Arabistan	1306.580
Dubai	Mayıs	6	Arabistan	1533.691
Dubai	Mayıs	7	Arabistan	1433.918
Dubai	Mayıs	8	Arabistan	1282.884
Dubai	Mayıs	9	Arabistan	1667.973
Dubai	Mayıs	10	Arabistan	860.950

A-6 Müşteri Noktalarından Dağıtım Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri

Müşteri Noktaları	Aylar	Senaryolar	Dağıtım Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Fransa	Mart	1	Almanya	5.485
Fransa	Mart	2	Almanya	4.852
Fransa	Mart	3	Almanya	1.664
Fransa	Mart	4	Almanya	4.900
Fransa	Mart	5	Almanya	5.436
Fransa	Mart	6	Almanya	5.476
Fransa	Mart	7	Almanya	1.345
Fransa	Mart	8	Almanya	2.667
Fransa	Mart	9	Almanya	2.929
Fransa	Mart	10	Almanya	2.268
Fransa	Nisan	1	Almanya	2.035
Fransa	Nisan	2	Almanya	3.637
Fransa	Nisan	3	Almanya	2.278
Fransa	Nisan	4	Almanya	4.180
Fransa	Nisan	5	Almanya	2.689
Fransa	Nisan	6	Almanya	3.533
Fransa	Nisan	7	Almanya	1.171
Fransa	Nisan	8	Almanya	4.167
Fransa	Nisan	9	Almanya	1.938
Fransa	Nisan	10	Almanya	3.261
Fransa	Mayıs	1	Almanya	30.078
Fransa	Mayıs	2	Almanya	25.844
Fransa	Mayıs	3	Almanya	9.499
Fransa	Mayıs	4	Almanya	21.278
Fransa	Mayıs	5	Almanya	27.864
Fransa	Mayıs	6	Almanya	28.459
Fransa	Mayıs	7	Almanya	22.791
Fransa	Mayıs	8	Almanya	22.958
Fransa	Mayıs	9	Almanya	36.299
Fransa	Mayıs	10	Almanya	29.275
Büyük Britanya	Mart	1	Almanya	2.063
Büyük Britanya	Mart	2	Almanya	4.924
Büyük Britanya	Mart	3	Almanya	5.339
Büyük Britanya	Mart	4	Almanya	1.428
Büyük Britanya	Mart	5	Almanya	2.201
Büyük Britanya	Mart	6	Almanya	1.521
Büyük Britanya	Mart	7	Almanya	3.434
Büyük Britanya	Mart	8	Almanya	3.328
Büyük Britanya	Mart	9	Almanya	3.375

A-6 Müşteri Noktalarından Dağıtım Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri (Devamı)

Müşteri Noktaları	Aylar	Senaryolar	Dağıtım Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Büyük Britanya	Mart	10	Almanya	1.948
Büyük Britanya	Nisan	1	Almanya	0.881
Büyük Britanya	Nisan	2	Almanya	3.841
Büyük Britanya	Nisan	3	Almanya	1.514
Büyük Britanya	Nisan	4	Almanya	3.665
Büyük Britanya	Nisan	5	Almanya	1.872
Büyük Britanya	Nisan	6	Almanya	1.582
Büyük Britanya	Nisan	7	Almanya	1.370
Büyük Britanya	Nisan	8	Almanya	2.069
Büyük Britanya	Nisan	9	Almanya	2.552
Büyük Britanya	Nisan	10	Almanya	1.734
Büyük Britanya	Mayıs	1	Almanya	7.757
Büyük Britanya	Mayıs	2	Almanya	28.645
Büyük Britanya	Mayıs	3	Almanya	23.704
Büyük Britanya	Mayıs	4	Almanya	33.409
Büyük Britanya	Mayıs	5	Almanya	34.758
Büyük Britanya	Mayıs	6	Almanya	33.682
Büyük Britanya	Mayıs	7	Almanya	12.446
Büyük Britanya	Mayıs	8	Almanya	23.774
Büyük Britanya	Mayıs	9	Almanya	17.725
Büyük Britanya	Mayıs	10	Almanya	28.922
Danimarka	Mart	1	Almanya	5.229
Danimarka	Mart	2	Almanya	3.364
Danimarka	Mart	3	Almanya	2.183
Danimarka	Mart	4	Almanya	3.973
Danimarka	Mart	5	Almanya	3.371
Danimarka	Mart	6	Almanya	4.039
Danimarka	Mart	7	Almanya	2.240
Danimarka	Mart	8	Almanya	4.485
Danimarka	Mart	9	Almanya	4.340
Danimarka	Mart	10	Almanya	3.883
Danimarka	Nisan	1	Almanya	3.207
Danimarka	Nisan	2	Almanya	3.038
Danimarka	Nisan	3	Almanya	1.833
Danimarka	Nisan	4	Almanya	1.662
Danimarka	Nisan	5	Almanya	3.581
Danimarka	Nisan	6	Almanya	3.841
Danimarka	Nisan	7	Almanya	0.964
Danimarka	Nisan	8	Almanya	1.136

A-6 Müşteri Noktalarından Dağıtım Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri (Devamı)

Müşteri Noktaları	Aylar	Senaryolar	Dağıtım Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Danimarka	Nisan	9	Almanya	4.063
Danimarka	Nisan	10	Almanya	2.332
Danimarka	Mayıs	1	Almanya	28.232
Danimarka	Mayıs	2	Almanya	14.007
Danimarka	Mayıs	3	Almanya	21.072
Danimarka	Mayıs	4	Almanya	24.591
Danimarka	Mayıs	5	Almanya	24.585
Danimarka	Mayıs	6	Almanya	32.472
Danimarka	Mayıs	7	Almanya	34.276
Danimarka	Mayıs	8	Almanya	21.232
Danimarka	Mayıs	9	Almanya	21.292
Danimarka	Mayıs	10	Almanya	9.716
Arabistan	Mart	1	Dubai	1.290
Arabistan	Mart	2	Dubai	2.284
Arabistan	Mart	3	Dubai	3.870
Arabistan	Mart	4	Dubai	4.270
Arabistan	Mart	5	Dubai	1.361
Arabistan	Mart	6	Dubai	1.134
Arabistan	Mart	7	Dubai	4.912
Arabistan	Mart	8	Dubai	2.152
Arabistan	Mart	9	Dubai	4.918
Arabistan	Mart	10	Dubai	3.426
Arabistan	Nisan	1	Dubai	3.468
Arabistan	Nisan	2	Dubai	1.940
Arabistan	Nisan	3	Dubai	4.096
Arabistan	Nisan	4	Dubai	2.889
Arabistan	Nisan	5	Dubai	1.510
Arabistan	Nisan	6	Dubai	3.496
Arabistan	Nisan	7	Dubai	2.529
Arabistan	Nisan	8	Dubai	3.829
Arabistan	Nisan	9	Dubai	3.163
Arabistan	Nisan	10	Dubai	2.198
Arabistan	Mayıs	1	Dubai	9.624
Arabistan	Mayıs	2	Dubai	25.595
Arabistan	Mayıs	3	Dubai	8.301
Arabistan	Mayıs	4	Dubai	30.212
Arabistan	Mayıs	5	Dubai	23.424
Arabistan	Mayıs	6	Dubai	27.496
Arabistan	Mayıs	7	Dubai	25.707

A-6 Müşteri Noktalarından Dağıtım Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri (Devamı)

Müşteri Noktaları	Aylar	Senaryolar	Dağıtım Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Arabistan	Mayıs	8	Dubai	23.000
Arabistan	Mayıs	9	Dubai	29.903
Arabistan	Mayıs	10	Dubai	15.435



A-7 Dağıtım Merkezlerinden Havalimanlarına Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri

Dağıtım Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Havalimanları	Kargo Gönderim Hacmi
Almanya	Mart	1	Sabiha Gökçen H.	12.776
Almanya	Mart	2	Sabiha Gökçen H.	13.140
Almanya	Mart	3	Sabiha Gökçen H.	9.187
Almanya	Mart	4	Sabiha Gökçen H.	10.301
Almanya	Mart	5	Sabiha Gökçen H.	11.008
Almanya	Mart	6	Sabiha Gökçen H.	11.036
Almanya	Mart	7	Sabiha Gökçen H.	7.018
Almanya	Mart	8	Sabiha Gökçen H.	10.480
Almanya	Mart	9	Sabiha Gökçen H.	10.644
Almanya	Mart	10	Sabiha Gökçen H.	8.099
Almanya	Nisan	1	Sabiha Gökçen H.	6.122
Almanya	Nisan	2	Sabiha Gökçen H.	10.517
Almanya	Nisan	3	Sabiha Gökçen H.	5.625
Almanya	Nisan	4	Sabiha Gökçen H.	9.508
Almanya	Nisan	5	Sabiha Gökçen H.	8.142
Almanya	Nisan	6	Sabiha Gökçen H.	8.956
Almanya	Nisan	7	Sabiha Gökçen H.	3.505
Almanya	Nisan	8	Sabiha Gökçen H.	7.372
Almanya	Nisan	9	Sabiha Gökçen H.	8.552
Almanya	Nisan	10	Sabiha Gökçen H.	7.326
Almanya	Mayıs	1	Sabiha Gökçen H.	66.068
Almanya	Mayıs	2	Sabiha Gökçen H.	68.497
Almanya	Mayıs	3	Sabiha Gökçen H.	54.275
Almanya	Mayıs	4	Sabiha Gökçen H.	79.278
Almanya	Mayıs	5	Sabiha Gökçen H.	87.207
Almanya	Mayıs	6	Sabiha Gökçen H.	94.613
Almanya	Mayıs	7	Sabiha Gökçen H.	69.513
Almanya	Mayıs	8	Sabiha Gökçen H.	67.964
Almanya	Mayıs	9	Sabiha Gökçen H.	75.316
Almanya	Mayıs	10	Sabiha Gökçen H.	67.913
Dubai	Mart	1	Sabiha Gökçen H.	1.290
Dubai	Mart	2	Sabiha Gökçen H.	2.284
Dubai	Mart	3	Sabiha Gökçen H.	3.870
Dubai	Mart	4	Sabiha Gökçen H.	4.270
Dubai	Mart	5	Sabiha Gökçen H.	1.361
Dubai	Mart	6	Sabiha Gökçen H.	1.134
Dubai	Mart	7	Sabiha Gökçen H.	4.912
Dubai	Mart	8	Sabiha Gökçen H.	2.152
Dubai	Mart	9	Sabiha Gökçen H.	4.918
Dubai	Mart	10	Sabiha Gökçen H.	3.426

A-7 Dağıtım Merkezlerinden Havalimanlarına Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri (Devamı)

Dağıtım Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Havalimanları	Kargo Gönderim Hacmi
Dubai	Nisan	1	Sabiha Gökçen H.	3.468
Dubai	Nisan	2	Sabiha Gökçen H.	1.940
Dubai	Nisan	3	Sabiha Gökçen H.	4.096
Dubai	Nisan	4	Sabiha Gökçen H.	2.889
Dubai	Nisan	5	Sabiha Gökçen H.	1.510
Dubai	Nisan	6	Sabiha Gökçen H.	3.496
Dubai	Nisan	7	Sabiha Gökçen H.	2.529
Dubai	Nisan	8	Sabiha Gökçen H.	3.829
Dubai	Nisan	9	Sabiha Gökçen H.	3.163
Dubai	Nisan	10	Sabiha Gökçen H.	2.198
Dubai	Mayıs	1	Sabiha Gökçen H.	2.198
Dubai	Mayıs	2	Sabiha Gökçen H.	2.198
Dubai	Mayıs	3	Sabiha Gökçen H.	8.301
Dubai	Mayıs	4	Sabiha Gökçen H.	30.212
Dubai	Mayıs	5	Sabiha Gökçen H.	23.424
Dubai	Mayıs	6	Sabiha Gökçen H.	27.496
Dubai	Mayıs	7	Sabiha Gökçen H.	25.707
Dubai	Mayıs	8	Sabiha Gökçen H.	23.000
Dubai	Mayıs	9	Sabiha Gökçen H.	29.903
Dubai	Mayıs	10	Sabiha Gökçen H.	15.435

A-8 Havalimanlarından Toplama Merkezlerine Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri

Havalimanları	Aylar	Senaryolar	Toplama Merkezleri	Kargo Gönderim Hacmi
Sabiha Gökçen H.	Mart	1	Güneşli	14.067
Sabiha Gökçen H.	Mart	2	Güneşli	15.425
Sabiha Gökçen H.	Mart	3	Güneşli	13.057
Sabiha Gökçen H.	Mart	4	Güneşli	14.571
Sabiha Gökçen H.	Mart	5	Güneşli	12.368
Sabiha Gökçen H.	Mart	6	Güneşli	12.170
Sabiha Gökçen H.	Mart	7	Güneşli	11.930
Sabiha Gökçen H.	Mart	8	Güneşli	12.632
Sabiha Gökçen H.	Mart	9	Güneşli	15.562
Sabiha Gökçen H.	Mart	10	Güneşli	11.525
Sabiha Gökçen H.	Nisan	1	Güneşli	9.590
Sabiha Gökçen H.	Nisan	2	Güneşli	12.457
Sabiha Gökçen H.	Nisan	3	Güneşli	9.721
Sabiha Gökçen H.	Nisan	4	Güneşli	12.397
Sabiha Gökçen H.	Nisan	5	Güneşli	9.651
Sabiha Gökçen H.	Nisan	6	Güneşli	12.451
Sabiha Gökçen H.	Nisan	7	Güneşli	6.035
Sabiha Gökçen H.	Nisan	8	Güneşli	11.201
Sabiha Gökçen H.	Nisan	9	Güneşli	11.715
Sabiha Gökçen H.	Nisan	10	Güneşli	9.525
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	1	Güneşli	75.691
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	2	Güneşli	94.092
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	3	Güneşli	62.576
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	4	Güneşli	109.490
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	5	Güneşli	110.631
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	6	Güneşli	122.109
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	7	Güneşli	95.221
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	8	Güneşli	90.963
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	9	Güneşli	105.219
Sabiha Gökçen H.	Mayıs	10	Güneşli	83.348

A-9 Toplama Merkezlerinden Göndericilere Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri

Toplama Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Göndericiler	Kargo Gönderim Hacmi
Güneşli	Mart	1	Sarıgazi	1.179
Güneşli	Mart	2	Sarıgazi	1.071
Güneşli	Mart	3	Sarıgazi	1.151
Güneşli	Mart	4	Sarıgazi	1.067
Güneşli	Mart	5	Sarıgazi	1.170
Güneşli	Mart	6	Sarıgazi	1.178
Güneşli	Mart	7	Sarıgazi	1.069
Güneşli	Mart	8	Sarıgazi	0.986
Güneşli	Mart	9	Sarıgazi	1.070
Güneşli	Mart	10	Sarıgazi	0.870
Güneşli	Nisan	1	Sarıgazi	0.762
Güneşli	Nisan	2	Sarıgazi	0.834
Güneşli	Nisan	3	Sarıgazi	0.883
Güneşli	Nisan	4	Sarıgazi	0.899
Güneşli	Nisan	5	Sarıgazi	0.783
Güneşli	Nisan	6	Sarıgazi	0.834
Güneşli	Nisan	7	Sarıgazi	0.581
Güneşli	Nisan	8	Sarıgazi	0.896
Güneşli	Nisan	9	Sarıgazi	0.876
Güneşli	Nisan	10	Sarıgazi	0.722
Güneşli	Mayıs	1	Sarıgazi	6.648
Güneşli	Mayıs	2	Sarıgazi	6.371
Güneşli	Mayıs	3	Sarıgazi	5.416
Güneşli	Mayıs	4	Sarıgazi	7.291
Güneşli	Mayıs	5	Sarıgazi	7.552
Güneşli	Mayıs	6	Sarıgazi	7.344
Güneşli	Mayıs	7	Sarıgazi	7.459
Güneşli	Mayıs	8	Sarıgazi	5.430
Güneşli	Mayıs	9	Sarıgazi	7.850
Güneşli	Mayıs	10	Sarıgazi	6.492
Güneşli	Mart	1	Beşiktaş	9.538
Güneşli	Mart	2	Beşiktaş	11.349
Güneşli	Mart	3	Beşiktaş	8.646
Güneşli	Mart	4	Beşiktaş	10.515
Güneşli	Mart	5	Beşiktaş	7.879
Güneşli	Mart	6	Beşiktaş	7.649
Güneşli	Mart	7	Beşiktaş	7.865
Güneşli	Mart	8	Beşiktaş	8.911
Güneşli	Mart	9	Beşiktaş	11.492
Güneşli	Mart	10	Beşiktaş	8.290
Güneşli	Nisan	1	Beşiktaş	6.716

A-9 Toplama Merkezlerinden Göndericilere Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri (Devamı)

Toplama Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Göndericiler	Kargo Gönderim Hacmi
Güneşli	Nisan	2	Beşiktaş	9.281
Güneşli	Nisan	3	Beşiktaş	6.340
Güneşli	Nisan	4	Beşiktaş	8.948
Güneşli	Nisan	5	Beşiktaş	6.686
Güneşli	Nisan	6	Beşiktaş	9.276
Güneşli	Nisan	7	Beşiktaş	3.918
Güneşli	Nisan	8	Beşiktaş	7.764
Güneşli	Nisan	9	Beşiktaş	8.362
Güneşli	Nisan	10	Beşiktaş	6.818
Güneşli	Mayıs	1	Beşiktaş	50.693
Güneşli	Mayıs	2	Beşiktaş	70.252
Güneşli	Mayıs	3	Beşiktaş	42.731
Güneşli	Mayıs	4	Beşiktaş	81.799
Güneşli	Mayıs	5	Beşiktaş	81.849
Güneşli	Mayıs	6	Beşiktaş	94.197
Güneşli	Mayıs	7	Beşiktaş	66.828
Güneşli	Mayıs	8	Beşiktaş	71.061
Güneşli	Mayıs	9	Beşiktaş	75.191
Güneşli	Mayıs	10	Beşiktaş	58.999
Güneşli	Mart	1	Beylikdüzü	0.834
Güneşli	Mart	2	Beylikdüzü	0.765
Güneşli	Mart	3	Beylikdüzü	0.816
Güneşli	Mart	4	Beylikdüzü	0.762
Güneşli	Mart	5	Beylikdüzü	0.828
Güneşli	Mart	6	Beylikdüzü	0.833
Güneşli	Mart	7	Beylikdüzü	0.763
Güneşli	Mart	8	Beylikdüzü	0.711
Güneşli	Mart	9	Beylikdüzü	0.764
Güneşli	Mart	10	Beylikdüzü	0.637
Güneşli	Nisan	1	Beylikdüzü	0.549
Güneşli	Nisan	2	Beylikdüzü	0.594
Güneşli	Nisan	3	Beylikdüzü	0.626
Güneşli	Nisan	4	Beylikdüzü	0.636
Güneşli	Nisan	5	Beylikdüzü	0.562
Güneşli	Nisan	6	Beylikdüzü	0.594
Güneşli	Nisan	7	Beylikdüzü	0.433
Güneşli	Nisan	8	Beylikdüzü	0.634
Güneşli	Nisan	9	Beylikdüzü	0.622
Güneşli	Nisan	10	Beylikdüzü	0.523
Güneşli	Mayıs	1	Beylikdüzü	4.806

A-9 Toplama Merkezlerinden Göndericilere Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri (Devamı)

Toplama Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Göndericiler	Kargo Gönderim Hacmi
Güneşli	Mayıs	2	Beylikdüzü	4.629
Güneşli	Mayıs	3	Beylikdüzü	4.021
Güneşli	Mayıs	4	Beylikdüzü	5.216
Güneşli	Mayıs	5	Beylikdüzü	5.382
Güneşli	Mayıs	6	Beylikdüzü	5.249
Güneşli	Mayıs	7	Beylikdüzü	5.322
Güneşli	Mayıs	8	Beylikdüzü	4.030
Güneşli	Mayıs	9	Beylikdüzü	5.571
Güneşli	Mayıs	10	Beylikdüzü	4.707
Güneşli	Mart	1	Kartal	1.257
Güneşli	Mart	2	Kartal	1.142
Güneşli	Mart	3	Kartal	1.227
Güneşli	Mart	4	Kartal	1.137
Güneşli	Mart	5	Kartal	1.247
Güneşli	Mart	6	Kartal	1.255
Güneşli	Mart	7	Kartal	1.140
Güneşli	Mart	8	Kartal	1.052
Güneşli	Mart	9	Kartal	1.141
Güneşli	Mart	10	Kartal	0.929
Güneşli	Nisan	1	Kartal	0.812
Güneşli	Nisan	2	Kartal	0.889
Güneşli	Nisan	3	Kartal	0.941
Güneşli	Nisan	4	Kartal	0.958
Güneşli	Nisan	5	Kartal	0.836
Güneşli	Nisan	6	Kartal	0.889
Güneşli	Nisan	7	Kartal	0.621
Güneşli	Nisan	8	Kartal	0.955
Güneşli	Nisan	9	Kartal	0.934
Güneşli	Nisan	10	Kartal	0.770
Güneşli	Mayıs	1	Kartal	7.093
Güneşli	Mayıs	2	Kartal	6.799
Güneşli	Mayıs	3	Kartal	5.787
Güneşli	Mayıs	4	Kartal	7.775
Güneşli	Mayıs	5	Kartal	8.051
Güneşli	Mayıs	6	Kartal	7.831
Güneşli	Mayıs	7	Kartal	7.952
Güneşli	Mayıs	8	Kartal	5.802
Güneşli	Mayıs	9	Kartal	8.367
Güneşli	Mayıs	10	Kartal	6.928
Güneşli	Mart	1	Kadıköy	1.258

A-9 Toplama Merkezlerinden Göndericilere Senaryo ve Ay Bazında Geri Dönen Kargo Hacimleri (Devamı)

Toplama Merkezleri	Aylar	Senaryolar	Göndericiler	Kargo Gönderim Hacmi
Güneşli	Mart	2	Kadıköy	1.097
Güneşli	Mart	3	Kadıköy	1.216
Güneşli	Mart	4	Kadıköy	1.090
Güneşli	Mart	5	Kadıköy	1.244
Güneşli	Mart	6	Kadıköy	1.256
Güneşli	Mart	7	Kadıköy	1.094
Güneşli	Mart	8	Kadıköy	0.971
Güneşli	Mart	9	Kadıköy	1.096
Güneşli	Mart	10	Kadıköy	0.798
Güneşli	Nisan	1	Kadıköy	0.751
Güneşli	Nisan	2	Kadıköy	0.858
Güneşli	Nisan	3	Kadıköy	0.931
Güneşli	Nisan	4	Kadıköy	0.956
Güneşli	Nisan	5	Kadıköy	0.784
Güneşli	Nisan	6	Kadıköy	0.858
Güneşli	Nisan	7	Kadıköy	0.482
Güneşli	Nisan	8	Kadıköy	0.952
Güneşli	Nisan	9	Kadıköy	0.922
Güneşli	Nisan	10	Kadıköy	0.692
Güneşli	Mayıs	1	Kadıköy	6.453
Güneşli	Mayıs	2	Kadıköy	6.041
Güneşli	Mayıs	3	Kadıköy	4.621
Güneşli	Mayıs	4	Kadıköy	7.410
Güneşli	Mayıs	5	Kadıköy	7.798
Güneşli	Mayıs	6	Kadıköy	7.489
Güneşli	Mayıs	7	Kadıköy	7.660
Güneşli	Mayıs	8	Kadıköy	4.641
Güneşli	Mayıs	9	Kadıköy	8.241
Güneşli	Mayıs	10	Kadıköy	6.222

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Selin Özge ÖNDİN
Doğum Tarihi ve Yeri : 23.05.1992 / İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : selinozgedop@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Endüstri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2018
Lisans	Endüstri Mühendisliği	Haliç Üniversitesi	2014
Lise	Fen Bilimleri	Kağıthane Anadolu Lisesi	2010

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015-Devam Ediyor	Haliç Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YAYINLARI

Bildiri

- İnan, U., Yılmaz, H., Dop, S.Ö. (2015). “Hastane Kalitesinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Kriterlerin DEMATEL Yöntemiyle İncelenmesi”, 15. Uluslararası Katılımlı Üretim Araştırmaları Sempozyumu (UAS’15) Bildiriler Kitabı, Ege Üniversitesi, İzmir.

2. Soner Kara, S., Öndin, S. Ö. (2017). “Logistic Network Design And Implementation In A 3PL” 9th International Symposium on Image Processing, Wavelet and Applications (IWW2017) Abstract Book, Kars-Turkey.

