

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LOJİSTİK YÖNETİMİNDE YALIN DÜŞÜNCE İLE SİSTEM TASARIMI
VE BİR UYGULAMA**

MEHMET MUSTAFA ÖZALP

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. UMUT RIFAT TUZKAYA**

İSTANBUL, 2013

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LOJİSTİK YÖNETİMİNDE YALIN DÜŞÜNCE İLE SİSTEM TASARIMI VE BİR
UYGULAMA**

Mehmet Mustafa ÖZALP tarafından hazırlanan tez çalışması **6.2.2013** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

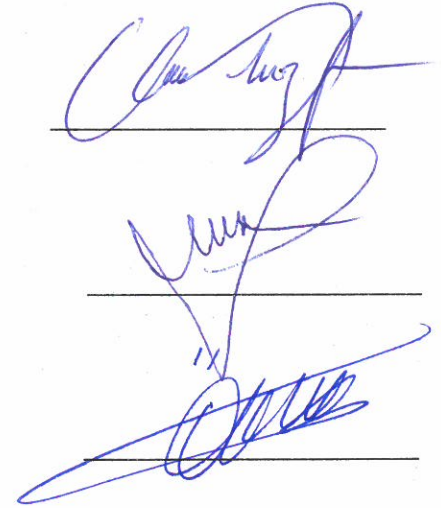
Doç. Dr. Umut Rıfat TUZKAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Umut Rıfat TUZKAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Semih ÖNÜT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Özalp VAYVAY
Marmara Üniversitesi



ÖNSÖZ

Dağıtım yönetiminin tedarik zincirinde önemli bir yere sahip olması, işletmeleri bu konuda kendilerini geliştirmeye ya da hizmet almaya yöneltmektedir. Günümüzde işletmeler dağıtım yönetiminde lojistik süreçlerini geliştirerek uzmanlaşmak yerine, bu konuda üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcılarından destek almaktadırlar. Ürünlerin üretim aşamasından sonra müşteriye kadarki faaliyetleri içeren dağıtım yönetiminin hem maliyet hem de kalite açısından önem arz etmesi bu konuda yapılan çalışmaların artmasına sebep olmuş, yalın lojistik kavramını ortaya çıkarmıştır. Dağıtım yönetiminde yalın lojistik tekniklerin kullanılarak faaliyetlerin birbiriyle entegre olduğu bir sistem maliyet ve kalite açısından firmalara rekabet avantajı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, çalışma konusunun belirlenmesinden sonlandırılmasına kadar her türlü yardımını ve desteğini gördüğüm tez danışmanı hocam Doç. Dr. Umut Rıfat TUZKAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü destek ve katkılarını esirgemeyen yöneticilerim ve çalışma arkadaşlarım başta olmak üzere tüm Aras Lojistik ve Fillo Grup personeline de teşekkür ederim. Son olarak bu çalışmanın yapılabilmesinde en büyük katkıya sahip, bana güvenip desteklerini eksik etmeyen ve emeklerini hiçbir zaman ödeyemeyeceğim sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2013

Mehmet Mustafa ÖZALP

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	5
LOJİSTİK YÖNETİMİ.....	5
2.1 Lojistik Tanımı ve Kapsamı	5
2.2 Lojistik Süreçler	7
2.2.1 Tedarik Lojistiği	8
2.2.2 Üretim Lojistiği	9
2.2.3 Dağıtım Lojistiği.....	10
2.2.4 Tersine Lojistik	11
2.3 Lojistik Faaliyetler	13
2.4 Lojistik Maliyetler.....	19
2.4.1 Lojistik Maliyet Kavramı	19
2.4.2 Lojistik Maliyet Türleri	20
2.5 Lojistikte Performans Yönetimi	26
BÖLÜM 3	29
YALIN DÜŞÜNCE VE YALIN LOJİSTİK	29
3.1 Yalın Düşünce Kavramı ve Önemi	29

3.2	Yalın Düşünce İlkeleri (Prensipleri)	30
3.3	Yalın Düşüncede İsraf Kavramı ve Çeşitleri	31
3.4	Yalın Lojistik Kavramı ve Önemi	32
3.5	Yalın Lojistik Amacı ve Sağladıkları	34
3.6	Yalın Lojistik İle Geleneksel Lojistik Arasındaki Farklar	35
3.7	Yalın Lojistik ve İsraf İlişkisi	36
3.8	Yalın Lojistikte Kullanılan Teknikler	39
3.8.1	Üçüncü Parti Lojistik	39
3.8.2	Dördüncü Parti Lojistik	40
3.8.3	Depo Yönetim Sistemi (WMS)	41
3.8.4	Stok Yönetimi	43
3.8.5	Sipariş Yönetimi	44
3.8.6	Doğrudan Ambara Nakliye ve Doğrudan Mağaza Teslimatı	57
3.8.7	Milk-Run (Döngüsel Sefer) Sistemi	58
3.8.8	Cross Docking (Çapraz Sevkiyat) Sistemi	60
3.8.9	Cross Docking, Dağıtım Ağı ve Araç Rotalama Entegrasyonu	65
BÖLÜM 4		68
ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ (ARP)		68
4.1	Araç Rotalama Probleminin Amaçları	70
4.2	Araç Rotalama Probleminin Bileşenleri	71
4.3	Araç Rotalama Prensipleri	72
4.4	Araç Rotalama Probleminin Eniyileme Ölçütleri	72
4.5	Araç Rotalama Probleminin Talep ve Sunu Alanlarına Göre Analizi	73
4.6	Araç Rotalama Probleminin Yan Kısıtları	77
4.7	Araç Rotalama Probleminin Çözümünü Zorlaştıran Özellikler	77
4.8	Araç Rotalama Probleminin Formülasyonu	79
4.9	Araç Rotalama Problemi (ARP) Türleri	81
4.9.1	Dinamik ve Statik Çevre Durumuna Göre ARP	83
4.9.2	Rotaların Durumlarına Göre ARP	84
4.9.3	Yolların Durumuna Göre ARP	86
4.9.4	Kısıtlarına Göre ARP	86
4.10	Araç Rotalama Problemi Çözüm Yöntemleri	94
4.10.1	Kesin (Optimum) Çözüm Yöntemleri	96
4.10.2	Sezgisel (Yaklaşık) Çözüm Yöntemleri	99
BÖLÜM 5		117
MODEL TASARIMI		117
5.1	Modelin Yapısı	117
5.2	Model Varsayımları	119
5.3	Model Aşamaları	119
5.3.1	Bilgi Toplama Mekanizmasının Oluşturulması	119
5.3.2	Dağıtım Ağı Tasarımının Modellenmesi	129
5.3.3	Araç Rotalama Aşamasının Modellenmesi	131
BÖLÜM 6		134

UYGULAMA	134
6.1 Firma Tanıtımı	134
6.2 Problemin Tanımlanması	136
6.3 Mevcut Durum İçin Süreç ve Maliyet Analizi	140
6.4 Dağıtım Projeleri İçin Tasarlanan Modelin Probleme Uygulanması	148
6.4.1 Bilgi Toplama Mekanizması	149
6.4.2 Dağıtım Ağı Tasarımı	149
6.4.3 Araç Rotalama	154
6.5 Sonuçların Kıyaslanması.....	175
BÖLÜM 7	178
SONUÇ VE ÖNERİLER	178
KAYNAKLAR	180
EK-A.....	185
DAĞITIM AĞI TASARIM MODELİ LINGO KODLARI	185
EK-B.....	192
ARAÇ ROTALAMA MODELİ LINGO KODLARI	192
ÖZGEÇMİŞ	196

SİMGE LİSTESİ

m	Müşteriden başlangıç crossdocka çekilecek olan malzeme miktarı
s	Malzemeleri crossdocka çekme ve crossdockta elleçleme maliyeti (TL/kg)
a_{ik}	Başlangıç crossdocktan talep noktalarına taşınacak miktar
x_{ik}	Başlangıç crossdocktan talep noktalarına taşıma maliyeti (TL/kg)
b_{ij}	Başlangıç crossdocktan transfer merkezlerine taşınacak miktar
y_{ij}	Crossdocktan transfer merkezlerine taşıma maliyeti (TL/kg)
c_{jk}	Transfer merkezlerinden talep noktalarına taşınacak olan miktar
z_{jk}	Transfer merkezlerinden talep noktalarına taşıma maliyeti (TL/kg)
WH_j	Transfer merkezlerindeki elleçleme maliyeti (TL/kg)
WO_j	Transfer merkezi kullanım karar değişkeni (0,1)
C_0	Bir birim ürünün bir gün depoda tutulmasının maliyeti
C_{ij}	i müşterisinden j müşterisine bir yolculuk yapmanın maliyeti
C_{oj}	Depodan j müşterisine bir yolculuk yapmanın maliyeti
d_{ij}	(i,j) yayının uzunluğu
F	Düğüm kümesi
h	Hedef düğüm
k	Kaynak düğüm noktası
K	Toplan araç sayısı
L	Bölge
n	Dağıtım ağı içindeki düğüm sayısı
N	Toplam müşteri sayısı
M_i	i müşteri noktasındaki talep
q_k	k aracının kapasitesi
Tk_i	i müşteri noktasının karşılanan talebi
P_{ij}	Rota üzerindeki müşteriler arasındaki seyahat süreleri
S	Alt tur eliminasyon kısıtı
S_{ij}	i 'yi j 'ye bağlama sonucu oluşan tasarruf
T	Zaman aralığı
t_i	Her bir müşterideki duraklama süresi
V	Düğüm seti
X_{ij}	i ve j noktaları arasında düğüm olup olmadığını gösteren (0-1) tamsayı değişkeni
X_{ijk}	k aracının i ve j noktaları arasındaki ilerleyişini gösteren (0-1) tamsayı değişkeni

KISALTMA LİSTESİ

TZY	Tedarik Zinciri Yönetimi
3PL	Üçüncü Parti Lojistik
4PL	Dördüncü Parti Lojistik
OEM	Orijinal Ekipman Üreticileri
DC	Dağıtım Merkezi
CDO	Çapraz Havuzlama Operatörü
TM	Transfer Merkezi
LTL	Tam Yüklü Olmayan Araç (Less Truck Loaded)
FTL	Tam Yüklü Olan Araç (Full Truck Loaded)
ATF	Ambar Tesellüm Fişi
WMS	Ambar Yönetim Sistemi (Warekouse Management System)
TMS	Tasıma Yönetim Sistemi (Trasnpotation Management System)
ERP	Kurumsal Kaynak Planlama
EDI	Elektronik Veri Değişimi
FIFO	İlk Giren İlk Çıkar (First- In-First-Out)
LIFO	Son Giren İlk Çıkar (Last-In-First-Out)
ARP	Araç Rotalama Problemi
KARP	Kapasiteli Araç Rotalama Problemi
GTARP	Geri toplamalı araç rotalama problemi
ZPARP	Zaman pencereci araç rotalama problemi
DTARP	Dağıtım toplamalı araç rotalama problemi
MKARP	Mesafe ve kapasite kısıtlı araç rotalama problemi
GTZPARP	Geri toplamalı ve zaman pencereci araç rotalama problemi
DTZPARP	Dağıtım toplamalı ve zaman pencereci araç rotalama problem
GSP	Gezgin Satıcı Problemi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım [6]. 6
Şekil 2.2	Lojistik Süreçlerinin Basit Gösterimi [11]. 8
Şekil 2.3	Tedarik Lojistiğinin Yeri [13]. 9
Şekil 2.4	Dağıtım Lojistiğinin Yeri [13]. 11
Şekil 2.5	TZY’de Geri Dönüş Lojistiğinin Yeri [15]. 12
Şekil 2.6	Lojistik Yönetimi ve Lojistik Faaliyetler [18]. 13
Şekil 2.7	Lojistik Maliyet Yönetiminde Maliyet Akışı [10] 24
Şekil 3.1	Yalın düşüncede israflar [33]. 32
Şekil 3.2	Yalın Sipariş Bilgi Akışı 46
Şekil 3.3	Ambardaki ana maliyetlerin dağılımı [56]. 47
Şekil 3.4	Sipariş toplayıcının görev dağılımı [56]. 48
Şekil 3.5	S- şekilli (S-Shaped/Transversal) [57]. 49
Şekil 3.6	Geri dönüş rota gösterimi [57]. 50
Şekil 3.7	En büyük aralık rota gösterimi [57]. 52
Şekil 3.8	Karma rota gösterimi [57]. 53
Şekil 3.9	Bileşik rota gösterimi [57]. 54
Şekil 3.10	Sezgisel metodlara göre ortalama rota mesafeleri [57]. 56
Şekil 3.11	Bileşik sezgiselinin diğer sezgisellere oranla rota mesafesinde sağladığı azalma yüzdeleri [57] 57
Şekil 3.12	a) Çoklu üreticilere milk-run sistem b) Çoklu tedarikçilerden milk-run system [2]. 59
Şekil 3.13	a) Çoklu perakendecilere milk-run sistem b) Çoklu üreticilerden milk-run system [2]. 59
Şekil 3.14	Çapraz Sevkiyatın Yapısı [59]. 61
Şekil 3.15	Çapraz Sevkiyatın Müşteri ve Üretici İçin Önemi [60]. 62
Şekil 3.16	Tek Aşamalı Çapraz Sevkiyat Modeli [62]. 63
Şekil 3.17	İki Aşamalı Çapraz Sevkiyat Modeli [62]. 63
Şekil 3.18	Çok Aşamalı Çapraz Sevkiyat Modeli [62]. 63
Şekil 3.19	Dağıtım merkezi sonrası döngüsel sefer (çapraz sevkiyat- döngüsel sefer) [2] 66
Şekil 3.20	Dağıtım merkezi öncesi döngüsel sefer (döngüsel sefer- çapraz sevkiyat) [2]. 66
Şekil 3.21	Dağıtım merkezi öncesi ve sonrası döngüsel sefer (döngüsel sefer- çapraz sevkiyat – döngüsel sefer) [2]. 67

Şekil 4.1	Araç rotalama probleminin şekilsel gösterimi [65].....	69
Şekil 4.2	Araç rotalama problemleri [66].	83
Şekil 4.3	Depodan çıkıp depoya dönen yolculuklar [64].	103
Şekil 4.4	Depodan çıkıp en son depoya dönen yolculuklar [64].	103
Şekil 4.5	Fisher ve Jaikumar algoritması için kurulan yapı [63].....	109
Şekil 5.1	Modelin Tanımlanması ve Çözüm Adımları	118
Şekil 5.2	Yalın sipariş yönetimi	120
Şekil 5.3	Yalın Lojistik Sipariş İletim Uygulaması	121
Şekil 5.4	Sipariş gönder sekmesi	121
Şekil 5.5	Sipariş giriş ekranı genel görünüm.....	122
Şekil 5.6	Daha önce girilmiş müşteri bilgilerinin listelenmesi	122
Şekil 5.7	Siparişe ait malzemelerin seçilmesi	123
Şekil 5.8	Sipariş kalemlerinin eklenmesi	123
Şekil 5.9	Oluşturulan sipariş bilgisinin transfer edilmesi.....	124
Şekil 5.10	Anlık stok raporu ekranına giriş	124
Şekil 5.11	Malzeme filtresi ile stok raporu oluşturma	125
Şekil 5.12	Tüm stok bilgisinin raporlanması.....	125
Şekil 5.13	Depo çıkış rapor ekranına giriş	126
Şekil 5.14	Depo çıkış raporu (siparişler) ekranı	126
Şekil 5.15	Depo giriş raporu (mal kabuller) ekranına giriş	127
Şekil 5.16	Depo giriş ekranı rapor filtreleme seçenekleri	127
Şekil 5.17	Hatalı aktarım ve kayıtlar ekranına giriş	128
Şekil 5.18	Hatalı aktarım ve kayıtlar ekranı.....	128
Şekil 5.19	Genel Dağıtım Ağı	129
Şekil 6.1	Dağıtım Projesi Modeli.....	148
Şekil 6.2	Ana Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama	158
Şekil 6.3	Ana Transfer Merkezi ve Ara Transfer Merkezleri Arasındaki Rotalama.....	160
Şekil 6.4	Adana Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama	162
Şekil 6.5	Ankara Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama	164
Şekil 6.6	Bursa Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama.....	166
Şekil 6.7	Diyarbakır Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama	168
Şekil 6.8	Erzurum Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama	169
Şekil 6.9	İzmir Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama.....	170
Şekil 6.10	Kayseri Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama	171
Şekil 6.11	Konya Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama.....	172
Şekil 6.12	Samsun Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama	174
Şekil 6.13	Trabzon Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama	175

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Tedarik Zinciri Yönetiminde KPI'lar [32] 28
Çizelge 3.1	Yıllar itibariyle üretim sisteminin özellikleri [35] 30
Çizelge 3.2	Yalın lojistiğin sağladığı ölçülebilir sonuçlar [44] 35
Çizelge 3.3	Geleneksel lojistik anlayışı ile yalın lojistik kavramı arasındaki farklar [43]..... 35
Çizelge 3.4	Orta ölçekte bir firmada bir aylık toplam 80 sipariş için yapılmış gereksiz harcamalar [48]..... 38
Çizelge 3.5	Yalın yaklaşımın kısa, orta ve uzun vadedeki kazanımları [39]..... 38
Çizelge 3.6	WMS Fonksiyonları [52]..... 42
Çizelge 4.1	ARP için yapısal bir çerçeve [67]..... 73
Çizelge 4.2	ARP türlerinin ilgi alanları [69]..... 81
Çizelge 4.3	Araç rotalamanın kısa bir tarihçesi [31]..... 95
Çizelge 6.1	Dağıtım yapılacak kitaplara ait bilgiler..... 137
Çizelge 6.2	İllere Ait Talep Miktarları 137
Çizelge 6.3	İllere Göre Talep (kg), Mesafe ve Mesafe Baremi 142
Çizelge 6.4	Aras Lojistik Dağıtım Mevcut Durum Maliyet Çalışması..... 145
Çizelge 6.5	Mevcut durum maliyet çalışması sonuçları..... 148
Çizelge 6.6	Kullanılabilir Transfer Merkezleri ve Kg Başına Elleçleme Maliyetleri..... 150
Çizelge 6.7	Ana Transfer Merkezlerinden Talep Noktalarına Direkt Taşımlar (Shipx) 151
Çizelge 6.8	Ana Transfer Merkezlerinden Ara Transfer Merkezlerine Taşımlar (Shipy) 152
Çizelge 6.9	Ara Transfer Merkezlerinden Şehirlere Taşımlar (Shipz)..... 152
Çizelge 6.10	Ana Transfer Merkezi - Rotalama Yapılacak Şehirler ve Birbirlerine Uzaklıkları (km)..... 156
Çizelge 6.11	Ana Transfer Merkezi - Rotalama Yapılacak Şehirler ve Taşıma Maliyetleri (TL)..... 157
Çizelge 6.12	Lingo programına göre ana transfer merkezi – şehirler arasındaki araç rotaları 158
Çizelge 6.13	Ana Transfer Merkezi – Ara Transfer Merkezleri Taşıma Maliyetleri (TL) 159
Çizelge 6.14	Lingo programına göre Ana – Ara Transfer Merkezleri arası araç rotaları 160
Çizelge 6.15	Adana Transfer Merkezi (TM2) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri 161

Çizelge 6.16	Lingo programına göre Adana TM – Şehirler arası araç rotaları	162
Çizelge 6.17	Ankara Transfer Merkezi (TM4) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri.....	163
Çizelge 6.18	Lingo programına göre Ankara TM- Şehirler arası araç rotaları.....	164
Çizelge 6.19	Bursa Transfer Merkezi (TM5) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri .	165
Çizelge 6.20	Lingo programına göre Bursa TM – Şehirler arası araç rotaları	166
Çizelge 6.21	Lingo programına göre Diyarbakır TM – Şehirler arası araç rotaları	167
Çizelge 6.22	Lingo programına göre Diyarbakır TM – Şehirler arası araç rotaları	167
Çizelge 6.23	Erzurum Transfer Merkezi (TM7) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri	168
Çizelge 6.24	Lingo programına göre Erzurum TM – Şehirler arası araç rotaları...	169
Çizelge 6.25	İzmir Transfer Merkezi (TM10) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri.	170
Çizelge 6.26	Lingo programına göre İzmir TM – Şehirler arası araç rotaları	170
Çizelge 6.27	Kayseri Transfer Merkezi (TM11) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri	171
Çizelge 6.28	Lingo programına göre Kayseri TM – Şehirler arası araç rotaları.....	171
Çizelge 6.29	Konya Transfer Merkezi (TM13) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri	172
Çizelge 6.30	Lingo programına göre Konya TM – Şehirler arası araç rotaları	172
Çizelge 6.31	Samsun Transfer Merkezi (TM15) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri.....	173
Çizelge 6.32	Lingo programına göre Samsun TM – Şehirler arası araç rotaları...	173
Çizelge 6.33	Trabzon Transfer Merkezi (TM16) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri	174
Çizelge 6.34	Lingo programına göre Trabzon TM – Şehirler arası araç rotaları ..	174
Çizelge 6.35	Model tarafından kullanılan transfer merkezleri ve taşınacak miktarlar	176
Çizelge 6.36	Mevcut Durum Maliyeti	176
Çizelge 6.37	Toplam Dağıtım Maliyeti	177

LOJİSTİK YÖNETİMİNDE YALIN DÜŞÜNCE İLE SİSTEM TASARIMI VE BİR UYGULAMA

Mehmet Mustafa ÖZALP

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Umut Rıfat TUZKAYA

Dağıtım yönetimi, ürünlerin tedarik zinciri boyunca hareketini sağlamak amacıyla taşıma, geçici depolama, elleçleme vb gibi işlemleri içeren faaliyetler bütünüdür. Ürünlerin tüketiciye sunumunda bu faaliyetler anahtar rol üstlenmekte ve işletmeler için önemli maliyetler oluşturmaktadırlar. Bu faaliyetlere ait maliyetlerin giderek artması, işletmeleri dağıtım yönetimi ile ilgili yöntem ve stratejiler geliştirmeye yöneltmektedir. Dağıtım yönetiminde anahtar rol oynayan strateji, tedarik zinciri içerisindeki işlemlerin entegrasyonunu ve bu işlemlerin minimum maliyetle gerçekleştirilmesini sağlamak için kurgulanmış tekniklerin uygulanmasıdır. Stratejik düzeyde böyle bir dağıtım yönetiminin gerçekleştirilmesi son zamanlarda sıkça rastlanan yalın lojistik uygulamaları ile daha etkili sonuçlar vermektedir. Ürünlerin üretim merkezlerinden alınıp geçici depolanması, etkili sipariş yönetimi, dağıtım ağının tasarlanması ve döngüsel seferlerle ürünlerin son kullanıcıya ulaştırılmasını içeren, her faaliyetin bir sonraki faaliyete girdi oluşturduğu entegre bir sistemle ekonomik ve kaliteli bir dağıtım yönetimi modeli oluşturulabilir. Böyle bir entegre sistemin sonucu olarak hem fiyat hem kalite bakımından rekabet avantajı sağlanması muhtemel hale gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı, yalın lojistik tekniklerini kullanılarak birbiriyle entegre lojistik faaliyetleri içeren kaliteli ve ekonomik bir dağıtım modeli oluşturmaktır. Bu bağlamda

ilk bölümde konuya giriş yapıldıktan sonra, çalışmanın ikinci bölümünde lojistik yönetimi konusu altında lojistik faaliyetler, lojistik maliyetler ve lojistikte performans yönetimi konuları açıklanmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde yalın lojistik konusu altında yalın lojistik kavramı, prensipleri ve israfla ilişkisi üzerinde durularak dağıtım yönetimi entegrasyonunu da içeren yalın lojistik teknikleri anlatılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde, bu entegrasyonun son aşaması olan araç rotalama problemi altında rotalama bileşenleri, türleri, en iyileme kısıtları anlatılmış, rotalama türleri formüle edilerek çözüm yöntemleri üzerinde durulmuştur. Beşinci bölümde, 3PL bir işletmenin faaliyetleri göz önünde bulundurularak dağıtım yönetimi ile ilgili bir model tasarımı yapılmıştır. Son bölümde ise Aras Lojistik'te gerçekleştirilen dağıtım projelerinden birinin mevcut süreci ve maliyetleri anlatılmış, tasarlanan model bu projeye uygulanarak mevcut durum ile kıyaslama yapılmıştır. Tasarlanan modelin uygulanmasında Lingo programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yalın lojistik, dağıtım yönetimi, dağıtım ağı tasarımı ve araç rotalama, tam sayılı programlama

**DESIGNING LOGISTICS MANAGEMENT SYSTEM THROUGH LEAN
THINKING AND A FIRM APPLICATION**

Mehmet Mustafa ÖZALP

Department of Industrial Engineering
MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Umut Rifat TUZKAYA

Distribution management is a set of activities which includes processes such as transporting, temporary storing, handling and etc to provide the movement of goods in the supply chain. These activities are the key roles of delivering goods to customers and creates important costs. Increasing the costs of these activities makes companies to improve strategies and methods about distribution management. Key strategy of distribution management is integration activities of supply chain and applying techniques which are designed to decrease costs of these activities. Executing of such a distribution management in strategic level is concluded more effective with implementations of lean logistic which is a common approach recently. It is possible to designing an economic and qualified distribution management with an integrated system which includes collecting goods from production centers, temporary storage, designing distribution network and delivering goods customer via milk run. As a conclude of such an integrated system, distribution management provides competitive advantage about both costs and quality.

The aim of this study is designing a qualified and economic distribution model which includes integrated logistic activities via using lean techniques. In this context, after an entry to the subject in the first part; logistic activities, logistic costs and logistic performance management are explained. In the third part of study, lean logistic concept, principles and relation of waste are emphasized; lean logistic techniques

which include integration of distribution management are explained. In the fourth part, vehicle routing problem which is the last level of integration is explained by emphasizing routing components, kinds, optimization constraints. Vehicle routing problem kinds are formulated and solution methods are explained. In the fifth part, a distribution management model designed via emphasizing activities of a 3PL company. In the last part of study, current process and costs of a distribution project is explained which is done in Aras Logistic, designed model implemented to this project and difference is compared. Lingo program is used to implement designed model.

Key words: Lean logistic, distribution management, distribution network design and vehicle routing, integer programming

GİRİŞ

Ürünlerin tüketiciye sunumunda dağıtım yönetimi anahtar rol üstlenmekte ve işletmeler için önemli maliyetler oluşturmaktadırlar. Bu faaliyetlere ait maliyetlerin giderek artması, işletmeleri dağıtım yönetimi ile ilgili yöntem ve stratejiler geliştirmeye yöneltmektedir. Dağıtım yönetiminde anahtar rol oynayan strateji, tedarik zinciri içerisindeki işlemlerin entegrasyonunu ve bu işlemlerin minimum maliyetle gerçekleştirilmesini sağlamak için kurgulanmış tekniklerin uygulanmasıdır. Stratejik düzeyde böyle bir dağıtım yönetiminin gerçekleştirilmesi son zamanlarda sıkça rastlanan yalın lojistik uygulamaları ile daha etkili sonuçlar vermektedir. Yalın lojistik tekniklerinin uygulandığı birbiriyle entegre aşamalardan oluşan bir dağıtım yönetimi sisteminin hem fiyat hem kalite bakımından rekabet avantajı sağlayacağı aşikardır.

1.1 Literatür Özeti

Üretim sonrası lojistik süreci; fiziki dağıtım kanallarını da içine alan ve malın müşteriye ulaştırılmasına dönük faaliyeti kontrol altında tutan bir iş akışıdır. Buradaki faaliyetlerin önemli bir kısmını, fiziksel dağıtım hizmetleri oluşturmaktadır. Bunların içerisinde en temel olanları ise; ambalajlama, depolama, nakliye vb.dir. Dağıtım lojistiği işletmenin üretiminin sürüm ve satış piyasası ile bağlantısını sağlamaktadır. Süreç ürünün üretim alınından ayrılması ile başlamakta ve anlaşmaya göre doğrudan alıcıya ya da son müşteride sona ermektedir. Dağıtım lojistiği, alıcının taleplerine göre verilen sözlerin başarılı bir şekilde yerine getirilmesinde, zincirin son halkası olarak önemli görülmektedir [1].

Son dönemde sürekli sevkiyat oldukça yaygınlaşmaya başlamıştır. Sürekli sevkiyat yapısı, bir lojistik firması aracılığıyla aynı bölgede bulunan tedarikçilerden sık sık ve azar azar mal alımı şeklinde özetlenebilir. Burada lojistik hizmeti veren firmaya LLP (Lead Logistics Provider-Ana Lojistik Sağlayıcı) denilmektedir [2].

Milk-run sisteminde; bir kamyon gönderici ve alıcı şirketler arasında gidip gelirken, birkaç göndericiye birden hizmet vermektedir. Bu sistemde hizmetler sabit ve esnek hizmetler olmak üzere iki tipte gerçekleştirilmektedir. Sabit sistemde “her parça her gün” anlayışı ile çalışılmakta, yani her taşıyıcı her gün aynı miktarları taşımaktadır. Bu sabit miktarlar için sabit turlar yapılmakta, ücret hesaplamaları da sabit rakamlarla yapılmaktadır. Esnek sistemde ise göndericiler, bir gün önce veya aynı günün sabahı ihtiyaçları olan miktarı hacmi ile birlikte taşıyıcıya bildirmekte ve taşıyıcı da her gün yeni turlar düzenlemektedir [2].

Ürünü alıp, depoya koyup, depodan çekip, etiketleyip sonra göndermek yerine, çapraz sevkiyat, adından anlaşılabileceği gibi, bir kamyonun bir palet veya konteynırı çeker veya yeniden paletler ya da doğrudan rampadaki başka bir kamyonu taşır. Bu zamanı kısaltır ve birçok değer katmayan adımı ortadan kaldırır. Gelişmiş nakliye bilgilerinden dağıtım merkezlerine nelerin geldiği ile ilgili gelişmiş bilgiye sahip olunması ve kartonların veya paletlerin tedarikçiler tarafından önceden etiketlenmiş olması çapraz sevkiyat yapmayı olanaklı kılan etkili yollardır [3].

Döngüsel sefer ve çapraz sevkiyat entegrasyonu; Dağıtım merkezi (DC) sonrası ,Dağıtım merkezi (DC) öncesi döngüsel sefer, Dağıtım merkezi (DC) öncesi ve sonrası döngüsel sefer şekillerinde olabilmektedir. Dağıtım merkezi sonrası döngüsel sefer taşıma sisteminde, her bir tedarikçiden veya üreticiden DC'lere tasımlar doğrudan yapılmaktadır. Daha sonra buralarda yük birleştirmeleri yapıp tek araca yüklenen, çeşitli üreticilerin veya perakendecilerin çeşitli tedarikçilerden veya üreticilerden gelen yüklemeleri döngüsel sefer yapılarak sahipleri olan üreticilere veya perakendecilere dağıtılır. Dağıtım merkezi öncesi döngüsel seferde ise çeşitli tedarikçilerden veya üreticilerden toplanan yüklemeler döngüsel sefer araçları vasıtasıyla çapraz sevkiyat merkezine (DC) gelir. Burada yük birleştirmeleri yapıldıktan sonra bu yüklemeler doğrudan, her bir üreticiye veya perakendeciye direk taşıma metoduyla ulaştırılır. Dağıtım merkezi öncesi ve sonrası döngüsel sefer sistemiye, hem dağıtım merkezi

öncesinde hem de sonrasında döngüsel sefer yaptırılır. Bu sayede çok küçük bir alana yayılmış olan tedarikçi, üretici ve perakendeciler en az stok seviyelerine ulaşmış olurlar [2].

1.2 Tezin Amacı

Ticari pazar boyutlarının küresel olarak genişlemeye başladığı dönemden itibaren artarak devam eden küresel rekabet işletmeleri etkin ve ekonomik tedarik zinciri yönetimine zorlamaktadır. Yakın dönemde farklı işletmelerdeki üretim faaliyetlerinin birbirine yakın maliyet değerlerinde gerçekleşmesi, işletmeleri tedarik zinciri faaliyetlerini geliştirmeye yöneltmiştir. Günümüzde işletmeler tedarik zinciri faaliyetlerini daha etkin ve ekonomik olarak gerçekleştirmek için lojistik faaliyetlerin çoğunu üçüncü parti lojistik şirketlere devretmektedir. Böylelikle lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesindeki hata ve kayıplardan, lojistik faaliyetlerde uzmanlaşma gereksiniminden kurtulmakta; üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcıların ölçek ekonomilerinden kaynaklanan düşük maliyetlerden yararlanmaktadır.

Tedarik zinciri yönetiminin öneminin anlaşılmasıyla lojistik hizmet sağlayıcılarını kapsayan pazar gün geçtikçe büyümekte ve lojistik hizmet sağlayıcıları da her işletme gibi bu pazarda payını arttırmak için teknolojilerini ve iş yapma tekniklerini geliştirmek zorundadırlar. Bu aşamada lojistik sağlayıcıları için gerçekleştirilmesi gereken ilk amaçlardan biri faaliyetler dizisi boyunca gerçekleşen akışı değer katmayan etmenlerden arındırmak olacaktır. Lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde yalın düşüncenin kullanılması ile israf sayılabilecek bu değer katmayan faaliyet ve etmenler (gereksiz taşımalar, taşıma boyunca gereksiz stok tutma vb) elemine edilebilir. Yalın düşünce ile lojistik faaliyetlerin geliştirilmesi sonucunda yeni bir anlayış olan yalın lojistik ortaya çıkmıştır.

Yalın lojistik teknikleri lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerde önem kazanmaya başlamakta ve bu kapsamda yapılan çalışmalar az olsa da gelişmektedir. Yalın Lojistik ile firma içerisindeki bazı süreçleri hızlandırmak amacıyla karışıklığa neden olan etmeler kaldırılmaya çalışılmaktadır. Yalın Lojistik firmalar arası bağlarını güçlü tutarak tam zamanında sevkiyat yapılmasını amaçlar dolayısıyla toplam maliyeti en düşük seviyede tutmaktır.

Bu tezin amacı etkili ve ekonomik bir dağıtım yönetimi gerçekleştirmek için yalın lojistik tekniklerinden faydalanarak dağıtım faaliyetlerinin entegre gerçekleştirildiği bir model oluşturmaktır. Model üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcılarının dağıtım süreçlerini kapsayacak bir şekilde tasarlanacaktır. Tasarlanan model maliyetleri ile mevcut süreç kıyaslanarak ekonomik etkinliği incelenecektir.

1.3 Hipotez

Bu tez çalışmasında oluşturulacak bir model tasarımı ile yalın lojistik teknikleri (WMS ve sipariş yönetimi, ağ tasarımı ve crossdocking, milkrun entegrasyonu) kullanılarak üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcılarının dağıtım yönetimi için bir model tasarlanacak ve gerçekleştirilmiş bir dağıtım projesine uygulanacaktır. Uygulama sonucu mevcut dağıtım maliyetleri ile tasarlanan modelin uygulanması sonucu oluşacak maliyet kıyaslanacaktır.

Bu bağlamda, birinci bölümde lojistik, lojistikte maliyet ve performans hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde geçtiğimiz son 20 yıl içerisinde ortaya çıkıp önemi artan yalın lojistik ve buna sebep olan yalın düşünce anlayışı ele alınarak bu anlayışın gerçekleştirilmesi için kullanılabilecek teknikler üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde, üçüncü bölümde anlatılan dağıtım ağı tasarımı, çapraz sevkiyat noktaları kullanımı ve döngüsel sefer entegrasyonunun son aşaması olan araç rotalama problemi üzerinde durulmuş; araç rotalama problemi türleri ve çözüm yöntemleri ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Beşinci bölümde çapraz sevkiyat noktaları kullanılarak dağıtım ağı tasarımı ve araç rotalama problemini içeren bir model tasarlanmış. Altıncı bölümde ise bu model bir dağıtım projesine uygulanarak çözülmüş ve mevcut durumda gerçekleştirilen dağıtımın toplam maliyeti ile önerilen modelin sonuçları kıyaslanmıştır. Sonuç olarak işletmeye uyarlanabilecek modelin potansiyel getirileri açıklanmaktadır.

LOJİSTİK YÖNETİMİ

2.1 Lojistik Tanımı ve Kapsamı

İhtiyaçların belirlenmesi ve gelişmesi aşamasında lojistik (talebi istenilen yerde ve zamanda ikame edebilme) aslında bildik bir kavram olmasıyla birlikte ihtiyaçların gelişimine paralel olarak gelişmiştir. Ürünleri bir yerden başka yere taşıma, depolayıp saklama gibi ihtiyaçlar insanlık tarihinin eski zamanlarından beri gereksinim duydukları ve niteliği gün geçtikçe gelişen ihtiyaçlar olmuştur. Son yüzyıllarda hızlanan teknolojik gelişmeler, savaşlar bu ihtiyacın önemini arttırmış ve konu üzerinde çalışmalar yapmaya zorlamıştır.

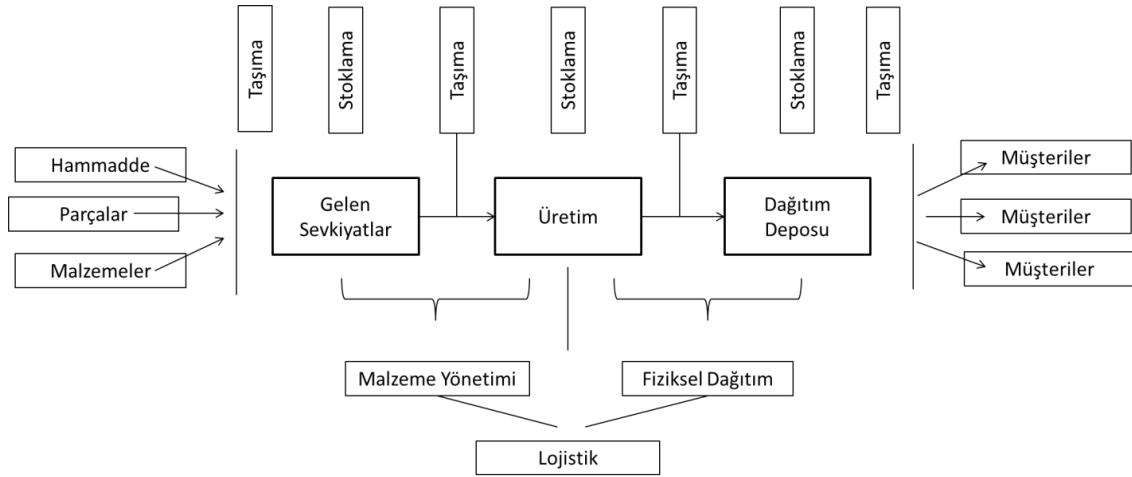
Günümüz ihtiyaç ve beklentilerine baktığımızda özellikle iş hayatında yaşanan hızlı değişim ve gelişmeler firmaların hızlı ve etkili olmalarını gerektirmektedir. Özellikle müşteri tarafından bakıldığında bu ihtiyaç ve beklentilerin maksimum fayda ile karşılanması temel faktör durumuna getirmektedir. Bu faktörün gerçekleşmesinde rol oynayan elemanlardan en önemlisi de lojistik haline gelmiştir.

Lojistiğin öneminin büyümesine paralel olarak bununla ilişkili olan isimlerin sayısında da artış olmuştur ve farklı tanımlar kullanılmıştır. Bugüne kadar dağıtım ve lojistik için kullanılan bazı farklı isimler şunlardır: Fiziksel dağıtım, iş lojistiği, malzeme yönetimi, satın alma ve tedarik, ürün akışı, pazarlama lojistiği, tedarik zinciri yönetimi, talep zinciri yönetimi ve çok daha fazlası vardır [4].

Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyinin yaptığı tanıma göre *Lojistik*; hammadde, yarı mamul, bitmiş ürün ya da hizmetlerin ve bunlarla ilgili bilgilerin orijin noktasından kullanım noktasına kadar verimli, etkili akışı ve depolanması gibi işlemlerin

müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi sürecidir [5].

Seven Rs. (Seven Rights: Yedi Doğru) veya bazen “Layperson” tanımı olarak isimlendirilen bir başka tanımlamaya göre lojistik; doğru ürünün, doğru miktarda, doğru şartlarda, doğru yerde, doğru zamanda, doğru maliyetle, doğru müşteri için kullanılabilirliğini sağlamaktır [6].



Şekil 2.1 Malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım [6].

Lojistiğe duyulan ilginin nedeni, dünya çapında rekabet avantajı kazanmak ve zorlu rekabet koşullarında ayakta kalabilmektir. Bu nedenle firmalar yüksek lojistik performansına ulaşmaya çalışmakta ve dolayısıyla sürekli iyileştirme faaliyetlerine devam etmektedir. Lider firmalar, lojistik performansı gerçek-zamanlı izleyen bilgi sistemlerine sahiptir. Bu bilgi sistemleri, potansiyel operasyonel bozuklukları tanımlama ve müşteri hizmeti aksaklıklarını düzeltici önlemler alma olanakları tanırırlar. Doğru zamanlı düzeltici faaliyet mümkün olmadığı takdirde, müşteriler biran önce durumdan haberdar edilir ve alternatifler sunulabilir. Hız ve teslimatın tutarlılığı olduğu kadar, envanter bulunurluluğunda da endüstri ortalamasından yüksek performans icra eden üst düzey lojistik firmalar elbetteki çekici tedarikçi ve ideal iş ortaklarıdır [7].

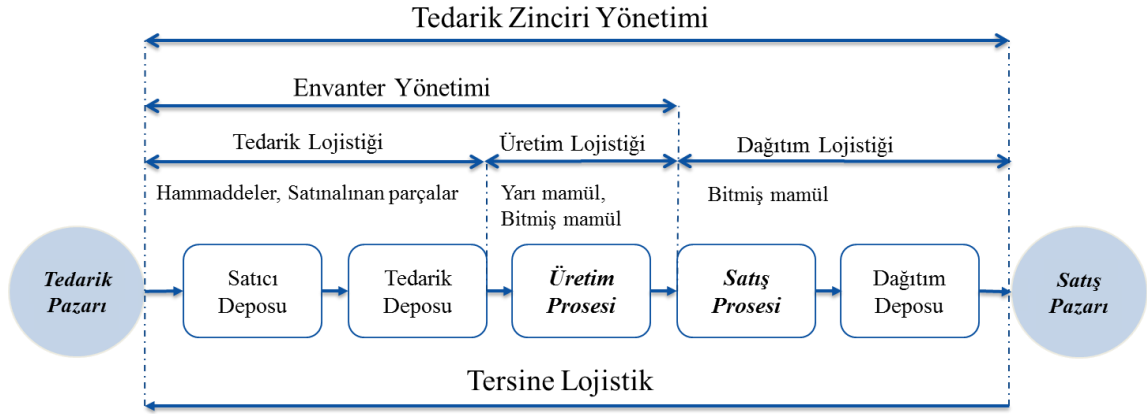
Lojistikteki değer, yer ve zaman olarak ifade edilmektedir. Mal ve hizmetler müşterilerin sahipliğinde tüketilmek istedikleri yer ve zamanda bulunmadıkça değer ifade etmemektedirler. Etkin bir lojistik yönetimi, değer ekleyen süreçlere katkı sağlamak üzere tedarik zincirindeki her bir faaliyeti ele almaktadır. Eğer düşük bir değer

eklenmesi söz konusu ise; faaliyetin yapılıp yapılmayacağı sorgulanabilmelidir. Ayrıca; değer, müşterinin ürün veya hizmetin maliyetinden daha fazlasını ödemeye istekli olması halinde eklenmiş olacaktır. Çoğu küresel firma açısından, değer ekleyen süreçler büyük önem arz etmektedir [8]. Lojistik fonksiyonunun işletme yönetiminde önem kazanmasının nedenleri şu şekilde özetlenebilir [9], [10].

- Lojistik temeldir çünkü tüm organizasyonlar malzemelerin hareketine dayanır,
- Karı ve örgütsel performansın diğer ölçülerini doğrudan etkiler,
- Müşterilerle, müşteri tatminine ve katma değere katkıda bulunan ilişkileri geliştirir,
- Taşıma uzaklıklarının ve maliyetlerin artması,
- Üretim teknolojilerinin pek çok alanda doyma noktasına ulaşması nedeniyle yöneticilerin maliyet düşürmek için lojistik alana yönelmesi,
- Stok kontrolünden tam zamanında tedarik (JIT), malzeme istek planlaması (MRP), KANBAN vs. sistemlerin yaygın biçimde kullanılması,
- Mamul çeşitlerinin, değişen ve gelişen tüketici isteklerini karşılama zorunluluğu ile hızla artması,
- Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ve haberleşme sistemlerinin gelişmesi,
- Çevreyi koruma amacı ile kullanılmış malzemelerin yeniden kullanılmak üzere (recycling) işlenmesi,
- Büyük çok uluslu üretim ve satış firmalarının çoğalması.

2.2 Lojistik Süreçler

Lojistik faaliyetleri Şekil 2.2’de de görüldüğü gibi işletmenin tedarik sürecinde, üretim sürecinde ve dağıtım sürecinde yer almaktadır. Bundan dolayı lojistik faaliyetleri, farklı işletme süreçlerinde farklı anlayışlarla yerine getirilmektedir. Örneğin tedarik aşamasındaki nakliye ve depolama işlemleri ile üretim sonrası dağıtım aşamasında yer alan nakliye ve depolama işlemleri birbirinden farklıdır. Bu, zincir içerisinde hareket eden ürün özelliklerinin ve kanalda işletmelerden sonra yer alan müşterinin beklentilerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır [11].



Şekil 2.2 Lojistik Süreçlerinin Basit Gösterimi [11].

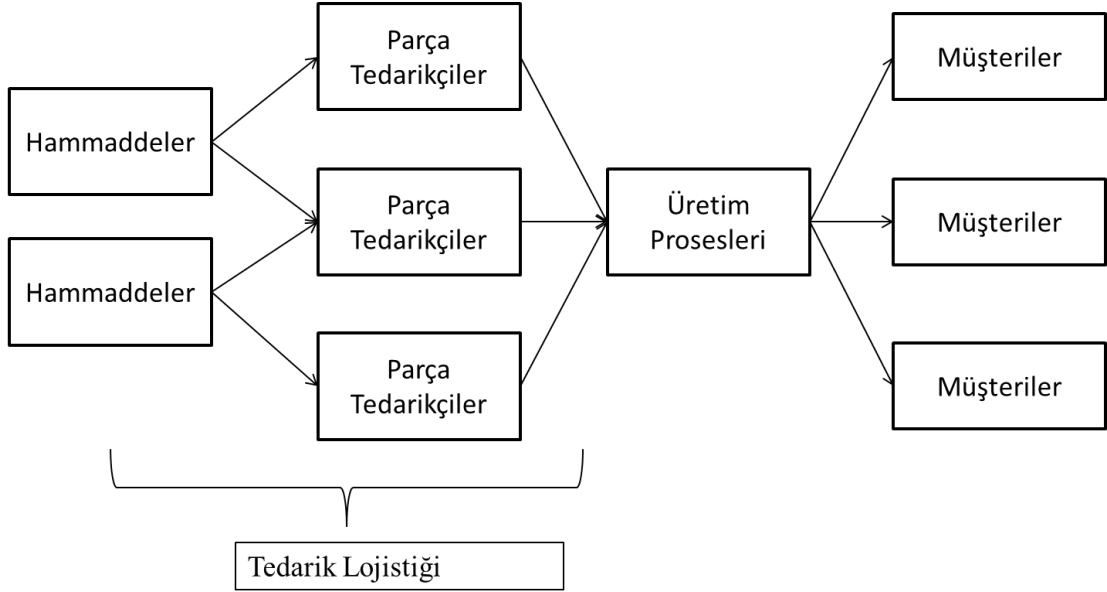
2.2.1 Tedarik Lojistiği

Tedarik lojistiği, işletmeye değer katan temel işlevleri içermektedir. Satın alma, materyallerin tedarikçiden üreticiye, depo veya perakende ambarlarına kesintisiz girişinin planlanması ve ürün akışının sağlanmasını tedarik zinciri çerçevesinde düzenleyen faaliyetler bütünüdür. Bu tamamen üretim öncesi gerçekleştirilen ve kaynakların üretim hattına taşınmasına hizmet eden bir süreçtir [1]. Üretim öncesi lojistik, giriş lojistik veya Inbound lojistiği olarak isimlendirilen tedarik lojistiği, üretim öncesi gerçekleştirilen şirketlerin tedarikçileri ile ilgili olarak hammadde veya yarı mamuller konusundaki rota seçimi, araç, kargo takibi, taşıma, stok muhafazası, teslim alma, sipariş, tedarik, depolama gibi faaliyetlerin tedarik zinciri çerçevesinde düzenlenen bir bütündür. Tedarik lojistiği süreci, tamamen üretim öncesi gerçekleştirilen ve kaynakların üretim hattına taşınmasına hizmet eden bir süreçtir [12].

Koban ve Keser tedarik lojistiğinin faaliyetlerini maddeler halinde ifade etmiştir. Buna göre tedarik lojistiği [1].

- Kullanılacak malzeme çeşidine,
- Bu malzeme için ne zaman ve ne kadar ihtiyaç duyulduğuna,
- Malzemenin tedarik edileceği imalatçıya,
- Malzemenin imalatçıya taşıma şekline,

- Malzeme, imalatçıya gelince ne şekilde kabulünün yapıp depolara alınacağına karar verilir.



Şekil 2.3 Tedarik Lojistiğinin Yeri [13].

Stokları azaltmak, işletme maliyetlerini azaltmanın en hızlı yollarından biridir. Ancak bugünün tam zamanında üretim kültürü ile siparişten sevkiyata kadar geçen süreç kısaltarak müşteriye daha hızlı bir şekilde cevap verebilmektir. Eskiden imalatçıların yüksek miktarda hammadde stoklama lüksü var iken bugün çok fazla stok, yapılan işle ilgili satışlar ve operasyonların planlanmasında yetersizlik, başarısız öngörüler veya yetersiz üretim planlama gibi ciddi ve maliyetli sorunları getirir. Tedarik lojistiğini yönetmek, hem tedarikçi hem de imalatçılar için bir meydan okumadır. Lojistik hizmeti veren firmalar, imalat yapan müşterilerinin bir yandan değişen ve beklenmeyen talebini karşılayabilecek kadar hammaddeye sahip olmayı garanti ederken bununla birlikte stoku en az maliyetle nasıl sağlanması gerektiğini bulmaya çalışmaktadır [12].

2.2.2 Üretim Lojistiği

Üretim lojistiği, gelen malzeme ve parçaların mamule dönüştürülmesi esnasında yapılan taşımaları, ara depolamaları, buna ait olan bilgi akışlarının planlanması, yönetimi ve kontrolünü içermektedir. Bu sistemdeki lojistik faaliyetler “malzeme nakli” adı altında tamamen işletme içi bir fonksiyon olarak düşünülür. Üretim yönetiminin kapasite planlaması, yükleme programlama faaliyetleri ile malzeme nakli arasında sıkı

bir bağıllık vardır. İmalat desteği düşüncesinin bütünü, üretimin nasıl yapıldığından ziyade hangi ürünlerin, ne zaman ve nerede imal edileceği üzerine yoğunlaşır. Üretim lojistiği sırayla şu aşamalardan oluşmaktadır [1].

- Malzeme ihtiyaç planlamasının çalıştırılması,
- Planlı siparişlerin ve satın alma taleplerinin oluşturulması,
- Üretim siparişi açma,
- Üretim için depodan mal çekme,
- Üretim,
- Depoya giriştir.

Bu kavram ile ifade edilmek istenen bir lojistik faaliyet sonucu elde edilen ürünün imalatının tamamlanıp tüketici veya kullanıcıya verildikten sonra başlayan ve elden çıkarılıncaya kadar geçen süreçtir. İhtiyaç duyulan malzemenin depolanması, dağıtımı, nakledilmesi, bakımı, kullanılması ve envanterden çıkarılması, sistem yönetimi, malzeme yönetimi, teknik yönetim, katalog yönetimi, fon yönetimi, tedarik ve kontrat yönetimi, onarım, modernizasyon ve yenileştirme, güvenilirlik, çevrenin korunması, ve atık maddelerin ekonomiye kazandırılması gibi konuları kapsar [14].

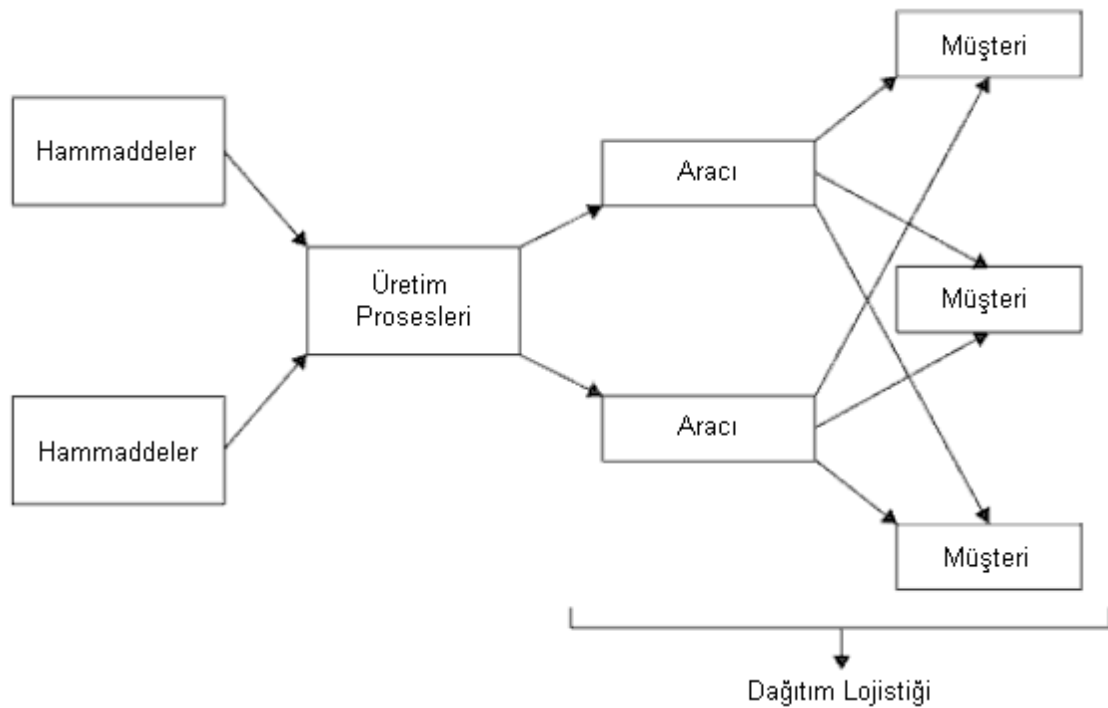
2.2.3 Dağıtım Lojistiği

Üretim sonrası lojistik süreci; fiziki dağıtım kanallarını da içine alan ve malın müşteriye ulaştırılmasına dönük faaliyeti kontrol altında tutan bir iş akışıdır. Buradaki faaliyetlerin önemli bir kısmını, fiziksel dağıtım hizmetleri oluşturmaktadır. Bunların içerisinde en temel olanları ise; ambalajlama, depolama, nakliye vb.dir. Dağıtım lojistiği işletmenin üretiminin sürüm ve satış piyasası ile bağlantısını sağlamaktadır. Süreç ürünün üretim alınından ayrılması ile başlamakta ve anlaşmaya göre doğrudan alıcıya ya da son müşteride sona ermektedir. Dağıtım lojistiği, alıcının taleplerine göre verilen sözlerin başarılı bir şekilde yerine getirilmesinde, zincirin son halkası olarak önemli görülmektedir [1].

Lojistik sistemde son aşama olan dağıtım lojistiği süreci ürünlerin müşterilere doğru olan fiziksel hareketleriyle ilgilidir. Dağıtım sisteminde müşteri ile iletişim söz konusu

olduğundan dolayı oldukça önemlidir. İstenilen miktar ve zamanda ürünün müşteriye ulaştırılması sağlanmadığı sürece daha önce yapılmış olan olumlu çalışmalar anlamsız bir hal alacaktır. Bu sürecin kapsamındaki konular [1];

- Dağıtım depolarının yeri,
- Depolama koşulları,
- Talep edilmiş olan ürün miktarı ve teslim zamanı,
- Ürünün ambalajlanması,
- Süre, kalite ve maliyet açısından uygun taşıma yönteminin belirlenmesi şeklindedir.

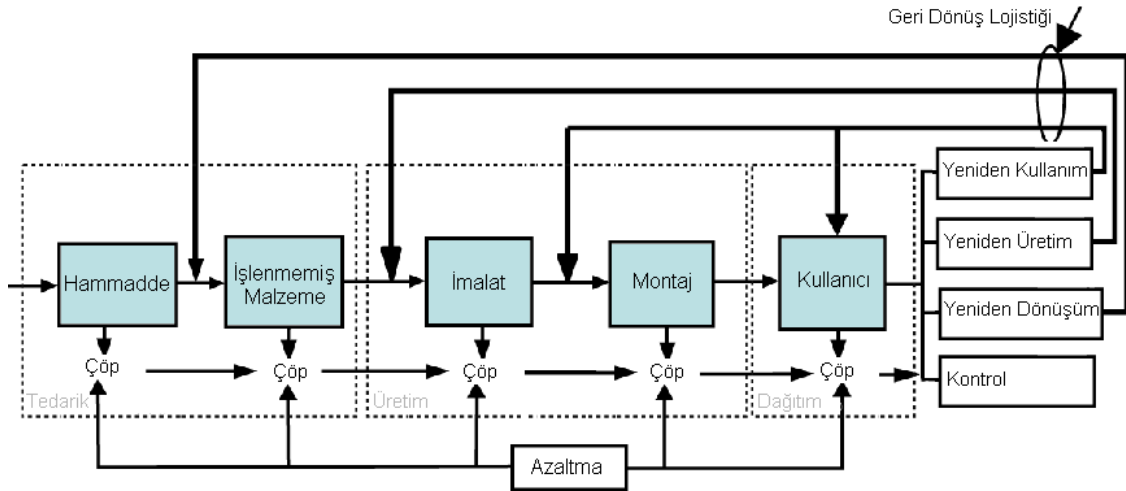


Şekil 2.4 Dağıtım Lojistiğinin Yeri [13].

2.2.4 Tersine Lojistik

Geri dönüş lojistiği olarak da tanımlanan tersine lojistik, üretim sektöründe son müşteriden satıcıya ya da hizmet sunucuya geri gelen iadeleri, defoları, kapları veya kutuları ve paketleme malzemelerini içermektedir. Bu malzemelerin geri dönüştürülmesine, iadelerin veya defoluların diğer mağazalara yeniden dönmesine yardım etmektedir. Diğer bir deyişle; ürünlerin istiflendiği kasaların toplanması, çevreye duyarlı olan geri dönüşümü mümkün ambalaj malzemelerinin toplanması, hatalı

ürünlerin nihai kullanıcıdan veya nihai kullanıcıya yönelik dağıtım ağından geriye alınması faaliyetlerindeki taşımalar, geri dönüş lojistiği olarak adlandırılmaktadır [1].



Şekil 2.5 TZY’de Geri Dönüş Lojistiğinin Yeri [15].

Tersine lojistik, kullanıcıya artık gerekmeyen kullanılmış üründen, pazarda yeniden kullanılabilen ürüne kadarki tüm lojistik faaliyetleri kapsayan bir süreçtir. Bu tanıma göre tersine lojistik, dağıtım planlaması açısından, kullanılmış ürünün son kullanıcıdan üreticiye doğru fiziksel nakliyesini içerir. Sonraki adım, geri dönmüş ürünün üretici tarafından yeniden kullanılabilir ürün haline dönüştürülmesidir. Diğer bir tanıma göre, üreticinin, olası geri kazanım, yeniden üretim veya yok etme için tüketim noktasından gönderilmiş ürün veya parçaları sistematik olarak kabul etmesi süreci, tersine lojistik olarak adlandırılmaktadır. Tersine lojistik sistemi, yeniden üretim, geri kazanım, yok etme veya kaynakları etkin şekilde kullanmak üzere ürün veya parçaların akışını yönetmek için yeniden tasarlanmış tedarik zincirini içerir [16].

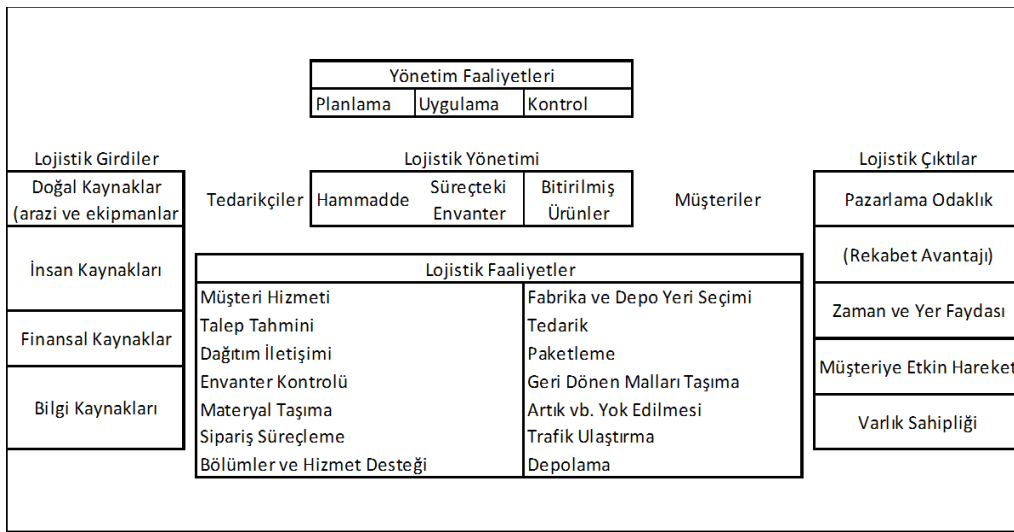
Tersine lojistikte geri kazanım seçeneklerinin tümü, ürünlerin toplanması, yeniden işlenmesi ve yeniden dağıtılması aşamalarını içerir. Asıl farklılık yeniden işleme aşamasında kendini gösterir. Buna göre ürün geri kazanım süreçleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [16];

- Tamir;
- Ürün yenileştirme;
- Yeniden üretim

- Ürün yamyamlaştırma (product cannibalization);
- Geri dönüşüm;

2.3 Lojistik Faaliyetler

Sistem yaklaşımı, lojistik faaliyetlerde temel bir rol oynamakta ve faaliyetlerin analizinde büyük avantaj sağlamaktadır. Sistem yaklaşımı, sistem kuramına dayanmakta ve lojistik yaklaşımla eş anlamlı kullanılarak, lojistik problemlerin çözümünde ve faaliyetlerin etkinlik içinde yerine getirilmesindeki katkıları nedeniyle lojistik disipliniinde sıkça vurgulanmaktadır. Lojistik yönetim kavramı; hammaddelerin, süreçteki envanterin ve bitirilmiş ürünlerin üreticilerden müşterilere doğru etkili bir şekilde akışını sağlayan zorunlu faaliyetlerin bütünleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır [17]. Lojistik faaliyetler ve bu faaliyetlerin işletme sistemi içerisindeki yeri ve diğer işletme işlevleri ile ilişkisi Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6 Lojistik Yönetimi ve Lojistik Faaliyetler [18].

a) Talep Tahmini

Müşterinin talep ettiği ürünü, istenen miktarda, istenen kalite ve çeşitlerde, doğru zamanda doğru fiyatla ve doğru yerde karşılama gücü ve esnekliği etkin talep yönetimiyle sağlanabilmektedir. Bu nedenle talep yönetimi, bilgiye bağlı olarak talebin maksimum düzeyde karşılanmasını, buna karşın gecikme süresinin, giderlerin maliyet ve envanterlerin en aza indirilmesini sağlamayı amaçlar. Etkin bir talep yönetimi bilgi

iletişimini gerektirir. Bu nedenle karmaşık ilişkiler zinciri ve bu zincir içindeki halkalar arasındaki bilgi iletişimi iyi yönetilmelidir. İlişkilerin iyi yönetilebilmesi ve talebin etkin biçimde karşılanabilmesi için ise sağlıklı talep öngörümü yanında esnek üretim becerisine sahip olmak gerekir. Kısaca esnek üretim ve talep öngörümü etkin talep yönetiminin temel iki girdisidir [19].

b) Sipariş İşleme

Lojistik bilgi sistemi temel olarak siparişin yönetimidir. Pazarlama-satış ile sipariş yönetimi arasındaki iletişime bağlı olarak döngünün tamamlanması söz konusudur. Aksi durumda yapılacak öngörüm ile stok seviyeleri arasında dengesizlik oluşacak ve işletme karlılığı olumsuz yönde etkilenecektir. Örneğin planlamadan yapılan bir tutundurma faaliyetinin stok seviyesini, üretim, satın alma sistemini ne kadar olumsuz etkileyeceği açıktır. Diğer bir anlatımla sipariş yönetimi, müşteri hizmet kalitesinin göstergesidir. İstenen düzeyde hizmetin sunulabilmesi için siparişlerin planlanması, alınması, ve dokümantasyonun eksiksiz yapılması gerekir [19].

Sipariş işleme, müşteri siparişlerinin istenilen yerde ve zamanda teslim edilmesiyle ilgili faaliyetleri içerir. Sipariş işleme, bazı ek masraflar gerektirse bile ek ulaştırma maliyetleri azaltılabilir. Sipariş işleme süreci artık Internet üzerinden verilmektedir. Bu durum bir yandan müşteri isteklerinin yerine getirilmesini sağlarken, bir yandan da siparişin önceden planlanması ile en uygun taşımanın planlanmasına imkan vermektedir [20].

c) Envanter Yönetimi

Envanter, üretimi istenen düzeyde tutmak, teslim ve satışı istenen özelliklere göre gerçekleştirmek amacıyla malzeme, materyal, yarı işlenmiş ve tamamlanmış ürün mevcudunun elde bulundurulmasıdır. Envanter politikası, doğrudan işletmenin tedarik zinciriyle ilintilidir. Çünkü müşteri/pazara doğru mal akışında hangi noktalarda hangi miktarda ürünün bulundurulacağı önemli bir sorundur. Bu nedenle pazarlama ile bağlantılı olarak müşteri taleplerine göre envanterin istenen düzeyde tutulması önemlidir [19].

Envanter yönetim işlemlerinin ERP sistemleri kapsamında yürütülmesi, geliştirilmiş tedarik kapasitesi sağlamakla birlikte daha yüksek hacimlerde malzeme işleme

olanakları sunmaktadır. Etkin tedarik ve ambar yönetim özellikleri, artan hammadde fiyatlarından kaynaklanan sürekli sıkıntılar karşısında kurumlar için kritik önem taşımaktadır. İdeal etkinlikte bir envanter yönetimi, müşteri gereksinimlerini hızlı bir şekilde karşılar, gerekli düzeltmeleri de yapabilecek esneklikte olabilmeli ve bütün bunları kurum faaliyetlerini olumsuz şekilde etkilemeden yerine getirebilmelidir. Hammadden mamul ürüne, mamul üründen son kullanıcıya kadar olan işlemlerin envanterini kontrol etmeye yönelik planlama yapmak işletme yöneticisinin yapması gereken önemli işlerden biridir. Depolanmış malzemeye tahsis edilen sermaye miktarı ve depolama yerine ilişkin masrafların azaltılması olmak üzere iki nedenden dolayı envanter kontrolü zorunludur. Envanteri basitleştirip etkili kılmak neredeyse her şirketin hedefi haline gelmiştir ve bu yükün çoğu, tedarikçilerin üzerine yüklenmiştir. Başarılı envanter yönetim yararları [21].

- İşletmedeki mali kayıpları en aza indirir.
- Envanter bilgilerinin kurum içinde hızlı ve sorunsuz bir şekilde yayımlanması, müşteri memnuniyetinin artmasını sağlar.
- Müşteri gereksinimlerine odaklanmış olan bir üretim, kurumun ihtiyaçlarına cevap veren bir envanter yönetiminin uygulanabilmesine olanak tanır.
- Sistemin malzeme yönetimi, planlama, tedarik ve depolama yönetim kabiliyetleri arasındaki yüksek düzeyde entegrasyonu sayesinde, müşteriye üstün düzeyde kullanım sağlayan özellikler sunulur.

d) Depolama

Depolar; ürünlerin hammadde aşamasından üretim ortamına, oradan da tüketim merkezlerine dağıtımına kadar olan bütün bir faaliyetler dizisinin gerçekleştirilmesinde stratejik rol oynayan ara noktalardır. Antrepo ise mal ve eşyaların miktar, kalite ve özelliklerinin incelenip kıymet tespitinin yapıldığı ve uygun şartlarda korunmalarının gerçekleştirildiği, gümrüklü sahalarda kurulan ve 4458 sayılı Gümrük Kanunu ile gümrük yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen özellikleri taşıyan yerleri ifade eder [22].

Üretimden satış anına kadar geçen sürede mamullerin kendileri için ayrılmış alanlarda muhafaza edilmesini ifade eder. Üretimle satış zamanı arasında belirli bir sürenin

olması ürünlerin depolama süresinde niteliklerinin korunmasına yönelik özel tedbirlerin alınması gerekmektedir. Buda yer ve bakım giderlerine yol açmaktadır. Bu açıdan da depolamaya ilişkin yer seçimi, sahiplik veya kiralama konularında alınacak kararlar, stratejik öneme sahiptir. Son yıllarda bazı sektörlerde daha fazla uygulama alanı bulan tam zamanında üretim (JIT, Just In Time) sistemli depolama, nakliye işlerinin bir lojistik firması aracılığıyla sürdürülmesini hızlandırmıştır. Bilgi teknolojilerini kullanarak tedarik ve talep yapısının eşleştirilmesini esas alan bu sistemde farklı noktalardan gelen malların müşteri isteklerine göre yapılarak bekletilmeden ilgili noktalara ulaştırılması mümkün olmaktadır. Sistemin etkili bir şekilde uygulanması, bu konuda uzmanlaşmış işletmelerin devreye sokulmasıyla sağlanabilir [23].

e) Ambalajlama

Lojistik açısından ambalajlamanın birinci görevi, ürünün istenen yere kolayca taşınmasını sağlamaktır. Ürünü tam sarmalaması, istendiğinde kolay açılıp kapanabilmesi için kullanılan kaplama malzemesinin hafif ve ürünle örtüşmesi gerekir. ikinci görevi, ürünü korumasıdır. Gerek yurtiçinde gerekse de yurtdışındaki tüm taşımalarda ürünün hasar görmemesi gerekmektedir. Hava koşulları, taşıma biçimi ve türü taşımanın ve ürünün güvenirliliğini etkilemektedir [19].

Ambalaj, bir ürünün üreticiden tüketiciye kadar uzanan dağıtım zincirinde güvenli ulaşımının sağlanabilmesi ve taşınacak ürünle ilgili bilgi iletişiminin kurulabilmesi için kullanılan koruyucu araçların tümüdür. Ambalajın temel özellikleri sıralanacak olursa [1];

- Fiziksel ve mekanik etkileşim ve çalınmaya karşı koruma,
- Saklama ve muhafaza etme,
- Yükleme ve boşaltma işlemlerini kolaylaştırma,
- Gönderici ile sipariş sahibi arasında iletişim kurma,
- Bilgilendirme,
- Tanıtma,
- Ürüne uygunluk ve kolaylık sağlama,

- Ürünü tercih edilebilir kılma vb. şeklindedir

f) Elleçleme

Depolama sistemleri içinde, elleçleme önemli bir faaliyettir. Elleçleme kısa mesafeli malzeme taşıma işleminin gerçekleştirilmesidir. Malzemenin depoya taşınması, istiflenmesi, oradan nakliye aracına taşınarak yüklemesinin yapılması gibi işlerdir. Bu tip kısa mesafeli taşımalar malların kalitesi ve fire açısından önemlidir. Bu işlerde insan ağırlıklı bir durum söz konusu ise de, forkliftler ve vinçler gibi araçlar kullanılan temel elleçleme vasıtalarıdır. Bu vasıtaların elleçlemede kullanılan temel araç olması bu alanda kalifiye insan unsuruna duyulan ihtiyacı da gündeme getirmektedir [24].

Elleçleme işlemi; ürünlerin taşınması, depolanması ve yüklenmesi sırasında yapılmakta ve bu işlem süreçlerin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Ürünün değerinde değişiklik yaratmayan, katma değer sağlamayan, ancak doğru yapılmadığında ürünün değerinde kayba neden olan bir işlemdir [1].

Geçici depolanan eşyanın görünüş ve teknik özelliklerinin değiştirilmemesi koşuluyla aynı durumda muhafazalarını sağlamak üzere gümrük idaresinin izni ve denetlemesi altında bazı işlemlere tabi tutulabilir. Bu işlemlere “elleçleme” adı verilir ve aşağıdaki türden işlemleri kapsamaktadır [1].

- Kapların tamiri veya sağlamlaştırılması,
- Kapların yenilenmesi,
- Eşyanın havalandırılması,
- Kalburlama,
- Büyük kaplardan küçük kaplara boşaltma veya kapların birleştirilmesi,
- Karıştırma,
- Yeni kap çeşitleri yapma,
- Kaplardan örnek veya numune alma.

g) Gümrükleme

Gümrükleme lojistik faaliyetler içerisinde katalizör rol oynayan, tamamlayıcı ve destek hizmetlerden biri olarak görülmektedir. Dış kaynak kullanımının ilk uygulamaları, gümrük alanında görülmüştür. Ulusal sınırların dışına yada ulusal sınırlar dışından yapılacak her türlü mal ve hizmet satışı ve alışında gümrük mevzuatı ile şekillenen gümrükleme işlemleri bir süreç olarak önemli olup, bu sürecin doğru yönetilmesi gereklidir. Gümrük işlemlerinin yürütülmesinde ortaya çıkabilecek hataların, eksikliklerin, iletmeleri ekonomik kayıplara uğratması kaçınılmaz olmaktadır. Özellikle çok küçük hataların, büyük iletmeleri dahi gümrük kaçakçısı yada vergi kaçıran bir işletme konumuna getirebileceği düşünüldüğünde, bu hizmetin konunun uzmanları tarafından yerine getirilmesinin gerekliliği açıktır [1].

h) Ulaştırma

Ulaştırma insanlar ve malların iki nokta arasındaki hareketidir. Diğer lojistik faaliyetler belirgin bir yerde yapılmakta iken, taşıma belirgin bir yerle sınırlı bir faaliyet değildir. Lojistik sistemler, envanter depolama noktaları ve diğer taşıma taşıyıcılarıyla bağlantılıdır. Ayrıca, taşıma maliyetleri lojistik maliyetler içerisinde büyük paya sahiptirler. Ulaştırma, tüm lojistik sistem işlemlerinin başarısında temel rol oynamaktadır. Aşağıda taşımaya ilişkin dikkat edilmesi gereken noktalar verilmektedir. Bunlar şu şekildedir [25];

- Ulaştırma maliyetleri firma fabrikalarının, depolarının, satıcıların ve müşterilerin konumundan doğrudan etkilenmektedir,
- Envanter ihtiyaçları kullanılan ulaşım şekline göre etkilenmektedir.
- Seçilen taşıma şekline göre ambalajlama yapılmaktadır ve taşıyıcıların sınıflandırılmasını etkileyen kurallar sıklıkla paket seçimi üzerinde de etkil olmaktadır,
- Kullanılan taşıyıcı tipi, yükleme ve boşaltma ekipmanları, limanlar ve alındı belgeleri gibi faktörler, üretici kuruluşun taşımakta olduğu ekipmanın türü üzerinde belirleyici özellik taşımaktadır,
- Müşteri servis amaçlarını, satıcılar tarafından seçilen taşıyıcı tipleri etkilemektedir.

Ulaştırma diğer faaliyetlerden farklılık taşımasının yanı sıra, yapılan tüm faaliyetlerin sonucu konumunda olduklarından dolayı ayrı bir önem taşımaktadırlar. Ayrıca, taşıyıcı tipinin seçimi de ambalajlama, envanter yönetimi, müşteri servisi gibi unsurları etkilemektedir [18].

Günümüzde çağdaş uygarlık düzeyine, güçlü bir ulaşım alt yapısı ve sistemiyle ulaşılmıştır. Hangi taşıma sisteminden yararlanılması gerektiği; taşıma yerleri, taşınanların çeşidi ve miktarı açısından değerlendirilme yapıldığında, en verimli şekilde taşımanın gerçekleştirilmesi için önemli bir karar noktasını oluşturmaktadır [26]. Ulaştırmada kullanılabilecek taşıma sistemleri ise şunlardır;

- Karayolları
- Demiryolları,
- Havayolları,
- Denizyolları,
- Boru hatları.

2.4 Lojistik Maliyetler

Basit olarak işletmede tüm taşıma, depolama ve üretim faaliyetlerinin sistematik olarak koordine edilmesi suretiyle uyumlaştırılması, taşıma, depolama ve üretim (fire ve atık maliyetleri dahil) maliyetleri toplamını en aza indirme işlemlerini kararlılıkla yürütmek olarak tanımlanan lojistik kavramı, lojistik maliyetler tanımını da içermektedir.

2.4.1 Lojistik Maliyet Kavramı

Lojistik süreç içinde yer alan;

- Nakliye,
- Depolama,
- Stok yönetimi,
- Elleçleme (yükleme-boşaltma),
- Sipariş işleme,

- Ambalajlama,
- Satın alma ve
- Bilgi yönetimi faaliyetleri için katlanılan fedakarlıklar, lojistik maliyetler olarak ifade edilmektedir.

Lojistik maliyetler, “lojistik süreçler yardımıyla gerekli kapasitelerin hazırlanması amacıyla dönemsel olarak değerlendirilen ve işletme gereksinimi olan kaynakların tüketilmesinin parasal olarak ifadesi”biçiminde tanımlanmaktadır. Lojistik maliyetler, hiçbir zaman sadece lojistik bölümünün maliyetleri olarak düşünülmemelidir. Bu maliyetler, pazarlama, satış ve dağıtımda, yönetimde, üretimde ve tedarikte de, daha doğrusu işletmenin tüm fonksiyon alanlarında ortaya çıkmaktadır. Lojistik maliyetler, satışlarla ters orantılı olarak işlem görmekte, satışlar arttıkça lojistik maliyetlerin satış içindeki maliyet payı düşmektedir [10].

2.4.2 Lojistik Maliyet Türleri

Lojistik, işletmelere hizmet farklılaştırma ve maliyetleri düşürerek karlılığı artırma ile rekabet avantajı sağlamaktadır. İşletmeler maliyet muhasebesi sistemlerinden daha kesin ve ayrıntılı lojistik bilgiler beklemektedir. Lojistik yöneticileri de lojistik hizmetler sunmak için farklı mamul, müşteri veya talep kanallarına gereksinim duyarlar ve maliyet muhasebesi sisteminin ayrıntılı çıktılarından yararlanmak isterler. Maliyet bilgilerinin ayrıntısı ve karmaşıklığı üretilen mamuller, müşteri istekleri ve kullanılan talep kanallarına bağlıdır. İşletmelerin kesin, net, ölçülebilir bilgi gereksinimi maliyet muhasebesi sistemlerinde birçok değişikliğe neden olmaktadır. Lojistik veriler işletme içerisinde genellikle hazır ve kullanılabilir formda olmadığından dolayı da işletmelerin lojistik maliyetlerinin örgüt yapısının da yeniden sınıflandırılması gerekmektedir. Lojistik maliyet bilgilerinin elde edilebilmesi ve net bir biçimde görünebilmesi için üç aşamalı bir sistem yaklaşımı önerilmiştir. Bunlar [10]; (1) lojistik faaliyetlerin süreçlerinin süreç değer analizlerinin yapılması (2) müşterinin istediği anahtar faaliyetin maliyetinin belirlenmesi (3) lojistik faaliyetlerin maliyetinin kesin bir biçimde belirlenmesi ve sürdürülen faaliyetlerin maliyet yönetiminin geliştirilmesi olarak sıralanabilir.

Lojistik maliyetler işletmelerin çalışma alanına, sipariş yapısına ve iş görme modellerine göre de değişebilir. Bu anlamda lojistik maliyetlerinin daha ayrıntılı bir başka sınıflandırması aşağıdaki gibi yapılabilir [27];

- Ulaştırma (nakliye) maliyetleri
- Sevkiyat maliyetleri
- Depolama maliyetleri
 - Kabul / alma
 - Muayene - kontrol
 - Raflama
 - Stoklama
 - Toplama
 - Paketleme
 - Taşıma (aktarma)
- Satınalma maliyetleri
- Stok taşıma maliyetleri
- Tedarik maliyetleri
- Sipariş işleme maliyetleri
- Ödeme işlemleri maliyetleri
- Üretimde malzeme yönetimi maliyetleri
- Satış maliyetleri (sipariş alma dahil)
- Geri dönüşüm maliyetleri

Sektörler itibariyle lojistik maliyetler incelendiğinde, satışlar ile ters orantılı olarak işlem görmekte; satışlar arttıkça lojistik maliyetlerin satış içindeki payı azalmaktadır. 100 birimlik bir satış gerçekleştiğinde lojistik maliyetlerin unsurlarını yaklaşık olarak aşağıdaki kalemler oluşturmaktadır [28]:

- Sevkiyat % 5
- Depolama % 2,5
- Yönetim Giderleri % 0,5
- Stokların Maliyeti % 2

100 birimlik lojistik maliyeti incelendiğinde ise, lojistik maliyetlerin dağılımının aşağıdaki gibi olduğu görülmektedir:

- Sevkiyat % 45
- Depolama % 26
- Yönetim Giderleri % 9
- Stokların Maliyeti % 20

Lojistik maliyetler, finansal muhasebe tarafından çeşitli giderlerin düzenlenmesi ve ayarlanması sonucu kaydedilerek izlenen giderlerden ortaya çıkmaktadır. Lojistik maliyet türleri, değer yaratma safhasında fonksiyonel oluşuma göre ayrılmakta ve değer yaratma süreci içinde ortaya çıkmaktadır. Lojistik maliyetler, Direkt (Dolaysız) Lojistik Maliyetler ile Endirekt (Dolaylı) lojistik Maliyetler ve Değişken Lojistik Maliyetler ile Sabit Lojistik Maliyetler olarak iki gruba ayrılmaktadır [29].

a) Direkt Lojistik Maliyetler - Endirekt Lojistik Maliyetler

Bir maliyet taşıyıcı biriminde daha doğrusu herhangi bir maliyetleme işleminde (ürün birimi, ürün türü, sipariş, maliyet yerleri, tüketici) direkt olarak hesaba katılan (taşıma hasarları maliyetleri gibi) maliyetler direkt lojistik maliyetlerdir. Bir maliyet taşıyıcı biriminde daha doğrusu bir tedarik işleminde ya da maliyetleme işleminde direkt olarak eklenemeyen, aksine birçok işlem için ortaklaşa ortaya çıkan Lojistik maliyetler ise endirekt lojistik maliyetlerdir. Bu maliyetler, gerçek ve gerçek olmayan lojistik endirekt maliyetler olarak ayrılmaktadır [29].

b) Değişken Lojistik Maliyetler ve Sabit Lojistik Maliyetler

Değişken lojistik maliyetler, maliyet etkileme büyüklükleri/ölçülerine (genellikle faaliyet, hacim) bağımlılık içinde faaliyetler arttıkça, artan otomatik olarak değişen

maliyetlerdir. Maliyet değişim ölçüsüne göre değişken lojistik maliyetler şöyle bir ayrıma tabi tutulmaktadır [29]:

- Doğrusal artan değişken lojistik maliyetler (Komisyoncu ücretleri gibi),
- Kademeli/Artan oranlı-ani artarak yükselen (Progressive) lojistik maliyetler (İşletme içi taşıma sisteminin enerji maliyetleri gibi),
- Azalan (Degressive) lojistik maliyetler (iskonto/indirim derecelendirmeye ilişki içinde lojistik hizmeti sunucuların aşırı kullanım maliyetleri gibi),
- Faaliyet arttıkça azalan/düşen (Regressive) lojistik maliyetler, (canlı hayvanlar için hava navlunu / hava yoluyla taşıma da dağıtım (aktarma) deposu ısıtma giderleri gibi).

Sabit Lojistik Maliyetler, maliyet etkileme büyüklükleri / ölçülerinin somut düzeyinden bağımsız olarak ortaya çıkan maliyetlerdir (sözleşme süreleri ve feshi ihbar süreleri gibi). Faaliyetlere bağlı olmayan maliyetler, hazırlık ya da kapasite maliyetleri de denilebilir. Sabit Lojistik maliyetler; mutlak sabit lojistik maliyetler ve basamaklı (sıçrama) sabit lojistik maliyetler olarak ayrılmaktadır [29]:

- Mutlak sabit lojistik maliyetler; lojistik faaliyetler artsa bile, mutlak olarak sabit kalan maliyetlerdir (Depo binasının sigorta ve amortisman giderleri),
- Basamaklı (sıçrama) sabit lojistik maliyetler; belirli bir hacimfaaliyet aralığında sabit kalan ve diğer yandan aralık sınırının sıçrama göstermesi, aniden değişmesi sonucu faaliyet değişimi ölçüsünden bağımsız olarak azalan, gerileyen maliyetlerdir (Ek depo binaları kira giderleri).

Sipariş İşleme ve Haberleşme Sistemleri (Sipariş Süreci) Maliyetleri: Siparişlerin olanaklı olduğu kadar hızlı teslimi iyi bir sipariş işleme, haberleşme (iletişim) ve kaliteli bilgi gerektirmektedir. Bu da etkinliği ve maliyetleri etkilemektedir. Sipariş alma-verme, yerine getirme, siparişe ilişkin bilgilerin ilgili yerlere iletilmesi ve taşıma bilgisi gibi iç ve dış maliyetlerden oluşmaktadır.

Müşteri Hizmetleri Maliyetleri: Müşterilere verilen sipariş gerçekleştirme, iade mallar, servis ve yedek parça desteği gibi hizmetler sonucu ortaya çıkan maliyetlerdir.

Stok Bulundurma Maliyetleri: Farklı cins ve miktarlardaki ilk madde ve malzeme, yarımamul, mamul veya mal ve hizmetlerin işletmeye maliyetinin ve bu maliyetlerinde toplam lojistik maliyetler içindeki payının bilinmesi, lojistik maliyet yönetimi açısından oldukça önemlidir. Stok kontrolü, paketlenme, yenileme ve atıkların imhası gibi faaliyetlerle oluşan, aşırı stok bulundurma ya da az stok bulundurmanın fırsat maliyeti, sigorta ve vergiler, envanter sisteminden ve hasarlardan kaynaklanan, eskimeler, çalınma, yer değiştirme vb. gibi maliyetler, lojistik maliyetleri içerisinde en yüksek paya sahip olduğu bilinen stok bulundurma maliyetleridir. Stok miktarına göre değişen stok bulundurma maliyetlerini, sermaye maliyeti (stoklara bağlanan sermaye, optimum stok düzeyinde stoklara yatırım yapılması), stok hizmet maliyeti (stokların elde bulundurulması nedeniyle katlanılan sigorta vb. giderler), depolama alanı maliyeti (stok yerlerinin yeniden düzenlenmesi, sevkiyatı, ısıtma gibi değişken maliyetler), stok riski maliyetleri (moda değişmesi, bozulma, hasar görme, eskime nedeniyle katlanılan maliyetler) ve stok aktarma maliyeti (malların demode olması olasılığında bir mağazadan başka bir mağazaya-fabrika satış mağazasına aktarmada katlanılan yükleme, boşaltma ve taşıma maliyetleri) olarak gruplandırmakta olanaklıdır.

Birim Miktar (Mamul Parti) Maliyetleri: Dağıtımı gerçekleştirilecek ürünlerin, sayısına, hacmine ve ağırlığına göre değişebilen mamul hazırlama, kapasite, mamul elleçleme maliyetleri gibi satın alınan, satılan, dağıtımı yapılan mamullerin, mal ve hizmetlerin birim miktarları arttıkça artan maliyetlerdir.

Başka bir sınıflandırmaya göre de yukarıda sözü edilen ve tedarik zincirinin her aşamasında ortaya çıkan lojistik maliyetleri [10]:

- Giriş lojistiğine (kabul) ilişkin maliyetler,

- Depolama ve elleçlemeye (yükleme-boşaltma) ilişkin maliyetler ve
- Çıkış lojistiğine (sevkiyat-yollama) ilişkin maliyetler olarak üç grupta toplamak olanaklıdır.

Lojistik maliyetleri oluşturan maliyetlerin tanımlaması ve sınıflandırılması nasıl yapılırsa, yapılsın maliyet yönetimi lojistikte büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle lojistik faaliyetlerin işletmelerde toplam maliyetleri artırması, küresel rekabet ortamında avantaj sağlama, avantajı koruma ve karlılık açısından lojistik maliyetlerin düşürülmesini gerektirmektedir. Bu da ancak etkin bir lojistik maliyet yönetimi ile gerçekleştirilebilir.

2.5 Lojistikte Performans Yönetimi

Diğer bütün tedarik zinciri süreçlerinde olduğu gibi lojistik yönetimde de rol oynayan performans kriteri müşteri memnuniyetidir. Müşteri memnuniyetinin sağlanması ihtiyaç ve taleplerin eksiksiz ve tam olarak karşılanması gerekmektedir.

Tanyaş (2003)'e göre müşteri memnuniyetinin 3 temel boyutu vardır. Bu üç temel boyutun açıklamaları ve kısıtlımları aşağıdaki gibidir [10];

1) Elde Bulundurma: Elde bulundurma, bir müşteri tarafından talep edildiği zamanda ve talep edilen miktarda ürüne/hizmete sahip olma kapasitesidir.

2) Operasyonel Performans: Verilen hizmetin operasyonel açıdan başarısıdır. Hız, tutarlılık, esneklik ve geliştirme gibi ölçütlere göre değerlendirilir.

- Hız: Performans çevrim hızı siparişin verildiği zaman ile teslim edilmesi arasında geçen süredir.
- Tutarlılık: Bir firmanın teslimatı her zaman (sürekli olarak) beklenen süre içinde gerçekleştirme yeteneğidir.
- Esneklik: Bir firmanın olağandışı müşteri hizmeti taleplerini karşılama yeteneğidir.
- Geliştirme: Bir firmanın performansını sürekli olarak geliştirme/iyileştirme yeteneğidir.

3) Güvenilirlik: Hizmet standartlarından bağımsız olarak doğru müşteri bilgilerinin hızlı bir şekilde sağlanması isteği ve yeterliliğini içerir. Müşteriler sürprizlerden hoşlanmaz.

Bazı durumlarda önceden yeterli bilgi verildiği takdirde müşteriler diğer sorunları anlayışla karşılayabilirler.

Lojistik yönetiminde başlıca kritik başarı ölçütleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [30];

- Maliyetlerin (navlun, depolama, stokta taşıma, vb.) düşürülmesi,
- Zamanında teslim oranının en büyüklenmesi,
- Temin süresinin azaltılması,
- Esnekliğin arttırılması, seçenek çözüm sayılarının arttırılması,
- Veri güvenilirliğinin ve hızlı erişim oranının yükseltilmesi (miktar, zaman, yer vb.), bilgi/evrak eksikliğinin en aza inmesi,
- Temel yetkinliğe odaklanmanın sağlanması,
- Bozulma/hasar/kayıp oranının en aza inmesi,
- Tedarik zinciri içindeki toplam stokların en aza inmesi,
- Lojistik faaliyetlerin etkinlik (planlara uyma) ve verimlilik (çıktı/girdi) oranlarının arttırılması,
- Müşteri ilişkilerinin geliştirilmesi, müşteri odaklılığının arttırılması,
- Riskin ve kazancın adil paylaşımı,
- Sabit maliyetlerin değişken maliyet haline dönüştürülmesi,
- Lojistik yönetim giderlerinin azaltılması.

Çizelge 2.1’de bu kritik başarı ölçütlerine örnekler verilmiştir ve bu kritik başarı faktörlerinin finansal, üretkenlik, kalite ve cevaplama süresi bakımından çeşitleri açıklanmıştır.

Çizelge 2.1 Tedarik Zinciri Yönetiminde KPI'lar [32]

	Finansal	Üretkenlik	Kalite	Cevaplama Süresi
Müşteri Cevaplama	Toplam Cevap Maliyeti Müşteri Siparişi Başına Cevap Maliyeti	Adam Saat Basına Müşteri Siparişleri	Siparis Girişlerinde Doğruluk Durum Doğruluğu Fatura Doğruluğu	Siparis Giriş Süresi Sipariş işlem Süresi
Envanter	Toplam Envanter Maliyeti Stok Tutma Birimi (SKU) Başına Maliyet	Envanter Dönüş Hızı Planlamacı Başına Stok Tutma Birimi (SKU)	Doluluk Oranı Tahminleme Doğruluğu	
Tedarik	Toplam Tedarik Maliyeti Üretim Operasyonları Başına Tedarik Maliyeti	Adam Saat Başına Üretim Operasyonları Alıcı Basına Stok Tutma Birimi (SKU)	Optimum Üretim Operasyon Yüzdesi	Üretim Operasyon Çevrim Zamanı
Taşıma	Toplam Tasıma Maliyeti Km Başına Taşıma Maliyeti	Güzergah Basına Duraksama Filo Kullanımı Konteyner Kapasitesi	Tam Zamanında Yüzdesi Hasar Yüzdesi Km. Basına Kaza Oranı	Transit Süre
Depolama	Toplam Depolama Maliyeti Birim Başına Depo. Maliyeti Depo Alanı Başına Maliyet	Adam Saat Başına Birimler Depolama Yoğunluğu	Envanter Doğruluğu Raf Doğruluğu Yükleme Doğruluğu	Depo Sipariş Çevrim Zamanı
Toplam Lojistik	Lojistik Giderler, Kar, Varlık Değeri, Varlık Dönüş Hızı, Sermaye Harcamaları, Toplam Lojistik Mlyt., vd.	Lojistik Zaman Kullanımında (FTE) Optimum Siparişler	Optimum Sipariş Yüzdesi	Toplam Lojistik Çevrim Zamanı

YALIN DÜŞÜNCE VE YALIN LOJİSTİK

3.1 Yalın Düşünce Kavramı ve Önemi

Yalın düşüncenin temelinde yatan amaç, değer tedarik zincirinin ilk aşamasından başlayarak son kullanıcı ya da müşteriye kadarki değer yaratan süreçte kesintisiz bir akış sağlayarak tüm değer sürecinin tamamı göz önünde bulundurularak bu süreçteki israfları minimize ederek müşteri için optimum değer üretmeyi hedef alan bir düşüncedir. Kavramda anahtar kelimelere bakıldığında düşünce temelinde sürekli akışı ve israf minimizasyonunu sağlamayı hedeflemektedir.

Yalın düşünce, ürün ve hizmet yaratma süreçlerini israflardan arındırıp sadeleştirerek, sunulan değeri mükemmelleştirmek ve bu yolla firma karlılığını arttırmak amacını taşıyan kavram, sistem ve teknikler bütünü anlamına gelir [33].

Yalın düşünce, israfı değere dönüştürmeye yönelik çabalara anında geri bildirim sağlayarak, daha tatmin edici iş çıkarılmasına yol gösterir. Yalın düşünce giderek daha az emek, ekipman, zaman gibi üretim faktörü harcanarak daha fazla üretebilmeyi ve müşterilerin asıl beklentilerine daha çok yaklaşmayı hedefler [34].

Yalın kelimesi Krafcik (1988) tarafından tamponlu üretim (yani ara stoklar ve tamir bölgeleri vs. içeren) tipine karşılık gelen tamponsuz çalışmayı ifade etmek için kullanılmıştır. Batılı üreticiler savaş sonrası dönemde görünen her şey için tampon yaratmışlardır. Yalın üretim ihtiyaç duyulan stokların yarısından çok daha azının bulundurulmasını gerektirir. Yalın üretim sayesinde çok daha az bozuk ürün çıkar, daha fazla ve gittikçe de artan çeşitlilikte ürünler üretilir [34].

Çizelge 3.1 Yıllar itibariyle üretim sisteminin özellikleri [35]

<i>Üretim</i>	Zanaatlar Dönemi (1900+)	Saf Fordizm (1920' li yıllar)	Fordizm Sonrası (1960' ılı yıllar)	Yalın Üretim (1980+)
İş Standardizasyonu	Düşük	Yüksek, Yöneticiler tarafından	Yüksek, Yöneticiler tarafından	Yüksek, Ekipler tarafından
Kontrol Alanı	Geniş	Dar	Dar	Orta
Stoklar	Büyük	Orta	Büyük	Küçük
Üretim Yapısındaki Gereksiz Unsurlar	Büyük	Büyük	Büyük	Küçük
Onarım Alanları	Küçük	Küçük	Büyük	Çok küçük
Ekip Çalışması	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek

3.2 Yalın Düşünce İlkeleri (Prensipleri)

a) Değer: Yalın düşüncede başlangıç noktası değerdir ve değeri ancak nihai müşteri tanımlar. Yalın üretimde ilk soru her zaman şudur: “Müşteri bu süreçten ne bekliyor?” Değeri tanımlayan budur [36].

Değerin tanımlanmasındaki en önemli görev, ürünü tanımladıktan sonra, belirlenen spesifikasyonlar ve yetkinliklere sahip bu ürünü üretebilmek için, ancak süreçte göze çarpan tüm israflar (muda) ortadan kaldırıldığında, gerekecek kaynak ve emek miktarına bağlı olarak ürün için hedef maliyet saptamaktır. Bu aşama israfın önlenmesinde kritik bir rol oynayacaktır [37].

b) Değer Akışı: Değer akışı, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünüdür [38].

Değer tanımlanıp değer akışındaki israflar ayıklandıktan sonra geride kalan değer yaratan aşamaların art arda sürekli akış halinde gerçekleştirilmesini sağlamak, Yalın Düşünce'nin önemli boyutta tasarruf potansiyeli taşıyan bir diğer ilkesidir [37].

c) Sürekli Akış: Değer tanımlanıp değer akışındaki israflar ayıklandıktan sonra geride kalan değer yaratan aşamaların art arda sürekli akış halinde gerçekleştirilmesini sağlamak, yalın düşüncenin bir diğer ilkesi ve önemli boyutta tasarruf potansiyeli taşıyan aşamasıdır [40].

Henry Ford 1913 yılının sonbaharında Model T'nin son montaj hattında akış sistemine geçmiş ve böylece montaj için gerekli emek miktarını %90 azaltmıştı. Fakat bu, tek modelden milyonlarca üretim adedinin olduğu "özel durum"du. II. Dünya Savası'ndan sonra Taiichi Ohno ve Shigeo Shingo ise, ürün çeşitliliğinin çok üretim adedinin az olduğu "genel durum"da akışı sağlamanın yollarını buldular. Bunun için hızlı kalıp değiştirme ve doğru büyüklükte makineler kullanma gibi yöntemler geliştirdiler [33].

d) Çekme: Yalın Düşünce'nin dördüncü ilkesi, genellikle istenmeyen ürünü müşteriye itmek yerine müşterinin ürünü ihtiyaç duydukça çekmesine izin verilmesidir. Bunun sonucunda müşteriler istedikleri ürünü istedikleri zaman alabileceklerini bilirler, üreticiler istenmeyen mallarını elden çıkartmak için promosyonlu satış kampanyalarına girişmezler ve böylece müşteri talepleri daha dengeli hale gelir [33].

e) Mükemmellik: Değer doğru tanımlanıp, tüm değer akışları belirlendikten ve belli ürünler için değer yaratan adımların kesintisiz akışı sağlanıp, müşterilerin işletmeden değeri çekmesi sağlandıktan sonra çaba, zaman, yer, maliyet ve hataların azaltma sürecinin sonunun olmadığı görülür. Sürekli akışın iyileştirilmesi ve çekme sisteminin daha iyi çalışması sonucunda devamlı bir önceki durumdan daha iyi bir duruma geçilir. İsraf içeren işlem adımlarının sürekli sistemden çıkarılması sonucu toplam akış süresi olarak ürün geliştirmede %50, sipariş işlemede %75 ve fiziksel üretimde %90'lara varan iyileşmeler görülür [33].

3.3 Yalın Düşüncede İsraf Kavramı ve Çeşitleri

Yalın düşüncenin temelinde yatan anahtar felsefe israfların ortadan kaldırılmasıdır. İsraf işgücü, malzeme, maliyet, enerji ve zaman vb gibi kaynakları tüketen ancak değer katmayan işlem ya da işlemler dizisidir. İsraf için yapılan endüstriyel tanımlardan ilki Henry Ford'a aittir: İsraf, bir hammadde veya ürünün ihtiyaçtan fazla olan kısmıdır.

Fazla üretim, bekleme zamanı, taşıma, işlem, envanter, hareket ve kusurlu ürün genel olarak bir işletmede oluşabilecek yedi israf olarak tanımlanmaktadır. Bunlar Şekil 3.1'de belirtilmektedir.



Şekil 3.1 Yalın düşüncede israflar [33].

3.4 Yalın Lojistik Kavramı ve Önemi

Pazar içi rekabetin arttığı dönemlerden itibaren bu rekabette öne çıkmak için sadece en kaliteli malın en ucuz fiyata üretilmesi yetmemektedir. Bunların yanı sıra son kullanıcı yada müşterilere zamanında ve etkili bir şekilde ulaştırılması konusunda iredelenmesi gereken önemli bir süreçtir. Bunu sağlayabilmek etkili bir lojistik yönetiminde geçmektedir. Yalın lojistik, bu süreçte israflardan maksimum düzeyde elemine edilmiş, sürecin kesintiye uğramadan aktığı bir ortam sağlamayı hedeflemektedir.

Yalın lojistik, işlenmemiş malzemelerin, işlenmekte olan ürünlerin ve bitmiş ürünlerin hareket ve coğrafi pozisyonlarını kontrol etmek ve stokları en düşük toplam maliyet ile tamamlamak amacıyla yapılan tasarım ve idari sistemler olarak tanımlanabilir. En düşük maliyete ulaşmak, lojistiğin bağlı olduğu finansal ve insani değerin mutlak minimumda kalması anlamına gelmektedir. Ayrıca doğrudan operasyonel harcamaların mümkün olduğunca düşük tutulması da gereklidir. Yalın lojistiğe ulaşmak için gereken kaynakların, becerilerin ve sistemlerin kombinasyonu entegrasyon açısından bir amaçtır, fakat bir kez başarıldığında bu tip bir entegrasyon yetkinliğinin rakipler tarafından kopyalanması zordur [41].

Günümüzün yüksek rekabet ortamında, etkin ve verimli lojistik faaliyetleri opsiyonel (isteğe bağlı) bir olgu değil, bir zorunluluktur. Yalın lojistik kavramının altında yatan ana maddeler [42]:

- İsrafların ortadan kaldırılması,
- Tedarikçiler ile eş zamanlı akışın sağlanması,
- Tedarikçi ağı boyunca değer akışının tanımlanması,
- Üretim ve iş maliyetlerinin (tedarikçi seçme, sipariş verme vb maliyetlerin) en aza indirilmesi,
- Şeffaflığın sağlanması,
- Karşılıklı iş birliği yapısının kurulması,
- Hızlı cevap verme yeteneğinin geliştirilmesi,
- Belirsizliğin ve riskin yönetilmesi,
- Çekirdek şirket ve tamamlatıcı şirketler arasında stratejik ortaklıklar kurulması,
- Yaratıcılığın ve bilgi paylaşımının artırılmasıdır.

Toyota yöneticisi Taiichi Ohno'ya göre; değer ile fiyat birbirine karıştırılmamalıdır. Bir müşteri bir ürünü satın aldığı anda, bunu o ürün kendisi için bir değer ifade ettiği için yapar. Maliyetler arttığında, ürünün fiyatını arttırmak kolayca kaçmaktır ve bu yapılmamalıdır. Eğer bir firma ürün fiyatını arttırırken değeri sabit kalıyorsa, bu durum o firmanın müşterilerini kısa süre içerisinde kaybedeceği anlamına gelmektedir. Bu noktadan hareketle, fiyat artışlarını gerçekleştirmenin neredeyse imkânsız hale geldiği günümüz şartlarında, maliyetleri düşürmek büyük bir önem kazanmaktadır. Bunun için üretim maliyetlerinin yanı sıra, tedarik zincirindeki israfları da azaltmak gereklidir. Müşteri ihtiyaçlarına daha iyi, daha hızlı ve eşsiz bir şekilde cevap verilmesi sağlanmalıdır [43].

3.5 Yalın Lojistik Amacı ve Sağladıkları

Yalın lojistik düşünce yapısının temelinde, sistem içindeki israfların ve etkin olmayan akısların detaylı olarak anlasılması yer alır. Bunun gibi akısların tespit edilmesinden sonra radikal veya iyileştirici çalışmaların yapılması, yalın lojistik sistemine hizmet edecektir. Bunun yapılabilmesi için gerekli çerçeve sadece Değer Akısı Haritalandırma olarak adlandırılır [43].

Yalın lojistiğin hedefi, tedarik, üretim ve dağıtım operasyonlarının operasyonel gereksinimleri en yüksek verimlilikle desteklemektir. Tedarik zinciri kapsamında, iç ve dış operasyonları tek bir entegre süreç gibi birbirine bağlamak için müşteriler, malzemeler ve hizmet tedarikçileri açısından operasyonel senkronizasyon çok önemlidir [41].

Yalın düşünce mantığından hareketle yalın lojistik, lojistik faaliyetlerindeki israfları ve verimsizlikleri ortadan kaldırmayı hedefler [41].

- Yalın lojistik ile:
- İç ve dış nakliyat,
- Malzeme depolama,
- Ürünlerin modasının geçmesi,
- Paketleme gibi faaliyetlerdeki israfların ortadan kaldırılmasına çalışılmaktadır.

Yalın lojistiğin ana amacı; doğru parçaları, doğru ambalajlarda, doğru yerde, doğru kalite ve miktarda, doğru zamanda teslim ederek malzeme stoklarını ve lojistik maliyetlerini düşürmektir. Yalın lojistik sayesinde, tahminlerden kaynaklanan riskler, gereksiz envanter maliyetleri, parçaların eskime ve hasar görme tehlikeleri ortadan kaldırılır ve yüksek envanter çevrimleri, daha az israflar, yüksek kalite, daha fazla güvenilirlik, düşük maliyetler ve daha kısa işlem süreleri kazanılır [41].

Çizelge 3.2 Yalın lojistiğin sağladığı ölçülebilir sonuçlar [44]

Artma	Azalma
Ekipman kullanımı	Kutu hacmi
Alan verimliliği	Toplam lojistik maliyetleri
Tedarik zincirinin etkinliği	Bekleme süresi
Sevkiyat sıklığı	Malzeme taşıma
Kalite	İşlem süresi
Yükleme hızı	Çevrim süresi
Doğruluk	Stok alan ihtiyacı
Standardizasyon	Araç trafiği

Yalın lojistiğin içerdiği bazı faydalar şöyledir [45];

- Elverişsiz toplu onarımlar optimum onarım akışı lehine aşamalı olarak azaltıldı.
- Yavaş veya belirsiz ulaşım, yüksek hız veya güvenilir teslimat ile değiştirilmiştir.
- Büyük işletim stokları, küçük özel stoklara düşürüldü.
- Stoğun kapladığı alan mümkün olan en düşük seviyelere düşürüldü.
- Statik süreçler sürekli iyileşme ile dinamik hale getirildi.
- Büyük stoklar küçük stoklara düşürüldü.
- Lojistik yenilikler alt yapıyı kolaylaştırır.

3.6 Yalın Lojistik İle Geleneksel Lojistik Arasındaki Farklar

Geleneksel Lojistik anlayışı ile Yalın Lojistik düşüncesini kıyaslayacak olursak, farklar aşağıdaki Çizelgedeki gibi olacaktır;

Çizelge 3.3 Geleneksel lojistik anlayışı ile yalın lojistik kavramı arasındaki farklar [43].

Geleneksel Lojistik Anlayışı ile Yalın Lojistik Arasındaki Farklar		
Öge	Geleneksel Lojistik Anlayışı	Yalın Lojistik Anlayışı
<i>Siparişlerin Verilmesi</i>	Faks, EDI (Elektronik Veri Değişimi)	EDI (Elektronik Veri Değişimi)
<i>Üretim</i>	Stok Üzerine Kurulu	Sipariş Üzerine Kurulu
<i>Taşıma</i>	FTL(Tam Yüklü Araç), LTL(Tam Yüklü Olmayan Araç), harcanabilir kutular	Sürekli Seferle, Geri Dönüşümlü Kutular
<i>Transit Depolama</i>	Ambarlama	Hızlı Sevkiyat, Çapraz Sevkiyat
<i>Ambarda Depolama</i>	Fazla Bekleme Süresi	İhmal Edilebilir Bekleme Süresi
<i>Fabrikada Depolama</i>	Ambarlama	Sürekli Akış
<i>Nakliye Sıklığı ve Miktarı</i>	Düşük, Büyük Hacimlerde	Yüksek, Küçük Hacimde
<i>Taşıma Sayısı</i>	Yüksek	Düşük

Hines vd. (1998)'de yaptıkları çalışmalarında elektrik, elektronik ve mekanik parçaların merkezi bir dağıtıcısı (distribütörü) etrafında tedarikçi ağı gelişiminin sağlanması için yalın lojistik yaklaşımının uygulanışını tanımlamaktadır. Bu, firmadaki aktivitelerin haritalanmasını, gelişim için fırsatların tanımlanmasını ve daha sonrada firmayla beraber bir gelişme programının uygulanmasını kapsamaktadır. Sonuçta sekiz ürün kategorisini ve 50 anahtar tedarikçiyi kapsayan tedarikçi ilişki programı elde edilmiştir. Çalışma destek yapısıyla beraber çalıştırılan methotları keşfetmek ve programın ilk sonuçlarıyla beraber diğer işletmeler için anahtar öğrenme noktaları ile sonuçlanmaktadır [46].

McIvor, R., (2001), yaptığı çalışmada elektronik endüstrisinde bir orijinal ekipman üreticileri grubu (OEM) ile anahtar tedarikçileri arasında yalın tedarik modelinin uygulanabilip uygulanamayacağını araştırmış ve yalın tedarik iki anahtar boyutu olan müşteri grubu oluşturmada tedarikçilerinde kapsanması ile tedarikçilerin maliyetlerinin düşürülmesine odaklanmıştır. Çalışmadaki bulgular yeni ürün geliştirme sürecinde; tedarikçilerin ve müşterilerin yüksek seviyede entegrasyonu ve tedarik zincirinde yüksek seviyede bilgi değişimi alanlarında yalın lojistikle ilgili bazı ilkelerin göstergeler tarafından işaret edilmesine rağmen, toplam 'yalınlık' bu boyutlarda hala tam olarak sağlanamamıştır. Çalışma aslında partnerler arasında eşitlik koşulunun sağlanamamasından ve kazançların karşılıklı paylaşımından dolayı hala önemli bariyerlerin mevcut olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Yalın tedarik yakın ilişkiler ve karşılıklı güven olmadığı sürece başarılamayacaktır. Bu çalışma sadece elektronik endüstrisinde yapıldığından dolayı farklı kollardaki araştırmalar gelecek çalışmalar için önerilmektedir [47].

3.7 Yalın Lojistik ve İsraf İlişkisi

Yalın düşüncenin ve dolayısıyla Yalın Lojistik düşüncesinin temelinde yatan öge israf kaynaklarının yeniden organizasyonu ile israfların ortadan kaldırılması fikri bulunmaktadır. Tedarik zinciri boyunca israfların analiz edilmesi ve ortadan kaldırılması çalışmalarında gerçekleştirilecek olan çalışmaların doğal sonucu olarak sürece değer katılmış olacaktır. Bu çalışmalar sonucunda hem fazla maliyet unsurları ortadan kaldırılmış olacak hem de daha kaliteli bir süreç elde edilmiş olacaktır.

Zincir boyunca bakıldığında israfın genelde birbirini tetiklediği görülebilmektedir. Bir israf kaynağının sonucu olarak farklı bir israf sayılacak işlem oluşabilmektedir. Örnek olarak bakılacak olursa ürünlerin, malzemelerin ihtiyaç duyulan zamandan önce taşınmış olması, teslim edilmesi overproduction kavramı olarak tanımlanabilir. Toyota tarafından “Created Demand” olarak adlandırılan olgu, tedarik zincirinin bütünü için önem arzeden ve son kullanım için ihtiyaçtan fazla miktarlarda talep edilmesi ya da ihtiyacın oluşmasından daha erken zamanlarda talep edilmesi sonucunda gerçekleşmektedir. Tedarik zinciri boyunca bakıldığında bu fazla ya da erken siparişin oluşturacağı sonucun son kullanıcıdan tedarik zincirinin ilk basamaklarına doğru bir kamçı etkisi yaratması aşikardır. İstatistiki verilere bakıldığında parça düzeyinde %40'lara varan bir hacimde bir dalgalanma olduğu görülmektedir. Ayrıca tedarik zinciri boyunca oluşacak yapıda; çok sık ve çok fazla iş planı, planlarda çok fazla bilgi ve tedarik zincirindeki her iş noktasından çok fazla tahmin sayıları oluşacaktır. Bu şekilde bir israfın sonucunda gereksiz depolama, fazla envanter yönetimi gibi başka israf olarak nitelendirilen süreçler tetiklenecektir. Ayrıca bu süreçlerde de mamul için gerekli alan olmadığından depolar arası gereksiz taşınması, eskime, hurdaya çıkma gibi sonuçlarla karşılaşılabilir [48].

Asıl önemli olan nokta israfa yol açan maliyetlerin neler olduğunun ve ne kadar gereksiz bir maliyet oluşturduklarını görebilmektir. İlk olarak tedarik zinciri boyunca yapılacak süreç ve akış analizleri ile süreçlerde değer katan/katmayan, süreci engelleyen ve israf oluşturan noktalar bulunabilir. Aşağıdaki örnekte orta ölçekli bir firmada bir ayda oluşmuş 80 sipariş ile ilgili maliyetler bulunmaktadır [48].

Çizelge 3.4 Orta ölçekte bir firmada bir aylık toplam 80 sipariş için yapılmış gereksiz harcamalar [48].

Süreçler / Harcamalar	Aylık Ortalama Harcanan Zaman	Ortalama Maliyet
Satınalma Siparişi Süreçleri	800 dk	261.2
Hataların Düzeltilmesi	200 dk	65.3
Envanter Kontrolü / Hammaddeler	1600 dk	522.4
Siparişlerin Yerleştirilmesi	150 dk	48.98
Faturaların Gönderilmesi	1200 dk	391.8
Faturaların Alınması	165 dk	53.87
Ödemelerin Gönderilmesi	80 dk	26.12
Ödemelerin Alınması	120 dk	39.18
Sarf Malzeme: Pullar		40
Sarf Malzeme : Kağıtlar		120
Sarf Malzeme : Toner		269.98
Sarf Malzeme : Organizasyon Araçları		38.99
Toplam Gereksiz Harcamalar	4315 dk	1877.69

Örneği daha büyük ölçekte firmalar için düşünöldüğünde daha büyük ve daha farklı israf kaynakları çıkacağı kesindir. Bu israf noktalarının elemine edilmesi yalın lojistik tekniklerinin kullanımıyla önlenilebilir ve aşğıdaki çizelgede bu teknikler sonucundaki kazanımlar gösterilmektedir.

Çizelge 3.5 Yalın yaklaşımın kısa, orta ve uzun vadedeki kazanımları [39]

Kısa Vade	Uzun Vade	Orta Vade
Hurda ve tamirlerde azalma	Mevcut ürün satışlarında artış	Yeni ürünler
Fazla mesaide azalma	Etkin tedarik zinciri yönetini	Boşalan alanların değlendirilmesi
Teslim performansında artış	Ürönlere değ ekleme	Atık stoklarda azalma
Stoklarda azalma	Destek fonksiyon maliyerlerinde azalma	
Nakit akışında iyileşme	Daha iyi hizmet sonucu yeni satışlar	
İşçilik maliyetinde azalma	Destek fonksiyon maliyerlerinde azalma	

3.8 Yalın Lojistikte Kullanılan Teknikler

3.8.1 Üçüncü Parti Lojistik

İşletmelerin lojistik faaliyetlerinde dış kaynak kullanmak suretiyle gerçekleştirdikleri faaliyetler “3. Parti Lojistik (3 PL)” olarak tanımlanmaktadır. Tanım içerisinde yer alan “üçüncü” kavramının anlaşılabilmesi için birinci ve ikinci parti kavramlarının da bilinmesi gereklidir [22];

- Birinci Parti: Üretici, toptancı, perakendeci veya gönderici,
- İkinci Parti: Birinci partinin doğrudan müşterisi (tedarikçisi) konumundaki işletme
- Üçüncü Parti: Lojistik araçlar; Freight Forwarder, hizmet sağlayıcı, taşıyıcı, antrepo işletmecisi, vb.
- Dördüncü Parti; Lojistik ürün ve bilgi akış süreçlerini koordine ve entegre eden işletme.

LODER’in tanımına göre, üçüncü parti lojistik; “tedarik zinciri içindeki temel lojistik faaliyetlerinden birkaçının (ardışık olarak en az üç farklı faaliyet, örneğin depolama, nakliye ve stok yönetimi) konusunda uzman lojistik şirketleri tarafından üstlenilmesidir. İşletmeler lojistikle ilgili faaliyetlerinde dış kaynak kullanımı için üçüncü parti lojistik şirketi adı verilen (3PL-Third Party Logistics Provider) şirketlerle çalışmaktadırlar. Günümüzde bir çok firma lojistik ihtiyaçlarının tamamının veya bir bölümünün bir üçüncü parti lojistik firması tarafından yerine getirilmesini daha kaliteli ve ekonomik bulmaktadır. Üçüncü parti lojistik müşterisi için değer yaratan bağımsız ekonomik bir varlıktır [49].

Günümüzde 3PL kavramı kontrat lojistik kapsamında değerlendirilmektedir. Kontrat lojistik kavramı satın alan firma ile üçüncü partilerin belirli hizmetleri, belirli maliyetler altında, belirli bir zaman aralığında alması amacıyla anlaşma yapması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu kavram çerçevesinde 3PL şirketleri, taşıma, depolama, dağıtım, lojistik bilgi sistemleri gibi lojistik süreçlerinin belirli aktivitelerini yapmak için hizmet sunmaktadırlar. Bu tür anlaşmaların tamamı risklerin ve getirilerin paylaşımı esasına dayanır ve stratejik işbirliği oluşturmayı hedefler. Bu bakımdan, bu ilişkilerin, zamanla

özelleşmiş, orta ve uzun vadede avantajlar sağlayan düzenlemeler olduğu kabul edilir [50].

3PL'lerin birden fazla müşterisi olduğundan, taşıma hacimlerini ayarlayabilmekte ve taşıma maliyetlerini bu işi tek başına yapan şirketlerden daha aşağıda tutabilmektedirler. Depolara ve ekipmanlara yatırım yapıp, bunların hizmetlerini ve maliyetlerini birçok müşteriye dağıtabilmektedir. Dağıtım operasyonlarını optimize eden yazılımların maliyetlerinde de aynı durum söz konusudur [22]. 3PL şirketi ile yapılacak olan uzun dönemli bir ilişki sonucunda -satın alan şirket açısından- her bir tedarikçiyle işbirliği yapma ve teklif alma gibi satın alma maliyetleri azalmış olacak, aynı şekilde tedarikçi açısından da pazarlama maliyetlerinin azalması söz konusu olacaktır [50].

Lojistik faaliyetlerin dış kaynaklarla gerçekleşmesiyle beraber tam zamanında teslim oranı (just-in time delivery) artmaktadır. Zamanında teslim, nisbi olarak taşıma maliyetlerini arttırsa da toplam lojistik maliyetlerini azaltacaktır. Zamanında teslim stok miktarlarını azaltacağı gibi, yöneticilere sevkiyatların zamanını tam olarak bilmelerine olanak verdiğinden, işgücünü optimize etme olanağı sunmakta, dolayısıyla işgücü maliyetlerini azaltmaktadır. Aynı zamanda ürünleri müşterinin istediği zamanda teslim ederek kayıp satış maliyetlerini düşürmektedir. Böylelikle müşteri memnuniyetini de arttırmaktadır [22].

3.8.2 Dördüncü Parti Lojistik

Günümüzde organizasyonların kapsamlı gereksinimlerini karşılayabilmek için müşterilerinin özgül isteklerini de içeren kapsamlı arz zinciri yönetimi çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu eksikliği gidermek için arz zinciri dış kaynak kullanımında tedarikçiler ve firmalar arasında yeni bir ilişkiyi içeren yeni bir kavram ortaya çıkmıştır. "Dördüncü Parti Lojistik." Dördüncü parti lojistik kavramı göreceli olarak yeni olsa da içeriği eski sayılabilir [51]. Dördüncü parti lojistik kavramı, üçüncü parti lojistik firmalarının yetersiz kalması nedeni ile 1990'lardan sonra ortaya çıkmıştır.

4PL, dış kaynak kullanımında, yeni bir yaklaşım olup; tedarikçileri, kapsamlı tedarik zinciri çözümleri sunmak için kendi organizasyonlarının kaynaklarını, yeteneklerini ve

teknolojisini, tamamlayıcı hizmet sağlayıcılarla (3PL) bir araya getiren ve yöneten tedarik zinciri bütünleştiricileri şeklinde tanımlanabilir [1].

Lojistik sektöründe bilgi ve ürün akışı konusunda danışmanlık hizmeti veren firmalar dördüncü parti lojistik firmaları olarak tanımlanır. Dördüncü parti lojistik tedarikçileri kapsamlı tedarik zinciri çözümleri, sunmak, kendi organizasyonunun kaynaklarını, yeteneklerini ve teknolojisini, tamamlayıcı hizmet sağlayıcılarla bir araya getiren ve yöneten bütünleştiricilerdir [1].

3.8.3 Depo Yönetim Sistemi (WMS)

Tedarik zincirinin uygulanmasındaki karmaşıklığı yönetmek için kullanılan yazılım, orta ve büyük üreticiler ve dağıtımıcılar için artan bir eğilimdir. HighJump veya Manhattan gibi WMS sağlayıcılar, örnek olarak, dağıtım merkezinde etkinliği maksimize etmek için Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemi ile dağıtım merkezi arasında bir ara birim oluşturan tedarik zinciri uygulaması yazılımı kullanırlar. Bu sistemler aynı zamanda kübik uzunlukları ve nakliye maliyetlerini optimize etmek için Taşıma Yönetim Sistemi (TMS) yazılımını da uygulamaya koyar. Nakliyelerin gerçek zamanlı olarak görülebilmesi, şirketlerin nakliye ve dağıtımları daha iyi yönetebilmelerine yardımcı olur. Yükleme sırası, römork doldurma ve kutulama gibi operasyonlar WMS ile TMS yazılımları tarafından gerçekleştirilir. Şirketler nakliye giderlerini azaltmak ve yönetmek istedikleri sürece TMS yazılımındaki büyüme devam edecektir [43].

WMS bir deponun işletmesinde çalışanların işlerini oldukça kolaylaştırmakta, hizmet seviyesini, kalitesini yükseltmektedir. WMS'nin faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sıfır bilgi hatası
- Kısaltılmış bilgi erişim süresi
- Arttırılmış depolama kapasitesi
- Alan kullanım optimizasyonu
- Çalışan veriminin arttırılması

Bir WMS üç bileşenden oluşabilir:

- Yazılım

- Barkod teknolojisi
- Radyo Frekansı (RF) donanımı

Yazılım WMS'nin esas bileşenidir. Diğer iki bileşen seçeneğe bağlıdır. RF ve barkodlama teknolojilerinin bilgi tedarik süresini kısaltmasına ve envanter bilgisini hemen hemen %100 doğruluğa ulaştırmasına rağmen birçok WMS paketi bu teknolojiler olmadan da kurulabilir [52].

Bir WMS'nin önemli fonksiyonları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Her urunden stokta ne kadar var?
- Stok depo içerisinde nereye yerleştirilmiştir?
- Stoğun son kullanma tarihi ne zaman?
- Müşteriler her urunden ne kadar sipariş etti?
- Tedarikçilere her ürün için ne kadar sipariş verilecek?

Birçok paket WMS, ileri seviye depo operasyonlarını desteklemek ve performansı denetlemek için dizayn edilmiş çeşitli fonksiyonları içermektedir fakat tüm WMS'ler Çizelge 6'daki fonksiyonları içermektedir [52];

Çizelge 3.6 WMS Fonksiyonları [52].

Fonksiyon	Tanımı
Ürün Yönetimi	Ekle, düzenle ve stokları pasif hale getir
Lokasyon Yönetimi	Ekle, düzenle ve lokasyonları pasif hale getir
Müşteri Yönetimi	Ekle, düzenle ve müşterileri pasif hale getir
Tedarikçi Yönetimi	Ekle, düzenle ve tedarikçileri pasif hale getir
Ürün Teslim Alma	Teslim alınan her ürün için, miktarı, son kullanma tarihini ve lokasyonu kaydet
Müşteri Siparişlerini Kaydet	Müşteri ismini ve raporlama periyodunu (eğer varsa) kaydet. Kullanıcılar sipariş içindeki her ürün için, ürün ismini ve sipariş edilen miktarı kaydeder
Müşteri Siparişlerini Topla	Siparisteki her ürün için, son kullanma tarihi en önde olan ilk çıkar baz alınarak stoklanan lokasyonu tespit et. Ek olarak toplanılan miktarı, son kullanma tarihini ve stoklanan lokasyonu kaydet
Satın Alma Siparişlerini Kaydet	Tedarikçinin ismini ve satın alma siparişinin verildiği günü kaydet. Satın alma siparişindeki her ürün için, ürün ismini ve sipariş verilen miktarı kaydet.

Çizelge 3.6 (Devam).

Fonksiyon	Tanımı
Mevcut stoğun hesaplanması	Her ürün için, stok miktarını teslim alınmış ve dağıtılmış ürün sayısına göre hesapla. Ek olarak, her ürün için lokasyon ve son kullanma tarihini raporla
Fiziki envanter sonuçlarını kaydet	Her ürün için, fiziki envantere göre mevcut miktarı kaydet.
Stok miktarlarını ayarla	Her ürün için, eklenen miktarı, transfer, son kullanma tarihi, hasarlanma, çalınma yüzünden eksilen miktarı kaydet

3.8.4 Stok Yönetimi

a) Satıcı Stok Yönetimi (VMI): Satıcı stok yönetimi (Vendor Managed Inventory), her bir satış yeri veya perakendeci dağıtım merkezindeki perakendeci stoğunu korumaktan sorumlu olan satıcılar tarafından karakterize edilir. Asıl hedefi kısalan tedarik zinciri ve tedarikçi tahminlerine odaklanarak mağazalarda stok bulundurmamak ve tedarik zincirindeki stoğu azaltmaktır. Perakendeciler için, satıcı stok yönetimi bazen tedarik zincirinde kontrol kaybı ile ilişkilendirilir [53].

Satıcı stok yönetimi, satışlar ve stok verileri açısından her iki taraf arasında sürekli bir bilgi transferini gerektirir ve satıcı siparişleri oluşturur (geri siparişler gibi). İdeal koşullar altında; stok miktarı, perakendecilerin ani talepleri, minimal düzeydeki stoğu ile azalan stok bulundurmama ile karşılaşılmaması durumunda yenilenir [53].

b) Ortak Stok Yönetimi (CMI): Ortak stok yönetiminde (Co-Managed Inventory) pratik olarak, perakendeci ve tedarikçi stok seviyelerinin bakımı ve ayarından ortaklaşa sorumludur [53].

Ortak stok yönetimi, tedarikçiler ve perakendeci ile ortak çalışmayı gerektirir. Gerçekleştirmek istenen amaç, tamamen tedarikçi yönetimli stok gerçekleştiren tedarikçiler üzerinden günlük yönetimle teslim etme yerine ortaklaşa yönetimli stok tarafından talepler karşılanır. Böyle bir yaklaşım, ilişkilerin daha iyi geliştirilmesi ile bilgi alışverişini bütünleştirir [54].

c) Alıcı Stok Yönetimi (BMI): Alıcı stok yönetimi (Buyer Managed Inventory), üreticinin herhangi bir etkisi olmaksızın tüccarlar aracılığıyla bilgisayar tabanlı ürün sipariştir. Alıcı stok yönetimi tekniği, satıcı stok yönetimi (VMI) ve ortak stok yönetimi (CMI)

tekniklerinin bir alt formudur. Ancak satıcı stok yönetimi ve ortak stok yönetiminin aksine, ticari şirket sadece kendi siparişinden sorumludur. En fazla, eğer tümünde bir sınırlı öneri fonksiyonu var ise üreticiler yapabilir. Alıcı stok yönetimi ile yüksek performanslı elektronik veri prosesini (EDP) destekleyen sevkiyat sistemini desteklenir ve sipariş prosesinin stratejik önemi kabul edilir [53].

d) Devamlı Stok Yönetimi (PIS): Devamlı stok yönetimi (Perpetual Inventory System), depodaki miktarın kayıtlarını tutar ve stok belli bir seviyeye düştüğü zaman takviye yapar. Bu sistemde, yeni sipariş noktası ve sipariş miktarı sabitlenebilir fakat inceleme süreci ve talep oranı değişkendir. Devamlı stok yönetiminde, sürekli incelemesi veya stok seviyelerinin gözlenmesi gerekir. Amaç yeni sipariş noktasına ulaşıldığı zaman mümkün olan en hızlı şekilde bunu öğrenmektir. İnceleme yeni sipariş noktasına ulaşıldığı zaman görsel olarak fiziksel stoğun fark edilmesi gibi devamlı stok kayıtlarının analizinden oluşabilir. Devamlı stok sistemi, yüksek maliyet öğeleri için mümkün olan ihtiyacın yakın kontrolüdür [55].

3.8.5 Sipariş Yönetimi

Sipariş yönetimi konusunda hem malzeme akışı hem de bilgi akışı konusunda kullanılacak olan yalın yönetim teknikleri ile zaman, işgücü, ekipman kullanımı ve daha birçok konuda kazanımlar sağlanmaktadır.

3.8.5.1 Sipariş Yönetiminde Bilgi Akışlarında Yalınlık

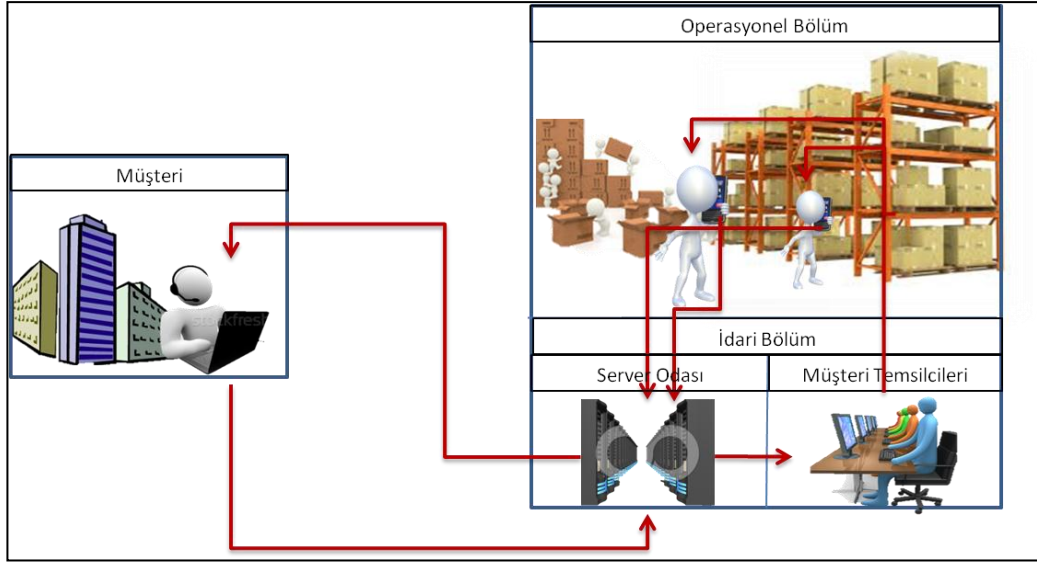
Bilgi akışı; operasyonel süreçlerin devam edebilmesi için, bu süreçlere ilişkin bilgilerin paylaşıldığı bilgi paylaşım sürecidir. Bilgi akışında sağlanacak yalınlaşma ile siparişlerin işleme konulması, depo süreçlerinin yönetilmesi, dökümantasyon gibi işlemlerde gerek zaman gerekse malzeme, ekipman ihtiyacı azalacaktır.

İlk olarak tipik bir siparişin oluşumu ve sipariş sürecinin başlangıcını göz önüne alalım; Depo müşterisi, depoda muhafaza edilen ürünlerini kendi müşterilerine gelen talep doğrultusunda göndermek isteyecektir. Böylelikle aşağıdaki basamaklara göre depoya olan siparişin oluşumu, depoda ürünleri muhafaza edilen depo müşterisi mudi ve mudinin müşterileri olmak üzere adlandırırız;

- a) Mudi kendi müşterisinden gelen siparişleri depoya iletir. Tabi bunun için öncelikle depodaki ürünleri hakkında stok bilgisini kontrol etmeli ve siparişe ne kadar cevap vereceğini karşılaştırmalıdır. Burada mudi, kendi tuttuğu ve belirli periyotlarla depo tarafından gönderilen stok kayıtları üzerinden (Excel Çizelgesi, fiziki dökümanlar vs) stok analizini yapar.
- b) Daha sonra mudi, müşterisi tarafından talep edilen siparişi karşılamak üzere depoya siparişi geçer. Burada siparişin iletilmesi telefon, faks, e-mail yoluyla olabilir.
- c) Depo, mudiden gelen siparişi değerlendirmek için ilk olarak stok analizi yapar ve eğer siparişe uygun miktarda stok yok ise tekrar mudiyi uyarır.
- d) Eğer siparişe uygun miktarda stok var ise, depo siparişe ilişkin stoğu daha önce tutmuş olduğu excel kayıtları ile konum tespiti yapar ve toplanması için süreci başlatır.
- e) Daha sonra sürecin başlayıp başlamadığını ya da depodan çıkıp çıkmadığını teyit etmek için müşteri ile irtibat kurar.

Özet olarak anlatılan yukarıdaki adımlarda zaman, dökümantasyon ve bunlara ilişkin maliyetler oldukça yüksektir. Ayrıca süreçlerin yanlış işlenmesi, farklı malzemelerin sevki, zamanında teslim ve sayılabilecek bir çok faktör göz önüne alındığında oldukça fazla gereksiz süreçleri içermektedir.

Bilgi akışı yalınlaştırılarak daha hızlı, güvenilir ve az maliyetli operasyonlar sağlanabilir. Burada yapılması gereken; uygun bilgi sistemlerinin tesis edilmesidir. Bilgi sistemlerinin kurulmasında tabi ki yüksek kurulum maliyetleri gerekmektedir ancak süreçlerin yalınlaşmasından sonra azalan maliyetler bu kurulum maliyetlerini kısa zamanda amorti edecek ve kar marjlarını, rekabet edebilirliği arttıracaktır.



Şekil 3.2 Yalın Sipariş Bilgi Akışı

Yapılacak olan bilişim entegrasyonu ya da lojistik sağlayıcı tarafından geliştirilecek bir interface uygulama ile yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi , müşteri depoya girişini yapılması istediği stoklarını, kendi müşterilerine göndereceği depo siparişlerini belirli bir periyot öncesinden bu uygulama ile iletir. Bu iletim uygulamaya referans olarak atanan web service bağlanır, ilgili değişim sorguları buradan database server’a iletilir ve veriler database’deki konuyla ilgili oluşturulmuş Çizelgelara yazılmış olur. Depo yönetim sistemi üzerinde yapılan geliştirmeler ile bir trigger belirli periyotlarla müşteriden gelen verileri Depo Yönetim Sistemi’ne düşürür ve işler. Ve buradan da depo personeline (el terminali kullanıcılarına) konuyla ilgili görevler otomatik oluşturulur.

Şeklin depolama sağlayıcısından müşteriye olan veri dönüşü ise aynı şekilde depo yönetim sistemi tarafından işlenen veriler database server’da oluşturulan view (yayınlama Çizelgeları) ile web service’e; böylelikle müşteri tarafından her tarama yapıldığında müşterideki arayüz programa düşer.

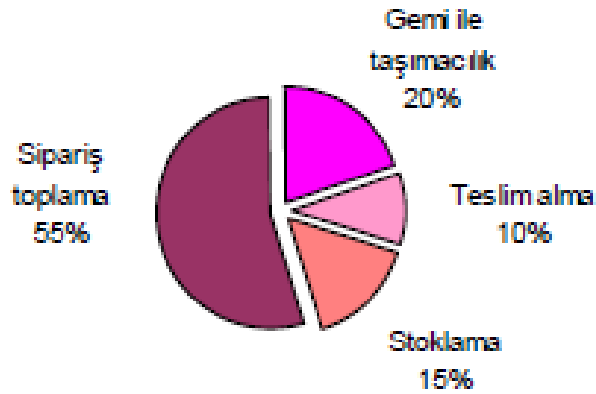
3.8.5.2 Sipariş Yönetiminde Malzeme Akışlarında Yalınlık

Depo işlemlerinin tümünde, siparis toplama en dikkat gerektiren asama olma eğilimindedir. Bu konuda yapılmış olan Değer Akış Haritalandırma çalışmaları göstermektedir ki, depo operasyon süreçlerinden en fazla zamana sahip olan sipariş toplama sürecidir. Ve yalın bir lojistik yönetimine sahip olabilmek için depo

operasyonlarında yalın uygulama yapılması başta gelen süreç sipariş toplama süreci olmalıdır.

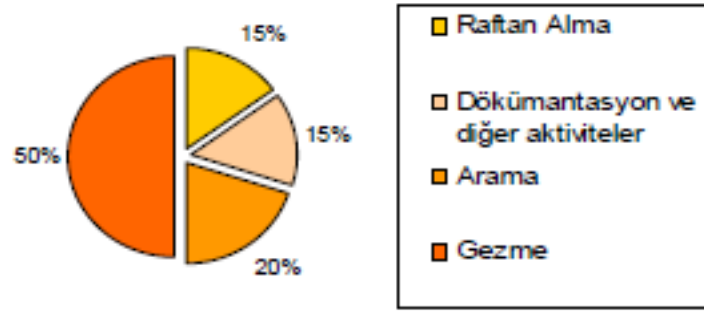
Sipariş toplama ile servis hizmeti arasında kritik bir bağ vardır. Malzeme ne kadar hızlı bir şekilde toplanırsa , müşteriye gönderme işlemide o kadar hazır olur. Bir siparis, sevk son tarihini kaçırırsa, bir sonraki sevkiyatı beklemek zorunda kalacak, bu da hem müşteri memnuniyetsizliğine hemde geç göndermeden dolayı ekstra maliyete neden olabilmektedir.

Ambarda malzemeyi toplama esnasında katedilen mesafeyi düşürme ambar maliyetlerinde önemli bir düşüş sağlanmalıdır. Sipariş toplayıcıların toplam zamanlarının dağılımı ile ilgili grafik aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.3 Ambardaki ana maliyetlerin dağılımı [56].

Ayrıca siparis toplayıcılar, toplam zamanlarının %50'sini parçaların toplanması için harcamaktadırlar. Aşağıdaki şekilde siparis toplayıcının görev dağılımı dağılımı görülmektedir;



Şekil 3.4 Sipariş toplayıcının görev dağılımı [56].

Değer akış haritalandırma sonucu oluşan sonuçlar ve yukarıdaki araştırma sonuçları da göstermektedir ki, yalın uygulamanın depo içerisinde yapılması gereken ilk süreç sipariş toplama olmalıdır. Sipariş toplama sürelerinin azaltılması tüm depo operasyonunu böylelikle joistik yönetimini etkinleştirecektir.

Ayrıca sipariş toplama süreci içerisinde yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi en çok zamanı sipariş arama ile geçirmektedir. Bu yüzden sipariş toplama süreci içerisindeki arama işlemine odaklanmak gerekecektir. Sipariş arama işlemi için uygulama olarak rotalama sezgisellerinden bahsedilecektir. Böylece uygun rotalama sonucunda sipariş arama işleminde en kısa yoldan toplama yapılması sağlanacaktır.

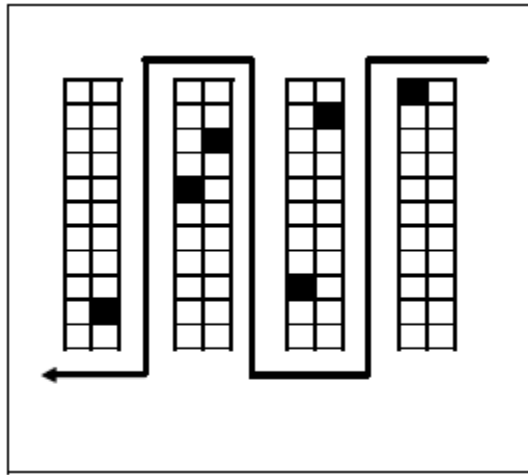
Yukarıdaki şekillerdeki istatistikler sonucunda sipariş toplama ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Sipariş toplamaya ilişkin yapılmış çalışmalar sonucunda rotalama ile ilgili algoritmalar oluşturulmuştur. Aşağıda tek bloklu bir ambarda yapılmış olan sipariş toplama sezgiselleri anlatılmıştır.

a) Sipariş Toplama Sezgiselleri

Rotalama politikaları iki kategoriye ayrılmaktadır. İlki, optimal algoritma olarak tanımlanan en kısa rotayı belirleyen metot, ikincisi ise rotalama sezgiselleri olarak adlandırılan, uygun rotayı en iyiye yakın olarak belirleyen metotlardır. Tek bloklu yerleşimler için geliştirilen optimal algoritma literatürde mevcuttur. Optimal algoritma sistem zamanını uzattığından, bu çalışmada en iyiye yakın sonuçlar veren, kolay anlaşılır ve adaptasyon kolaylığı sağlayan sezgisel algoritmalar üzerinde durulmuştur. Aşağıda

tek bloklu yerleşim yerlerinde kullanılan sezgisel metotların açıklamaları mevcuttur. Bu politikalar bütün toplama listesi ölçülerine uygundur [57].

1) S- şekilli (S-Shaped/Transversal) Sezgisel: Sipariş toplama rotalarının belirlenmesinde en kolay yöntemlerden birisi Şekil3.5’de görülen S-Şekli sezgisel rota belirleme stratejisini kullanmaktır. En az bir parça içeren koridor, tüm uzunluğu boyunca dolaşarak parçaların toplanması sağlanır. Toplanacak parça içermeyen koridorlara giriş yapılmaz. Son parça toplandıktan sonra sipariş toplayıcı koridorun ön tarafından çıkış yaparak rotasını tamamlar. Bu strateji pratikte en çok kullanılan stratejidir. [57].



Şekil 3.5 S- şekilli (S-Shaped/Transversal) [57].

Sipariş listesine göre toplanacak parçaların rotasını belirlemek için kullanılacak strateji ile ilgili algoritma şu şekildedir [57]:

Adım 1. Sipariş listesine göre en az bir tane parça içeren en soldaki koridoru (En Sol Koridor) belirle.

Adım 2. T/B noktasından En Sol Koridora ilerle.

Adım 3. En Sol Koridoru, koridor boyunca geç.

Adım 4. En az bir tane parça içeren En Sol Koridorun (Mevcut Koridor) en sağdaki koridoru belirle ve bu koridora ilerle (Mevcut Koridor)

Adım 5. Mevcut Koridor son koridor değilse Mevcut Koridoru koridor boyunca geç ve Adım 4'e geri dön.

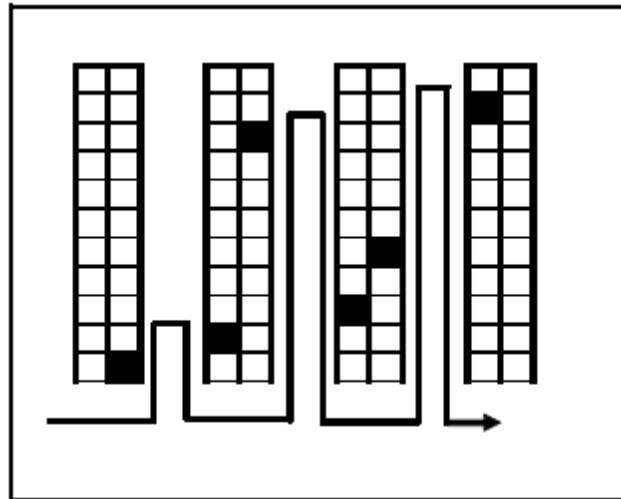
Adım 6. Mevcut Koridor son koridor ise,

a. Sipariş toplayıcı ambarın ön tarafında ise, Mevcut Koridordaki son parçaya kadar parçaları topla ve geri dönüş yaparak Mevcut Koridorun aynı tarafından çık.

b. Sipariş toplayıcı ambarın arka tarafında ise, Mevcut Koridoru koridor boyunca geç.

Adım 7. Sipariş T/B noktasına geri dön.

2) Geri dönüş (return) sezgisel rota belirleme stratejisi: Geri dönüş sezgisel rota belirleme stratejisinde koridorlara hep aynı taraftan giriş yapılır, parçalar toplandıktan sonra hep aynı taraftan çıkış yapılır. Geri dönüş sezgiselini de uygulamak en az S-Şekilli sezgiselini uygulamak kadar kolaydır. Bu iki sezgisel arasında seçim yapmak koridorlardan geçerken tek taraftan veya çift taraftan parça toplamaya bağlıdır. Eğer koridorlar tek tarafından malzeme toplamaya elverişli olarak tasarlanmışsa Geri dönüş sezgiselini uygulamak mantıklıdır. Bu durumda S-Şekilli sezgiselini uygulamak aynı koridoru iki defa geçmek anlamına gelir. Eğer koridorlar dar olarak tasarlanmışsa ve çift taraftan parça toplamaya elverişli ise bu durumda S-Şekilli sezgiseli uygulamak avantajlıdır. Ayrıca Goetschalckx ve Ratliff koridor aralıkları geniş ve koridorda toplanacak parça sayısı çok yoğun olduğunda da çift taraftan parça toplamanın daha kullanışlı olacağını belirtmektedir [57].



Şekil 3.6 Geri dönüş rota gösterimi [57].

Sipariş listesine göre Geri dönüş sezgiseli için algoritma şu şekildedir:

Adım 1. Sipariş listesine göre en az bir tane parça içeren en soldaki koridoru (En Sol Koridor) belirle.

Adım 2. T/B noktasından En Sol Koridora ilerle.

Adım 3. En Sol Koridordaki son parçaya kadar parçaları topla ve geri dönüş yaparak En Sol koridorun aynı tarafından çık.

Adım 4. En az bir tane parça içeren En Sol Koridorun (Mevcut Koridor) en sağdaki koridoru belirle ve bu koridora ilerle. (Mevcut Koridor)

Adım 5. Mevcut koridor son koridor değilse, Mevcut Koridordaki son parçaya kadar parçaları topla ve geri dönüş yaparak Mevcut Koridorun aynı tarafından çık. Adım 4'e geri dön.

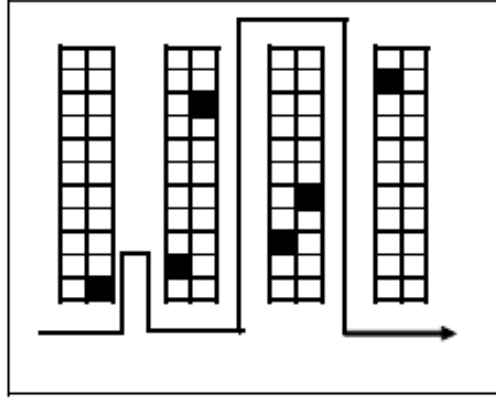
Adım 6. Mevcut Koridor son koridor ise, Mevcut Koridordaki son parçaya kadar parçaları topla ve geri dönüş yaparak Mevcut Koridorun aynı tarafından çık.

Adım 7. Sipariş T/B noktasına geri dön.

3) En büyük aralık (largest gap) sezgisel rota belirleme stratejisi: Bu sezgiselde sipariş toplayıcı ilk koridora giriş yapar ve bu koridorun içerisinden geçerek ambarın arka tarafından çıkış yapar. Devam eden koridorlarda ise “en büyük aralık” olan yere kadar koridor içerisinde hareket edilir ve aynı taraftan çıkış yapılır. Aralık, birbirini takip eden iki parça arasındaki uzaklığı veya koridorun ön tarafına en yakın parça ile koridorun başlangıcı arasındaki mesafeyi veya koridorun arka tarafına en yakın parça ile koridorun bitişi arasındaki mesafeyi ifade eder [57].

Bir koridordaki aralıkların en uzununu ise “en büyük aralık” olarak belirlenir. Arka taraftaki “en büyük aralık”a kadar olan parçalar toplandıktan sonra sipariş içeren en son koridordan ön tarafa geçiş yapılır. Ön tarafta, sipariş içeren koridorlara “en büyük aralık”a kadar giriş yapılır ve aynı taraftan çıkış yapılır. Bu sezgiselde koridorlardaki “en büyük aralık” kat edilmeyen mesafeyi göstermektedir [57].

mesafesi karşılaştırılmaktadır. Bu en uzak iki lokasyondaki parçalardan, önceki koridordaki en uzak parçadan sonraki koridordaki en uzak parçaya gidişte; S-Şekilli sezgiseline göre bir mesafe hesaplanmakta, bir de Geri dönüş sezgiseline göre bir mesafe hesaplanmaktadır. Hangisi daha kısa ise bir sonraki koridora geçişte kısa olan sezgisel önceki koridora uygulanmaktadır [57].



Şekil 3.8 Karma rota gösterimi [57]

Sipariş listesine göre Karma sezgiseli için algoritma şu şekildedir [57]:

Adım 1. Sipariş listesine göre en az bir tane parça içeren en soldaki (Önceki Koridor) ve Önceki koridora ardışık olan en az bir parça içeren bir sonraki koridoru (Sonraki Koridor) belirle.

Adım 2. T/B noktasından Önceki Koridora ilerle.

Adım 3. Sonraki Koridordaki sipariş edilen en uzak parçayı (Sonraki En Uzak Parça) belirle.

Adım 4. Önceki koridordan, sonraki koridordaki en uzak parçaya geçişte S-Şekilli sezgisele ve Geri dönüş sezgiseline göre mesafe hesaplarını yap:

- **S – Şekilli Sezgiselle Göre Mesafe Hesabı:** Önceki koridoru koridor boyunca geç ve Sonraki koridora ilerle. Sonraki koridordaki, Sonraki En Uzak Parçaya kadar ilerle ve toplam mesafeyi hesapla.
- **Geri dönüş Sezgiseline Göre Mesafe Hesabı:** Önceki koridordaki parçaları bu koridordaki en uzak parçaya kadar topla, geri dön ve koridorun aynı tarafından

çık. Sonraki koridora ilerle ve bu koridordaki Sonraki En Uzak Parçaya kadar ilerle ve toplam mesafeyi hesapla.

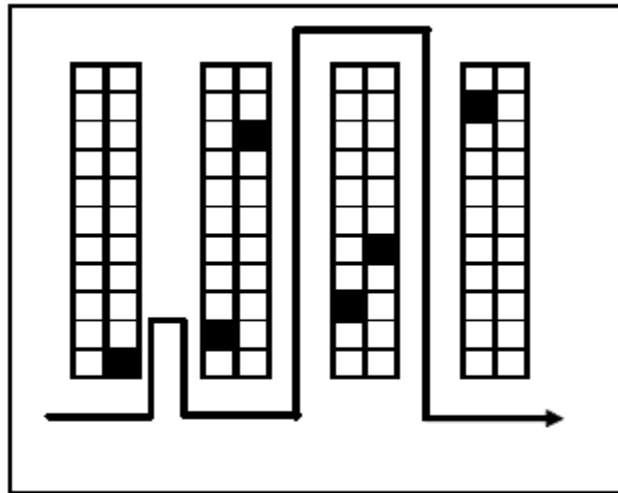
Adım 5. Mesafelerden küçük olanına göre Önceki koridordan geçişi yap ve Sonraki koridora ilerle.

Adım 6. Sonraki koridor son koridor değilse; Sonraki koridoru önceki koridor yap. Önceki koridorun en sağındaki sipariş içeren koridoru Sonraki koridor yap. Adım 3'e geri dön.

Adım 7. Sonraki koridor son koridorsa; eğer sipariş toplayıcı ambarın arka tarafında ise; son koridoru koridor boyunca geç. Ambarın arka tarafında değilse; son koridordaki son parçaya kadar parçaları topla ve koridorun aynı tarafından çık.

Adım 8. Sipariş T/B noktasına geri dön.

5) Bileşik (Combined) sezgisel rota belirleme stratejisi: Bileşik Rota Belirleme sezgiseli de S-Şekli ve Geri dönüş sezgisellerinin birleşimidir. Bu sezgiselde Karma sezgiselinden farklı olarak sipariş içeren bir koridordaki tüm parçaları Geri dönüş sezgiseline göre mi toplamak gerekir yoksa S-Şekli sezgiseline göre mi toplamak gerekir, bunun kararı verilir [57].



Şekil 3.9 Bileşik rota gösterimi [57]

Sipariş listesine göre Bileşik sezgiseli için algoritma şu şekildedir [57]:

Adım 1. Sipariş listesine göre en az bir tane parça içeren en soldaki koridoru (Mevcut Koridor) belirle.

Adım 2. T/B noktasından Mevcut Koridora ilerle.

Adım 3. Mevcut Koridordaki mesafe hesaplarını S-Şekilli Sezgiseline ve Geri dönüş Sezgiseline göre tespit et:

- **S-Şekilli Sezgiseline Göre Mesafe Hesabı:** Mevcut koridoru, koridor boyunca geç ve mesafeyi hesapla.
- **Geri dönüş Sezgiseline Göre Mesafe Hesabı:** Mevcut koridor içerisinde, sipariş edilen en uzak parçaya kadar ilerle, bu noktadan geri dönüş yap, koridorun aynı tarafından çık ve mesafeyi hesapla.

Adım 4. Mesafelerin küçük olanına göre Mevcut koridordan geçişi yap.

Adım 5. Mevcut koridorun en sağındaki sipariş içeren koridoru tespit et ve bu koridora ilerle. Bu koridoru Mevcut koridor yap.

Adım 6. Mevcut koridor son koridor değilse, Adım 3'e geri dön.

Adım 7. Mevcut koridor son koridor ise,

- Sipariş toplayıcı ambarın ön tarafında ise, Mevcut Koridordaki son parçaya kadar parçaları topla ve geri dönüş yaparak Mevcut Koridorun aynı tarafından çık.
- Sipariş toplayıcı ambarın arka tarafında ise, Mevcut Koridoru koridor boyunca geç.

Adım 8. Sipariş T/B noktasına geri dön.

b) Sipariş Toplama Sezgisellerinin Karşılaştırılması

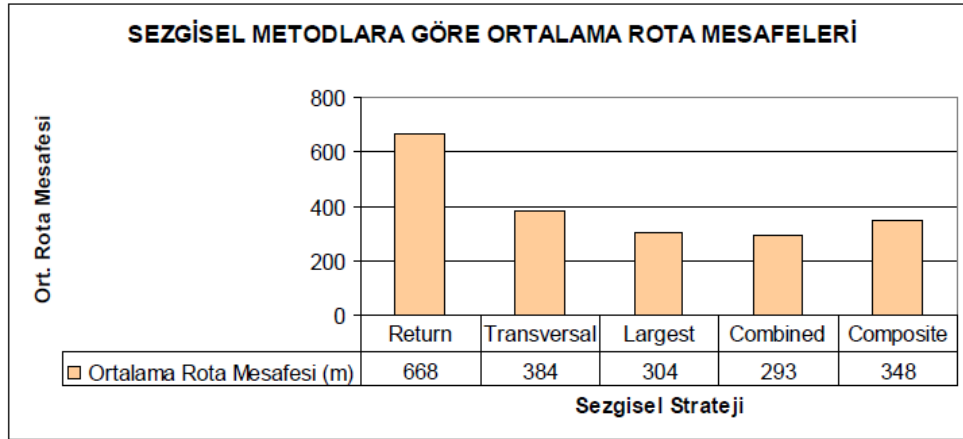
Sezgisellerin ortaya koyduğu sonuçları karşılaştırmak için MAN Kamyon ve Ticaret A.S.'de yapılmış bir çalışmaya göz atalım. Çalışmada yukarıdaki sezgisel yöntemler teker teker denenmiştir. Çalışmadaki depoda, 35 günlük siparişler için sezgiseller denenmiş ve sonuçlarına göre kıyaslama yapılarak optimum sezgisel ortaya konmuştur.

Varsayımlar;

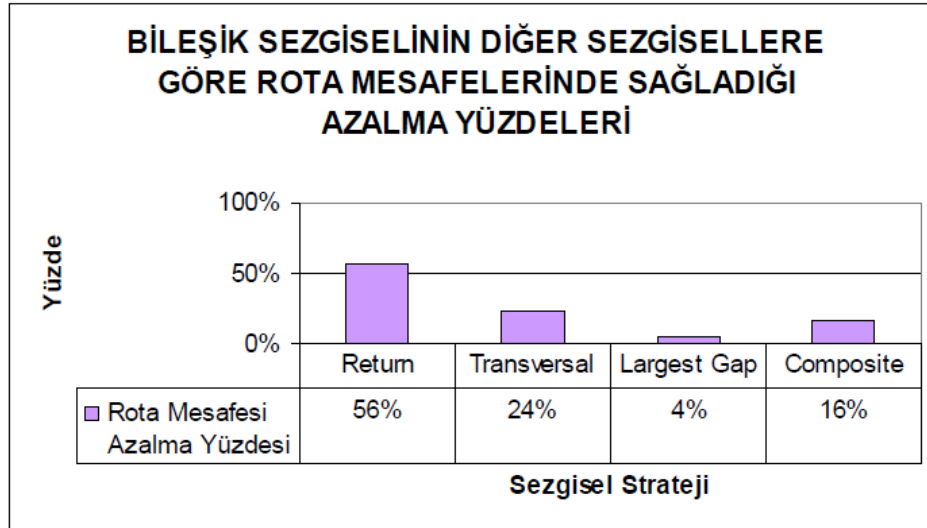
- 35 günlük siparişler gruplara ayrılmıştır. Bu gruplar oluşturulurken çekirdek algoritma kullanılmıştır. Çekirdek Algoritma özetle;
- Çekirdek sipariş; en uzun dolaşma zamanına sahip sipariş olarak belirlenmiştir.

- Çekirdek siparişin bulunduğu gruba eklenecek sipariş, çekirdek siparişin toplanacağı koridorlar ile en az farklılığa sahip koridorları içeren sipariştir.
- Çekirdek sipariş her yeni sipariş gruba eklendikçe güncellenir.
- Uygulamanın yapıldığı ambarda; 18 sıra raf ve her sıra rafta 42 lokasyon bulunmaktadır. Raf ve koridorların toplam genişliği 36m, uzunluğu ise 54,6m'dir. Ayrıca koridorlardan dışarı çıkışta dönüş yapabilme mesafesi 1,5 m'dir.
- Ambarda sipariş toplama operasyonu; sipariş toplayıcının, T/B noktasından malzemeleri toplamak için çıkmasıyla baslar ve topladığı malzemeleri siparişleri birleştirme, paketleme ve nakletmek için geri T/B noktasına getirmesiyle sona erer.
- Toplayıcının malzemeleri toplarken yaptığı turlarda kat ettiği mesafe; T/B noktasından ilk uğrayacağı koridora olan yol, koridorun başıyla sonu arasında aldığı yol ve son koridorun bitiminden T/B noktasına olan yolun toplamından oluşmaktadır.

Sezgiseller yukarıdaki varsayımlara göre denenmiş ve sonuç olarak aşağıdaki kıyaslamalara ulaşılmıştır.



Şekil 3.10 Sezgisel metodlara göre ortalama rota mesafeleri [57]



Şekil 3.11 Bileşik sezgiselinin diğer sezgisellere oranla rota mesafesinde sağladığı azalma yüzdeleri [57]

Uygulama sonucunda alınan değerlere göre, bileşik strateji 362 grup için en iyi sonucu vermiştir [57].

3.8.6 Doğrudan Ambara Nakliye ve Doğrudan Mağaza Teslimatı

Büyük perakendeciler, ürünleri tedarikçilerden dağıtım merkezine gönderip, orada saklamak yerine, doğrudan ambarlara göndermelerini isterler. Bu, ürüne zaman ve maliyet katan ancak değer katkısı olmayan adımları ortadan kaldırır. Bu durum, aynı zamanda yollarda daha az kamyon ve daha düşük nakliye maliyetleri anlamına gelir [3]. Doğrudan taşıma seçeneğinde, tüm taşımalar tedarikçilerden üreticilere veya üreticilerden perakendecilere doğrudan, herhangi bir merkeze uğramadan taşıma yapılmaktadır. Doğrudan taşıma sebekesinde, her bir taşımanın rotalanması, o taşımaya özgü bir şekilde yapılmaktadır [2].

Doğrudan taşıma sisteminin avantajları; depoların elimine edilmesi, operasyon ve koordinasyon kolaylığı sağlamasıdır. Doğrudan taşıma sebekesi, eğer perakendeciler yeterli derecede büyükse ve her bir tedarikçiden her bir satıcıya olan optimal tekrar gönderim büyüklükleri tam gönderime yakınsa uygulamaya konmalıdır [43].

Doğrudan mağaza teslimatı (Direct Store Delivery), bir iş süreci olarak tanımlanır. Bu iş sürecinde, üreticiler hem satar hem de doğrudan satış noktalarına veya ek ürün ve pazar ile ilgili satış, bilgi toplama veya ekipman hizmeti ve herhangi bir toptancı veya

perakendeciye atlama gibi hizmetlerde dâhil olmak üzere tüketim noktasına ürünleri dağıtır [58].

3.8.7 Milk-Run (Döngüsel Sefer) Sistemi

Döngüsel sefer (milk run), anlamını mandıralar için çiftliklerden süt toplama görevini yapan arabalardan almaktadır. Günlük olarak çiftlikleri dolaşan bir araba taze sütleri üreticilerden toplamaktadır. Sistemde üreticiler arabaya sütü zamanında yetiştirmek zorundadır, aksi takdirde sütü satamayacak; kendi göndermek zorunda kalacak veya sütün bozulması tehlikesiyle karşı karşıya kalacaktır.

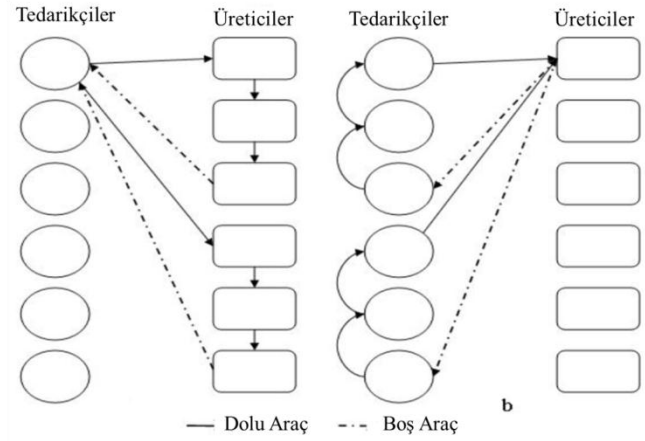
Döngüsel Sefer, tedarikçilere ayrı ayrı araç gönderilerek gerekli parçaların toplanması yerine, öncesinde bölgelere ayrılmış tedarikçi gruplarından belirli rotalar ve sıralarda mümkün olduğunca en az araçla parça toplama işleminin gerçekleştirilmesidir. Bu sistemde fabrika içi stok alanı ihtiyacı oldukça azalır. Bir grup müşteriye, aynı kamyon ile naklieleri koordine etmek, eğer kendi kamyonlarınıza sahipseniz iyi bir uygulamadır. Döngüsel Sefer, iş modeline ve müşterilerin coğrafi konumuna bağlı olarak, günlük veya haftalık olabilir. Optimal döngüsel sefer rotasını belirlemek için ihtiyaç duyulan araçlar, bir harita ile müşteri ve siparişlerin nakliye zamanlarına göre bir listesidir [3].

Son dönemde sürekli sevkiyat oldukça yaygınlaşmaya başlamıştır. Sürekli sevkiyat yapısı, bir lojistik firması aracılığıyla aynı bölgede bulunan tedarikçilerden sık sık ve azar azar mal alımı şeklinde özetlenebilir. Burada lojistik hizmeti veren firmaya LLP (Lead Logistics Provider-Ana Lojistik Sağlayıcı) denilmektedir [2].

Milk-run sisteminde; bir kamyon gönderici ve alıcı şirketler arasında gidip gelirken, birkaç göndericiye birden hizmet vermektedir. Bu sistemde hizmetler sabit ve esnek hizmetler olmak üzere iki tipte gerçekleştirilmektedir. Sabit sistemde “her parça her gün” anlayışı ile çalışılmakta, yani her taşıyıcı her gün aynı miktarları taşımaktadır. Bu sabit miktarlar için sabit turlar yapılmakta, ücret hesaplamaları da sabit rakamlarla yapılmaktadır. Esnek sistemde ise göndericiler, bir gün önce veya aynı günün sabahı ihtiyaçları olan miktarı hacmi ile birlikte taşıyıcıya bildirmekte ve taşıyıcı da her gün yeni turlar düzenlemektedir [2].

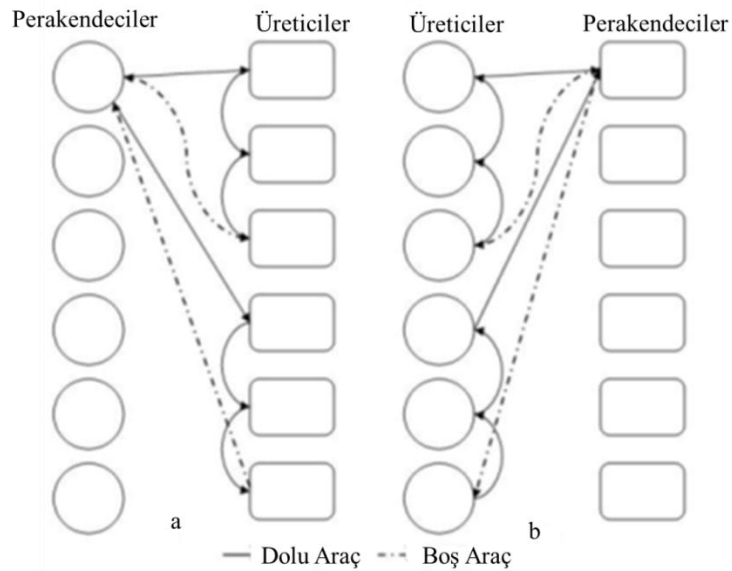
Bir milk-run sistemi iki çeşit rotalanabilir [2];

- Birinci seçenekte (taşıyıcı araç (kamyon veya tırlar) burada bir tedarikçiden yükü alır ve farklı üreticileri dolaşarak farklı yerlere boşaltma yapar.
- İkinci rotalama türünde ise bir kaç tane tedarikçiden çeşitli yükleri alır ve bir tek üreticiye boşaltır.



Şekil 3.12 a) Çoklu üreticilere milk-run sistem b) Çoklu tedarikçilerden milk-run sistem [2].

Milk-run sistemi sadece üreticilerden perakendecilere dağıtım yapılmakta kullanılmamaktadır. Üreticilerin ürünlerini, perakendecilere veya ulaştırmak istediği diğer merkezlere ulaştıracakları zaman da milk-run sistemler kullanılabilmektedir [2].



Şekil 3.13 a) Çoklu perakendecilere milk-run sistem b) Çoklu üreticilerden milk-run sistem [2].

Milk-run taşımacılığın uygulanması sırasında şu aşamalar söz konusudur [2]:

- Her istikamet için başlangıç zamanı belirlenir
- İlk alım noktasında kesişene kadar hat rotalanır ve ilk kamyonu atanır.
- Kapasite limitleri aynı olana kadar tarama devam eder. Başka bir kamyon seçilir ve tarama başlangıç noktasına dönene kadar devam edilir.
- Damla şeklini almak suretiyle birbiri ardına gelen noktalarla bir kamyon güzergahı belirlenir.

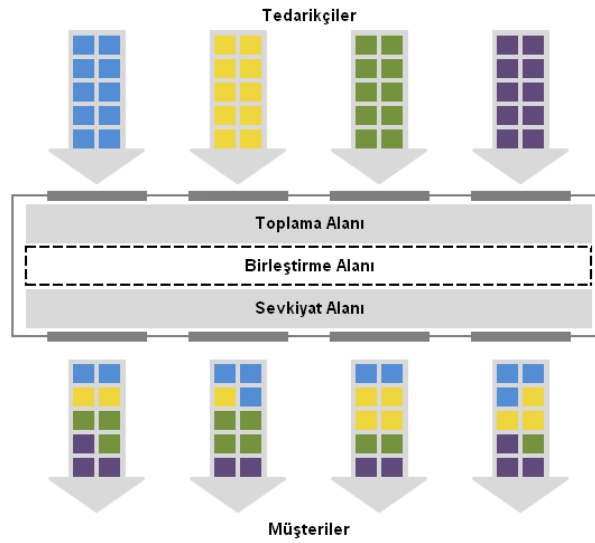
Milk-run sistemi kullanıldığında öncelikli olarak aşağıdaki avantajlar sağlanır [2]:

- Toplam nakliye maliyetinden tasarruf
- Zaman kazancı
- Sistem içerisinde kullanılan paketin dönüşümlü olması fırsatı
- Sevkiyat zamanları üzerinde kontrol
- Depolardaki birikmelerin önlenmesi
- Düşük stok maliyeti
- Yeterli miktarda stok alanları
- Kontrollü malzeme sevkiyatı
- Büyük araç kullanımı
- Yüksek hacim kullanımı
- Daha kolay stok kayıt ve takibi
- Ana sanayi için yan sanayi üzerinde etkin kontrol
- Yan sanayi için ölçek ekonomisi yaratma ve etkin konsolidasyon sağlayabilme olanağı
- Yan sanayi için farklı kullanıcıların birlikte hizmet alması ve verimliliğin artırılması

3.8.8 Cross Docking (Çapraz Sevkiyat) Sistemi

Çapraz Sevkiyat sistemi, ürünlerin dağıtım merkezi boyunca hareketini kolaylaştırmak için kullanılan bir prosestir [3].

Ürünü alıp, depoya koyup, depodan çekip, etiketleyip sonra göndermek yerine, çapraz sevkiyat, adından anlaşılağı gibi, bir kamyon dan bir palet veya konteynırı çeker veya yeniden paletler ya da doğrudan rampadaki baska bir kamyonu tasır. Bu zamanı kısaltır ve birçok değ er katmayan adımı ortadan kaldırır. Gelismis nakliye bilgilerinden dağıtım merkezlerine nelerin geldiğı ile ilgili gelismis bilgiye sahip olunması ve kartonların veya paletlerin tedarikçiler tarafından önceden etiketlenmis olması çapraz sevkiyat yapmayı olanaklı kılan etkili yollardır [3].

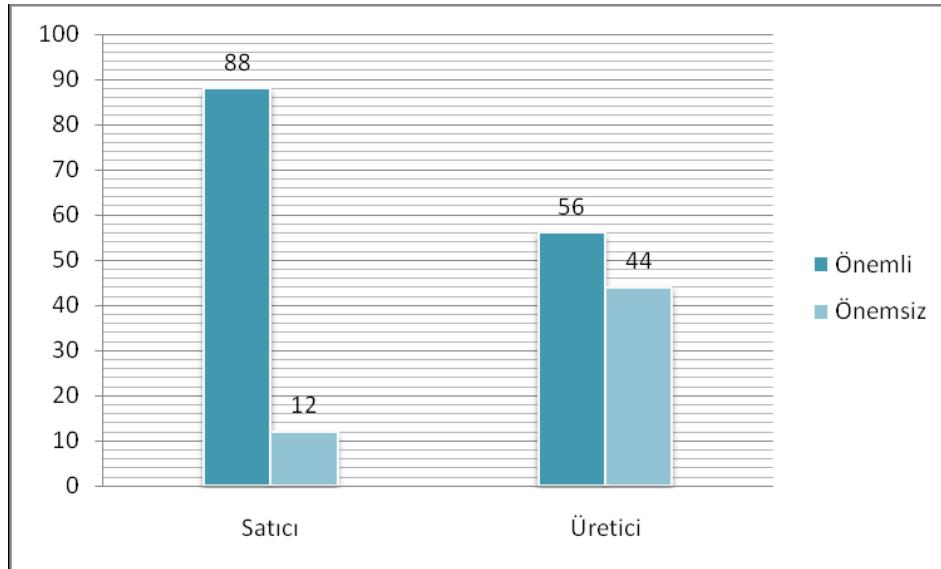


Şekil 3.14 Çapraz Sevkiyatın Yapısı [59].

Çapraz sevkiyatın iki anahtar noktası eş zamanlı varışlar ve birleştirmelerdir. Şekil 3.36'daki araçların tümü tedarikçiden çapraz sevkiyat havuzuna aynı zamanda varır. Eğer tüm araçlar çapraz sevkiyat havuzuna eş zamanlı varmazlar ise, bazı araçlar beklemek zorunda kalırlar. Bu yüzden, bekleme sürelerini azaltmak için teslim alma süreci içerisindeki tüm araçların zamanlamalarının senkronize olması gerekir. Varış yerlerine göre tüm ürünler sınıflandırılır ve çapraz sevkiyat havuzundaki her bir araca yüklenir. Bu birleştirme (konsolidasyon) olarak adlandırılır. Daha sonra, ürünlerin sevkiyatı için tüm araçlar çapraz sevkiyat havuzundan varış yerine gider. Eğer tedarik zincirinin fiziksel akış içerisindeki eş zamanlı varış ve birleşme kolayca başarılabilirse, tüm ürünler tedarikçiden müşteriye hiçbir kesinti olmadan taşınır. Bundan dolayı, stok düzeyinin ve sevkiyat için teslim süresinin azalmasını bekleyebiliriz [59].

Distribütörlükte üç farklı strateji bulunmaktadır. Bunlardan ilki çapraz sevkiyattır, ikincisi direct malın sevkiyatı, sonuncuda geleneksel depolama sistemidir. Bu

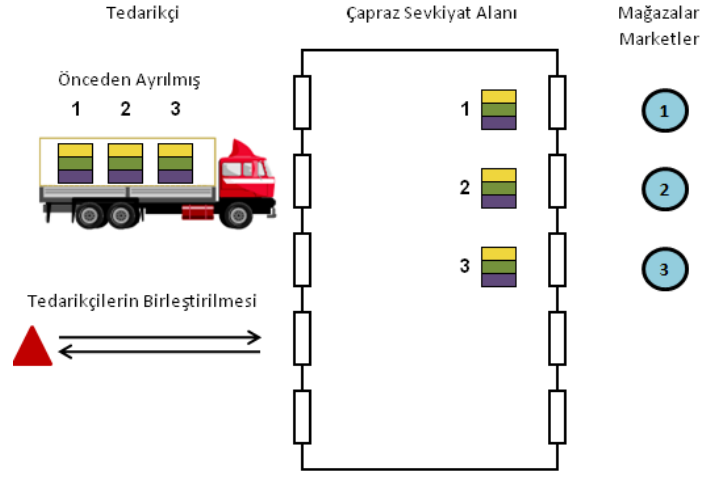
sistemlerin tek başına kullanımı çok azdır. Şirketler ise yavaş yavaş çapraz sevkiyatın önemini kavrayarak buna geçiş yapıyor. Diğer şirketler ise bu geçişi planlamış durumdadır. Çapraz sevkiyatın en iyi kullanıcılarından biride Metro Grosmarkettir [60].



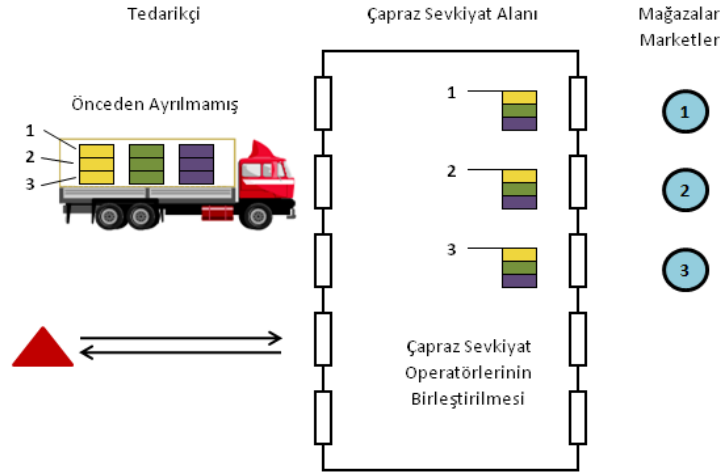
Şekil 3.15 Çapraz Sevkiyatın Müşteri ve Üretici İçin Önemi [60].

Literatürde çok çeşitli miktarda çapraz sevkiyat modeli yer almaktadır. En çok karşılaşılan modeller şu şekildedir; Coca Cola Perakendeci Araştırma Konseyi, 1992 yılında çapraz sevkiyatı, karmaşık, orta seviye ve basit çapraz sevkiyat olarak ele almıştır. Andersen Consulting, 1994 yılında çapraz sevkiyatı, sürekli akan, birleştirme hareketli ve dağıtım hareketli çapraz sevkiyat olmak üzere üç bölüme ayırmıştır [61]. 1994 yılındaki Etkin Müşteri Yanıtı Sanayi Projesine göre çapraz sevkiyat, palet düzeyinde ve kutu düzeyinde çapraz sevkiyattan oluşmuştur (Joia, 2000). Danimarka EAN Kodu Kurumu, 2001 yılında, mağazaya veya markete özel çapraz sevkiyat ve yeniden paketlemeli çapraz sevkiyat olmak üzere ikiye ayırmıştır [61].

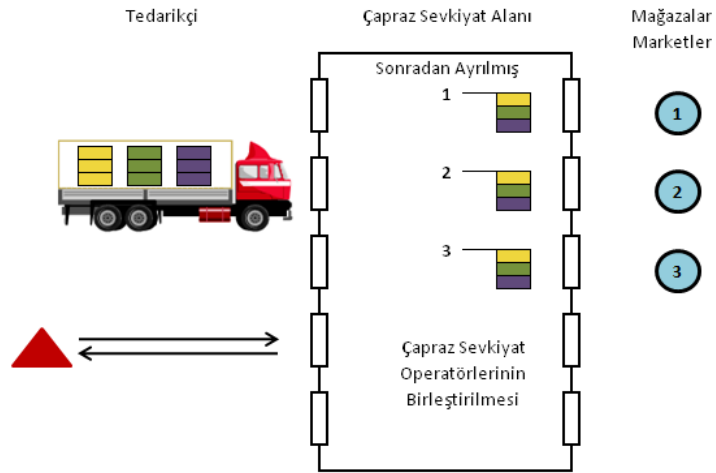
Bu modellerin belli başlılarından biride Beathge'nin yapmış olduğu ayrımdır. Bu ayrıma göre, çapraz sevkiyat; tek aşamalı çapraz sevkiyat, iki aşamalı çapraz sevkiyat ve çok aşamalı çapraz sevkiyat olmak üzere üç tanedir. Bu modelleri birbirinden ayıran özellikler aşamalar ve adımlardır. Fakat bütün hepsinde ulaşılmak istenen hedef aynıdır. Bir modelin seçiminde mevcut üreticilerin ve market zincirlerinin büyüklüğü büyük önem taşımaktadır. Ürün akışının en iyi şekilde sağlanabilmesi için modelin seçimi gerçekleştirildikten sonra da kontrollerinin yapılması gerekliliğidir [60].



Şekil 3.16 Tek Aşamalı Çapraz Sevkiyat Modeli [62].



Şekil 3.17 İki Aşamalı Çapraz Sevkiyat Modeli [62].



Şekil 3.18 Çok Aşamalı Çapraz Sevkiyat Modeli [62].

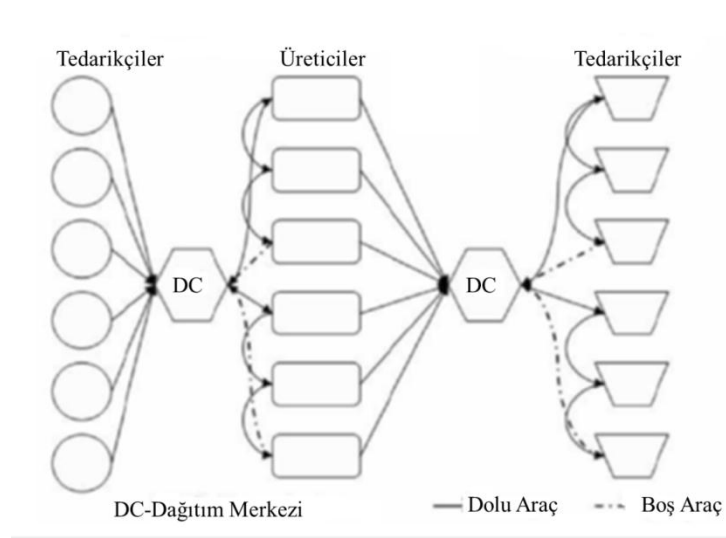
Çapraz sevkiyatın uygulanma adımları şöyledir [62];

- Eğer satıcı bazlı stok sistemi uygulanıyorsa, bilgi perakendeciden tedarikçiye gönderilir.
- Tedarikçi ambarında taşınacak ürünler için paletler ve etiketler bulundurmaktadır.
- Bu paletler tek tipte veya ihtiyaca göre hazırlanmış birkaç tipte olabilir ve üzerlerindeki etiketlerde ürün adı, ürün kodu, nereye ve hangi tarihte gönderileceği gibi bilgiler yer almaktadır.
- Tedarikçi, çapraz sevkiyat sistemiyle taşıyacağı yükleri kamyonu yükler.
- Tedarikçi, çapraz sevkiyat operatörüne ön sevkiyat ihbarını (Advance Shipping Notice) gönderir.
- Taşıyıcı çapraz sevkiyat operatörüne ürünün varış tarihini ve zamanını bildirir.
- Çapraz sevkiyat sisteminde tedarik lojistiğinde ürün girişlerinin yapıldığı kapı belirlenir ve işgücü ve teçhizat bu bölgeye yönlendirilir.
- Dağıtım lojistiğinin yapılacağı ambar kapısı belirlenir.
- Dağıtım lojistiği, taşıyıcısı alma zamanı, yükleme bilgileri, varış yeri, nakliyat tarihi ve saati konularında bilgilendirilir.
- Perakende dükkânı, dağıtım lojistiği detayları hakkında bilgilendirilir.
- Tedarikçinin nakliyatını gerçekleştirdiği ürünleri taşıyan kamyon veya kamyonet, gidilecek yere varır.
- Tedarikçinin gönderdiği ürünlerin küçük bir yüzdesi nakliyatın doğru yapıldığından emin olmak adına manüel kontrollerden geçirilir.
- Tedarik lojistiğinde taşımada kullanılan paletler ambarın dağıtım kapısına transfer edilir ve dağıtımı gerçekleştirecek olan kamyon / kamyonetlere yüklenir.
- Dağıtım kamyonu çapraz sevkiyat alanını terk eder ve geri döner.

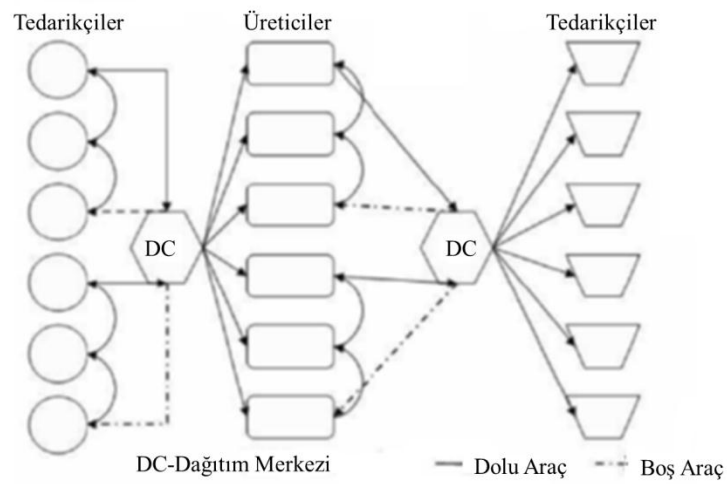
3.8.9 Cross Docking, Dağıtım Ağı ve Araç Rotalama Entegrasyonu

Döngüsel sefer sistemleri, küçük miktardaki yükleri bir araya toplayarak DM'lerden çıkış taşımalarını azaltmaktadır. Çapraz havuzlama ve döngüsel sefer sistemlerini bu şekilde bir arada kullanmak, hem transportasyon maliyetini düşürmekte hem de yükler az miktarlarda dolum oranıyla perakendecilere veya üreticilere ekonomik şekilde gitmektedir [2].

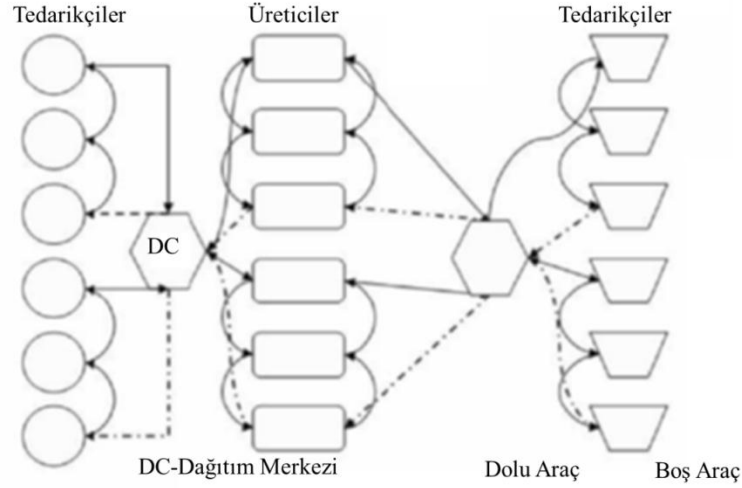
Döngüsel sefer ve çapraz sevkiyat entegrasyonu; Dağıtım merkezi (DC) sonrası döngüsel sefer (Sekil 5.14), Dağıtım merkezi (DC) öncesi döngüsel sefer (Sekil 5.15), Dağıtım merkezi (DC) öncesi ve sonrası döngüsel sefer şekillerinde olabilmektedir (Sekil 5.16). Dağıtım merkezi sonrası döngüsel sefer taşıma sisteminde, her bir tedarikçiden veya üreticiden DC'lere tasımlar doğrudan yapılmaktadır. Daha sonra buralarda yük birleştirmeleri yapıp tek araca yüklenen, çeşitli üreticilerin veya perakendecilerin çeşitli tedarikçilerden veya üreticilerden gelen yüklemeleri döngüsel sefer yapılarak sahipleri olan üreticilere veya perakendecilere dağıtılır. Dağıtım merkezi öncesi döngüsel seferde ise çeşitli tedarikçilerden veya üreticilerden toplanan yüklemeler döngüsel sefer araçları vasıtasıyla çapraz sevkiyat merkezine (DC) gelir. Burada yük birleştirmeleri yapıldıktan sonra bu yüklemeler doğrudan, her bir üreticiye veya perakendeciye direk taşıma metoduyla ulaştırılır (Sekil 5.15). Dağıtım merkezi öncesi ve sonrası döngüsel sefer sistemiye, hem dağıtım merkezi öncesinde hem de sonrasında döngüsel sefer yaptırılır. Bu sayede çok küçük bir alana yayılmış olan tedarikçi, üretici ve perakendeciler en az stok seviyelerine ulaşmış olurlar (Şekil 5.16).



Şekil 3.19 Dağıtım merkezi sonrası döngüsel sefer (çapraz sevkiyat – döngüsel sefer) [2]



Şekil 3.20 Dağıtım merkezi öncesi döngüsel sefer (döngüsel sefer – çapraz sevkiyat) [2]



Şekil 3.21 Dağıtım merkezi öncesi ve sonrası döngüsel sefer (döngüsel sefer – çapraz sevkiyat – döngüsel sefer) [2].

Crossdocking ve döngüsel sefer entegrasyonuna ek olarak dağıtım ağının oluşturulması, talebin belli olduğu bölgeleri içeren bir dağıtım sürecinde coğrafi bölgelere dağılmış çapraz yükleme noktalarını bölgesel depo anlamında kullanarak;

1) Dağıtım ağı optimizasyonu yaparak kullanılacak olan çapraz sevkiyat noktalarının seçilmesi ve talep noktalarının hizmet görecekları ana depo ya da çapraz sevkiyat noktalarına atanması.

2) Rotalamaların yapılması;

- a) Çapraz sevkiyat noktaları oncesinde; ana depo yada depolardan gelecek olan taşımaların rotdalanması.
- b) Atanan talep noktalarına hizmet görecekları ana depo ya da çapraz sevkiyat noktalarından rotdalama yapılması.

Bu dağıtım ağı ve döngüsel sefer entegrasyonu ile ilgili modelleme ileriki bölümlerde anlatılacaktır.

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ (ARP)

Eğer lojistiği basit terimlerle tanımlamak gerekirse, ürün veya hizmetin ihtiyaç duyulan zaman ve yerde elde edilmesini sağlamaktır diyebiliriz. Yalın felsefenin amacından yola çıkarak bu ihtiyaçların kaliteli ve katlanılan maliyetlerin en düşük seviyede tutularak karşılanması, işlemler dizisinin etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesiyle mümkündür.

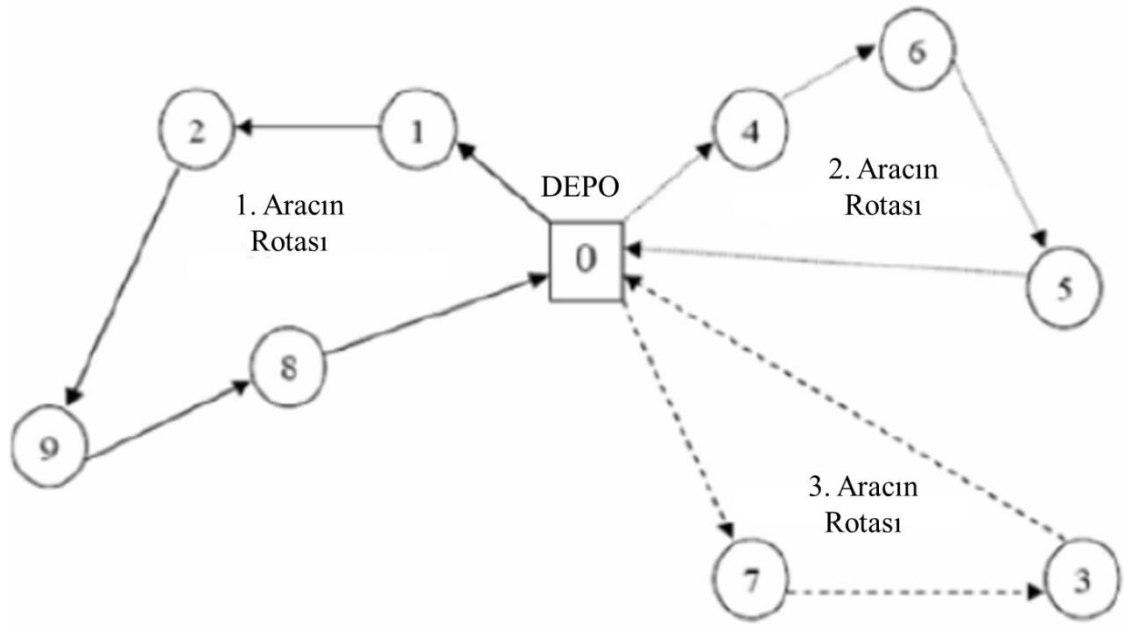
İşletmelerin toplam lojistik maliyetlerinin $1/3$ - $2/3$ 'ü dağıtım maliyetlerinden kaynaklandığından dağıtım ekipmanının ve personelinin etkili ve verimli bir şekilde kullanılması işletme yöneticileri açısından önemli bir ilgi alanı haline gelmiştir. Dağıtım maliyetlerini azaltmak ve müşterilere sunulan hizmetin kalitesini arttırmak için en kısa zamanı yada mesafeyi verecek olan, bir aracın şebeke içerisinde izleyeceği en uygun rotayı bulmak günümüzde en çok tartışılan bir konu haline gelmiştir [8].

ARP'nin çıkış noktası, ilk olarak İrlandalı matematikçi William Rowen Hamilton tarafından tanımlanan, gezgin satıcı problemleridir (GSP). ARP dağıtım yönetiminin kalbidir. ARP'nin en basit şekline genel ARP denir. Genel ARP'de, birinci şehir depo olmak üzere n adet şehir ve m adet araç vardır. Her bir aracın kapasitesi q , ve i düğümünden j düğümüne olan mesafe c_{ij} olarak tanımlanır [64].

Araç Rotalama Problemi (ARP) ilk olarak 1959 yılında Dantzig ve Ramser tarafından literatüre kazandırılmıştır. Yazarlar bu çalışmalarında benzin istasyonlarına benzin dağıtım problemi üzerinde durmuşlar ve problemin çözümü için ilk matematiksel programlama modelini kurmuşlardır. Araç Rotalama Problemi (ARP) genel olarak bir işletmenin konumları belirli n adet müşterisine (talep noktasına) servis sunabilmesi için

bazı operasyonel kısıtların göz önüne alındığı ve minimum maliyetin amaçlandığı araç rotalarının belirlenmesi problemidir [63].

ARP, coğrafi olarak dağınık müşterilere, bir veya birden fazla depodan hizmet vermek üzere görevlendirilen araçların optimum dağıtım/toplama rotalarının tasarlanması problemidir [64].



Şekil 4.1 Araç rotalama probleminin şekilsel gösterimi [65].

Standart bir araç rotalama probleminde depolardan araçlar vasıtasıyla değişik noktalarda bulunan müşteri noktalarının talepleri karşılanmaya çalışılmaktadır. Bunu gerçekleştirirken amaç etkili ve verimli bir şekilde müşteri ihtiyaçlarını mümkün olan en kısa zamanda, en kısa yoldan ve en az maliyetle karşılayan rotayı belirlemektir. Araç rotalama yapılırken şu unsurlar dikkate alınmalıdır:

- Şebeke içerisinde bulunan müşterilerin talepleri tamamıyla karşılanmalıdır.
- Şebekede bulunan her varış noktası tek bir araç tarafından sadece bir defa ziyaret edilmelidir.
- Rota depodan başlamalı ve tekrar depoda sonlanmalıdır.

- Rota üzerinde bulunan müşterilerin toplam talep miktarı aracın toplam kapasitesinden fazla olmamalıdır.
- Her bir araç sadece bir rota üzerinde faaliyet göstermelidir.

Araç rotalamanın temel amacı araçların kat edecekleri toplam mesafenin minimize edilmesi olmalıdır [63].

Orjin noktasını depo ve varış noktalarını ise talepleri karşılanması gereken müşteriler olarak ele alacak olursak bu örnek üzerinde araç rotalama iki şekilde yapılabilir. Bunlar tek araç ile rotalama ve çok araç ile rotalamadır.

Tek Araçlı Rotalama: Bu rotalamada orjin noktasındaki depoda araç kapasitesi dolana kadar yüklenir ve ilk rotaya başlar, araç rota üzerindeki müşterilere dağıtım yaparak ilerler ve boşaldığında tekrar depoya döner. Kalan talepler ve araç kapasitesine dikkat edilerek araç doldurularak rota üzerindeki müşterilerin talepleri karşılanana kadar bu şekilde rotalamaya devam edilir.

Çok Araçlı Rotalama: Bu rotalamada ise müşteri talepleri birden fazla araç ile karşılanmaya çalışılarak rotalama yapılır. Müşterilerin talepleri göz önüne alınarak araç kapasitelerine göre yükleme yapılır ve araçlar aynı servis yapacağı rotalara hareket eder ve araçlar boşaldığında tekrardan depoya dönerler. Ancak burada araçlar ikinci bir rota için tekrardan yüklenmezler.

4.1 Araç Rotalama Probleminin Amaçları

Araç rotalama problemleri için genellikle zıt olan birkaç amacın varlığı kabul edilebilir. Tipik amaçları şunlardır [66];

- Araçların toplam gideceği mesafeyi veya rota süresini azaltmaya çalışarak global taşıma maliyetlerinin minimize edilmesi,
- Tüm müşterilerin taleplerini karşılamak koşulu ile gerekli olan araç sayısının minimizasyonu,
- Araç rota süreleri ve araç yükleri açısından tüm rotaların dengelenmesi,
- Müşteri hizmetleri ile ilgili sorunların minimizasyonudur.

4.2 Araç Rotalama Probleminin Bileşenleri

ARP'nin temel bileşenlerini; talep yapısı, taşınacak malzemenin tipi, dağıtım/toplama noktaları ve araç filosu oluşturur [63].

Talep yapısı: ARP problemlerinde talep, statik veya dinamik olabilir. Statik talep durumunda talep önceden bilinir. Dinamik durumda ise bazı düğümlerdeki talep bilinmekte, bazıları ise araç rotasında devam ederken belirlenmektedir.

Malzeme tipi: Araçlarla çok çeşitli malzemeler taşınır. Tehlikeli maddeler, gıda maddeleri, gazete dağıtımı, çöp toplama, bütün bunlar basit paketler olarak adlandırılır ve probleme ilave bir karmaşıklık getirmezler. Diğer taraftan öğrenci servisleri; güvenlik, etkinlik, eşitlik gibi ilave bazı amaçlardan ötürü daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Tehlikeli maddeleri taşıyan araçların rotalarının belirlenmesinde ise coğrafi özellikler büyük önem kazanır [63].

Dağıtım/toplama noktaları: Birçok ARP'de, dağıtım noktaları müşterilerin bulunduğu yer, toplama noktaları ise depodur. Tüketim mallarının fabrikalardan toptancılara dağıtımı buna iyi bir örnektir. Depo genellikle aracın rotasına başladığı ve geri döndüğü noktadır. Depo sayısına göre problem, tek depolu ve çok depolu diye adlandırılabilir. Çok depolu problemlerde, depoların her biri kendi araçlarıyla işlerini yürütebilir, bu durumda problem birkaç bağımsız tek depolu ARP'ye dönüşür. Araç bir depodan çıkıp, başka bir depoda yükleme/boşaltma yapabilir. Bu durumda problem bir bütün olarak ele alınmalıdır. Dağıtım noktaları sabit ve önceden biliniyorsa hangi noktalara, hangi araçların hizmet vereceği belirlenmelidir. Diğer durumda, dağıtım noktaları potansiyel yerler arasından seçileceği için ilave bir yerleştirme kararı gerekir. Bazı ARP'lerin de dağıtım ve toplama noktaları aynıdır. Örneğin öğrenci servislerinde okul, gidişte dağıtım noktası, duraklar toplama noktası; öğrenciler evlerine dönerken ise okul depo, duraklar ise dağıtım noktalarıdır [63].

Araç filosu: Bütün ARP'lerde araçların kapasitesinin bilindiği ve çoğunlukla araçların homojen aynı kapasitede) olduğu varsayılır. Filo heterojen ise filodaki araçların taşıma kapasiteleri farklıdır. Bu durum hangi araç tipinin, hangi rotaya hizmet vereceğinin

belirlenmesi, yani ilave bir kararı gerektirir. Araçların diğer özellikleri arasında hız, yakıt tüketimi, taşınacak malzemeye uygunluğu sayılabilir. Bu özelliklerin rotalama kararlarına doğrudan etkisi yoktur [63].

4.3 Araç Rotalama Prensipleri

Araştırmacılar ve uygulayıcılar, araştırma ve uygulama esnasında daha başarılı ve uygulanabilir rotaların oluşturulması için çalışmalarda aşağıdaki 8 prensibin göz önünde bulundurulması konusunda hem fikir olmuşlardır [8]:

1. Noktalar arasında en yakın olanlar seçilmelidir. Bu sayede toplam gidilen yolun kısalması sağlanır.
2. Farklı günlerdeki dağıtımlar birleştirilmelidir. Bu şekilde benzer noktalardaki dağıtımlar birleştirilerek, aynı rotaların yakın tarihlerde tekrar gidilmesi engellenir.
3. Rotalara, mümkün olan en uzak noktaya uğrayarak başlanmalıdır.
4. Yapılacak olan rotalamaların şekli, gözyaşı şeklinde olmalıdır. Bu sayede uzak noktalara ulaşımında kazanç elde edilmiş olur.
5. Mümkün olan en yüksek kapasiteli araçlar seçilmelidir. Bu sayede toplam maliyetler azalacak ve avantaj elde edilecektir.
6. Eğer yapılabiliyorsa dağıtım ve tedarik aynı araçlar ile yapılmalıdır. Bu sayede toplam maliyet ve gereken zaman azalacaktır.
7. Rota dışındaki noktalara ulaşılmasında küçük araçlar kullanılmalıdır.
8. Gerekirse dağıtımların ve tedariklerin zamanları tekrar kararlaştırılarak zaman tasarrufu sağlanmalıdır.

4.4 Araç Rotalama Probleminin Eniyileme Ölçütleri

Araç rotalama problemleri için karşılaşılan eniyileme ölçütlerinden en yaygın olanları aşağıdaki gibidir [65];

- Rota Sayısı,
- Toplam Rota Uzunluğu: Mevcut olan rotaların uzunluklarının toplamıdır.

- Rota Süresi: Seyahat, yükleme, boşaltma ve dinlenme sürelerinin toplamıdır.
- Müşteri Memnuniyeti: Tüketim mallarının taşınması ile malın tam zamanında müşteriye ulaştırılmasıyla sağlanır.

4.5 Araç Rotalama Probleminin Talep ve Sunu Alanlarına Göre Analizi

Rotalama ya da çizelgeleme probleminin yapısının belirlenmesi, iyi bir modelin kurulmasının ön koşulu olup, "kaç depo vardır?", kaç araç kullanılacaktır?" ve "hangi adreslere hizmet verilecektir?" vb. gibi soruların yanıtlanması ile başılır. Bu yapısal çerçevede, istem ve sunu alanları, önce alt alanlara, sonra gerekirse bileşenlere ayrılmakta ve her bir bileşen için seçenekler verilmektedir. Bunlar aşağıdaki çizelgede de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Her bir seçenek, bu problemlerdeki bir yapısal özelliği simgelemektedir. Aşağıdaki Çizelge 4.1’de ile ilgili açıklamalar yapılacaktır [68].

Çizelge 4.1 ARP için yapısal bir çerçeve [67].

ALAN	ALT ALAN	BİLEŞEN	SEÇENEKLER
A. TALEP	A.1. Talebin Yeri		· Birkaç/çok sayıda toplama -Bir dağıtım
			· Çok sayıda toplama – Birkaç dağıtım
			· Bir toplama – Birkaç/çok sayıda dağıtım
			· Birkaç sayıda toplama – Çok sayıda dağıtım
			· Çok sayıda toplama – Çok sayıda dağıtım
	A.2 Adres - Zaman ilişkisi		· Adres-Zaman ilişkisi yok
			· Adres-Tek zaman penceresi
			· Adres-Kesin (belirli) zaman
	A.3.Talebin Yapısı	A.3.1 Miktersal Yapı	· Deterministik
		A.3.2 Mekansal Yapı	· Stokastik
			· Deterministik
		A.3.3 Zamansal Yapı	· Stokastik
			· Deterministik
			· Stokastik
	A.4. Müşteri Tercihleri	A.4.1 Miktersal Tercihler	· Talebin tümü bir kerede karşılanmalı
			· Talep bölünerek karşılanabilir
		A.4.2 Mekansal Tercihler	· Direkt yolcu
			· Ara durak yolcusu
			· Direkt yük

Çizelge 4.1 Devam.

ALAN	ALT ALAN	BİLEŞEN	SEÇENEKLER
A. TALEP	A.4. Müşteri Tercihleri	A.4.3 Zamansal Tercihler	· Müşterinin zaman tercihi yok · Esnek tercihler
		A.4.4 Özel Tercihler	· Özel seçenekler
B. SUNU	B.1 Depo ve Araçlar	B.1.1 Depo Sayısı	· Tek Depo · Çok Depo
		B.1.2 Araç Sayısı	· Belirli · Belirsiz
		B.1.3 Araçların Kapasite/Hacim Özellikleri	· Kapasite/Hacim kısıtı yok · Kapasite/Hacim kısıtı var
		B.1.4 Araçların Kompartımanları	· Kompartıman yok · Değiştirilebilir kompartımanlar · Özelleştirilmiş kompartımanlar
	B.2 İşletmesel Stratejiler	B.2.1 Hizmet Türü Stratejisi	· Direkt yolcu taşımacılığı · Ara duraklı yolcu taşımacılığı · Her durakta duruş, Yolculu durakta duruş, Yolcu isteği ile duruş · Direkt yük taşımacılığı · Parçalı yük taşımacılığı
		B.2.2 Rotasal Strateji	· Sabit rotalı taşımacılık · Esnek rotalı taşımacılık · Zaman çizelgesi yok
		B.2.3 Zamansal Strateji	· Belirli zaman çizelgeli taşımacılık · Esnek zaman çizelgeli taşımacılık
	B.3. İşletmesel Düzenlemeler	B.3.1 Araçların Çalışma Süresi	· Sınırlı · Sınırsız
		B.3.2 Rota Süresi	· Sınırlı · Sınırsız
		B.3.3 Rota Sayısı	· Bir rota · Birden fazla rota
	B.4. Çalışma Ortamındaki	B.4.1 Adres-Adres İlişkileri	· Öncelik kısıtı var · Öncelik kısıtı yok

Çizelge 4.1 Devam.

ALAN	ALT ALAN	BİLEŞEN	SEÇENEKLER
B. SUNU	B.4. Çalışma Ortamındaki	B.4.2 Depo- Adres İlişkileri	· Depo-Adres kısıtı var
			· Depo-Adres kısıtı yok
		B.4.3 Araç- Adres İlişkileri	· Araç-Adres kısıtı var
			· Araç-Adres kısıtı yok
		B.4.4 Rota- Adres İlişkileri	· Rota-Adres kısıtı var
			· Rota-Adres kısıtı yok
	B.5 İşletmesel Amaçlar		· Araçların toplam rota süresinin en küçüklenmesi
			· Toplam adres maliyetlerinin en küçüklenmesi
			· Toplam adres ceza maliyetlerinin en küçüklenmesi
			· Toplam araç sayısının en küçüklenmesi
			· Araçların kullanılmayan zamanlarının en küçüklenmesi
			· Toplam araç ceza maliyetlerinin en küçüklenmesi

a) Talep Alanı

Ulaştırma talebin belirlenmesi, ne kadar yolcu ya da yükün, nereden nereye, hangi zamanlarda ve hangi koşullarda ulaşmak istediğinin ya da ulaştırılmak istendiğinin belirlenmesidir, "nereden nereye", rotalama ve çizelgeleme problemlerindeki "hangi toplama adresinden, hangi dağıtım adresine" sorusu ile özdeştir. Dolayısı ile, yolcu ya da yükün alındığı yer "toplama adresi", bırakıldığı yer ise "dağıtım adresi" olarak adlandırılabilir ve genellikle bu terimler kullanılacaktır [68].

"Talep" alanı sırasıyla, "talebin yeri", "adres-zaman ilişkisi", "talebin yapısı" ve "müşteri tercihleri" olmak üzere dört alt alanda incelenmiştir [68];

Talebin yeri: "Talebin yeri" alt alanında, yük ya da yolcuların, hangi adreslerden alınarak hangi adreslere bırakılacağı belirlenmektedir .

Adres-zaman ilişkisi: "Adres-Zaman ilişkisi" alt alanında, adreslere hangi zamanlarda uğranılacağı belirlenmektedir.

Talebin yapısı: "Talebin yapısı" alt alanı, "miktersal yapı" ve mekânsal yapı ve "zamansal yapı" olarak üç bileşende ele alınmıştır ve her bir bileşenin deterministik ve stokastik seçenekleri verilmiştir. "Talebin miktersal yapısı" ne kadar yük ya da yolcu taşınacağı belirli ise deterministik, aksi halde stokastiktir. "Talebin mekânsal yapısı" nereden nereye taşımacılık yapılacağı belirli ise, deterministik, aksi halde stokastiktir. Benzer şekilde, "talebin zamansal yapısı" adreslere uğranılacak zamanlar belirli ise deterministik, aksi halde stokastiktir.

Müşterilerin tercihleri: "Müşterilerin tercihleri" alt alanında müşterilerin istedikleri hizmet düzeyleri belirlenmektedir. Müşteri memnuniyeti, ürün veya hizmetin müşteri beklentilerine göre eşit veya daha yüksek tatmin sağladığı durumda oluşmaktadır. Araç rotalamanın sonunda amacımız müşteri ihtiyaçlarını karşılamaktır. Bu alt alan "miktersal tercihler", "mekânsal tercihler", "zamansal tercihler" ve "özel tercihler" olmak üzere 4 bileşende incelenmiştir.

b) Sunu alanı

Sunu alanı, "depo ve araçlar", "işletmesel stratejiler", işletmesel düzenlemeler", "çalışma ortamındaki ilişkiler" ve "işletmesel amaçlar" olmak üzere beş alt alana ayrılmıştır [68];

Depo ve araçlar: "Depo ve araçlar" alt alanı, "depo sayısı", "araç sayısı", "araçların kapasite/hacim özellikleri" ve "araçların kompartımanları" alanlarıdır.

İşletmesel stratejiler: İşletmelerin yapısal kararlarını belirtmektedir. "işletmesel stratejiler" alt alanı, "hizmet türü stratejileri", "rotasal strateji" ve "zamansal strateji" olmak üzere üç bileşene ayrılmıştır.

İşletmesel düzenlemeler: Bir işletmenin, bulunduğu ortama bağlı olarak, bir zaman periyodu boyunca, araçlar ve rotaları ile ilgili yaptığı düzenlemelere "işletmesel düzenlemeler" adı verilmiştir. İşletmesel düzenlemeler alt alanının bileşenleri, "araçların çalışma süreleri", "rota süresi" ve "rotaların tipi" olarak sıralanmaktadır.

Çalışma ortamındaki ilişkiler: Çalışma ortamındaki etkileyen ve etkilenen olguların

birbiriyle ilişkisini göstermektedir. "Çalışma ortamındaki ilişkiler" alt alanı, "adres-adres ilişkileri", "depo-adres ilişkileri", "araç-adres ilişkileri" ve "rota-adres ilişkileri" olarak 4 bileşende incelenmiştir .

İşletmesel amaçlar: "İşletmesel amaçlar" alanında, en yaygın kullanılan altı amaç, seçenekler olarak verilmiştir. Araçların toplam rota süresinin en küçüklenmesi, ulaştırmada özellikle rotalama problemleri için olmazsa olmaz şeklinde tanımlanabilecek bir amaçtır. Toplam araç sayısının minimize edilmesi ile de araçların yatırım maliyetleri en küçüklenmiş olacaktır. Araç ceza maliyeti; bir aracın kapasitesi, çalışma zamanı ve rota süresi ile ilgili sınırlardan bir ya da bir kaçının aşılması durumunda verilen cezanın maliyetidir.

4.6 Araç Rotalama Probleminin Yan Kısıtları

Araç rotalama problemleri, çok sayıda yan kısıta sahip olabilirler. Burada bunlardan en önemli olan ve en fazla karşılaşılan beş yan kısıttan söz edilmektedir. Aşağıda özetlenen yan kısıtlardan bir veya bir kaçının varlığı problemin çözüm yöntemini etkilemekte, hatta bazen tamamen değiştirebilmektedir. Yan kısıtlar [68];

Kapasite kısıtları: Her bir müşteriye dair bir pozitif ağırlık (veya talep) vardır. Herhangi bir aracın rotası üzerindeki ağırlıkların toplamı aracın kapasitesini aşamaz. Herhangi bir rota üzerindeki müşteri sayısı bir q sayısını aşamaz. (Bunun özel bir durumu, $i > 1$ için i 'nin talebi $d_i = 1$ olmak üzere, araç kapasitesi $D = q$ olması halidir).

Toplam zaman kısıtı: Herhangi bir rotanın uzunluğu, belirli bir L sınırını aşamaz. Bir rotanın uzunluğu, rota üzerindeki müşteriler arasındaki seyahat süreleri (P_{ij}) ve her bir müşterideki duraklama süreleri (t_i) toplamından oluşmaktadır.

Zaman pencereleri: Müşteri i , $[a_i, b_i]$ zaman aralığı içerisinde ziyaret edilmelidir

Şehirler arasındaki öncelik ilişkileri: Müşteri i , müşteri j 'den önce ziyaret edilmelidir.

4.7 Araç Rotalama Probleminin Çözümünü Zorlaştıran Özellikler

Araç rotalama problemi basit bir problem gibi görünmesine karşın, gerçek yaşamda karşımıza çıkan pek çok rotalama problemi, sanıldığından çok daha karmaşıktır. Aşağıda

araç rotalama problemlerinin çözümünü zorlaştıran etmenlerden bazıları verilmiştir [68];

İsteklerin frekansı: Müşterilerin hizmet talepleri belirli bir frekans ile ortaya çıkabileceği gibi, bu frekans müşteriden müşteriye değişebilir. Örneğin, ekmek sipariş eden müşterilere teslimatlar günlük olarak yapılmaktadır. Yani ekmek talebinin frekansı belirlidir ve 1 gündür. Bunun aksine evsel kullanım için yakıt veya tüp gaz teslimatında ise talep frekansı kullanım oranına bağlıdır ve müşteriden müşteriye çok değişebilmektedir.

Zaman Pencereleeri: Zaman pencerelerinin varlığı, müşteri yerleşimlerinin spesifik zamanlarda ziyaret edilmeleri zorunluluğunu ifade etmektedir. Öğrenciler için okul servis taşıtlarının rotalanması buna iyi bir örnektir.

Günün hangi zamanında bulunulduğuna bağlı olarak değişen seyahat süresi:Ziyaret edilecek müşterilerin şehir merkezlerinde bulunmaları durumunda trafik sıkışıklığı önemli bir faktör olabilmektedir. Ayrıca ise başlama ve işten çıkış saatlerinde seyahat süresi değişebilmektedir. Bu gibi durumlarda, seyahat süresi gün içindeki zamanlara göre değişmekte ve bunun sonucu olarak bir müşteriler şebekesindeki her bir hatta ait maliyet de gün içindeki zamana bağlı olmaktadır.

Çok boyutlu kapasite kısıtları: Aynı anda hem hacim hem de ağırlık üzerinde kısıtlar olabilmektedir. Bu durum, özellikle farklı ürünleri taşımak için aynı araçlar kullanıldığı zaman bir sıkıntı yaratabilmektedir.

Farklı tipte araçların varlığı: Büyük firmalar, pek çok alternatif tipte araçlara sahip olabilirler. Taşıt tipleri, kapasite, işletim maliyeti ve aracın kapalı turlarla kısıtlanmış(yani aracın isini bitirdikten sonra depoya geri dönmek zorunda) olup olmamasına göre farklılık gösterebilirler. Birçok farklı tipte aracın varlığı uygun seçeneklerin sayısını büyük ölçüde artırmaktadır.

Bölünebilir taleplerin varlığı: Eğer bir müşteri özel bir talebe sahip ise, bu müşteriye birden fazla aracın tahsis edilmesi akılcı olabilir.

Belirsizlik: Taşıt rotalama algoritmaları hemen hemen her zaman gerekli bilgilerin önceden bilindiğini varsaymaktadırlar. Aslında bir müşteriler şebekesinin belirli

kısımlarını kat etmek için gerekli olan süre, trafik ve hava koşulları ve araç arızaları gibi faktörlere bağlı olarak büyük ölçüde değişebilmektedir.

4.8 Araç Rotalama Probleminin Formülasyonu

Araç rotalama problemleri çeşitli kısıtlar göz önüne alınarak sınıflara ayrılmaktadır. Bu bölümde, literatürde klasik araç rotalama problemi olarak da bilinen basit veya temel araç rotalama probleminin formülasyonu verilmektedir. Formülasyondan da görüleceği üzere klasik araç rotalama problemi gezgin satıcı probleminin genişletilmiş halidir. Klasik araç rotalama probleminin temel özellikleri şöyle özetlenebilir [69]:

- Dağıtım söz konusudur.
- Talep bilinmektedir.
- Talebin bölünmesi yoktur.
- Araçlar özdeştir yani aynı kapasiteye sahiptir.
- Tek merkezi bir depo vardır.
- Araçlar için kapasite kısıtlamaları vardır.
- Amaç toplam maliyeti minimize etmektir (rota sayısı, uzunluğu veya yolculuk zamanı)
- Tüm araçlar merkez depodan yola çıkıp, merkez depoya geri döner.
- Her talep noktası bir kere ziyaret edilir.

Araç Rotalama Problemlerinin çözümünde müşteri kümesi içerisindeki her müşteriye sadece bir defa uğranılan ve aynı rota üzerinde yalnız bir araç bulunan bir rotalar kümesi elde edilir. Bu rotalar kümesi elde edilirken rotalamadaki kısıtların sağlanılmasına ve operasyonel maliyetlerin minimize edilmesine çalışılır [69].

Klasik bir ARP, çözüm bölgesi $G(V,E)$ grafının kenarları ile sınırlanana kombinasyonel bir problemidir. Modelin formülasyonunu şu şekilde gösterebiliriz;

$G = (V, E)$: Bir grafi, $V=\{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$: Düğüm kümesi ve $E=\{ (v_i, v_j) : v_i, v_j \in V, i \neq j \}$ bir kenar kümesi olsun.

V kümesinde v_0 merkez depoyu, diğer n sayıda nokta ise müşterileri ifade etmektedir. Her müşteri pozitif bir q_i talebine sahiptir ve her biri C kapasiteli M araçtan oluşan bir araç filosu depoda bulunmaktadır. Literatürde bu kapasite kısıtının yer almadığı problemlere Çoklu Gezgin Satıcı Problemi adı verilmektedir. ARP’de temel amaç tüm müşterilere hizmet götürmek için her aracın gideceği güzergahı çizmek, diğer bir deyişle m adet rota belirlemektir. Kuşkusuz bunu yaparken de kısıtlara uyularak maliyetin minimize edilmesi arzulanmaktadır. Tek depolu klasik bir ARP’nin doğrusal modeli aşağıdaki gibi formüle edilebilir [69]:

M : Araç sayısı

N : Müşteri sayısı

c_{ij} : Nokta i ve nokta j arasındaki mesafe (maliyet olarak bakılabilir)

q_i : Müşteri i ’nin talep miktarı

C : Araç kapasitesi

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & k \text{ nolu araç } i \text{ noktasından } j \text{ noktasına hareket ederse} \\ 0, & \text{aksi taktirde} \end{cases}$$

$$\text{Amaç Fonksiyonu : } \min Z = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0, j \neq i}^N \sum_{k=1}^M c_{ij} X_{ijk} \quad (4.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N X_{ijk} = M \quad i = 0 \text{ için} \quad (4.2)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=0}^N X_{ijk} = 1 \quad i \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (4.3)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{i=0, i \neq j}^N X_{ijk} = 1 \quad j \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (4.4)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{i0k} \leq 1 \quad k \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (4.5)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i \sum_{j=0, j \neq i}^N X_{ijk} \leq C \quad k \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (4.6)$$

Amaç fonksiyonu (4.1) toplam kat edilecek mesafenin yani maliyetin minimize edilmesi gerektiğini ifade etmektedir. (4.2) nolu kısıt denklemi işletme biriminden çıkacak araç sayısının M adet olduğunu, (4.3) ve (4.4) kısıt denklemleri bir müşterinin mutlaka bir araç tarafından ziyaret edilmesi ile müşteriye gelen ve müşteriden çıkan yollardan sadece bir tanesinin kullanılmasının zorunlu olduğunu, (4.5) nolu kısıt denklemi bir aracın ancak bir defa işletme biriminden çıkacağı dolayısıyla rotalamada bir defa kullanılacağını. (4.6) nolu kısıt denklemi ise araçlara yüklemelerin araç kapasite değeri C_i 'yi geçmemesini belirtmektedir. Bazı problemlerde araç sayısı kısıtı olarak en fazla M tane aracın kullanılması gerektiği yer almaktadır. Bu durumda (4.2) nolu denklemde eşitlik ifadesi yerine küçük eşit ifadesi yer alacaktır. Modelde yer alan temel kısıtlar olan (4.3) ve (4.4) nolu denklemler rotaların sürekliliğini sağlaması açısından önemlidir [69].

4.9 Araç Rotalama Problemi (ARP) Türleri

Araç rotalama problemlerinde en iyileme ölçütlerine uygun çözümlerin bulunması, sürekli değişen rekabet ve çevre koşullarından dolayı zorlaşmaktadır. Bu değişken etmenler problemde güzergah üzerindeki seyir hızları, dağıtım/toplama zaman aralıkları, araç tip ve kapasiteleri, araç sürücülerinin dinlenme ve seyir süreleri gibi sayılabilecek birçok kısıt ve farklılık oluşturmakta ve böylece problemin çözümünü güçleştirmektedir. Aşağıdaki çizelgede bu kısıt ve farklılıklara göre ARP'nin türlere ayrılmasını özetlemektedir.

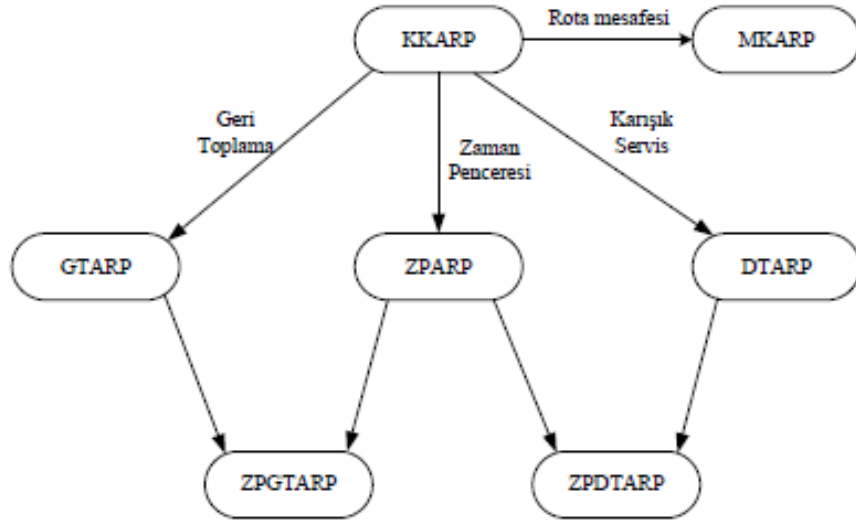
Çizelge 4.2 ARP türlerinin ilgi alanları [69].

Parametre	İlgi Alanı
Amaç Fonksiyonu	Mesafeyi veya zamanı veya araç sayısını minimize etmek
Filo boyutu	Tek araç veya birden fazla araç
Filo tipi	Homojen veya heterojen filo
Depo sayısı	Tek depo veya birden fazla depo
Talep yapısı	Deterministik talep veya stokastik talep
Toplam zaman veya mesafe kısıtı	Kısıtın olma veya olmaması durumu
Zaman penceresi	Kısıtın olma veya olmaması durumu
Öncelik ilişkileri	Kısıtın olma veya olmaması durumu
Araç kapasitesi	Kısıtın olma veya olmaması durumu
Graf yapısı	Dogrudan veya dolaylı
	Simetrik veya asimetrik

Araç rotalama problemlerin özellikleri, ele alınan problemdeki faktörlere, kısıtlara ve amaçlara göre farklılıklar gösterir. Crainic ve Laporte, problemin türünü belirleyebilmek için birtakım soruların sorulması ve araştırılması gerektiğini belirtmiştir. Bu sorular şunlardır [69]:

- Problem dağıtım mı, toplama mı veya her ikisini birden mi içermektedir? Dağıtım ve toplama arasında bir öncelik söz konusu mudur?
- Dağıtım tek depodan mı yoksa birden fazla depodan mı yapılmaktadır?
- Kaç araç kullanılmaktadır? Bu sayı sabit mi yoksa karar değişkeni midir?
- Araç filosu homojen mi yoksa heterojen midir?
- Kullanılan araçların kapasitesi, hızı ve taşıma maliyetleri nedir?
- Sürücülerin çalışma koşulları nelerdir? Normal çalışma gününün uzunluğu nedir? Fazla mesai koşulları nelerdir?
- Talepler bilinmekte mi yoksa tahmin mi edilmektedir?
- Müşterilere planlama periyodu içinde hangi sıklıkta veya ne zamanlar uğranabilmektedir? Belirli bir zamanda müşteriye uğranması istenmekte midir?

Buna göre en temel araç rotalama problemleri, kapasite kısıtlı ARP (KKARP) ve mesafe kısıtlı araç rotalama problemidir (MKARP). Dağıtımla birlikte toplama da yapılan araç rotalama problemlerine geri toplamalı ARP denilmektedir (GTARP). Zaman penceresinin eklenmesiyle problem zaman pencereli ARP (ZPARP) şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Dağıtım ve toplamanın birlikte yapıldığı problemler ise dağıtım ve toplamalı ARP (DTARP) olarak adlandırılmaktadır. ARP problemlerinin temel çeşitleri aşağıdaki şekilde görülmektedir [66];



Şekil 4.2 Araç rotalama problemleri [66].

Araç rotalama problemlerindeki kısıtların ve farklılıkların çokluğu ve problemin zorluk derecesinden dolayı bu kısımda temel sınıflar ve kısıtlar üzerinde durulacaktır.

4.9.1 Dinamik ve Statik Çevre Durumuna Göre ARP

En genel ve en çok kullanılan sınıflandırma biçimlerinden birisi olan ve olayların statik yada dinamik (deterministik yada stokastik) olarak incelendiği yaklaşımdır.

Statik çevre durumuna göre olan araç rotalama problemlerinde, problem çözülmeden önce problem hakkındaki kısıtlar, talepler, kapasiteler, maliyet bilgileri gibi gerekli olan değişkenler bilinmektedir ve bu bilgiler problemin çözüm aşamasında da sabittirler. Yapılan çalışmalarda da çoğunlukla Statik Araç Rotalama Problemi (SARP) üzerinde çalışmalar yapılmış olan bu problem, deterministik ARP olarak da karşımıza çıkmaktadır. Gerçek hayatta SARP çözüm yöntemleri, önceden miktarı ve zamanı bilinen talepler için rota planları oluşturmakta ve servis sistemlerinin genel olarak değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [63].

Dinamik araç rotalama, gerçek zamanlı biçimde hizmeti geliştirmek için geleneksel olarak çoklu talepleri karşılamak amacıyla araçların sevkiyatı anlamına gelir. Araçlar; taksiler, kamyonlar, gemiler, uçaklar, vs. olabilir. Dinamik Araç Rotalama Problemi (DARP) lojistik süreci ilerlerken aniden yeni talep noktalarının ortaya çıkması, müşterinin talep miktarının değişmesi, bazı yolların kapanması veya trafik sıkışıklığı

sebebiyle ulaşım süresinin uzaması gibi beklenmeyen durumlar karşısında hızlı bir şekilde yeni kararların verilmesini gerektirecek durumlarda ortaya çıkmaktadır [63].

Dinamik araç rotalamanın statik araç rotalamadan farklarının bazıları çok açıktır, bazıları ise çok açık değildir. Ana farklılıklar aşağıdaki listedeki gibidir. Dinamik araç rotalama için [63];

- Zaman boyutu esastır,
- Problem açık uçlu olabilir,
- Gelecekle ilgili bilgiler bilinmeyebilir veya kesin olmayabilir,
- Yakın dönem içerisinde gerçekleşen olaylar daha önemlidir,
- Bilgileri güncelleyen mekanizmalar gereklidir,
- Tekrar sıralama ve değiştirme kararları olabilir,
- Hızlı hesaplamada süreler önemlidir,
- Belirsiz erteleme mekanizmaları önemlidir,
- Amaç fonksiyonu farklı olabilir,
- Zaman kısıtlamaları farklı olabilir,
- Düşük olan araç filosu boyutu değişkeni esnektir,
- Kuyruk değerlendirmeleri önemli olabilir.

4.9.2 Rotaların Durumlarına Göre ARP

Araç Rotalama Problemleri, bir aracın bir işletme birimi için çalışması diğer bir deyişle rotaların bir işletme biriminde başlayıp aynı işletme biriminde sona ermesi veya aracın işletme birimlerinden bağımsız olup seyir güzergahının en son müşteride bitirilebilmesi durumlarına göre açık ve kapalı uçlu olmak üzere ikiye ayrılır.

4.9.2.1 Kapalı Uçlu Araç Rotalama Problemleri

Kapalı Uçlu Araç Rotalama Problemlerinde (KUARP) her rota bir işletme biriminde başlatılıp, aynı işletme biriminde bitirilmelidir. Tek işletme birimli problemlerde bunun sağlanması için kurulan modele aşağıdaki kısıt eklenmelidir.

$$\sum_{j=1}^N X_{0jk} + \sum_{i=1}^N X_{i0k} \leq 1 \quad k \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (4.7)$$

0 nolu nokta işletme birimini (depo) temsil ettiği için bu noktadan çıkan aracın mutlaka bu noktaya dönmesi, (4.7) nolu denklemde aynı araç için bu nokta ile başlayan ve bu nokta ile biten karar değişkenlerinin değerinin birbirine eşitlenerek sağlanmaktadır. Literatürde çalışmalar çoğunlukla KUARP ile yapılmakta olup, test problemleri KUARP için mevcut olduğundan geliştirilen yöntemler KUARP üzerinden birbirleriyle kıyaslanmaktadır.

4.9.2.2 Açık Uçlu Araç Rotalama Problemleri

Açık Uçlu Araç Rotalama Problemlerinde (AUARP) rotalar merkez depo ile başlamakta, talep noktası ile sona ermektedir. Bunun sağlanması için ek olarak bir kısıtın modele eklenmesine gerek yoktur. Sonuç zaten açık uçlu rotalar doğuracaktır. Fakat rotaların kesin olarak bir müşteride sona ermesini kesinleştirecek kısıt denklemi aşağıda yer almaktadır:

$$\sum_{j=1}^N X_{0jk} + \sum_{i=1}^N X_{i0k} = 1 \quad k \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (4.8)$$

Bu denklemle bir aracın 0 nolu nokta (işletme birimi) ile başlayan veya biten ilgili X değişkenlerinden ancak biri 1 değerini alabilir böylece aracın sadece işletme biriminden çıkması, oraya tekrar dönmemesi garantilenmiş olmaktadır. İki problem arasında en önemli fark KUARP'de her bir rotanın Gezgin Satıcı Problemi (GSP) gibi, AUARP'de ise her rotanın Hamilton Yol Problemi (HYP) olarak ele alınmasıdır. Gerçek hayatta AUARP, bir firmanın lojistik taşımacılığını başka bir firmaya verdiği durumlarda görülebilmektedir. Literatürde AUARP için oldukça az sayıda yöntem geliştirilmiştir.

4.9.3 Yolların Durumuna Göre ARP

ARP orjin ve taleplerin karşılanması gereken noktaların bulunduğu şebeke içinde noktalar arasındaki gidiş ve geliş mesafelerinin durumlarına göre ikiye ayrılır [68].

Simetrik Yollu ARP: Genellikle bir noktadan diğerine olan gidiş dönüş mesafesi birbirine eşittir ($d_{ij}=d_{ji}$). Literatürde böyle problemler Simetrik Araç Rotalama Problemleri olarak belirtilmektedir.

Asimetrik Yollu ARP: Bazı durumlarda bir noktadan diğerine olan gidiş dönüş mesafesi birbirine eşit olmayabilir. Burada aracın ilk olarak hangi müşteriye gideceği önem kazanmaktadır, bu da rotanın dönüş yönünü saptayarak rota mesafesinin hesaplanmasını belirlemektedir.

4.9.4 Kısıtlarına Göre ARP

Araç rotalama problemlerinde, gerçek hayatta kurulan lojistik sistemlerin tamamen modellenip çözümlenmesi zor olduğundan dolayı belirli bazı önemli kısıtlar seçilip diğer unsurlar göz ardı edilerek optimum sonuç bulunmaya çalışılmıştır. Bu kısıtlardan önemlileri araç yükleme, mesafe kısıtı, zaman pencereleri ve yükleme boşaltma durumlarıdır. Bundan dolayı araç rotalama problemleri göz önüne alınan kısıtların isimleri ile beraber anılmakta, kısıtlarla araç rotalama problemleri türlere ayrılmaktadır [63].

4.9.4.1 Kapasite Kısıtlı ARP

Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KKARP) bir veya daha fazla sayıda işletme birimi (depo) bulunan bir işletmenin talepleri belli n adet müşterisine ulaşabilmesi için yükleme kapasiteleri kısıtlı araçların rota planlaması problemidir. Literatürde klasik ARP ile KKARP bir olarak tutulup, genellikle tüm ARP uygulamalarında kapasite kısıtı bulunmaktadır. KKARP’de bir rotada yer alan müşterilerin toplam talebi araç kapasitesi C ’yi geçmemelidir. ARP modelinde bu kısıt (4.6) numaralı denklemde gösterilmektedir. Ayrıca farklı kapasitedeki araçlarla çalışılıyorsa $k \in \{1,2,...,M\}$ araçları için C_k olarak k nolu aracın kapasiteside kısıta eklenebilir (4.9).

$$\sum_{i=1}^N q_i \sum_{j=0, j \neq i}^N X_{ijk} \leq C_k \quad k \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (4.9)$$

KKARP'nin farklı versiyonları bulunmaktadır. Örneğin bazı problemlerde her aracın bir sabit çalıştırma maliyeti bulunup bu değer amaç fonksiyonuna eklenmektedir. Bu durumda sabit maliyet unsurundan dolayı amaç fonksiyonunda kullanılan araç sayısı minimize edilmeye çalışılmakta ve çözümde sonuç olarak bazı araçların rotalaması yapılmamaktadır. Başka bir KKARP çeşidi ise problemde farklı tipte ve dolayısıyla yükleme kapasiteleri farklı olan araçların ($C_k, k=1, \dots, M$) söz konusu olmasıdır [63].

4.9.4.2 Mesafe Kısıtlı ARP

Mesafe kısıtlı araç rotalama problemlerinde (MKARP), mesafe kısıtı rotalama yapılacak olan aracın gidebileceği maksimum bir mesafenin problemde tanımlanmasıdır. ARP'nin formülasyonu kısmında verilen modele aşağıdaki mesafe kısıtının (4.11) eklenmesi ile probleme tanımlanabilir. Aşağıdaki denklemde bir aracın gidebileceği maksimum mesafe L ile gösterilmiştir.

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N d_{ij} \sum_{j=0, j \neq i}^N X_{ijk} \leq L \quad k \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (4.10)$$

Literatürde KKARP'de olduğu gibi MKARP'nin de farklı versiyonları bulunabilmektedir. Örneğin farklı tipteki araçlar için farklı mesafe kısıtı ($L_k, k=1, \dots, M$) söz konusu olabilir. Bunun yanında mesafe kısıtı yerine mesafeyle orantılı seyir süresi sınırlaması da konulabilir. Bu durumda araç her müşteriye uğradığında s_i servis süresi kadar bekleyecektir. Bu tip problemlerde (4.12) nolu kısıt aşağıdaki hali alacaktır [66]:

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N d_{ij} \sum_{j=0, j \neq i}^N pX_{ijk} + \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \frac{s_i + s_j}{2} \sum_{j=0, j \neq i}^N X_{ijk} \leq L \quad k \in \{1, \dots, M\} \quad (4.11)$$

Burada p , aracın seyir süresini kat ettiği toplam mesafe yoluyla hesaplamakta kullanılan bir parametredir. Servis sürelerinin (s_i) ikiye bölünerek hesaplanmasının sebebi ise aracın rotasında bulunan yolları sıralarken, rota içersindeki bir müşterinin bir yolun başlangıcında diğer yolun ise sonunda yer alması ve bu sebeple denklemdeki toplam ifadesinde aynı müşteri ile iki defa karşılaşılmasıdır. Bunların yanında yükleme

kapasitesinin ve mesafe kısıtının birlikte kullanıldığı problemler bulunmaktadır. Bu tip problemlerde (4.6) ve (4.10) nolu kısıtlar beraber kullanılmaktadır.

Rota süresi ile birlikte taşıt sayısının da sınırlı olduğu bir problemin çözümünde bazı noktalara uğranılmaması durumu ile karşılaşılabilir. Eğer bütün adreslere mutlaka uğranılması gerekiyorsa ve taşıt sayısını artırmak olanaksızsa, maksimum rota süresi asılmak zorunda kalınabilir. Bu durumda asılan her birim süre için ceza maliyeti verilerek, toplam ceza maliyeti minimize edilebilir [67].

4.9.4.3 Zaman Pencere AR

Zaman Pencere AR Rotalama Problemi (ZARP), depodan hareket eden araçların müşterileri belli zaman aralığı içinde ziyaret etme zorunluluğu olan (zaman penceresi kısıtı) özel bir araç rotalama problemi türüdür. Yapısı nedeniyle okul otobüsü rotalama, posta, gazete dağıtımı, akaryakıt dağıtımı, tam zamanlı üretim için satıcı dağıtımı, güvenlik devriyesi kontrolleri, kentsel atık toplama ve zincir mağaza dağıtım lojistiği gibi gerçek hayat problemlerine daha uyumludur. Bu nedenlerden dolayı diğer araç rotalama problemlerine göre hakkında daha çok araştırma yapılmıştır [70].

ZARP' de, merkez depoya yerleştirilmiş kapasiteleri (C_k) bilinen araç kümesine ait araçlar, coğrafi olarak dağılmış müşterilere servis yapmaktadır. Buradaki her i müşterisinin q_i miktarı talebi vardır ve her müşteri taleplerinin karşılanması sırasında q_i kadar servis zamanına ihtiyaç duyarlar. Ayrıca tüm müşterilere belirtilen bir zaman penceresi kısıtı $[e_i, l_i]$ içinde servis yapılması gerekmektedir. ZARP' de i ve j müşterileri arasındaki seyahat zamanı (t_{ij}) ve uzaklığa bağlı (d_{ij}) olarak değişen c_{ij} maliyeti söz konusudur. Her rota merkez depodan başlar ve yine merkez depoda son bulur. ZARP'de diğer ARP türlerinde olduğu gibi C_k araç kapasitesi aşılmamalıdır. Klasik ARP'den farklı olarak, araçlar her i müşterisine e_i zamanından önce, l_i zamanından sonra servis yapmamalıdır [70].

- Zaman pencere AR rotalama problemleri, bir araç kümesi, merkez depo ve müşterilerin bulunduğu noktalar kümesi, ve bu noktaları bağlayan şebekeden oluşmaktadır.

- Şebekede, v_0 düğümü merkez düğümü ve $v_i \in \{1,2,\dots,N\}$ müşteri düğümleri olmak üzere toplam $N + 1$ düğüm ve M adet araç ($k \in \{1,2,\dots,K\}$) vardır.
- Her rota depodan başlayıp, müşteri noktalarını ziyaret ederek tekrar depoya geri döner. Rota sayısı aynı zamanda kullanılan araç sayısını da gösterir. Bir araç sadece bir rotaya hizmet eder.
- c_{ij} maliyeti ve t_{ij} seyahat süreleri şebekedeki her ark ile ilişkilendirilmiştir. Şebekedeki bir düğüm sadece bir araç tarafından ziyaret edilebilir.
- Her aracın C_k yükleme kapasitesi ve her müşterinin ise q_i kadar taşınmasını istediği talebi mevcuttur. C_k kapasitesi, k aracı tarafından ziyaret edilen düğümlerdeki taleplerin toplamından büyük veya eşit olmalıdır.
- Zaman penceresi kısıtı bir i müşterisi için önceden tanımlanmış en erken ulaşma (e_i) ve en geç ulaşma (l_i) zaman aralığıdır. Yükleme/boşaltma faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için her müşteriye ait bir s_i servis zamanı bulunmaktadır. Araçların, kendi rotalarını izin verilen toplam rota zamanı içinde tamamlaması gerekmektedir. Bu şart deponun zaman penceresi için gereklidir.

Aşağıda bu hususlara ilişkin parametreler ve modelin formülasyonu gösterilmektedir:

Parametreler:

M : Araç sayısı

N : Müşteri sayısı

c_{ij} : Nokta i ve nokta j arasındaki mesafe (maliyet olarak bakılabilir)

q_i : Müşteri i 'nin talep miktarı

C : Araç kapasitesi

t_{ij} : i ve j düğümleri arasındaki seyahat süresi

q_i : i düğümünün talebi

C_k : k aracının kapasitesi

e_i : i düğümüne en erken varış zamanı

l_i : i düğümüne en geç varış zamanı

s_i : i düğümündeki servis zamanı

rs_k : k aracı için izin verilen maksimum rota zamanı

$$X_{ijk} = \left\{ \begin{array}{ll} 1, & k \text{ nolu araç } i \text{ noktasından } j \text{ noktasına hareket ederse} \\ 0, & \text{aksi taktirde} \end{array} \right\}$$

t_i : i düğümüne varış zamanı,

w_i : i düğümünde bekleme zamanı olmak üzere;

$$\text{Amaç Fonksiyonu : } \text{Min } Z = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0, j \neq i}^N \sum_{k=1}^M c_{ij} X_{ijk} \quad (4.12)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^N X_{ijk} \leq M \quad i = 0 \quad (4.13)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{0jk} = \sum_{i=1}^N X_{i0k} \leq 1 \quad k \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (4.14)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=0}^N X_{ijk} = 1 \quad i \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (4.15)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{i=0, i \neq j}^N X_{ijk} = 1 \quad j \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (4.16)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i \sum_{j=0, j \neq i}^N X_{ijk} \leq C_k \quad k \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (4.17)$$

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N X_{ijk} (t_{ij} + s_i + w_i) \leq rs_k \quad k \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (4.18)$$

$$t_0 = w_0 = s_0 = 0 \quad (4.19)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{i=0}^N X_{ijk} (t_i + t_{ij} + s_i + w_i) = t_j \quad j \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (4.20)$$

$$(e_i \leq t_i + w_i \leq l_i) \quad i \in \{0, 1, 2, \dots, N\} \quad (4.21)$$

Genel ZPARP modelinde (4.14) kısıtı depodan çıkacak olan rotaların maksimum M tane olmasını, (4.15) kısıtı her rotanın depoda başlayıp depoda bitmesini, (4.16) ve (4.17) kısıtları her müşterinin sadece bir araç tarafından bir defa ziyaret edilmesini, (4.19)

kapasite kısıtını, (4.20) kısıtı maksimum seyahat zamanı kısıtını, (4.21), (4.22) kısıtları ise zaman penceresi kısıtlarını tanımlamaktadır [70].

4.9.4.4 Topla Dağıt Tipi ARP

Topla dağıt tipi araç rotalama problemi (TDARP), toplama ve dağıtım problemlerini kapsayan klasik araç rotalama probleminin genişletilmiş halidir (Cordeau ve diğerleri, 2007). Başka bir ifadeyle aynı müşteriler üzerinde önce dağıtımın daha sonra da toplama işleminin yapıldığı araç rotalama türüdür. TDARP, araç kapasitesini asmama koşulu altında araç sayısını ve seyahat zamanını en küçüklemeyi amaçlar. Diğer ARP çeşitlerinde olduğu gibi TDARP'nin de bazı kısıtları vardır. Bunlar [66]:

- Her toplama ve dağıtım noktası sadece bir kere ziyaret edilir,
- Depodan başlayan servis depoda son bulur,
- Araç kapasitesi asılmamalıdır,
- Toplama noktası ve esleştigi dağıtım noktasına aynı araç hizmet verebilir,
- Toplama noktaları ve birleştirilmiş dağıtım noktaları arasındaki ziyaret öncelikleri uygulanmalıdır,
- Araçların uygun terminallere dönmesini sağlayan depo kısıtı ile araç tipi ve soför sayısı kısıtını belirten kaynak kısıtı vardır.

Birçok çeşitleri olan TDARP'nin bazıları aşağıda gösterilmiştir [66]:

Geri dönüşümlü araç rotalama problemi (GDARP): Toplamaya başlamadan önce tüm teslimatların yapıldığı bir topla-dağıt durumuna sahiptir.

Karışık topla-dağıt tipi araç rotalama problemi (KTDARP): Bir düğüme birden fazla ziyaretin ya da sıra kısıtının olmadığı, bazı düğümlere sadece teslimat yapılırken, bazı düğümlere ise sadece toplanmanın yapıldığı araç rotalama türüdür.

Aynı anda topla-dağıt tipi araç rotalama problemi (ATDARP): Ziyaret edilen her düğümden teslimat ve dağıtım yapılan problem türüdür.

Topla-Dağıt tipli araç rotalama problemi tipinde olan bir problemde hem dağıtım hem toplama yapılacak olan müşteride, aynı aracın bu müşteriden sonra başka müşterilere

dağıtım işlemini gerçekleştireceği düşünüldüğünde kapasite kısıtının problemi oldukça zorlaştıracığından bu kısımda önce dağıtım sonra toplama işleminin gerçekleştirileceği Geri Dönüşümlü ARP anlatılacaktır.

4.9.4.5 Geri Dönüşümlü (Toplamalı) ARP

TDARP'nin genişletilmiş hali olan Geri Dönüşümlü Araç Rotalama Problemi (GDARP), hem teslimat hem de dağıtım noktalarına sahip araç rotalama problemidir. Servis veren ve servis alan müşterilere sahip GDARP'de, servis veren müşteriler depoya ürün gönderirken, servis alan müşterilere depodan teslimat yapılır Toplam maliyeti en küçüklemeyi amaçlayan GDARP'nin kısıtları aşağıda özetlenmiştir [66];

- Her araç bir rotaya servis yapar,
- Servis alan ve servis veren müşterilerin toplam talebi, araç kapasitesini aşmamalıdır,
- Servis alan müşterilere teslimat yapıldıktan sonra servis veren müşterilerden ürün alınır,
- Araçlar tarafından kat edilen toplam seyahat uzunluğunu en küçüklemelidir,
- En önemli kısıt ise servis alan müşteri, servis veren müşteriden daha önceliklidir.

Tavakkoli-Moghaddam ve diğerleri (2006) tarafından matematikselleştirilen GDARP'nin karışık tamsayılı modeli ve eklenen parametreler aşağıdaki gibidir [71]:

Parametreler:

n : Servis alan müşteri sayısı (Dağıtım yapılan)

m : Servis veren müşteri sayısı (Toplama yapılan)

M : Araç sayısı

C_k : k aracının kapasitesi

q_i : Servis alan müşteri talebi (dağıtım yapılan müşteri)

f_i : Servis vereb müşterinin talebi (toplama yapılan müşteri)

$$X_{ijk} = \left\{ \begin{array}{ll} 1, & k \text{ nolu araç } i \text{ noktasından } j \text{ noktasına hareket ederse} \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{array} \right\}$$

$$\text{Amaç Fonksiyonu : } \text{Min } Z = \sum_{i=0}^{n+m} \sum_{j=0}^{n+m} \sum_{k=1}^M c_{ijk} X_{ijk} \quad (4.22)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=0}^{n+m} \sum_{k=1}^M X_{ijk} = 1 \quad i \in \{1, 2, \dots, n+m\} \text{ ve } i \neq j \quad (4.23)$$

$$\sum_{i=0}^{n+m} \sum_{k=1}^M X_{ijk} = 1 \quad j \in \{1, 2, \dots, n+m\} \text{ ve } i \neq j \quad (4.24)$$

$$\sum_{j=0}^{n+m} \sum_{k=1}^M X_{0jk} = M \quad (4.25)$$

$$\sum_{i=0}^{n+m} \sum_{k=1}^M X_{i0k} = M \quad (4.26)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n+m} q_i X_{ijk} \leq C_k \quad k = 1, \dots, M : j = 0, 1, \dots, n+m \quad (4.27)$$

$$\sum_{i=n+1}^{n+m} \sum_{j=1}^{n+m} f_i X_{ijk} \leq C_k \quad k = 1, \dots, M : j = 0, 1, \dots, n+m \quad (4.28)$$

$$\sum_{i=0}^{n+m} X_{ijk} - \sum_{l=0}^{n+m} X_{jlk} = 0 \quad j = 0, 1, \dots, n+m \text{ ve } k = 1, \dots, M \quad (4.29)$$

$$\sum_{j=0}^{n+m} X_{ijk} - \sum_{l=0}^{n+m} X_{lik} = 0 \quad i = 0, 1, \dots, n+m \text{ ve } k = 1, \dots, M \quad (4.30)$$

$$\sum_{i=0}^{n+m} X_{ijk} \leq |S| - 1 \quad S \subseteq \{2, 3, \dots, n+m\} \quad (4.31)$$

$$\sum_{i=n+1}^{n+m} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^M X_{ijk} = 0 \quad (4.32)$$

$$X_{ijk} = \{0, 1\}, \quad i = 0, 1, \dots, n+m ; k = 1, 2, \dots, M \quad (4.33)$$

Amaç fonksiyonu minimum seyahat maliyetini hesaplamaktadır. (4.24) ve (4.25), depo dışındaki her düğümden bir rotanın geçmesini sağlamaktadır. (4.26) ve (4.27), depodan

çıkan araç sayısının depoya dönen araç sayısına eşit olması gerektiğini gösterir.(4.28) ve (3.29), servis alan ve servis gören düğümlerin toplam taleplerinin araç kapasitesini aşmayacağını belirtir. Rotanın devamlılığı, (4.30) ve (4.31) tarafından uygulanır. Her rotada sadece bir araç servis yapılmalıdır. (4.32), alt rotaların oluşmasını engeller. Servis gören düğümlerin, servis veren düğümler üzerindeki öncelikleri (4.33) ile sağlanmaktadır [71].

4.10 Araç Rotalama Problemi Çözüm Yöntemleri

1950’li yıllarda Araç Rotalama Problemi modellenerek sunulmasıyla ARP tamsayılı olarak formüle edilmiş ve 10-20 müşterili problemler çözülmüştür. Artan rekabet şartları ve değişen çevre koşulları ile probleme eklenen kısıtlar problemin çözümünü zorlaştırmaktadır. Araç rotalama probleminin ortaya atılması ve gün geçtikçe probleme eklenen kısıtların artmasıyla birlikte ilk önceleri yöneylem araştırmacılarının ortaya koydukları kesin çözüm yöntemlerinin problemin çözümüne polinomal zaman içerisinde ulaşması büyük (çok değişkene sahip) problemlerde oldukça zor ve imkansız hale gelmiştir. Problemde kısıtlar ve değişkenler arttıkça problem daha karmaşık bir hal almakta ve optimum sonuca ulaşılması zorlaşmaktadır. Çizelge 4.3’de Araç Rotalamada kullanılan yöntemlerin gelişimini gösteren tarihçe gösterilmiştir [31];

Çizelge 4.3 Araç rotalamanın kısa bir tarihçesi [31].

1950'ler:	ARP tamsayı programlama olarak formüle edilmiş ve 10-20 müşterili küçük problemler çözülmüştür.
1960'lar:	Rota kurma sezgiselleri sunulmuş ve 30-100 müşterili problemler çözülmüştür.
1970'ler:	İki fazlı sezgiseller, interaktif (insan-makina) sezgiseller geliştirilmiş, yaklaşık 50 müşterili problemler optimal metotlarla çözülebilir hale gelmiştir.
1980'ler:	Matematiksel programlama esaslı prosedürler literatüre sunulmuştur. Etkileşimli (interaktif: insan-makina) sezgiseller geliştirilmiştir. Optimal yöntemler kullanılarak yaklaşık 50 müşteriye sahip olan bazı problemler çözülmüştür.
1990'lar:	Araç rotalama problemlerine meta sezgiseller uygulanmıştır. 50 – 100 müşteriye sahip bazı problemler optimal olarak çözülmüştür.

Kesin yöntemlerin optimum sonucu vermesine karşın sadece küçük boyutlu problemlere uygulanabilmektedir. Bu problemlerin, çok fazla işlem gereksinimi olduğu için çözümü uzun sürmektedir [63].

Araç rotalama problemleri daha önce de bahsedildiği üzere NP-Hard karmaşıklığına sahip bir problemdir. Bu nedenle farklı kısıtlara sahip uygulamalarda kullanılabilen ve kesin bir çözüme sahip araç rotalama problemi yöntemi bulunmamaktadır. Bu tür problemlerde kullanılan yöntemlerin çoğu sezgisel yaklaşımlardır. Çeşitli kısıtlara ve değişkenlere sahip özel bir durum için rotalama problemi kendisine özel olarak oluşturulan metotlar ve teknikler tarafından çözülebilir. Bu metot ve teknikler genel geçer problemlere uygulanacak şekilde sezgisel algoritmaların geliştirilmesinde kullanılmaktadır.

Problemin NP-hard oluşu ve problem boyutunun artmasıyla birlikte çözüm süresinin üstel olarak artması sonucu, çözüm için yapılan çalışmaları daha çok yaklaşık yöntemler üzerinde yoğunlaşılmasına sebep olmuştur (Derya, 2008). Yaklaşık yöntemler, büyük boyutlu problemlerde daha az işlemle ve kısa hesaplama süresiyle optimuma yakın, iyi kalitede çözümler üretmektedir. Yaklaşık yöntemler, klasik sezgisel ve meta sezgisel yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Klasik sezgisel yöntemler orta kalitede çözümlere hızlı bir şekilde ulaşmaktadır ve bu yöntemlerin en önemlileri içerisinde Tasarruf, Süpürge ve Taç Yaprığı yöntemleri bulunmaktadır. Araç rotalama problemleri için en etkili sonuçları veren algoritmalar ise meta sezgisel algoritmalar. Klasik

sezgisel algoritmalarla göre işlem süresi daha uzun olsa da hafıza tabanlı algoritmalarla Tabu Arama ve Adaptif Hafıza yöntemleri, ARP için en iyi çözümleri bulan tekniklerdir [63].

Bu bölümde çözüm yöntemleri genel olarak kesin yöntemler, sezgisel yöntemler (klasik sezgisel ve meta sezgisel) olarak iki kısımda incelenecektir. İlk olarak teknikler hakkında bilgi verilecek ve daha sonra geliştirilmiş algoritmalar tanıtılacaktır.

4.10.1 Kesin (Optimum) Çözüm Yöntemleri

Araç Rotalama Problemlerinde uygulanan kesin yöntemler; matematiksel programlama tabanlı karma tamsayılı modellerle ifade edilen, adından da anlaşılacağı üzere kesin sonuca ulaşan yöntemlerdir. Bu yöntemler belirli bir problem ölçeğine kadar kullanılabilir olup bu ölçeğin üzerindeki boyutlarda çözüm zamanı çok uzun olabilmektedir.

Toth ve Vigo (2002) kesin yöntemin içerisine giren algoritmaları dal sınır, dal kesme ve küme kapsama algoritmaları olarak belirlemişlerdir. Ayrıca dinamik programlama, sütun üretme, dal ve deger algoritmaları optimal çözüm yöntemleri olarak kullanılmaktadır [66].

a) Dal ve Sınır Algoritması

Dal ve sınır algoritması ile çözümde, çözüm uzayı alt problemlere ayrılarak her bir alt problemi optimum sonuca ulaştırmak şeklinde uygulanır.

Dal ve sınır algoritması ile çözülecek problem bir minimizasyon problemi olarak ortaya atılır. Dal ve sınır algoritmaları, bir ağaç olarak canlandırılan durum uzayında en düşük maliyetli çözüm düğümünü arayan bir araştırma içine girer [66].

Dal ve sınır algoritmasını, iki temel fikre bağlarız. Bunlardan birincisi, arama alanı olarak bir arama ağacı formu düzenlemektir. Fikirleri düzeltmek için, ne kullanacağımızı gösteren bir ikili arama ağacına karar veririz. Ağacın her düğümü problemin bir değişkenine tekabül eder ve düğümün dışındaki iki dal değişkenin reddedilmesi veya kabul edilmesine tekabül eder. Dal sınır algoritmasındaki “dal” arama ağacındaki dalları keşfetme süreci anlamına gelir [63].

b) Dal ve Kesme Algoritması

Dal ve kesme tamsayılı lineer programların çözümü için kullanılan kombinatoriyal optimizasyon metodudur. Metod dal ve sınır algoritmasının ve kesme düzlemi algoritmasının melez bir algoritmasıdır.

Metot tam sayı kısıtı olmayan lineer programı düzenli simpleks algoritma kullanarak çözer. Optimum bir çözüm elde edildiğinde ve bu çözüm tam sayı varsayılan bir değişken için tam sayı olamayan değer içerdiğinde, tüm fizibil tamsayı noktalar tarafından tatmin edilen ama mevcut kesirli çözüm tarafından bozulan daha ilerdeki lineer kısıtları bulmak için kesme düzlemi algoritması kullanılır. Eğer böyle bir eşitsizlik bulunursa, bu lineer programa eklenir öyle ki “daha az kesirli” farklı bir sonuç verebilir. Bu proses tam sayılı çözüm bulunana veya artık kesme düzlemi bulunmayana kadar tekrar eder [63].

Bu noktada algoritmanın dal ve sınır olan parçası başlar. Problem iki versiyona ayrılır, değişkenin ara sonuçtan daha büyük olan bir sonraki tamsayıdan büyük veya eşit olduğu ek kısıtın olduğu versiyon ve bu değişkenin bir sonraki daha küçük olan tamsayıya eşit veya daha küçük olduğu versiyon. Bu şekilde orijinal kısıtlara göre tamsayı olan ancak ara sonuca göre tamsayı olmayan temel değişkenlerin sayısına göre yeni değişkenler tanımlanır. Yeni lineer programlar simplex ile çözülür ve süreç tüm tamsayı kısıtlamaları karşılayacak bir çözümün bulunmasına kadar devam eder [63].

c) Kesme Düzlemi Algoritması

Doğrusal Programlama problemlerinin tamsayılı çözümlerini sağlayacak hesaplama yöntemi 1959 yılında R.E. Gomory tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem tüm(saf) tamsayılı programlamayı ve karışık tamsayılı programlamayı içermektedir. Bu yöntemde takip edilecek aşamalar şunlardır [63]:

- İlk asama, eğer gerekli ise, orijinal sınırlamaları tamsayılaştırmadır. Bu, katsayılar tam olsun diye, tüm sınırların değiştirilmesi anlamına gelir.
- Kesme düzlemi probleminin optimal çözüm Çizelgesi bulunur. Eğer optimal çözüm değerleri tamsayı ise, çözüm elde edilmiştir. Yoksa sonraki asamaya geçilir.

- Bu aşamada kesme bulunur. Bu amaçla optimal çözüm Çizelgesinden tamsayı olmayan değişkenlerin biri seçilir ve yeni bir kısıtlama elde edilir.

d) Sütun Üretme Algoritması

Sütun üretme geniş ölçekli lineer programlama problemlerinin çözümü için bir tekniktir. Sütun üretme tekniği kullanılırken, çözülen modeldeki tüm değişkenler açıkça kullanılmaz sadece bir altkümedekiler kullanılır. Simpleks algoritmanın özellikleri kullanılarak gerekli olduğunda değişkenler dinamik olarak oluşturulur. Simpleks algoritma lineer programlamaya muhakkak optimal olmayan fizibil çözüm anlamına gelen temel bir fizibil çözüm sürdürür. Simpleks algoritmanın her iterasyonunda temel giriş için yeni bir sütun seçilir. Tipik yaklaşım en az indirimli maliyet olan sütunu seçmektir. Eğer böyle bir sütun bulunamazsa simpleks algoritması çözüme erişmiştir [63].

e) Dal ve Değer Algoritması

Dal ve değer paradigması iki kavram üzerine dayanmaktadır. Birinci kavram orijinal veya yoğun formülasyonu çok sütun ama tipik olarak orijinal formülasyondan daha az satır içeren bir modele dönüştüren ayrışmadır. İkinci kavram ise sütun üretmedir. Dal ve sınır çerçevesi içinde daha alt sınır dinamik sütun üretme ile çözüldüğünde sonuç veren dal ve sınır algoritması dal ve değer algoritması olarak adlandırılır. Sütun üretme tabanlı lineer programlama relaksasyonunun en üstüne dal ve sınır araştırması eklemek çok açık görünür ama bu yaklaşımın bazı gizli tehlikeleri mevcuttur. Bu tehlikelere bir örnek dallanırken değer probleminin yapısı değiştirilmeden nasıl alt problemler oluşturulacağıdır [63].

f) Dinamik Programlama

Dinamik programlamada n değişkenli bir problem n aşamalı ve her aşamada tek değişken olmak üzere alt problemlerin çözülmesi ile problemin optimum çözümü gerçekleştirilir.

Dinamik programlama, özellikle karar aşamasının zaman periyodunda silsile halinde olan problemlere çok uygundur. Periyotlar birbirine öyle bir bağla bağlıdır ki bir zaman döneminde alınan kararlar sonraki karar verme aşamalarını etkilemektedir. Problem, alt

problemlere bölünür ve her bir alt problem için optimal bir çözüm bulunur, n sayıda karar verme aşamalarına sahip bir problem, n sayıda ve her biri tek bir karar değişkenine sahip, problemlere bölünür. Hesaplama süresi, bir problem içindeki değişkenler sayısınca eksponensiyal olarak büyürken, alt problemler sayısınca doğrusal olarak büyür. Bir problemin tümü sistem ve alt problemler de basamak olarak düşünülebilir. Dinamik programlamada basamaklar, genellikle, bir zaman aralığını temsil eder. Bir sistemin her bir basamağında, problemin çözüm sanlarına karşılık gelen birden fazla durum vardır. Durumlar, tamamlanmamış çözümleri karakterize eder. Karar verici, her bir basamakta, o basamak için en iyi sonucu veren karar vermelidir. Bir karar, sistemi bir durumdan diğerine taşır. Bir sistemi bir durumdan diğerine taşıyan her bir aşamaya basamak denir. Dinamik programlama genellikle geriye doğru, yani son durumdan ilk duruma doğru, bir işlemler silsilesi şeklinde uygulanır. Bu geriye doğru endükleme tekniği, son durumdan, bir önceki basamağın durumlarına doğru yapılır [67].

4.10.2 Sezgisel (Yaklaşık) Çözüm Yöntemleri

Sezgisel algoritmalar, herhangi bir amacı gerçekleştirmek veya hedefe varmak için çeşitli alternatif hareketlerden etkili olanlara karar vermek amacıyla tanımlanan kriterler veya bilgisayar metotlarıdır. Bu tür algoritmalar yakınsama özelliğine sahiptir, ama kesin çözümü garanti edemezler ve sadece kesin çözüm yakınındaki bir çözümü garanti edebilirler. Bu algoritmalar çözüm uzayında optimum çözüme yakınsaması ispat edilemeyen algoritmalar olarak da adlandırılırlar. Sezgisel algoritmalara gerek duyulmasının sebepleri aşağıdaki gibidir [63]:

- Optimizasyon problemi kesin çözümü bulma işleminin tanımlanamadığı bir yapıya sahip olabilir.
- Anlaşılabilirlik açısından sezgisel algoritmalar karar verici açısından çok daha basit olabilir.
- Sezgisel algoritmalar, öğrenme amaçlı ve kesin çözümü bulma işleminin bir parçası olarak kullanılabilir.

- Matematik formülleriyle yapılan tanımlamalarda genellikle gerçek dünya problemlerinin en zor tarafları (hangi amaçlar ve hangi sınırlamalar kullanılmalı, hangi alternatifler test edilmeli, problem verisi nasıl toplanmalı) ihmal edilir. Model parametrelerini belirleme aşamasında kullanılan verinin hatalı olması, sezgisel yaklaşımın üretebileceği alt optimal çözümden daha büyük hatalara sebep olabilir.

Bir problem için geliştirilmiş bir sezgisel algoritma, aşağıdaki faktörler göz önüne alınarak değerlendirilebilmektedir [63]:

- **Çözüm Kalitesi ve Hesaplama Zamanı:** Çözüm kalitesi ve hesaplama zamanı bir algoritmanın etkinliğinin değerlendirilmesi için önemli kriterlerdir. Bundan dolayı bir algoritma, ayarlanabilir parametreler setine sahip olmalı ve bu parametreler kullanıcıya önemlilik açısından hesaplama maliyeti ile çözüm kalitesi arasında bir vurgulamanın yapılabilmesine imkan vermelidir. Diğer bir deyişle, çözüm kalitesi ile hesap zamanı arasındaki ilişki kontrol edilebilmelidir.
- **Kod Basitliği ve Gerçeklenebilirlik:** Algoritma prensipleri basit olmalı ve genel olarak uygulanabilir olmalıdır. Bu durum problem yapısı ile ilgili başlangıçta çok az bilgiye sahip olunması halinde bile algoritmanın yeni alanlara kolaylıkla uygulanabilmesini sağlar.
- **Esneklik:** Algoritmalar modelde, sınırlamalarda ve amaç fonksiyonlarında yapılacak değişiklikleri kolayca karşılayabilmelidir.
- **Dirçlik:** Yöntem, başlangıç çözümünün seçimine bağlı olmaksızın her zaman yüksek kaliteli, kabul edilebilir çözümleri üretebilme kabiliyetine sahip olmalıdır.
- **Basitlik ve Analiz Edilebilirlik:** Karmaşık algoritmalar, esneklik ve çözüm kalitesi açısından basit algoritmalarından daha zor analiz edilebilmektedir. Algoritma kolayca analiz edilebilir olmalıdır.
- **Etkileşimli Hesaplama ve Teknoloji Değişimleri:** Algoritma içinde insan-makine etkileşimini kullanma fikri çoğu sistemde yaygın olarak gerçekleştirilmektedir. Herkesçe bilindiği gibi iyi bir kullanıcı ara yüzü herhangi bir bilgisayar sistemini veya algoritmayı daha çekici yapmaktadır. Bunun en önemli avantajı çözümlerin grafiksel olarak sergilenebilmesidir.

Laporte ve Semet 2002 yılında ARP için sezgisel yaklaşımlara farklı bir sınıflandırma önermişlerdir. Sezgiselleri Klasik Sezgiseller ve Meta sezgiseller olmak üzere iki ana gruba ayırmışlardır [63].

Klasik sezgiseller çoğunlukla 1960-1990 yılları arasında geliştirilmiştir ve meta sezgiseller daha çok son 20 yıl içerisinde gelişme göstermektedir. Yapısal ve iyileştirme sezgiseller çözüm uzayında kısmi sınırlı araştırma alanında gerçekleştirirler ve genellikle az bir miktar hesaplama zamanı içinde iyi kalitede sonuçlar üretirler. Dahası, bu sezgisellerden bir çoğunun uzantıları gerçek dünya durumunda karşılaşılabilen kısıt çeşitliliğinin hesaplanması için kullanılabilir. Bu yüzden ticari paketlerde hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Meta sezgisellerde vurgu, çözüm uzayının umut verici bölgelerinde derin araştırmalar gerçekleştirebilmesindedir. Bu metotlar genellikle sofistike komşuluk araştırma kurallarını, hafıza yapılarını ve çözümün yeniden birleştirilmesini birleştirir. Bu metotlar kullanılarak elde edilen çözüm kalitesi klasik sezisellerle elde edilenlerden sıklıkla daha yüksektir ama hesaplama zamanı için ödenen değer artmaktadır. Dahası, prosedürler duruma bağımlıdır ve iyi ayarlanmış parametreye ihtiyaç duyarlar bu da diğer durumlara uyumu zorlaştırır [64].

Bu bölümde sezgisel ARP algoritmaları Laporte ve Semet'in önerdiği tarzda Klasik Sezgiseller ve Meta Sezgiseller olmak üzere iki kısımda incelenecektir.

4.10.2.1 Klasik Sezgisel Algoritmalar

Araç rotalama problemi için klasik sezgisel algoritmalar 3 başlık altında incelenmektedir. Bunlar [63];

- a) Tur Kurucu (Yapısal Sezgisel) Algoritmalar
- b) Tur Geliştirici (İyileştirme Sezgisel) Algoritmalar
- c) İki Aşamalı Sezgisel Algoritmalar

Yapısal Sezgiseller, aşamalı olarak bir fizibil çözüm inşa ederler ve bu esnada çözüm maliyetini gözetler ama kendi basına bir iyileştirme aşaması içermez. İyileştirme Sezgiselleri, araç rotaları arasında veya içinde bir sıra tepe noktası veya kenar değişimleri gerçekleştirerek herhangi bir fizibil çözüm yükseltme eğilimi içerisindedir. İki

aşamalı Sezgiseller’de ise problem iki doğal bileşene ayrıştırılır; köselerin fizibil rotalar içine kümelenmesi ve gerçek rota yapılması (bu iki asama arasında muhtemel geri besleme döngüsü ile birlikte) [64] .

a) Tur Kurucu (Yapısal Sezgisel) Sezgisel Algoritmalar

Bu yöntemler mümkün olmayan (infeasible) atamalarla çözüme baslar, her defasında iki düğüm arasına bir dal ekleyerek mümkün çözüme ulaşılır. Dal eklenirken araç kapasite kısıtına uyup uymadığı kontrol edilir. Eklenecek dal bazı maliyet tasarruflarına göre seçilir. Tur kurucu metotlar arasında en çok tercih edileni Clarke ve Wright’ın, Dantzig ve Ramser’in çalışmasından esinlenerek geliştirdikleri Tasarruf (Savings) algoritmasıdır. Tasarruf Algoritmasının temel konsepti değiştirilmeden sayısız algoritmalar geliştirilmiştir [64]. Bunun dışında yerleştirme (insertion), en yakın komşu (nearest neighbour) yöntemleri de bu kategoriye girer [59].

1) Tasarruf (Saving) Algoritması

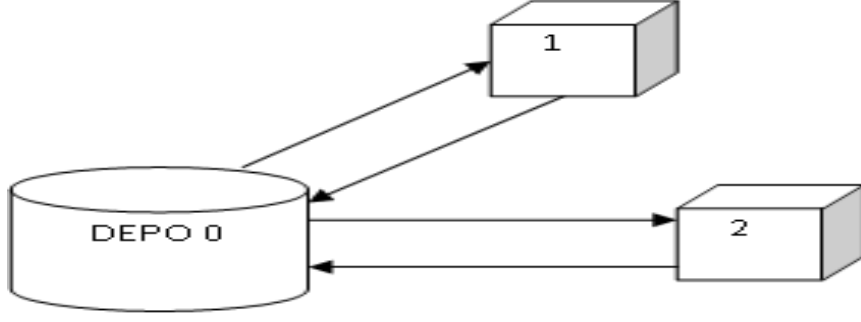
Araç rotalama problemi için tur kurucu algoritmalar içerisinde en çok kullanılan algortima Clarke ve Wright’ın geliştirdikleri Savings algoritmasıdır. Bu algoritma ile talepleri belirli olan müşterilere hangi rotalar ile gidileceği araştırılır, bunun yanı sıra hesaplama adımlarında belirlenen bir kapasite sınırını aşmadan taleplerin kümülatif toplanarak ilerlenmesi araç sayısının bulunmasını da sağlamaktadır [64].

Bütün araçların yola çıkıp geri döneceği basit bir depo bulunmaktadır. Müşteri talepleri ve konumları bilinmektedir. Deponun konumu 0 ve müşterilerin konumları 1, 2, 3,..., n olarak tanımlanmaktadır.

Depodan her müşteriye gitmenin maliyeti; c_{0j} = depodan müşteriye gitme maliyeti.

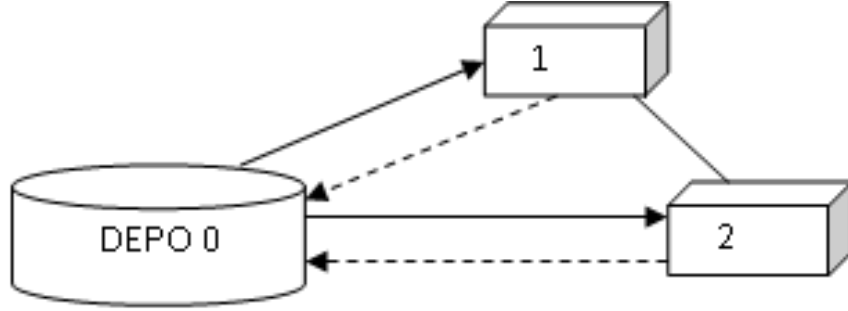
Modelin çözülebilmesi için müşteriler arasındaki yolculuk masrafları da bilinmelidir; c_{ij} , i konumundaki müşteriden, j konumundaki müşteriye yolculuk yapmanın maliyeti. $c_{ij}=c_{ji}$ olduğu düşünülmektedir. (gerçek uygulamalarda her zaman doğru olmayabilir)

Başlangıçta her müşteriye bir aracın atandığı farzedilir. Başlangıç çözümü için, depodan çıkıp tekrar depoya dönen yolculukların maliyeti; $2 \sum_{j=1}^n c_{0j}$ ’dir.



Şekil 4.3 Depodan çıkıp depoya dönen yolculuklar [64].

Müşteri i ile müşteri j 'yi birbirine bağladığımızı düşünelim. Bu durumda depodan i 'ye i 'den j 'ye ve j 'den depoya dönüş yapılacaktır. Sonuçta depo ile i ve depo ile j arasında birer yolculuk tasarruf edilmiş olacak. Buna karşın i ve j arasında bir c_{ij} maliyetine katlanılacaktır. i 'yi j 'ye bağlamanın toplam tasarrufu: $s_{ij} = c_{0i} + c_{0j} + c_{ij}$ şeklindedir.



Şekil 4.4 Depodan çıkıp en son depoya dönen yolculuklar [64].

Metot, bütün mümkün i ve j müşteri konumları için s_{ij} değerlerini hesaplamak ve azalan şekilde s_{ij} 'leri sıraya koymaktır. Fizibilite kısıtlarını bozmadığı sürece, tasarrufların azalan sıralamasındaki, bir rotasında (i,j) bağlantısını içeren her bağlantı (link) düşünülebilir. Eğer mevcut bağlantı fizibiliteyi bozuyorsa liste üzerindeki diğer bir bağlantıya gidilir. Bu yöntem liste bitinceye kadar devam eder.

Gerekli s_{ij} 'lerin hesaplanacak toplam sayısı: $\binom{n}{2} = \frac{n!}{2!(n-2)!} = \frac{n(n-1)}{2}$

2) Yerleştirme Algoritması

Yerleştirme sezgiselleri her periyotta bir müşteri yerleştirerek çözüm inşa eder. Yerleştirme sezgisel her periyotta bir rota oluşturabilir (ardışık yerleştirme sezgiseli) veya paralel olarak bir çok veya bütün rotaları oluşturabilir (paralel ekleme sezgiseli). Hangi müşterinin yerleştirileceği ve müşterinin nereye ekleneceği yerleştirme

sezgisellerindeki farklılıkları oluşturur. Çok basit bir yerleştirme sezgiseli toplam maliyeti en az etkileyen müşterinin eklenmesinin seçilmesidir [63].

Yerleştirme prosedürü k noktasından oluşan bir alttörü ele alır ve henüz alt turda yer almayan hangi noktanın alt tura eklenmesini belirlemeye çalışmaktadır (seçim basamağı) ve alt turda nereye eklenmesi gerektiğinin (yerleştirme basamağı) belirlemesidir [59].

3) En Yakın Komşu Yöntemi

En yakın komşu sezgiselinde her iterasyonda gidilecek noktayı seçerken bulunulan noktaya en yakın noktanın seçilmesinden oluşur. Algoritma bütün noktalar ziyaret edilene kadar devam eder ve bütün noktalar ziyaret edildikten sonra tekrar başlangıç noktasına döner. Bu sezgisel TSP’de yaygın olarak kullanılan bir metottur. Satıcı bir şehirden başlar ve başlangıç şehrine en yakın olan şehri ziyaret eder. Ziyaret edilecek şehir kalmadığında satıcı başlangıç şehrine geri döner. Bu metodun basamakları şu şekildedir [59]:

1. Adım: Herhangi bir nokta ile başla.

2.Adım: Henüz rotada olmayan ve en son eklenen noktaya en yakın olan noktaya git.

3.Adım: 2. adımı bütün noktalar rotaya dahil olana kadar tekrarla. Daha sonra rotanın ilk ve son noktalarını birleştir.

4) En Kısa Yol Yöntemi

En kısa yol yöntemi sadece bir dağıtım noktasının ve bir varış noktasının olduğu şebekelerde rotalama işlemi yapmak için kullanılmaktadır. Bu yöntemde bağlantılar ve düğümlerle temsil edilen bir şebeke bulunmaktadır. Şebeke içerisinde bulunan düğümler bağlantılar vasıtasıyla birbirine birleştirilir. Bu bağlantılar maliyet, zaman, mesafe yada bunların bir karışımı olarak ifade edilebilir. Bu yöntemin çözümü orijin noktasında baslar ve şu şekilde devam eder [63];

n. iterasyonun amacı: Orijine en yakın olan düğüm belirlenir. Belirlenen bu düğüm gidilecek yer oluncaya kadar $n=1, 2, 3, \dots$ için tekrarlanır.

n. iterasyonun girişi: Orijine en yakın düğümleri (n-1) düğümleri bir önceki iterasyonda çözülür. Orijine eklenen bu düğümler çözülmüş düğümler, eklenmemiş olanlar da çözülmemiş düğümler olarak adlandırılır.

n. en yakın düğüm için aday: Çözüme katılmamış her noktanın yolu her iterasyon için bir adaydır.

n. en yakın noktanın hesaplanması: Her çözülmüş düğüm ve onun adayları için orijin noktasından bu çözülmüş düğümlere en kısa yol mesafesi hesaplanır.

b) Tur Geliştirici (İyileştirme Sezgisel) Algoritmalar

Bu sezgiseller araç rotaları arasında veya içinde bir sıra tepe noktası veya kenar değişimleri gerçekleştirerek herhangi bir fizibil çözüm yükseltme eğilimi içerisindedir [64]. Bu metotlar bir mümkün çözümü başlangıç çözümü olarak alır ve o çözümü geliştirirler. Her bir iterasyonda dal kombinasyonları değiştirilir ve değişimin mümkün çözüme ulaştırıp ulaştırmadığı, maliyeti düşürüp düşürmediği kontrol edilir. Tur geliştirme sezgiselleri Lin ve Lenstra ve Rinnooykan'ın Seyyar Satıcı Problemi sezgiseline dayanır [64].

1) Tek Rota İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalar

Araç rotalama problemi içinde yer alan tek bir rotanın iyileştirilmesi amacı ile kullanılan ve 1965 yılında Lin tarafından Gezgin Satıcı Problemi için geliştirilen λ -opt literatürde en fazla kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde λ adet doğru (bir rotadan çıkarılarak)mümkün olan permütasyonlarda rotanın çeşitli noktalarına eklenmektedir. Mevcut çözümden daha iyi çözüm bulunması halinde yöntem bu yeni rotayı çıktı olarak vermektedir. λ -opt yöntemi genellikle birbiri ile kesişmeyen doğruların bulunduğu bir rota oluşturulmaya çalışılır. λ -opt yönteminin bazı versiyonlarında başlangıç rotasından daha iyi sonucun elde edildiği durumda çözüm saklanarak algoritmadan çıkılmayıp, arama süreci devam ettirilmektedir. Genel olarak bir ARP'de λ -opt algoritması $O(n^\lambda)$ sürede sonuç bulması beklenmektedir. λ -opt yöntemi üzerinde değişiklikler yapılarak örneğin art arda gelen belli sayıda nokta yer değiştirilerek bu süre kısaltılabilmektedir [64].

2) Çok Rota İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalar

Çok Rota İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalar da bir ARP içinde yer alan rotalar arasında nokta alış verisi yaptırılmaktadır. Thompson ve Psaraftis'in 1993 yılında geliştirdikleri b-devirsel transfer yönteminde dairesel permutasyon ile sıralanan b rota ele alınıp her rotadan k adet müşteri diğer rotaya atanarak yeni çözümler elde edilmektedir. Literatürde bu konuda yapılan birçok çalışmayı Breedam toplayarak 2-devirsel yer değiştirme yöntemleri için aşağıdaki sınıflandırmayı yapmıştır [59]:

3) Van Breedam Sezgiseli

Burada ilgilenilen 4 operasyon vardır. Bunlar Zincir Çaprazlama (SC), Zincir Değiş-tokuşu (SE), Zincir Yerdegistirme (SR) ve Zincir Bağdaştırma (SM) [59].

Zincir Çaprazlama (SC): İki farklı rotanın iki kenarını çaprazlayarak değişen iki zincir arasındaki harekettir [59].

Zincir Değiş-tokuşu (SE): İki rota arasında durakların iki zincirinin değiş-tokuşuyla bir komşuluk çözümü üreten harekettir. Sembolik olarak, her iki rotada değişen zincirlerin uzunluğunu gösteren tamsayılar x_1 ve x_2 temsil edilen (x_1, x_2) olarak gösterilir. Eğer K zincirlerin maksimum uzunluğunu gösterecek, $1 \leq x_1 \leq K$ ve $1 \leq x_2 \leq K$ kısıtı karşılanmalıdır. x_1 ve x_2 zincirlerinin uzunlukları ister istemez eşit olmaz [59].

Zincir Yerdegistirme (SR): Bir rotadan diğerine bir zincirin hareketi bu şekilde tanımlanır. Sembolik olarak gösterimi ise $(x, 0)$ veya $(0, x)$ şeklindedir. Maksimum zincir uzunluğunu gösteren K parametresi yer değiştirecek durakların maksimum sayısını kısıtlamaktadır [59].

Zincir Bağdaştırma (SM): Zincir değiş-tokuşu ve zincir Yerdegistirme operasyonlarının bir karışımıdır. Bu operasyon uygulama esnasında zincir değiş tokuşu veya zincir yerdegistirmeden en iyisini seçer [59].

4) Kinderwater ve Savelsbergh Sezgiseli

Kinderwater ve Savelsbergh sezgisel yönteminde turlar izole olarak düşünülmez, böylece yollar ve müşteriler farklı turlar arasında değiştirilebilir. Bu değişikliği yapan operasyonlar [63];

Müşteri Kaydırma: Bir rotada bulunan bir müşteri diğer bir rotaya kaydırılmasıdır.

Çaprazlama: İki rota bir noktada kesiştirilmesidir.

Müşteri değiş-tokuşu: İki farklı rotada bulunan iki müşteri birbiri ile yer değiştirilmesidir.

5) Thomson ve Psaraftis Sezgiseli

Thomson and Psaraftis (1993), her j ve sabit tamsayı k için k taleplerinin l_j rotasından $l_{\delta j}$ rotasına transferini içeren dairesel k -transferleri konseptine dayanan bir metod önermişlerdir. $\{l_r\}$ rotalar kümesi ($r=1, \dots, m$), fizibil bir çözüm oluşturur ve $\delta, \{r=1, \dots, m\}$ alt kümesinin dairesel bir permütasyonudur. Özellikle δ sabit bir kardinal olan C' 'ye sahipse, C -dairesele k -transferine ulaşırız. k kukla taleplerine her rotada izin vererek, talep transferleri rotaların dairesel permütasyonlarından çok permütasyonlar arasında oluşur [63];

c) İki Aşamalı Sezgisel Algoritmalar

İki aşamalı sezgisel algoritmaların temelinde önce gruplama sonra rotalama işlemlerinin yapılması yatar. Bu tür algoritmalarda dağıtım (ya da toplama) için gidilecek olan müşteriler ilk olarak müşteri taleplerine göre kapasite gruplaması yapılır. Daha sonra ise bu gruplanan müşteriler arasındaki aracın izleyeceği rota oluşturulur.

1) Süpürme (Sweep) Algoritması

Sweep yöntemini çalışması şu şekilde yapılır [64]:

- Bir harita üzerinde depo (orijin noktası) ile müşteri noktalarının (varış noktaları) yeri doğru bir şekilde tespit edilir.
- Herhangi bir araç belirlenir.
- Bu araç göz önüne alınarak araç kapasitesine uygun yükleme yapılır. Öncelikle depodan herhangi bir noktaya gidilir. Eğer gidilen noktadaki talep miktarı aracın kapasitesini aşmıyorsa saat yönünde yada ters yönde ikinci bir noktaya gidilir. Bu ikinci noktanın talep miktarı toplam miktara eklenir. Bu toplam miktar eğer aracın kapasitesini aşmıyorsa üçüncü bir noktaya gidilir, aksi halde araç depoya geri döndürülür.

- Birinci araç depoya geri döndükten sonra ikinci araç için rota hazırlanır. İkinci aracın rotası birinci aracın en son uğradığı noktadan başlar ve 3. adımdaki gibi devam eder. Bu işlem şebeke içerisindeki tüm noktalar rotaya katılincaya kadar sürer.
- Tüm noktalar rotalandıktan sonra belirlenen rotalar uygun bir şekilde optimize edilir.

2) Taç Yapağı Algoritması

Süpürme Algoritmasının doğal olarak geliştirilmiş hali olan Taç Yapağı algoritmasında oluşturulan rotalara taç yapağı adı verilmektedir. Bu algoritmada birbiri ile ortak noktaları kullanılabilen bir rota havuzu oluşturulmakta ve aşağıda yer alan modele göre rotaların arasından seçim yapılarak KKARP'ye çözüm üretilmektedir [64]:

$$\text{Amaç Fonksiyonu : } \min Z = \sum_{k \in S} d_k x_k \quad (4.34)$$

$$\sum_{k \in S} a_{ik} x_k = 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (4.35)$$

$$x_k \in \{0,1\} \quad k \in S \quad (4.36)$$

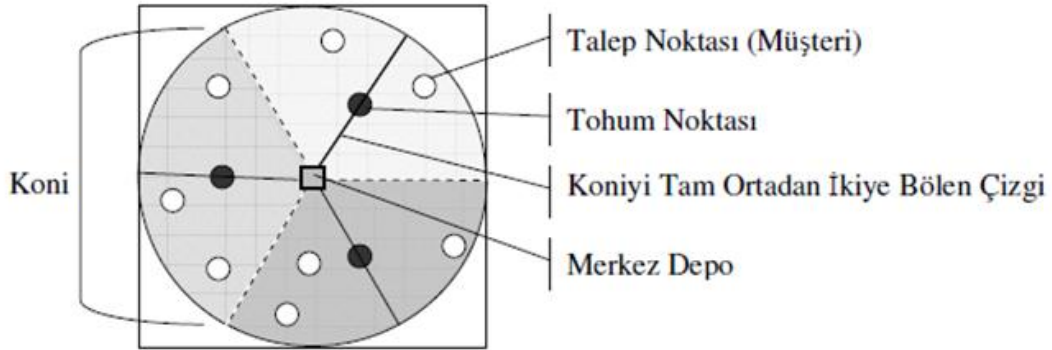
$$a_{ik} \in \{0,1\} \quad k \in S \quad \text{ve} \quad i = 1, \dots, n \quad (4.37)$$

Burada S ifadesi rota setlerini, n müşteri sayısını, k oluşturulan rota sayısını ve d_k ise k rotasının toplam mesafe değerini ifade etmektedir. Eğer $a_{ik} = 1$ ise i nolu müşteri k rotasına aittir. Eğer $x_k = 1$ ise de k rotası çözüme aittir. Bu model ilk olarak Balinski ve Quandt tarafından 1964 yılında kurulmuş olup, büyük boyutlu problemlerde oluşturulabilecek rota sayısı ($|S|$) fazla olduğundan dolayı bu problemlere uygulanması zorlaşmaktadır. Foster ve Ryan tarafından 1976'da geliştirilen, sezgisel kurallar ile bir araca atanan müşterilerin daha uygun bir şekilde belirlendiği Taç Yapağı Algoritmasına, Tekli Taç Yapağı Algoritması denilmektedir. Renaud vd. tarafından bu kurallar 1996 senesinde bir adım daha ileri götürülerek aynı anda iç içe veya kesişen iki rota ele alınmaktadır. Bu yöntemle, Çiftli Taç Yapağı Algoritması adı verilmiştir. Yazarlara göre Çiftli Taç Yapağı Algoritması, KKARP için diğer klasik sezgisel yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermektedir [66].

3) Fisher ve Jaikumar Atama Tabanlı Algoritması

Araç sayısı (rota sayısının) sabit kabul edildiği KKARP'ye uygulanan bu yöntem 1981 yılında Fisher ve Jaikumar tarafından geliştirilmiştir. Bu teknikte geometrik olarak gruplama yerine, Genel Atama Problemi çözümü ile gruplama yapılmakta ve oluşturulan gruplara GSP çözüm teknikleri uygulanarak rotalar belirlenmektedir [64]. Bu yöntemin işleyiş adımları aşağıda belirtilmiştir [64]:

Adım 1. Problemin yer aldığı düzlemi, tepe noktaları depo olacak şekilde müşteri talep miktarları ve kapasite kısıtları dikkate alarak K adet koniye böl. Her bir koni için koniyi tam ortadan bölen bir doğru parçasının ortasında yer alan sanal j_k tohum noktası belirle ($k = 1, \dots, K$) (j_k tohum noktası k konisi için maliyet hesaplamada kullanılacaktır. Şekil 4.5'de 8 noktalı bir KKARP için tohum noktalarının yerlerinin nasıl belirlendiği gösterilmektedir).



Şekil 4.5 Fisher ve Jaikumar algoritması için kurulan yapı [63]

Adım 2. Her i. müşterisinin k. gruba atanma maliyetini (c_{ik}) aşağıdaki formüle göre hesapla:

Asimetrik KKARP için:

$$C_{ik} = \min \{ d_{0i} + d_{ij_k} + d_{j_k 0} + d_{0j_k} + d_{j_k i} + d_{i0} \} - (d_{0j_k} + d_{j_k 0}) \quad (4.38)$$

Simetrik KKARP için

$$C_{ik} = d_{0i} + d_{ij_k} - d_{j_k 0} \quad (4.39)$$

Adım 3. Genel Atama Problemini c_{ij} maliyeti, q_i talep miktarı ve C araç kapasite değerine göre çöz ve grupları tamamla.

Adım 4. Oluşturulan her grup için rotaları bir iyileştirme sezgiseli ile optimize et.

4) Bramel ve Simichi-Levi Lokasyon Tabanlı Algoritması

Fisher ve Jaikumar'ın geliştirdikleri atama tabanlı yönteminden farklı olarak, Bramel ve Simichi-Levi Lokasyon Tabanlı Algoritmasında tohum noktalarının yeri, Kapasite Kısıtlı Çoklu Tesis Lokasyonu Belirleme Problemi çözülerek bulunmaktadır. Kapasite Kısıtlı Çoklu Tesis Lokasyonu Belirleme Problemi, müşteri koordinatları ve talep değerleri bilinen bir düzeneğe, n adet ve C kapasiteli tesisin bağlı olduğu müşterilere en yakın konumda olması için hangi koordinatlara kurulacağının bulunduğu problemdir. Algoritmanın isleyiş adımları aşağıda belirtilmektedir [66]:

Adım 1. Toplam talepleri C araç kapasitesini geçmeyecek şekilde müşteriler gruplanarak n adet sanal tesise (tohum noktasına) bağlanırlar. Tohum noktalarının koordinatları, oluşturdukları grup içinde yer alan müşterilere toplam mesafesinin minimum olması hedefiyle belirlenir. Aynı tohum noktasına bağlı talep noktaları bir grup oluştururlar.

Adım 2. Her grupta yer alan müşterilere merkez depo da eklenip bir rota oluşturulur. Aracın müşterilere ziyaret sırası, ekleme mantığı ile belirlenir. Bir k grubunda yer alan tüm noktalar $T_k = \{0, i_1, \dots, i_L\}$ ise rastgele bir nokta seçilerek başlangıç rotası oluşturulur. Daha sonra, rotaya eklenecek talep noktası i 'nin sırası daha önce rotalanmış noktalar ile aşağıdaki maliyet fonksiyonlarından biri seçilerek belirlenir:

Direkt maliyet:

$$C_{ik} = \min \{2d_{ih}\} (h \rightarrow \text{daha önce rotaya atanmış noktalar}) \quad (4.40)$$

En yakın nokta maliyeti:

$$c_{ik} = \min \{d_{ih} + d_{ih-1} + d_{ih+1}\} \quad (4.41)$$

5) Taillard Algoritması

Taillard algoritması (1993), λ -interchange popülasyon mekanizmasını kullanarak komşuluk bölgesini tanımlar. Bireysel rotalar Volgenant ve Jonker'in (1993)

optimizasyon algoritmasını kullanarak yeniden iyileştirilir. Taillarda algoritmasının belirgin özelliği, ana problemlerin alt problemlere ayrılmasıdır.

Bu alt problemlerden olan düzlemsel problemlerde, ilk olarak köşe noktalarını depoda merkezlenen sektörlere ve her sektörün içindeki eş merkezli bölgelere ayırma yoluyla bulunur. Her alt problem bağımsız olarak çözülebilir ancak köşe noktalarının periyodik olarak hareket etmeleri gerekmektedir. Bu durum depo merkezlendiğinde ve köşe noktaları düzlem üzerinde uniform bir şekilde dağıtıldığında duyarlılık yaratır.

Düzlemsel olmayan ya da düzlemsel olup da bu özellikleri içermeyen problemler için yazar depoda konuşlanmış olan en kısa dönüş mesafelerine dayalı (shortest spanning aborescences) farklı bir metot sunar. Bu metot alt problemlerin farklı işlemciler arasında dağıtılmasına olanak veren paralel uygulamalar için en uygundur. Bu iki stratejinin birleştirilmesi mükemmel sonuçlar verir [63].

4.10.2.2 Meta Sezgisel Algoritmalar

Literatürde ilk defa 1986 senesinde Glover tarafından kullanılan “metasezgisel” terimi Yunanca’da “daha ilerisi, üst derecede olanı, daha modern” anlamına gelen “meta” öneki ile İngilizce’de “sezgisel, bulussal” anlamına gelen “heuristic” kelimesinin birleşiminden oluşmuştur. “Heuristic” kelimesi ise Arsimet’in ünlü “Eureka!” (Buldum!) sözünden türetilmiştir. Literatürde “Metasezgisel” kavramı, “Modern Sergisel” veya “Yapay Zeka Yaklaşımı” olarak da geçmektedir [59].

Metasezgisel yöntemler çözüm uzayında etkili bir şekilde arama yapmak için, farklı yapılarıdaki alt kademe sezgisel algoritmaların zekice birleştirilmesi ile oluşturulmuş iterative problem çözme prosedürleridir. Bu yöntemler her iterasyonda bir çözümden veya çözüm koleksiyonunda yola çıkarak yeni çözümler üretirler. Çogu metasezgisel yaklaşım çözüm uzayında stokastik fakat bilinçli bir şekilde arama yapar [63].

a) Tavlama Benzetimi Algoritması

Tavlama Benzetimi (TB), fiziksel tavlama prosesi ile kombinatoriyal optimizasyon problemlerinin benzesiminden ortaya çıkarılmış bir yöntemdir. Fiziksel tavlama prosesi, ısı banyosu içerisindeki katı bir cismin düşük enerjilerini elde etmek için uygulanmaktadır. Eğer katı bir cisim erime noktasına kadar ısıtılır ve sonra hızla

sogutulmaya başlanırsa, katı cismin moleküler yapısı (kristal yapı) soğutma oranına bağlı olarak değişir. TB, ilk olarak 1953 yılında Metropolis, Rosenbluth ve Teller tarafından bir ısı banyosu içindeki taneler kümesinin denge dağılımını hesaplamak amacıyla uygulanmıştır. Metropolis simülasyon yardımı ile enerjideki değişimi hesaplamıştır. Metropolis algoritmasının temel prensibi, soğutma prosesindeki enerji değişimine göre belirlenir. Termodinamik kanuna göre, t . Durumdaki sıcaklığa bağlı olarak enerjideki azalma olasılığı aşağıdaki formül ile elde edilir [63]:

$$P(\delta E) = \exp(\delta E / k.t) \quad (4.42)$$

Tavlama Benzetimi İşlem Adımları (Vural,2006) :Güvenilir sezgisel bir araştırma algoritması başlangıç noktasına bağımlılığı az olan algoritmadır. TB’de çözüm uzayı taranırken yukarı doğru hareketler yani amaç degerinin aleyhine hareketler, değişen bir olasılık tabanlı fonksiyon ile kontrol edilir. TB genel olarak iteratif bir geliştirme algoritmasıdır. Standart bir TB algoritmasının temel adımları aşağıda verilmektedir [59]:

Adım 1. Rasgele olarak bir başlangıç çözümü üret ve en iyi çözüm S olarak ata. Ayrıca t iterasyon indeksini 0 olarak ata.

Adım 2. Bir başlangıç sıcaklık degeri TB belirle ve mevcut sıcaklık degeri $T0 = TB$ olarak ata.

Adım 3. En iyi çözümden hareketle rasgele komşu bir çözüm $S_1 \in N(S)$ oluştur.

Adım 4. Üretilen S_1 çözümüyle S çözümünün amaç fonksiyonu değerleri arasındaki farkı hesapla ($\delta = C(S_1) - C(S)$)

Adım 5. Eger S_1 , S ’den daha iyi ($\delta < 0$) ise S çözümüne S_1 çözümünü ata. S_1 , S ’den daha kötü fakat mevcut Tt sıcaklığında $e^{\frac{-\delta}{T}} > 0$ sağlanıyorsa (θ , 0 ile 1 arasında rasgele üretilmiş bir sayıdır) S çözümü ile S_1 çözümünü yer değiştir. Yoksa S ’i mevcut çözüm olarak muhafaza et.

Adım 6. T sıcaklığını veya 4.43’deki formüle göre değiştir.

$$Tt = R. Tt - 1 \quad (0 < R < 1) \quad (4.43)$$

$$Tt = t / (1 + \beta t) \quad (\beta \text{ uygun küçük bir degerdir}) \quad (4.44)$$

Adım 7. Durdurma kriteri sağlanıyorsa araştırmayı durdur, aksi halde iterasyon indeksi t 'yi bir artırarak üçüncü adıma git.

TB algoritmasının gerçekleştirilmesinde aşağıdaki adımların yerine getirilmesi gerekir:

- Başlangıç çözümünün üretilmesi için bir metodun bulunması.
- Komşu üretme mekanizmasının tanımlanması.
- Komşuluğun nasıl araştırılacağına tanımlanması.
- Soğutma tarifesinin tanımlanması.

b) Tabu Arama Algoritması

TA'nın altında yatan temel fikir araştırma işlemini kontrol etmek amacıyla esnek bir hafıza yapısının kullanılmasıdır. Böyle bir hafıza yapısının kullanım etkisi şu şekilde açıklanabilir: Araştırma boyunca karşılaşılan durumların seçici bir kaydı (H) tutulur ve $N(x^{mevcut})$, $N(H, x^{mevcut})$ ile tanımlanan modifiye edilmiş bir komşuyla yer değiştirir. Bundan dolayı H , mevcut bir çözümden hareketle hangi çözümlere erişilebileceğini ve $N(H, x^{mevcut})$ komşuluk setinden $x^{birsonraki}$ çözümün seçimini belirler. TA'nın temel işlem basamakları aşağıda verilmektedir [63]:

Adım 1. Bir başlangıç çözümü (S) al. Başlangıçta değer atanması gereken parametreler için (tabu listesi uzunluğu, durdurma kriteri, vs) değerlerini ata.

Adım 2. Belirlenen bir komşuluk yapısı ile S 'ye ait komşu çözümler üret ve bu çözümler arasından tabu listesinde olmayan tüm $S^1 \in N(S)$ en iyi kabul edilebilir olan (S^{eniyi}) seç.

Adım 3. Mevcut çözümü (S), S^{eniyi} ile yer değiştir ve tabu listesini yenile

Adım 4. Durdurma kriteri sağlanıncaya kadar Adım 2 ve 3'ü tekrar et.

c) Genetik Algoritmalar

GA genetik popülasyonu üzerine dayalı uyarlamalı bir sezgisel araştırma metodudur. Temel kavramları 1975 yılında Holland tarafından geliştirilmiştir, karmaşık problemlerin çözümünde GA kullanımının pratikliği De Jong (1975) ve Goldberg (1989) tarafından yapılan çalışmalarda ispat edilmiştir. GA, bazı yakınsama kriterleri ile karşılaşıncaya kadar her iterative proses boyunca yavruların yeni jenerasyonunu oluşturarak

kromozomlarla kodlanmış bireylerin popülasyonunu geliştirir. Bu kriterler mesela, jenerasyon sayısının maksimumluguna veya benzer bireylerden olusmus homojen populasyon yakınsamasına karşılık gelebilir. En iyi kromozom üretildiğinde kodu çözülür ve uygun çözümü sağlar. Bireylerin yeni jenerasyonunun olusturulması aslında dört adım yada evreyi kapsar: Gösterim, seçim, rekombinasyon ve mutasyondur [59].

Standart bir GA yordamı aşağıdaki gibi verilebilir [59];

- Olası çözümlerin kodlandığı bir çözüm grubu olusturulur (Çözüm grubu biyolojideki benzerligi nedeniyle populasyon, çözümlerin kodları da kromozom olarak adlandırılır). Populasyonda bulunacak birey sayısı için bir standart yoktur. Genel olarak önerilen 100- 300 aralığında bir büyüklüktür. Büyüklük seçiminde, yapılan işlemlerin karmasıklığı ve aramanın derinliği önemlidir. Populasyon bu işlemde sonra rasgele veya klasik sezgisel yöntemlerle olusturulur. Birey sayısı belirlendikten sonra probleme bağlı olarak kromozomların kodlanması gerekmektedir.
- Populasyondaki her kromozomun ne kadar iyi oldugu bulunur. Bu amaçla kullanılan fonksiyona uygunluk fonksiyonu denir. Bu fonksiyon yardımı ile kromozomların uygunluklarının bulunmasına ise evrimlesme adı verilir. Uygunluk fonksiyonu GA'nın beynini olusturmaktadır. GA'da probleme özel çalışan tek kısım bu fonksiyondur. Uygunluk fonksiyonu, kromozomları problemin parametreleri haline getirerek onların bir bakıma sıfresini çözmekte ve sonra bu parametrelere göre hesaplamayı yaparak kromozomların uygunlugunu bulmaktadır. Çogu zaman GA'nın başarısı bu fonksiyonun verimli ve hassas olmasına bağlıdır.
- Populasyonda bulunan çözümler uygunluk degerlerine göre olasılıksal olarak seçilip eslenerek çaprazlama ve mutasyon operatörleri uygulanır. Sonuçta yeni bir toplum olusturulur. Bu seçimi yapmak için rulet tekerlegi seçimi, turnuva seçimi gibi seçme yöntemleri vardır. Yeniden kopyalama genlerdeki genetik bilginin birinden diğerine geçme işlemine benzedigi için çaprazlama olarak adlandırılır. Bu işlem toplumda çeşitliliği sağlar. Mutasyon ise sadece bir çözüm üzerinde uygulanarak lokal optimum noktalardan kurtulmak için yapılmaktadır.

- Yeni kromozomlara yer açmak için eski kromozomlar çıkartılarak sabit büyüklükte bir toplum sağlanır.
- Tüm kromozomların uygunlukları tekrar hesaplanır ve yeni toplumun basarısı bulunur.
- İşlemler tekrarlanarak verilen nesil sayısı süresince daha iyi olan yeni nesillerin oluşturulması gerçekleştirilir.
- Sonuçta toplumların hesaplanması sırasında en iyi bireyler bulunduğunda çözüm elde edilmiş olur.

d) Karınca Kolonisi Optimizasyon Algoritması

Karınca Kolonisi Optimizasyon (KKO) algoritması Dorigo tarafından 1996 yılında karıncaların yiyecek bulma mekanizmalarından ilham alınarak geliştirilen bir metasezgisel yöntemdir. KKO tekniği genel olarak bir parametrelendirilmiş olasılıksal model olan feramon modeline dayanır. Çogu uygulamada, karıncalar uygun bir çözüm oluşturmak için kullanılsa da, olasılıksal modelin bir sonucu olarak uygun olmayan çözümler de üretilebilmektedir [63].

Karınca algoritması için kullanılan adımlar şöyledir [63]:

Adım 1: Tüm şehirlere belirli miktarlarda $b_i(t)$ karınca yerleştir. Buna göre karıncaların tabu listesi yenilenir. Her hattın koku miktarı sıfırlanır.

Adım 2: Her şehirdeki tüm karıncalar için eğer $j \notin N_i$ ise $p_{ij}(t)=0$ fakat $j \in N_i$ ise $p_{ij}(t)=\frac{[T_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum [T_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}$ ile hesaplanan $p_{ij}(t)$ değerine bağlı olarak hareket etmek amacıyla j .şehir seçilir. Karınca k , j .şehre hareket ettirilir ve j . şehri k . karıncanın tabu listesine dâhil edilir. $\Delta T_{ij}(t,t+1)=\Delta T_{ij}(t,t+1)+Q/d_{ij}$ ile feromen miktarını yinelenir. Her kenar (i,j) için, $T_{ij}(t+1)=p_{ij}(t)+\Delta T_{ij}(t,t+1)$ hesaplanır. Bu adımdaki işlemler tabu listesi dolana kadar tekrarlanır.

Adım 3: Bulunan en kısa tur hafızaya alınır. Durdurma kriterini sağlanıyor ise Adım 4'e gidilir. Aksi takdirde, tüm tabu listesi boşaltılır. Tüm şehirlere belirli miktarda karınca yerleştirilir ve Adım 2'ye geri dönülür.

Adım 4: En kısa tur yazılır ve algoritma durdurulur.

e) Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden biri olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilmek, yeni bilgiler oluşturabilmek ve keşfedebilmek gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilmiş olan bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zordur veya mümkün değildir. Bu nedenle, yapay sinir ağları bilim dalının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir [63].

Yapay sinir ağları, insan beyninin bilgi işleme sisteminden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işlem teknolojisidir. Yapay sinir ağları ile basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli taklit edilir. Taklit edilen sinir hücreleri nöronlar içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak yapay sinir ağını oluştururlar. Bu ağlar ile öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitelerine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle, YSA'lar ile hedeflenen normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözümler üretmektedir. Bir insanın, düşünme ve gözlemleme yeteneklerini gerektiren problemlere çözümler üretebilmesinin ana sebebi, insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğidir [63].

MODEL TASARIMI

Bu bölümde, daha önceki bölümlerde anlatılan yalın lojistik metodlarının entegrasyonunu içeren bir model tasarlanmıştır. Bu tasarım üçüncü parti lojistik şirketlerinin sıklıkla gerçekleştirdikleri çeşitli dağıtım projelerindeki süreçleri kapsamakta ve bu süreçlerin optimum performans ve en ekonomik şekilde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır.

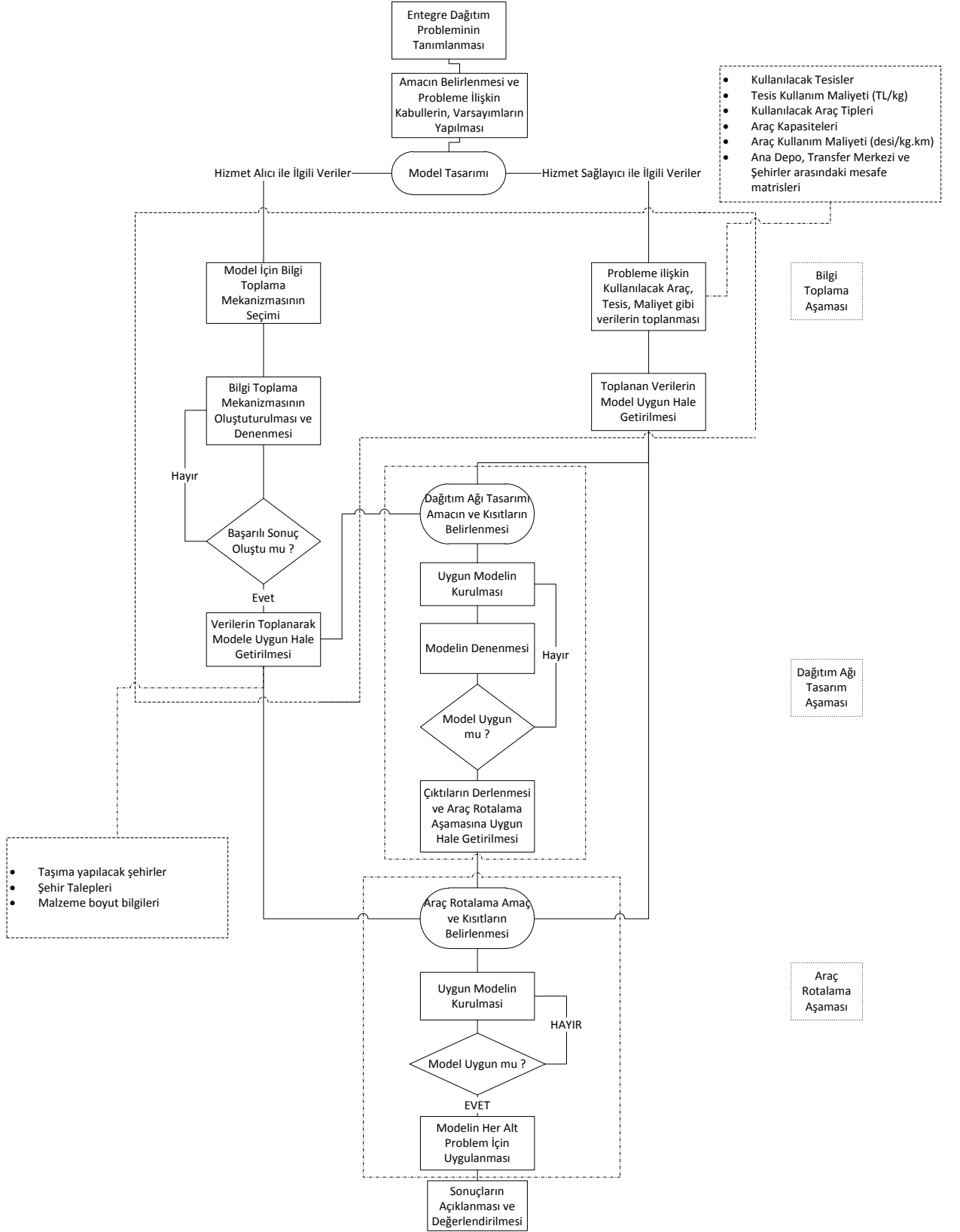
5.1 Modelin Yapısı

Modellemeye konu olan süreç basit olarak 3PL şirketlerin hizmet verdiği müşterilerine ait malzemelerin tedarikçi/tedarikçilerden ana depoya çekilmesi, gerekli elleçlemelerin yapılması ve talep noktalarına dağıtılmasıdır.

Modelin aşamaları ise şu şekildedir ;

- Bilgi toplama
- Dağıtım ağı tasarımı
- Döngüsel sefer araç rotalama.

İlerleyen aşamalarda bu kısımlar detaylı olarak anlatılmaktadır. Bununla birlikte modelin bütünlüğünü ve adımlar arasındaki ilişkileri gösterebilmek amacıyla Şekil 5.1'deki akış ile çerçeve ortaya konulmuştur.



Şekil 5.1 Modelin Tanımlanması ve Çözüm Adımları

Modelin aşamalarına geçmeden önce modelle ilgili varsayımlar ve kabüller aşağıdaki bölümlerde detaylandırılmıştır ve ardından modelin aşamalarına geçilmiştir.

5.2 Model Varsayımları

a) Dağıtım Ağı Tasarımına Ait Varsayımlar

- Model n aşamadan oluşabilir.
- Herhangi bir aşama kendinden sonraki aşamalara taşıma gerçekleştirebilir.
- Taşınacak yükler belirli sayıdaki farklı tipte olabilir.
- Talep miktarları ve herbir aşamadaki ait tesislere ait kapasite miktarları bilinmektedir.

b) Araç Rotalamaya İlişkin Varsayımlar

- Araç rotalama daha önceki bölümde bahsedilen açık uçlu araç rotalama şeklinde yapılmaktadır.
- Farklı kapasitede araçlar kullanılabilir.
- Daha önceki aşamalarda malzemeler çapraz yükleme işlemleri gerçekleştireceği için tek tip malzeme şeklinde rotalama yapılabilir.

5.3 Model Aşamaları

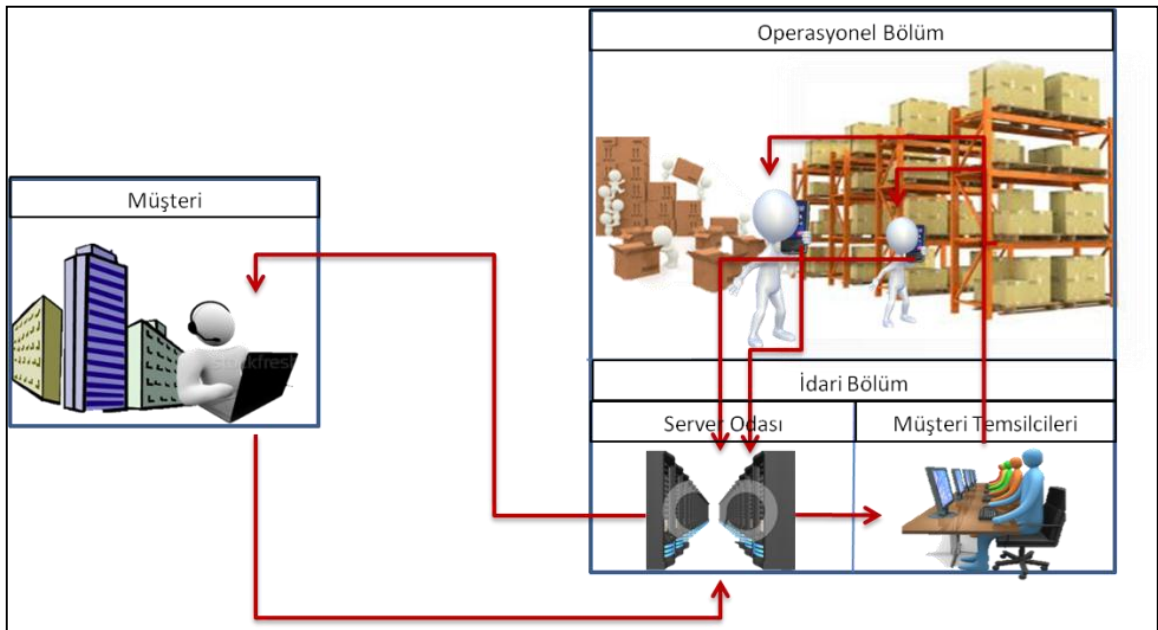
Bu kısımda yukarıda bahsedilen model aşamalarına ilişkin formülasyonlar ve tasarım anlatılmıştır.

5.3.1 Bilgi Toplama Mekanizmasının Oluşturulması

Modelin bilgi toplama aşamasında, sonraki aşamalara veri oluşturacak bilgilerin elde edilmesi ve derlenmesi ile ilgilidir. Bilgi toplama aşaması; dağıtım yapılacak malzemelerin nitelikleri, hacimleri, hangi noktaya ulaştırılacakları ile ilgilidir.

Bilgi iletimi 3. bölümdeki sipariş yönetimi kısmında anlatılan entegrasyon ile gerçekleştirilecektir.

Bilişim entegrasyonu ya da lojistik sağlayıcı tarafından geliştirilecek bir arayüz uygulaması ile Şekil 5.2’de görüldüğü gibi, müşteri depoya girişini yapılması istediği stoklarını, kendi müşterilerine göndereceği depo siparişlerini belirli bir periyot öncesinden bu uygulama ile iletir. Bu iletim uygulamaya referans olarak atanan web service bağlanır, ilgili değişim sorguları buradan database server’a iletilir ve veriler database’deki konuyla ilgili oluşturulmuş Çizelgelara yazılmış olur. Depo yönetim sistemi üzerinde yapılan geliştirmeler ile bir tetikleyici program belirli periyotlarla müşteriden gelen verileri Depo Yönetim Sistemi’ne düşürür ve işler. Buradan da depo personeline (el terminali kullanıcılarına) konuyla ilgili görevler otomatik oluşturulur.

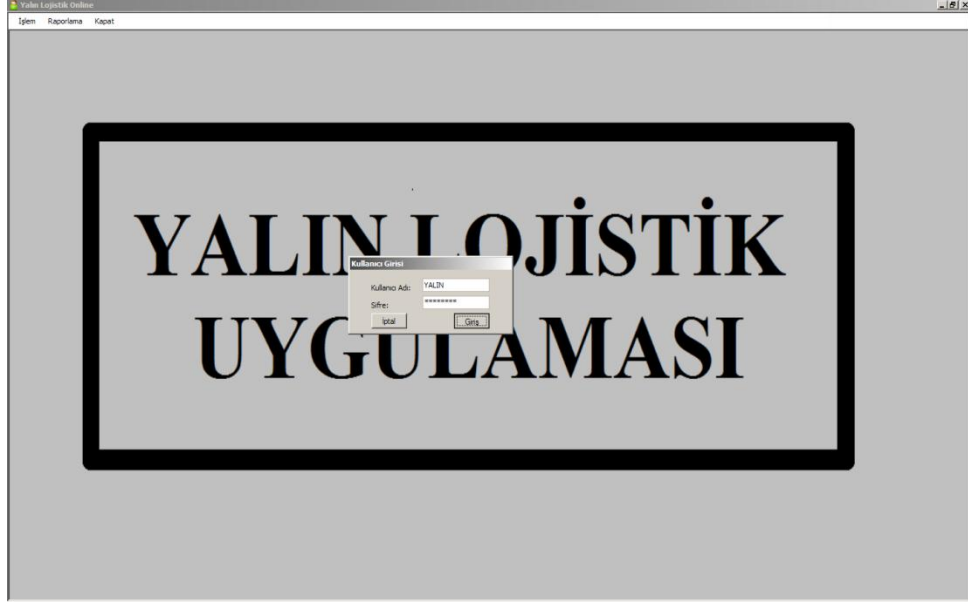


Şekil 5.2 Yalın sipariş yönetimi

Şeklin depolama sağlayıcısından müşteriye olan veri dönüşü ise aynı şekilde depo yönetim sistemi tarafından işlenen veriler database server’da oluşturulan view (yayınlama Çizelgeları) ile web service’e; böylelikle müşteri tarafından her tarama yapıldığında müşterideki interface’e düşer.

Aşağıda bu konuyla ilgili geliştirilen bir windows arayüz uygulamasına ait ekran görüntüleri bulunmaktadır.Yapılan arayüz uygulama; arayüzlerden giderek aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

Uygulama çalıştırılır. Şekil 5.3’de görüldüğü gibi depo müşterisi olarak açılan kullanıcı adı ve şifresi girilir.



Şekil 5.3 Yalın Lojistik Sipariş İletim Uygulaması

Şekil 5.4’de görüldüğü gibi sipariş oluşturmak için Sipariş Gönder sekmesine girilir.



Şekil 5.4 Sipariş gönder sekmesi

Sipariş Gönder arayüzünde, Şekil 5.5’de gönderilecek müşteri adı, adresi vergi dairesi ve no bilgileri girilerek daha sonradan gönderilecek malzeme kalemleri ve miktarları girilir.

Sipariş No: yaln001 ☐ Yeni Müsteri

Müşteri Adı: KANYON MACRO Açıklama:

Müşteri Adresi: Büyükdere Cad. No: 185 Kanyon AVM 2.Bodrum Kat No: 18 - Levent - İstanbul

Veri Daresi: B.MUKELLEPLER

Veri No: 622 052 95 13

Malzeme Kodu: Miktar: 10 KOLİ

Transferi Başlat

id	Product
1021	1021 PFANNER ANAVAS NENTARE
1398	1398 PFANNER 2 LT YEŞİL ELMA
1399	1399 PFANNER 2 LT K. PORTAKAL
1400	1400 PFANNER 2 LT B.HC-HE
1437	1437 PFANNER 2 LT PORTAKAL NEK
1441	1441 PFANNER 2 LT KARZOK MEYVE
1447	1447 PFANNER 2 LT A.HC-HE

Drag a column header here to group by that column

Şekil 5.7 Siparişe ait malzemelerin seçilmesi

Şekil 5.8’de ki ilgili kısımlara malzemeler ve miktarları girilir.

Sipariş No: yaln001 ☐ Yeni Müsteri

Müşteri Adı: KANYON MACRO Açıklama:

Müşteri Adresi: Büyükdere Cad. No: 185 Kanyon AVM 2.Bodrum Kat No: 18 - Levent - İstanbul

Veri Daresi: B.MUKELLEPLER

Veri No: 622 052 95 13

Malzeme Kodu: 1398 PFANNER 2 LT YEŞİL ELMA Miktar: 10 KOLİ

Transferi Başlat

Ekle Çıkır Bırak Temizle

Sipariş No	Müşteri Cari Adı	Cari Adresi	Veri Daresi	Veri No	Malzeme Kodu	Malzeme Adı	Miktar	Birim	Açıklama
yaln001	KANYON MACRO	Büyükdere Cad. No: 185 ...	B.MUKELLEPLER	622 052 95 13	1398	1398 PFANNER 2 LT YEŞİL...	10	KOLİ	

Drag a column header here to group by that column

Şekil 5.8 Sipariş kalemlerinin eklenmesi

Şekil 5.9’da gösterilen sipariş kalemleri böylelikle oluşturulmuş olur ve transeri başlat butonu ile Çizelgeya eklediğimiz sipariş ve sipariş kalemleri yukarıda anlatılan bilgi akışı ile depoya buradan müşteri temsilcilerine ve depo personeline aktarılır.

The screenshot shows the 'Yalın Lojistik Online' application window. The main form is titled 'Sipariş Göster' and contains the following fields:

- Sipariş No: yalın001
- Müşteri Adı: KANYON MACRO
- Müşteri Adresi: Büyükdere Cad. No: 185 Kanyon AVM 2.Bodrum Kat No: 18 Levent - İstanbul
- Vergi Dairesi: B.MAKELLEPLER
- Vergi No: 622 052 95 13
- Malzeme Kodu: 1437 PFANNER 2 LT PORTAKAL İNK.
- Miktar: 16 KOLİ

Buttons include 'Yeni Müsteri', 'Açıklama', 'Transferi Başlat', 'Gide', 'Okur', and 'Görün Temizle'.

A confirmation dialog box is displayed in the center, asking 'Kayıtlar başarıyla aktarılmıştır. Onay Veriyormusunuz.' with 'Evet' and 'Hayır' buttons.

Below the dialog is a table with the following data:

Sipariş No	Müşteri Cari Adı	Cari Adresi	Vergi Dairesi	Vergi No	Malzeme Kodu	Malzeme Adı	Miktar	Birim	Açıklama
yalın001	KANYON MACRO	Büyükdere Cad. No: 185 ...	B.MAKELLEPLER	622 052 95 13	1368	1368 PFANNER 2 LT VES...	16	KOLİ	
yalın001	KANYON MACRO	Büyükdere Cad. No: 185 ...	B.MAKELLEPLER	622 052 95 13	59006	59006 PFANNER 2 LT C+...	12	KOLİ	
yalın001	KANYON MACRO	Büyükdere Cad. No: 185 ...	B.MAKELLEPLER	622 052 95 13	59008	59008 PFANNER 4 VC HE...	15	KOLİ	
yalın001	KANYON MACRO	Büyükdere Cad. No: 185 ...	B.MAKELLEPLER	622 052 95 13	1021	1021 PFANNER ANKAS...	5	KOLİ	
yalın001	KANYON MACRO	Büyükdere Cad. No: 185 ...	B.MAKELLEPLER	622 052 95 13	1437	1437 PFANNER 2 LT POR...	16	KOLİ	

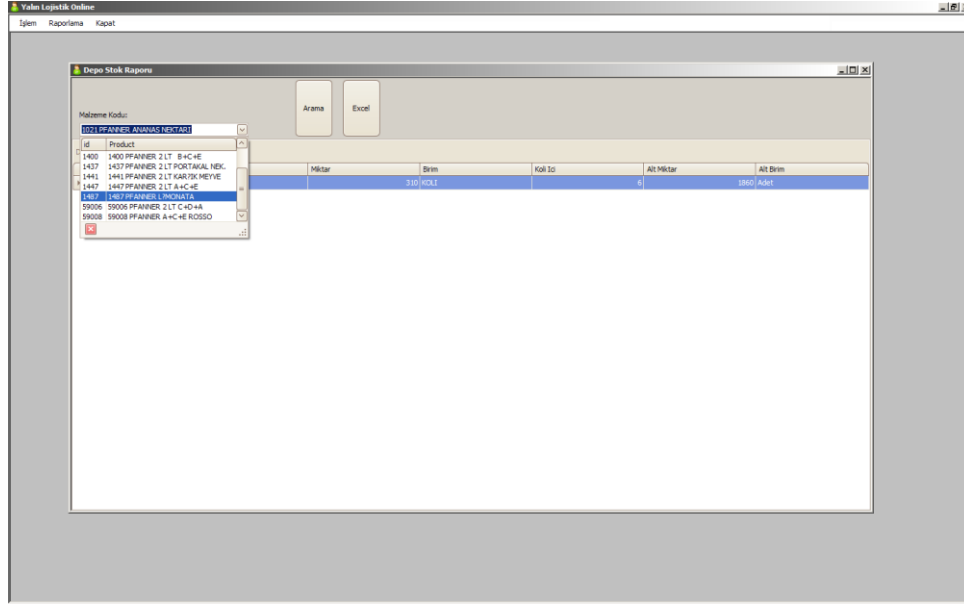
Şekil 5.9 Oluşturulan sipariş bilgisinin transfer edilmesi

Uygulamadaki diğer bir sekme Şekil 5.10'da görülen Stok Rapor sekmesidir ve müşterinin stoklarını anlık izlemesini sağlar.



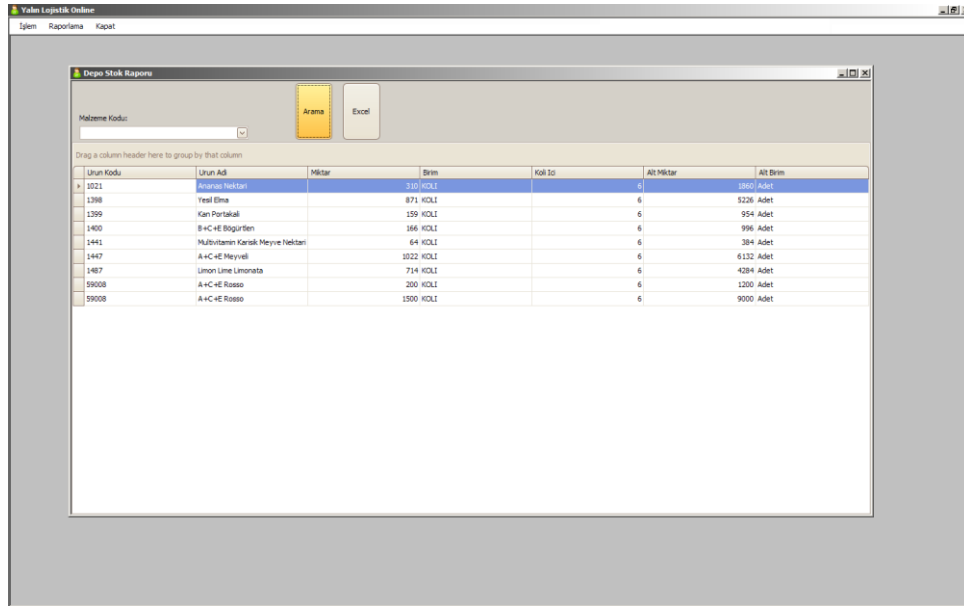
Şekil 5.10 Anlık stok raporu ekranına giriş

Bu arayüzde anlık olarak stok takibi yapılmaktadır ve Şekil 5.11'deki gibi malzeme kısıtı koyarak stok taraması yapılabilir ya da;



Şekil 5.11 Malzeme filtresi ile stok raporu oluşturma

Malzeme kısıtı koymadan arama yapıldığında Şekil 5.12'deki gibi mevcut tüm stok bilgileri anlık olarak görüntülenir.



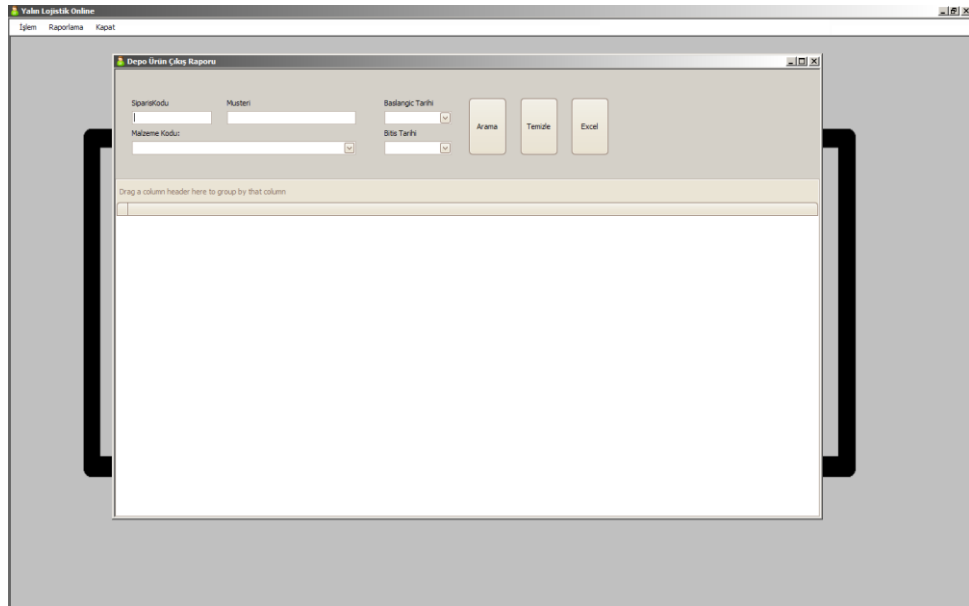
Şekil 5.12 Tüm stok bilgisinin raporlanması

Şekil 5.13'de görülen sonraki sekmemiz Depo Çıkış Raporu sekmesidir ve buradan daha önce gönderimi yapılan siparişler taranmakta ve depoya verilen siparişlerin ne durumda (beklemede, işlemde , tamamlanmış) olduğunu izlenmesini sağlar.



Şekil 5.13 Depo çıkış rapor ekranına giriş

Bu ekranda da Şekil 5.14’de görüldüğü gibi malzemeye göre, sipariş nosuna göre, tarihe göre tarama yapılabilinip buna göre kıyaslama yapılabilir. Buradan çıkarılacak sonuçlarla talep tahminlerinde bulunabilir.



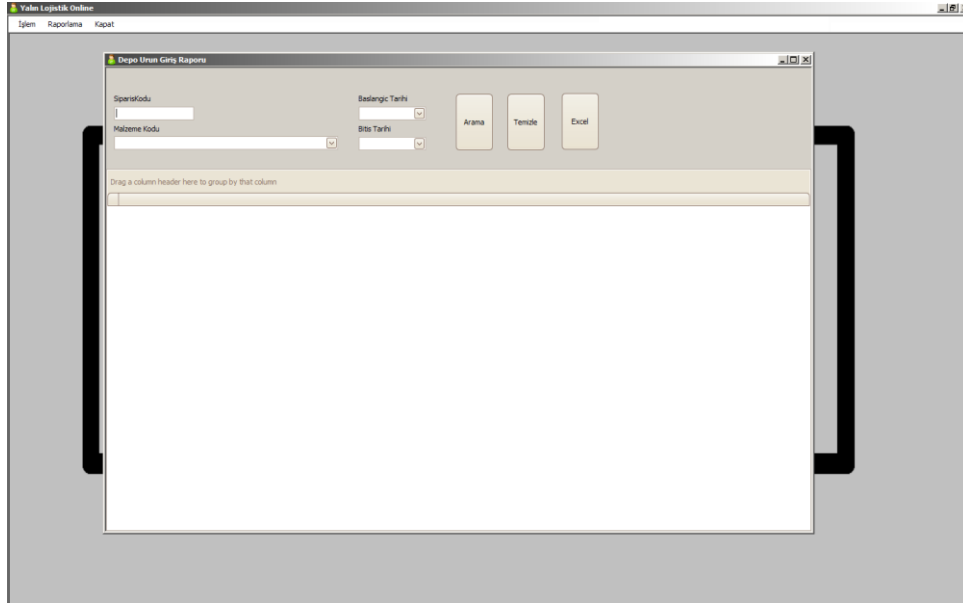
Şekil 5.14 Depo çıkış raporu (siparişler) ekranı

Sonraki sekmemiz Şekil 5.15’de gösterilen Depo Giriş Rapor sekmesidir. Bu ise depo müşterisinin depoya teslim ettiği stokların depoya girişlerinin takip edilmesi için kullanılmaktadır.



Şekil 5.15 Depo giriş raporu (mal kabuller) ekranına giriş

Şekil 5.16’da gösterildiği gibi aynı şekilde burada da teslim alma sipariş numarası, malzeme, ve tarih kısıtları ile depoya ne kadar hangi malzemeden stok girişi yapıldığını gözlemlenmesine yardımcı olur.



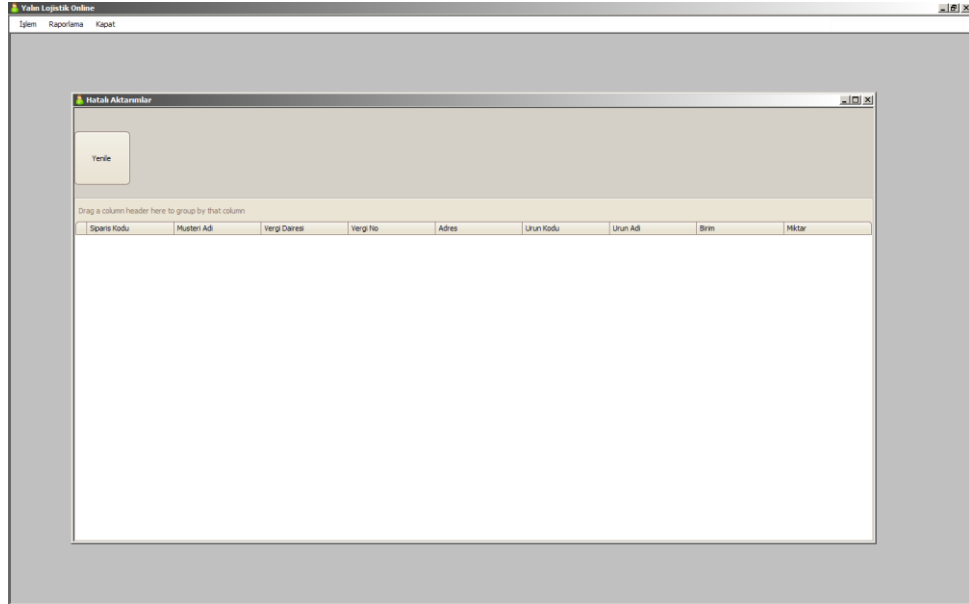
Şekil 5.16 Depo giriş ekranı rapor filtreleme seçenekleri

Son raporumuz Şekil 5.17’deki Hatalı Aktarımlar’dır. Burada ise uygulamadaki alanlara göre hareket edilmeyip, farklı giriş yapıldığında Depo Yönetim Sistemine aktarılamayan ancak database iletilmiş siparişleri görüntüler. Kullanıcı eğer yanlış giriş yapmışsa bu ekrandan kendisini kontrol edebilir.



Şekil 5.17 Hatalı aktarım ve kayıtlar ekranına giriş

Bu ekranda belirli bir kısıta gerek yoktur ve sadece kontrolün olduğunca sağlanabilmesi için program içerisinde oluşturulmuş methodlardan birisidir.



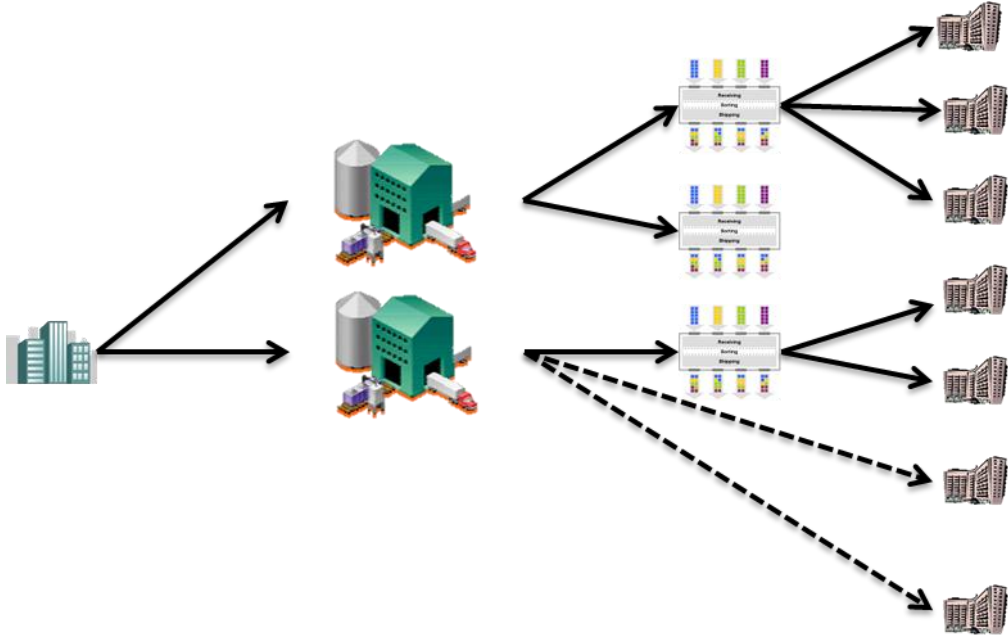
Şekil 5.18 Hatalı aktarım ve kayıtlar ekranı

Bu bilgiler doğrultusunda depo yönetim sistemi tarafından talep noktaları ve talep miktarları oluşturulmuş olacaktır. Fiziksel olarak elleçlenen malzemeler dağıtıma çıkmak için hazır olacaktır.

5.3.2 Dağıtım Ağı Tasarımının Modellenmesi

Model tasarımının bu bölümünde dağıtım ağının optimum kullanılması, hizmet düzeyinin yükseltilip maliyetlerin azaltılması amacına uymak için çeşitli seçenekler belirlenmiştir.

Şekil 5.19’da basit görünümü verilmiş olan dağıtım ağı tasarımında; hangi çapraz yükleme noktalarının kullanılacağı, hangi talep noktalarına hangi çapraz yükleme noktaları ile hizmet verileceği eşleştirilmesi, hangi talep noktalarına ana dağıtım merkezinden hizmet verileceği gibi sorulara cevap verebilmek için dağıtım ağı tasarımı ile ilgili modelleme yapılacaktır.



Şekil 5.19 Genel Dağıtım Ağı

Yukarıda bahsedilen sorula cevap bulmak kullanılacak formülasyon aşağıdaki gibidir ;

Notasyon

m = Müşteriden başlangıç crossdocka çekilecek olan malzeme miktarı

s = Malzemelerin müşteriden başlangıç crossdocka çekme ve crossdockta elleçleme maliyeti (TL/kg)

a_{ik} = Başlangıç crossdocktan talep noktalarına taşınacak miktar

x_{ik} = Malzemelerin başlangıç crossdocktan talep noktalarına taşıma maliyeti (TL/kg)

b_{ij} = Başlangıç crossdocktan transfer merkezlerine taşınacak miktar

y_{ij} = Malzemelerin başlangıç crossdocktan transfer merkezlerine taşıma maliyeti (TL/kg)

c_{jk} = Transfer merkezlerinden talep noktalarına taşınacak olan miktar

z_{jk} = Malzemelerin transfer merkezlerinden talep noktalarına taşıma maliyeti (TL/kg)

WH_j = Transfer merkezlerindeki elleçleme maliyeti (TL/kg)

$$WO_j = \begin{pmatrix} 1 & \text{Transfer merkezi açılırsa} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{pmatrix}$$

Amaç Denklemi

$$\text{Min}Z = m.s + \sum_i \sum_k (a_{ik} \cdot x_{ik}) + \sum_i \sum_j WO_j b_{ij} \cdot y_{ij} + \sum_j \sum_k WO_j c_{jk} z_{jk} + \sum_i \sum_j WO_j b_{ij} WH_j \quad (5.1)$$

Kısıtlar

Taşıma modunun seçimine ait kısıt:

$$\sum_i (a_{ik}) + \sum_j (c_{jk} - d_k) = 0 \quad \forall k \in K \quad (5.2)$$

Yeterli miktarda transfer merkezinin kullanılmasını sağlayan kısıt:

$$WO_j \sum_i b_{ij} \geq \sum_k c_{jk} \quad \forall j \in J \quad (5.3)$$

Müşteriden ana transfer merkezine geçecek miktarın, toplam dağıtılacak miktardan fazla olması gerektiği ve dolayısıyla talebe uygun miktarda malzemenin ilk ve ikinci aşamalara gönderilmesini sağlayan kısıt:

$$m \geq \sum_i \sum_k a_{ik} + \sum_i \sum_j b_{ij} \quad (5.4)$$

Transfer merkezlerine gelen malzemenin miktarının, transfer merkezlerinden talep noktalarına taşınacak malzeme miktarlarından daha fazla olması gerektiği, dolayısıyla ikinci aşamaya yeterli miktarının geçmesini sağlayan kısıt:

$$\sum_i \sum_j b_{ij} \geq \sum_j \sum_k c_{jk} \quad (5.5)$$

Toplamda kullanılacak maksimum transfer merkezinin aşılmaması ile ilgili kısıt:

$$\sum_j^J W O_j \leq U_j \quad (5.6)$$

5.3.3 Araç Rotalama Aşamasının Modellenmesi

Bu kısımda ise yukarıda formüle edilen dağıtım ağı tasarımı çıktılarına göre araç rotalama gerçekleştirilmiştir. Dağıtım ağının oluşturulmasından sonra oluşacak olan gruplamalara göre araç rotalamaya ilişkin alt problemler oluşacaktır. Burada oluşacak olan rotalamalar ;

- Tedarikçilerden ana depo/depolara
- Ana depo/depolardan çapraz yükleme noktalarına
- Ana depo/depolardan talep noktalarına
- Çapraz yükleme noktalarından talep noktalarına şeklinde olabilir.

Modelin bu kısmında gerçekleştirilecek araç rotalama açık uçlu olacaktır. Bunun sebebi ise 3PL şirketlerin nakliye hizmeti aldığı tedarikçilere geri dönüş ücreti ödememesinden kaynaklanmaktadır. Nakliye hizmeti alınan ya da kiralık araçlara aylık belirli bir sabit ücretin üzerine km başına değişken bir ücret ödenmesi modelin bu kısmında kullanılacak olan formülasyonun açık uçlu araç rotalamaya uygun bir formülasyon olmasının gerektirmektedir.

Açık uçlu araç rotalama formülasyonu aşağıdaki gibidir. Ve [68]'de uygulanan çalışmada kullanılan notasyon üzerinden uyarlanmıştır.

Notasyon

K : Toplam araç sayısı

N : Toplam müşteri sayısı

$CAP_k = k$ aracının kapasitesi

C_{ij} : i noktasından j noktasına taşıma maliyeti

C_0 : bir birim ürünün bir gün depoda tutulmasının maliyeti

M_i : i müşteri noktasındaki talep

Tk_i : i müşteri noktasının k aracı ile karşılanan talebi

i : i müşteri noktası

j : j müşteri noktası

u : i veya j noktası

$$X_{ijk} = \begin{pmatrix} 1 & i \text{ noktasından } j \text{ noktasına } k \text{ aracı ile taşıma varsa} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{pmatrix}$$

Amaç Denklemi

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N c_{ij} \cdot X_{ijk} \quad (5.7)$$

Araç kapasitesi her araç için karşılanan taleplerin toplamıyla aşılmamalıdır;

$$\sum_{i=1}^N T_{ki} \leq CAP_k \quad \forall k = (1, \dots, K) \quad (5.8)$$

Araçların son teslim yerlerinden çıktıklarında depoya dönmemesi ve en son girdikleri düğümde kalmaları için; giren kolların çıkan kollardan büyük olması gerekmektedir.

$$\sum_{i=0, i \neq u}^N \sum_{k=1}^K x_{iuk} - \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K x_{ujk} \geq 0 \quad \forall u = \{1, 2, \dots, N\} \quad (5.9)$$

Her aracın rotasına depodan başlayarak çıkması gerekmektedir.

$$\sum_{j=1}^N x_{0jk} \geq \sum_{i=0}^N \sum_{j=1, j \neq i}^K x_{ijk} \quad \forall k = \{1, 2, \dots, K\} \quad (5.10)$$

Her talebin tamamen karşılanması gerekmektedir.

$$\sum_{k=1}^K T_{ki} = M_i \quad \forall i = \{1, 2, \dots, N\} \quad (5.11)$$

Talebi karşılayacak kadar rota olmalıdır.

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N x_{ijk} M - \sum_{k=1}^K T_{ki} \geq 0 \quad \forall k = \{1, 2, \dots, K\} \quad (5.12)$$

Gidilen yoldan geri dönülmemesi gerekmektedir.

$$x_{ijk} + x_{jik} = 1 \quad \forall k, \forall i, \forall j \quad (5.13)$$

$$x_{ijk} \in (0,1) \quad \forall k, \forall i, \forall j \quad (5.14)$$

Model aşamalarının uygulanmasıyla birlikte, yönettiğimiz dağıtım projesinde hangi ana depoların, hangi çapraz yükleme noktalarının kullanılacağı, hangi talep noktalarına hangi ana depodan doğrudan taşıma yapılacağı ve bu doğrudan taşımaların rotaları, hangi talep noktalarına hangi çapraz yükleme noktalarından taşıma yapılacağı ve kullanılacak çapraz yükleme noktalarından çıkacak araç rotaları sonuçları ortaya çıkacaktır ve toplam taşı maliyeti hesaplanabilecektir.

BÖLÜM 6

UYGULAMA

Bu tezin uygulaması, Aras Lojistik bünyesinde gerçekleştirilen taşıma projelerinden birisi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Mevcut durumda yürümekte olan projeye, önerilen model uygulanmış ve işletme biriminde yapılan maliyet çalışması ile önerilen model sonucunda optimize edilen sistem maliyetleri karşılaştırılmış ve sunulmuştur.

6.1 Firma Tanıtımı

Aras Lojistik, Aras Holding şirketlerinden Fillo A.Ş grup üyesidir. Tekstil ve hazır giyim, ayakkabı, medikal, otomotiv yedek parça, hızlı tüketim, mağazacılık , elektronik vb. birçok sektörde özel hizmet sağlamaktadır. Türkiye'nin dağıtım ve lojistik operasyonlarında alternatif çözüm hizmetleri sunan önemli şirketlerinden biri olan Fillo müşteri beklentilerini temel alan özel bilgi işlem alt yapısıyla sektöründe lider birçok firmaya hizmet vermektedir. Fillo, 1.500 çalışanı, 415 araçlık filosu, 10 Bölge Müdürlüğü, 201 şubesi ile faaliyet göstermektedir.

Fillo; Aras Holding bünyesinde bulunan Fillo Kargo, Aras Lojistik ve Aras Kurye'nin birleşmesi ile kurulmuştur. Bu üç kuruluşun gücü, müşterilerinin tedarik zincirinde daha etkin ve verimli olmasını sağlayacak hizmetleri rahatlıkla sunabilecek bir şekilde bir araya getirilmiştir

Aras Lojistik büyük şehirlerde paletli veya koli ölçeğinde her türlü ürünün zincir mağazalara, toptancılara, bayilere ve son kullanıcılara kadar olan dağıtımını gerçekleştirmek üzere kurulmuştur. Bunu sağlamak amacıyla üreticinin tezgahından, ithalatçının dünyanın her noktasından malını almak, paletlemek veya sevke hazır hale getirmekle başlayan, şehirler arası ağır nakliyesini yapan, bölgelerdeki dağıtım merkezlerinde stoklayan ve dijital ortamdan gelen talebe uygun olarak en hızlı şekilde istenilen adrese dağıtmak hizmetlerini

vermektedir. Bu alt yapı ülkemizdeki üreticilerin veya ihracatçıların büyük şehirlerine, gümrüklerimize veya çıkış limanlarımıza kadar olan sevkıyat talebini de karşılayacak biçimde hazırlanmıştır.

Hizmetler

Şehiriçi Toplama ve Dağıtım

- Komple
- Parsiyel
- Kargo

Yurtiçi Taşımacılık

- Toplu Taşıma
- Komple
- Parsiyel
- Kargo

Tüm yurt sathında 1000'in üzerinde yerleşim birimine en kısa süre içerisinde ürünlerin ulaştırılmasını sağlar.

Depolama

Gümrüklü Depolar

- Tek Kullanıcı Depolar
- Çok Kullanıcı Depolar

Gümrüksüz Depolar

- Tek Kullanıcı Depolar
- Çok Kullanıcı Depolar.

Elleçleme ve Katma Değerli Hizmetler

- Paketleme
- Etiketleme

- Stok kontrol
- Yeniden ambalajlama
- Koli birleştirme
- Paket bozma
- Shrinkleme
- Raporlama
 - Faturalandırma
 - Sipariş alımı
 - İzlenebilirlik
 - Entegrasyon
 - Tek fatura

6.2 Problemin Tanımlanması

Aras Lojistik, proje çalışmalarında çeşitli üreticilerin ve hizmet sağlayıcılarının Türkiye genelindeki bayi ya da noktalarına dağıtım projelerini de üstlenmektedir. Çalışmanın bu aşamasında İstanbul'da bulunan bir yayın evinde basılacak olan kitapların bir kurumun Türkiye'nin 81 ilinde bulunan noktalarına taşınması konusu ele alınacaktır.

Aras Lojistik bu tür çalışma projelerini kendisinin de dahil olduğu diğer grup bünyesindeki şirketlerden de hizmet olarak gerçekleştirmektedir. Modellemenin probleme uygulaması gerçekleştirilirken bu yapı göz önünde bulundurulacaktır.

Aşağıda probleme ilişkin bilgiler verilmiştir ve sonraki kısımda ele alınan projenin Aras Lojistik bünyesindeki gerçekleştirilen şekli ile maliyet çalışması anlatılacak ve mevcut durumda projenin gerçekleştirilme maliyeti hesaplanacaktır. Daha sonra modelleme ile ulaşılan sonuçlar verilecektir. Son aşamada ise mevcut durum ile modelleme çalışması sonucu ulaşılan sonuçlar kıyaslanarak sunulacaktır.

Gerçekleştirilecek projede taşınacak olan malzemeler yayın evine ait 4 farklı kitaptır. Bu kitaplar boyut olarak eş değer niteliktedirler. Kitaplar yayın evinden farklı kolilerde

gelmektedir ve bu kitaplar özel set ambalajında birleştirilerek tek bir malzeme gibi davranılacaktır. Kitapların bir araya getirilmesi işlemi Aras Lojistik tarafından gerçekleştirilecektir. Çizelge 6.1’de kitaplara ait bilgiler bulunmaktadır.

Çizelge 6.1 Dağıtım yapılacak kitaplara ait bilgiler

	Kitap 1	Kitap 2	Kitap 3	Kitap 4
Adet/Koli	50	50	50	50
Kg/Adet	0,200	0,200	0,200	0,200

Yayın evinin hizmet verdiği kuruluşun il bazındaki noktaları ve bu noktaların kitap cinsine göre talep miktarları koli bazında Çizelge 6.2’deki gibidir.

Çizelge 6.2 İllere Ait Talep Miktarları

SIRA	İLİ	TOPLAM ADET	TOPLAM KOLİ	TOPLAM KG
1	Adana	25800	516	5160
2	Adıyaman	13600	272	2720
3	Afyonkarahisar	17200	344	3440
4	Ağrı	5800	116	1160
5	Amasya	12000	240	2400
6	Ankara	91800	1836	18360
7	Antalya	27600	552	5520
8	Artvin	3400	68	680
9	Aydın	10600	212	2120
10	Balıkesir	19800	396	3960
11	Bilecik	3200	64	640
12	Bingöl	3600	72	720
13	Bitlis	5800	116	1160
14	Bolu	8000	160	1600
15	Burdur	9400	188	1880
16	Bursa	33400	668	6680
17	Çanakkale	6400	128	1280

Çizelge 6.2 Devam.

SIRA	İLİ	TOPLAM ADET	TOPLAM KOLİ	TOPLAM KG
18	Çankırı	6400	128	1280
19	Çorum	17600	352	3520
20	Denizli	15200	304	3040
21	Diyarbakır	20400	408	4080
22	Edirne	10400	208	2080
23	Elazığ	11600	232	2320
24	Erzincan	5400	108	1080
25	Erzurum	18400	368	3680
26	Eskişehir	11200	224	2240
27	Gaziantep	26000	520	5200
28	Giresun	12000	240	2400
29	Gümüşhane	3200	64	640
30	Hakkari	2800	56	560
31	Hatay	21600	432	4320
32	Isparta	14400	288	2880
33	Mersin	28400	568	5680
34-1	İstanbul-Avrupa	86800	1736	17360
34-2	İstanbul-Anadolu	86800	1736	17360
35	İzmir	42400	848	8480
36	Kars	3600	72	720
37	Kastamonu	6200	124	1240
38	Kayseri	48400	968	9680
39	Kırklareli	4800	96	960
40	Kırşehir	6000	120	1200
41	Kocaeli	52000	1040	10400
42	Konya	57200	1144	11440
43	Kütahya	10800	216	2160
44	Malatya	18000	360	3600
45	Manisa	23200	464	4640

Çizelge 6.2 Devam.

SIRA	İLİ	TOPLAM ADET	TOPLAM KOLİ	TOPLAM KG
46	Kahramanmaraş	29400	588	5880
47	Mardin	5400	108	1080
48	Muğla	7600	152	1520
49	Muş	5600	112	1120
50	Nevşehir	12000	240	2400
51	Niğde	12200	244	2440
52	Ordu	21200	424	4240
53	Rize	14400	288	2880
54	Sakarya	29200	584	5840
55	Samsun	32800	656	6560
56	Siirt	8800	176	1760
57	Sinop	2000	40	400
58	Sivas	16400	328	3280
59	Tekirdağ	8800	176	1760
60	Tokat	14800	296	2960
61	Trabzon	30800	616	6160
62	Tunceli	1400	28	280
63	Şanlıurfa	10200	204	2040
64	Uşak	6200	124	1240
65	Van	24000	480	4800
66	Yozgat	23000	460	4600
67	Zonguldak	15000	300	3000
68	Aksaray	11600	232	2320
69	Bayburt	3600	72	720
70	Karaman	5600	112	1120
71	Kırıkkale	6000	120	1200
72	Batman	5600	112	1120
73	Şırnak	3200	64	640
74	Bartın	8000	160	1600

Çizelge 6.2 Devam.

SIRA	İli	TOPLAM ADET	TOPLAM KOLİ	TOPLAM KG
75	Ardahan	2400	48	480
76	Iğdır	1600	32	320
77	Yalova	4400	88	880
78	Karabük	7200	144	1440
79	Kilis	2000	40	400
80	Osmaniye	12800	256	2560
81	Düzce	14200	284	2840

Projeye ait genel bilgiler yukarıdaki gibidir. Öncelikle Aras Lojistik'te bu projenin nasıl gerçekleştirileceğine ve maliyetlerin nasıl oluştuğuna ilişkin çalışma yapılacaktır ve bu çalışma esnasında projeye ait diğer bilgiler (kullanılacak dağıtım merkezleri, noktaları uzaklıkları vs gbi) sunulmuştur.

6.3 Mevcut Durum İçin Süreç ve Maliyet Analizi

Bu kısımda yapılan maliyet çalışmasına ait süreçleri özetlemek gerekirse şu şekildedir; İlk olarak kitaplar İstanbul'da bulunan yayın evinden Aras Lojistik'e ait olan araçlarla alınır ve Hadımköy'de bulunan crossdock'a getirilir. Hadımköy crossdock'ta indirilen kitaplar konsolide işlemleri gerçekleştirilerek anahat araçlarına yüklenmekte ve talebin bulunduğu ile ait crossdock'a iletilmektedir. Daha sonra varış crossdock'tan talebin bulunduğu ile göre varış şubesi tarafından alınarak ilgili noktaya teslim edilmektedir.

Aras Lojistik bünyesinde gerçekleştirilen bu analiz çalışmasıyla belirli bir kar düzeyine hangi fiyatlarla ulaşılabileceği araştırılmaktadır. Şirket bünyesinde kullanılan yapıda proje ya da devam eden şirket sözleşmelerinin belirli km baremlerine göre fiyatlandırılması istenmektedir. Bu yüzden çalışma km baremlerine göre fiyat verilerek toplam maliyete ulaşılması planlanmıştır.

Burada fiyat verilerek toplam maliyete ulaşılması fikrinin sebebi ise, grup bünyesindeki şirketlerin kullanılması, operasyonun olacağı lokasyonda acente ya da şubenin bulunması gibi etkenlerden dolayı operasyona ait bazı maliyet kalemlerinin fiyatın yüzdesi şeklinde oluşmasıdır.

Bu aşamada oluşan maliyetler aşağıda sıralanmıştır;

Çıkış Şube Maliyeti: Yayın evinden kitapların alınarak, Hadımköy crossdock'a iletilmesi, ve bu süreçte gerçekleşen elleçleme (indir/bindir) işlemlerine ait maliyetlerdir.

Çıkış şube maliyeti, çeşitli acentelerinde bulunduğu şube portföyünde yapılan sözleşmeye göre, projeye konu olacak çalışmalarda çıkış şube maliyeti fiyatın % 8' ini oluşturmaktadır.

Çıkış Crossdock Maliyeti: Yayın evinden gelen kitapların geçici olarak depolanması, ilgili hat araçlarına yüklenmesi vs gibi süreçleri içeren maliyetlerden oluşmaktadır.

Çıkış crossdock maliyeti ise çeşitli istatistik ve trendlerle (gerçekleşen veriler üzerinden) aylık olarak hesaplanmakta ve sabit bir maliyet olarak eklenmektedir. Projenin yapıldığı zamana ilişkin çıkış crossdock maliyeti desi/kg başına 0.017 TL'dir.

Hat Maliyeti: Hadımköy crossdock'tan talebin bulunduğu ile ait crossdock arasındaki taşıma maliyetidir. Hat maliyeti de çıkış crossdock maliyeti gibi hesaplanmakta ve varış iline (km) göre değişen bir maliyettir.

Varış Crossdock Maliyeti: Malzemelerin hat aracından indirilmesi, varış şubesine göre konsolide edilmesi, geçici depolanması vs gibi süreçlere ait maliyetlerdir. Çıkış crossdock gibi istatistiki verilere göre hesaplanan varış crossdock'a göre değişen maliyettir.

Varış Şube Maliyeti: Varış crossdock ile varış şube arasındaki taşıma, şubede elleçleme işlemleri ve ilgili bayiye teslimi gibi süreçlerin maliyetidir. Bu kısımda kullanılacak olan şube firmasına göre değişiklik göstermektedir. Aras Kargo'ya ait şube kullanılacaksa (Fillo'ya ait şube bulunmayan noktalarda) farklı bir maliyet oluşmaktadır.

Bu projede ağırlık üzerinden çalışılacağından illere göre talep ağırlıkları, mesafeleri ve mesafe baremleri Çizelge 6.3'de görülmektedir;

Çizelge 6.3 İllere Göre Talep (kg), Mesafe ve Mesafe Baremi

Varış İl Plaka	Varış İli	Ağırlık (kg)	Mesafe (km)	Barem
1	Adana	5160	939	900+ Km
2	Adıyaman	2720	1209	900+ Km
3	Afyon	3440	460	201-600 Km
4	Ağrı	1160	1405	900+ Km
5	Amasya	2400	671	601-900 Km
6	Ankara	18360	453	201-600 Km
7	Antalya	5520	724	601-900 Km
8	Artvin	680	1301	900+ Km
9	Aydın	2120	681	601-900 Km
10	Balıkesir	3960	390	201-600 Km
11	Bilecik	640	250	201-600 Km
12	Bingöl	720	1307	900+ Km
13	Bitlis	1160	1500	900+ Km
14	Bolu	1600	262	201-600 Km
15	Burdur	1880	602	601-900 Km
16	Bursa	6680	243	201-600 Km
17	Çanakkale	1280	320	201-600 Km
18	Çankırı	1280	497	201-600 Km
19	Çorum	3520	614	601-900 Km
20	Denizli	3040	647	601-900 Km
21	Diyarbakır	4080	1364	900+ Km
22	Edirne	2080	230	201-600 Km
23	Elazığ	2320	1211	900+ Km
24	Erzincan	1080	1036	900+ Km
25	Erzurum	3680	1225	900+ Km
26	Eskişehir	2240	330	201-600 Km
27	Gaziantep	5200	1125	900+ Km
28	Giresun	2400	931	900+ Km
29	Gümüşhane	640	1093	900+ Km

Çizelge 6.3 Devam.

Varış İl Plaka	Varış İli	Ağırlık (kg)	Mesafe (km)	Barem
30	Hakkari	560	1812	900+ Km
31	Hatay	4320	1130	900+ Km
32	Isparta	2880	601	601-900 Km
33	İçel	5680	932	900+ Km
34	İstanbul	34720	0	Şehiriçi
35	İzmir	8480	561	201-600 Km
36	Kars	720	1425	900+ Km
37	Kastamonu	1240	508	201-600 Km
38	Kayseri	9680	772	601-900 Km
39	Kırklareli	960	211	201-600 Km
40	Kırşehir	1200	638	601-900 Km
41	Kocaeli	10400	111	0-200 Km
42	Konya	11440	668	601-900 Km
43	Kütahya	2160	360	201-600 Km
44	Malatya	3600	1113	900+ Km
45	Manisa	4640	525	201-600 Km
46	Kahramanmaraş	5880	1045	900+ Km
47	Mardin	1080	1450	900+ Km
48	Muğla	1520	780	601-900 Km
49	Muş	1120	1417	900+ Km
50	Nevşehir	2400	729	601-900 Km
51	Niğde	2440	797	601-900 Km
52	Ordu	4240	887	601-900 Km
53	Rize	2880	1142	900+ Km
54	Sakarya	5840	148	0-200 Km
55	Samsun	6560	735	601-900 Km
56	Siirt	1760	1551	900+ Km
57	Sinop	400	691	601-900 Km
58	Sivas	3280	893	601-900 Km

Çizelge 6.3 Devam.

Varış İl Plaka	Varış İli	Ağırlık (kg)	Mesafe (km)	Barem
59	Tekirdağ	1760	132	0-200 Km
60	Tokat	2960	785	601-900 Km
61	Trabzon	6160	1068	900+ Km
62	Tunceli	280	1166	900+ Km
63	Şanlıurfa	2040	1262	900+ Km
64	Uşak	1240	499	201-600 Km
65	Van	4800	1637	900+ Km
66	Yozgat	4600	670	601-900 Km
67	Zonguldak	3000	331	201-600 Km
68	Aksaray	2320	674	601-900 Km
69	Bayburt	720	1129	900+ Km
70	Karaman	1120	781	601-900 Km
71	Kırıkkale	1200	529	201-600 Km
72	Batman	1120	1464	900+ Km
73	Şırnak	640	1631	900+ Km
74	Bartın	1600	420	201-600 Km
75	Ardahan	480	1410	900+ Km
76	İğdır	320	1516	900+ Km
77	Yalova	880	176	0-200 Km
78	Karabük	1440	396	201-600 Km
79	Kilis	400	1181	900+ Km
80	Osmaniye	2560	1024	900+ Km
81	Düzce	2840	217	201-600 Km

Yukarıda anlatılan maliyetlerin il bazında hesalanmasının özeti Çizelge 6.4’de gösterildiği gibidir ;

Çizelge 6.4 Aras Lojistik Dağıtım Mevcut Durum Maliyet Çalışması

Varış İli	Ağırlık (kg)	Çıkış Şube	Çıkış XDC	Hat Maliyeti	Varış XDC	Varış Şube	GYG	Kg	Toplam Maliyet	Birim Kg Fiyat
Adana	5160	0,02	0,02	0,1	0,02	0,01	0,04	0,2	1042,26	0,22
Adıyaman	2720	0,02	0,02	0,13	0,02	0,01	0,04	0,24	650,99	0,22
Afyon	3440	0,01	0,02	0,07	0,02	0,01	0,04	0,18	602,62	0,17
Ağrı	1160	0,02	0,02	0,16	0,02	0,01	0,04	0,27	311,26	0,22
Amasya	2400	0,02	0,02	0,12	0,02	0,01	0,04	0,22	535,28	0,19
Ankara	18360	0,01	0,02	0,08	0,02	0,01	0,04	0,18	3262,74	0,17
Antalya	5520	0,02	0,02	0,07	0,02	0,01	0,04	0,17	930,46	0,19
Artvin	680	0,02	0,02	0,14	0,02	0,01	0,04	0,25	171,73	0,22
Aydın	2120	0,02	0,02	0,08	0,02	0,01	0,04	0,18	390,38	0,19
Balıkesir	3960	0,01	0,02	0,05	0,02	0,01	0,04	0,15	602,34	0,17
Bilecik	640	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	0,04	0,17	107,98	0,17
Bingöl	720	0,02	0,02	0,15	0,02	0,01	0,04	0,26	184,59	0,22
Bitlis	1160	0,02	0,02	0,18	0,02	0,01	0,04	0,29	332,14	0,22
Bolu	1600	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	0,04	0,16	255,76	0,17
Burdur	1880	0,02	0,02	0,09	0,02	0,01	0,04	0,2	367,1	0,19
Bursa	6680	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,04	0,14	907,81	0,17
Çanakkale	1280	0,01	0,02	0,05	0,02	0,01	0,04	0,16	198,61	0,17
Çankırı	1280	0,01	0,02	0,08	0,02	0,01	0,04	0,18	235,73	0,17
Çorum	3520	0,02	0,02	0,12	0,02	0,01	0,04	0,22	784,14	0,19
Denizli	3040	0,02	0,02	0,08	0,02	0,01	0,04	0,18	561,97	0,19
Diyarbakır	4080	0,02	0,02	0,16	0,02	0,01	0,04	0,26	1069,33	0,22
Edirne	2080	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,04	0,13	273,65	0,17
Elazığ	2320	0,02	0,02	0,15	0,02	0,01	0,04	0,25	590,35	0,22
Erzincan	1080	0,02	0,02	0,16	0,02	0,01	0,04	0,27	289,93	0,22
Erzurum	3680	0,02	0,02	0,14	0,02	0,01	0,04	0,25	916,85	0,22
Eskişehir	2240	0,01	0,02	0,05	0,02	0,01	0,04	0,15	332,62	0,17
Gaziantep	5200	0,02	0,02	0,11	0,02	0,01	0,04	0,22	1123,12	0,22
Giresun	2400	0,02	0,02	0,12	0,02	0,01	0,04	0,23	553,04	0,22
Gümüşhane	640	0,02	0,02	0,14	0,02	0,01	0,04	0,25	161,74	0,22
Hakkari	560	0,02	0,02	0,26	0,02	0,01	0,04	0,37	206,74	0,22
Hatay	4320	0,02	0,02	0,12	0,02	0,01	0,04	0,23	972,27	0,22

Çizelge 6.4 Devam.

Varış İli	Ağırlık (kg)	Çıkış Şube	Çıkış XDC	Hat Maliyeti	Varış XDC	Varış Şube	GYG	Kg	Toplam Malivet	Birim Kg Eivat
İsparta	2880	0,02	0,02	0,09	0,02	0,01	0,04	0,19	561,3	0,19
Mersin	5680	0,02	0,02	0,12	0,02	0,01	0,04	0,23	1300,45	0,22
İstanbul	34720	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,11	3654,54	0,14
İzmir	8480	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	0,04	0,16	1346,93	0,17
Kars	720	0,02	0,02	0,16	0,02	0,01	0,04	0,27	193,95	0,22
Kastamonu	1240	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	0,04	0,16	198,66	0,17
Kayseri	9680	0,02	0,02	0,08	0,02	0,01	0,04	0,18	1775,38	0,19
Kırklareli	960	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,04	0,13	127,38	0,17
Kırşehir	1200	0,02	0,02	0,1	0,02	0,01	0,04	0,2	243,44	0,19
Kocaeli	10400	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,04	0,13	1364,4	0,15
Konya	11440	0,02	0,02	0,08	0,02	0,01	0,04	0,19	2120,69	0,19
Kütahya	2160	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	0,04	0,17	359,7	0,17
Malatya	3600	0,02	0,02	0,13	0,02	0,01	0,04	0,24	850,16	0,22
Manisa	4640	0,01	0,02	0,08	0,02	0,01	0,04	0,18	844,62	0,17
Kahramanmaraş	5880	0,02	0,02	0,13	0,02	0,01	0,04	0,24	1404,97	0,22
Mardin	1080	0,02	0,02	0,18	0,02	0,01	0,04	0,29	309,37	0,22
Muğla	1520	0,02	0,02	0,08	0,02	0,01	0,04	0,18	280,46	0,19
Muş	1120	0,02	0,02	0,15	0,02	0,01	0,04	0,26	286,03	0,22
Nevşehir	2400	0,02	0,02	0,1	0,02	0,01	0,04	0,2	484,88	0,19
Niğde	2440	0,02	0,02	0,1	0,02	0,01	0,04	0,2	492,93	0,19
Ordu	4240	0,02	0,02	0,12	0,02	0,01	0,04	0,23	965,33	0,19
Rize	2880	0,02	0,02	0,14	0,02	0,01	0,04	0,25	720,85	0,22
Sakarya	5840	0,01	0,02	0,05	0,02	0,01	0,04	0,15	872,16	0,15
Samsun	6560	0,02	0,02	0,11	0,02	0,01	0,04	0,2	1341,55	0,19
Siirt	1760	0,02	0,02	0,18	0,02	0,01	0,04	0,29	502,9	0,22
Sinop	400	0,02	0,02	0,12	0,02	0,02	0,04	0,23	90,88	0,19
Sivas	3280	0,02	0,02	0,16	0,02	0,01	0,04	0,27	871,86	0,19
Tekirdağ	1760	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,04	0,13	229,04	0,15
Tokat	2960	0,02	0,02	0,12	0,02	0,01	0,04	0,22	659,71	0,19
Trabzon	6160	0,02	0,02	0,13	0,02	0,01	0,04	0,23	1428,66	0,22
Tunceli	280	0,02	0,02	0,15	0,02	0,02	0,04	0,26	73,01	0,22

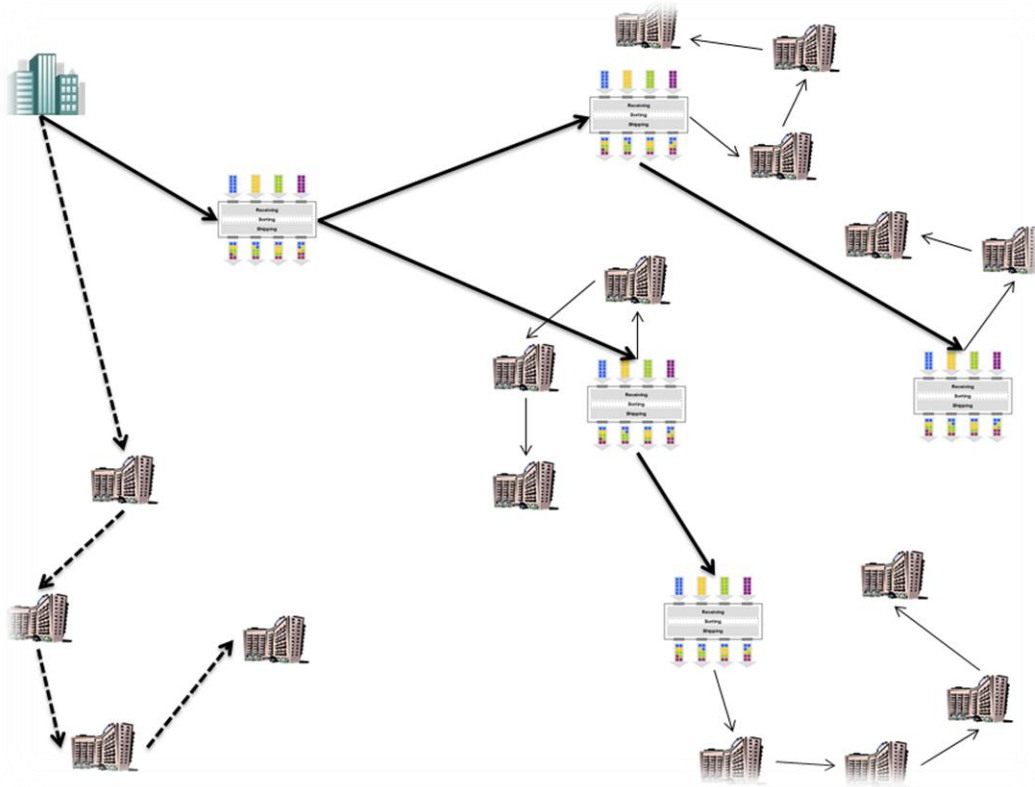
Çalışmanın sonucuna bakıldığında özet olarak Çizelge 6.5'deki gibidir; Projenin toplam maliyeti **52.368,776 TL** olarak belirlenmiştir ve birim olarak mesafelere göre gösterilmiştir.

Çizelge 6.5 Mevcut durum maliyet çalışması sonuçları

Barem	Toplam Ağırlık	Toplam Malivet	Birim Malivet
Sehirici	34720	3654.544	0.105
0-200 Km	18880	2601.36	0.137
201-600 Km	70360	11484.336	0.163
601-900 Km	75520	15232.104	0.201
900+ Km	78120	19396.432	0.248
Toplam	277600	52368,776	0,188

6.4 Dağıtım Projeleri İçin Tasarlanan Modelin Probleme Uygulanması

Beşinci bölümde anlatılan dağıtım modeli bu kısımda probleme uygulanacaktır. Probleme ilişkin kurulması belirlenen yapı Şekil 6.1'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1 Dağıtım Projesi Modeli

6.4.1 Bilgi Toplama Mekanizması

Bu aşamada kıyaslama ile ilgili mevcut durumda bir maliyet olmadığından ve bu maliyetler ölçülmediğinden dolayı nicel verilerle kıyaslama yapılmamıştır. Ancak modelde anlatılan mekanizmanın görünmeyen maliyetleri elemine ettiği aşıkardır ve bu konuya ilişkin örnek kazanımlara tezin Yalın Lojistik bölümünde anlatılan Sipariş Yönetimi tekniği kısmında değinilmiştir.

Problemin ilk aşamasına baktığımızda malzemelerin yayınevinden ana depoya çekilerek burada özel set ambalajına konulması işlemi ve gideceği lokasyon ve miktara bağlı olarak elleçlenmesi gerekmektedir.

Bu süreçle ilgili olarak ilk durumda yukarıda anlatıldığı gibi irsaliyeler ile malzemeler ana depoya getirilip teslim ediliyor ve gideceği lokasyona göre irsaliyeler oluşturulup özel set ve mikarlar bu irsaliyelere göre oluşturuluyordu. Burada yaşanan hem insan hataları hem de bilgi mekanizmasının ve kontrolün manuel olmasından dolayı yaşanan hatalı elleçlemeler, uzun süren işlemler vs görünmez maliyetler oluşturmaktadır.

Ancak tasarlanan modelin bilgi toplama mekanizmasının seçimi aşamasında anlatılan geliştirme ile bilgiler depoya elektronik yolla gönderilip, depoda elleçleme işlemleri depo yönetim sistemi ve buna bağlı RF terminalleri ile gerçekleştirildiğinde hem daha kısa sürede elleçleme işlemleri gerçekleştirilmekte, hem yanlış elleçleme ve sipariş oluşturma işlemlerinin önüne geçilmektedir.

6.4.2 Dağıtım Ağı Tasarımı

Bu kısımda model tasarımı bölümünde anlatılan dağıtım ağının oluşturulması ile ilgili genel model probleme uygulanacaktır. Daha önceki kısımlarda kitaplara ait bilgiler ve şehirlere ait talep miktarları verilmişti, bu kısımda ilgili bölümdeki model formülasyonu Lingo 9.0 paket programı ile kodlanarak sonuçlar bu kısımda açıklanacaktır.

Modelin uygulamasında kullanılabilir transfer merkezleri Çizelge 6.6'da listelenmiştir; Transfer Merkezleri arasındaki elleçleme maliyetleri farkı kullanılan transfer merkezinin farklı grup şirketine ait olmasından kaynaklanmaktadır. TM1 kodu ile gösterilen Hadımköy transfer merkezi çıkış transfer merkezidir.

Çizelge 6.6 Kullanılabilir Transfer Merkezleri ve Kg Başına Elleçleme Maliyetleri

Model Kodu	Tranfer Merkezleri	Elleçleme Maliyeti TL/Kg
TM1	Hadımköy	0,017
TM2	Adana	0,017
TM3	Afyonkarahisar	0,027
TM4	Ankara	0,017
TM5	Bursa	0,017
TM6	Diyarbakır	0,017
TM7	Erzurum	0,027
TM8	Gaziantep	0,027
TM9	Kurtköy	0,027
TM10	İzmir	0,017
TM11	Kayseri	0,027
TM12	Kocaeli	0,027
TM13	Konya	0,017
TM14	Malatya	0,027
TM15	Samsun	0,017
TM16	Trabzon	0,017
TM17	Van	0,027
TM18	Düzce	0,017
TM19	Merzifon	0,027

Dağıtım ağı modelinin uygulamasında taşımalar ana deponun bulunduğu ve crossdocking işleminin gerçekleştirileceği Hadımköy transfer merkezinden doğrudan talep noktalarına olan taşımalar LTL olarak, Hadımköy'den Türkiye'nin 19 farklı lokasyonundaki transfer merkezlerine FTL ve bu transfer merkezlerinden talep noktalarına Local taşımalar olmak üzere 3 farklı km maliyeti oluşturulmuştur. Maliyetlerin oluşturulmasında LTL gönderilerin ortalama 15000 kg, FTL gönderilerin 27000 kg, local taşımaların ise 20000 kg kapasite ile gerçekleştirileceği hesaplanmıştır.

Ayrıca araç başına hesaplanan sabit maliyet ise Aylık Araç Kira Bedeli/25 iş günü olmak üzere modele eklenmiştir. Böylece bahsedilen transfer merkezlerine ve şehirlere olan taşımalarda taşıma maliyetleri şu şekilde hesaplanmıştır;

Lokasyona olan taşıma maliyeti=Sabit Araç Maliyeti + (İlgili Taşıma (FTL, LTL ya da Local) ile ilgili kmxkg taşıma maliyeti x Lokasyon Mesafesi x Lokasyon Talep Ağırlığı)

Ayrıca yukarıda açıklanan kmxkg başına maliyetler ile hesaplanan Ana transfer merkezinden şehirlere 1x82'lik matris (İstanbul talebi avrupa yakası ve anadolu yakası olmak üzere iki ayrı lokasyon olarak düzenlenmiştir), ana transfer merkezinden diğer transfer merkezlerine 1x18'lik matris ve transfer merkezlerinden şehirlere 18x82'lik matrislerin sunulması kağıt boyutları yüzünden zorlaşacağından dolayı bu verilere ekteki Lingo kodları içerisinde ulaşılabilir.

Ekteki Lingo kodları çalıştırılmış ve Çizelge 6.7, 6.8 ve 6.9'daki sonuçlara ulaşılmıştır;

Çizelge 6.7 Ana Transfer Merkezlerinden Talep Noktalarına Direkt Taşımalar (Shipx)

Taşıma Şekli	TM Model Kodu	TM Adı	Şehir Model Kodu	Şehir Adı	Taşıma Miktarı
SHIPX	TM1	Hadımköy	S14	Bolu	1600
SHIPX	TM1	Hadımköy	S17	Çanakkale	1280
SHIPX	TM1	Hadımköy	S22	Edirne	2080
SHIPX	TM1	Hadımköy	S34	İstanbul - Avr	17360
SHIPX	TM1	Hadımköy	S35	İstanbul -And	17360
SHIPX	TM1	Hadımköy	S40	Kırklareli	960
SHIPX	TM1	Hadımköy	S42	Kocaeli	10400
SHIPX	TM1	Hadımköy	S55	Sakarya	5840
SHIPX	TM1	Hadımköy	S60	Tekirdağ	1760
SHIPX	TM1	Hadımköy	S68	Zonguldak	3000
SHIPX	TM1	Hadımköy	S75	Bartın	1600
SHIPX	TM1	Hadımköy	S78	Yalova	880
SHIPX	TM1	Hadımköy	S79	Karabük	1440
SHIPX	TM1	Hadımköy	S82	Düzce	2840

Çizelge 6.8 Ana Transfer Merkezlerinden Ara Transfer Merkezlerine Taşımalar (Shipy)

Taşıma Şekli	TM Model Kodu	TM Adı	TM Model Kodu	TM Adı	Taşıma Miktarı
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM2	Adana	25360
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM4	Ankara	47200
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM5	Bursa	38320
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM6	Diyarbakır	10400
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM7	Erzurum	12520
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM10	İzmir	12120
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM11	Kayseri	24200
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM13	Konya	12560
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM15	Samsun	16320
SHIPY	TM1	Hadımköy	TM16	Trabzon	10200

Çizelge 6.9 Ara Transfer Merkezlerinden Şehirlere Taşımalar (Shipz)

Taşıma Şekli	TM Model Kodu	TM Adı	Şehir Model Kodu	Şehir Adı	Taşıma Miktarı
SHIPZ	TM2	Adana	S1	Adana	5160
SHIPZ	TM2	Adana	S27	Gaziantep	5200
SHIPZ	TM2	Adana	S31	Hatay	4320
SHIPZ	TM2	Adana	S33	İçel	5680
SHIPZ	TM2	Adana	S64	Şanlıurfa	2040
SHIPZ	TM2	Adana	S80	Kilis	400
SHIPZ	TM2	Adana	S81	Osmaniye	2560
SHIPZ	TM4	Ankara	S5	Amasya	2400
SHIPZ	TM4	Ankara	S6	Ankara	18360
SHIPZ	TM4	Ankara	S18	Çankırı	1280
SHIPZ	TM4	Ankara	S19	Çorum	3520
SHIPZ	TM4	Ankara	S38	Kastamonu	1240
SHIPZ	TM4	Ankara	S41	Kırşehir	1200
SHIPZ	TM4	Ankara	S51	Nevşehir	2400
SHIPZ	TM4	Ankara	S52	Niğde	2440
SHIPZ	TM4	Ankara	S59	Sivas	3280
SHIPZ	TM4	Ankara	S61	Tokat	2960
SHIPZ	TM4	Ankara	S67	Yozgat	4600
SHIPZ	TM4	Ankara	S69	Aksaray	2320
SHIPZ	TM4	Ankara	S72	Kırıkkale	1200

Çizelge 6.9 Devam.

Taşıma Şekli	TM Model Kodu	TM Adı	Şehir Model Kodu	Şehir Adı	Taşıma Miktarı
SHIPZ	TM5	Bursa	S3	Afyon	3440
SHIPZ	TM5	Bursa	S7	Antalya	5520
SHIPZ	TM5	Bursa	S10	Balıkesir	3960
SHIPZ	TM5	Bursa	S11	Bilecik	640
SHIPZ	TM5	Bursa	S15	Burdur	1880
SHIPZ	TM5	Bursa	S16	Bursa	6680
SHIPZ	TM5	Bursa	S20	Denizli	3040
SHIPZ	TM5	Bursa	S26	Eskişehir	2240
SHIPZ	TM5	Bursa	S32	Isparta	2880
SHIPZ	TM5	Bursa	S44	Kütahya	2160
SHIPZ	TM5	Bursa	S46	Manisa	4640
SHIPZ	TM5	Bursa	S65	Uşak	1240
SHIPZ	TM6	Diyarbakır	S13	Bitlis	1160
SHIPZ	TM6	Diyarbakır	S21	Diyarbakır	4080
SHIPZ	TM6	Diyarbakır	S30	Hakkari	560
SHIPZ	TM6	Diyarbakır	S48	Mardin	1080
SHIPZ	TM6	Diyarbakır	S57	Siirt	1760
SHIPZ	TM6	Diyarbakır	S73	Batman	1120
SHIPZ	TM6	Diyarbakır	S74	Şırnak	640
SHIPZ	TM7	Erzurum	S4	Ağrı	1160
SHIPZ	TM7	Erzurum	S12	Bingöl	720
SHIPZ	TM7	Erzurum	S25	Erzurum	3680
SHIPZ	TM7	Erzurum	S37	Kars	720
SHIPZ	TM7	Erzurum	S50	Muş	1120
SHIPZ	TM7	Erzurum	S66	Van	4800
SHIPZ	TM7	Erzurum	S77	Iğdır	320
SHIPZ	TM10	İzmir	S9	Aydın	2120
SHIPZ	TM10	İzmir	S36	İzmir	8480
SHIPZ	TM10	İzmir	S49	Muğla	1520
SHIPZ	TM11	Kayseri	S2	Adıyaman	2720
SHIPZ	TM11	Kayseri	S23	Elazığ	2320
SHIPZ	TM11	Kayseri	S39	Kayseri	9680
SHIPZ	TM11	Kayseri	S45	Malatya	3600
SHIPZ	TM11	Kayseri	S47	Kahramanmaraş	5880
SHIPZ	TM13	Konya	S43	Konya	11440
SHIPZ	TM13	Konya	S71	Karaman	1120
SHIPZ	TM15	Samsun	S24	Erzincan	1080
SHIPZ	TM15	Samsun	S28	Giresun	2400

Çizelge 6.9 Devam.

Taşıma Şekli	TM Model Kodu	TM Adı	Şehir Model Kodu	Şehir Adı	Taşıma Miktarı
SHIPZ	TM15	Samsun	S29	Gümüşhane	640
SHIPZ	TM15	Samsun	S53	Ordu	4240
SHIPZ	TM15	Samsun	S56	Samsun	6560
SHIPZ	TM15	Samsun	S58	Sinop	400
SHIPZ	TM15	Samsun	S63	Tunceli	280
SHIPZ	TM15	Samsun	S70	Bayburt	720
SHIPZ	TM16	Trabzon	S8	Artvin	680
SHIPZ	TM16	Trabzon	S54	Rize	2880
SHIPZ	TM16	Trabzon	S62	Trabzon	6160
SHIPZ	TM16	Trabzon	S76	Ardahan	480

Yukarıda model sonuçlarına göre 14 talep noktasına doğrudan ana transfer merkezinden hizmet verilmesi, geriye kalan 68 talep noktasının ise ara transfer merkezlerinden hizmet verilmesinin ekonomik olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Çizelge 6.9 açıklandığı gibi kullanılabilir 19 ara transfer merkezinden 10'unun kullanılmasının ekonomik olacağı sonucuna varılmıştır.

Bu sonuçlar modelin bir sonraki rotalama aşaması için veri oluşturacaktır ve yukarıdaki sonuçlara göre araç rotalama alt problemleri modelin bir sonraki aşamasında çözülecektir.

6.4.3 Araç Rotalama

Tasarlanan modelin araç rotalama kısmında, dağıtım ağının oluşturulması ile oluşan verilere göre ana transfer merkezinden şehirlere olan direk taşımalar bir araç rotalama alt problemi, ana ve seçilen ara transfer merkezleri arasındaki taşımalar ayrı bir araç rotalama alt problemi ve ara transfer merkezleri ve şehirler arasındaki taşımalar 10 ayrı araç rotalama alt problemi oluşturmuştur. Bu kısımda toplamda 12 alt problem çözülmüş, rotalar ve çıkan maliyetleri belirtilmiştir.

Araç rotalama kısmında kullanılacak veriler ise, yukarıda dağıtım aşamasında anlatılan km başına maliyet ve sabit maliyet konsolide edilmiş ve km başına taşıma maliyeti hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan araç tipi 27000 kg kapasiteye sahip tırdır.

$$\text{Sabit Maliyet} = \text{Aylık Araç Kirası} / (25 \text{ İş günü} \times \text{Bir Günde yapılan ortalama km})$$

$$\text{Değişken Maliyet (TL / km)} = \text{Yakıt lt fiyatı} \times \text{Araç Yakıt Oranı}$$

Toplam Lokasyona Taşıma Maliyet = Sabit Maliyet + (Değişken Maliyet x Lokasyon Mesafesi)

Araç sabit maliyeti km başına 0.55 TL ve km başına taşıma maliyeti ise 1.33 TL şeklinde hesaplanmıştır.

Elleçleme Maliyetleri, sabit olduğundan dolayı modele, rotalamadaki toplam miktarın elleçleme maliyeti ile çarpımı tutarında eklenmiştir. Elleçleme maliyetleri çıkış noktalarına göre daha önceki Çizelge 6.7’de verilmişti. Buna ek olarak ara transfer merkezi kullanmadan yapılan direk taşımalarda varış lokasyon elleçleme maliyeti olarak 0,013 TL/kg eklenecektir. Bunun sebebi ise direk taşımalarda indirme işleminin yevmiyeci tarafından yapılacağıdır.

6.4.3.1 Ana Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Direkt Taşımalar

Çizelge 6.7’de verilen Hadımköy transfer merkezi ve şehirler arasındaki taşımaların rotalaması için Model Tasarımı bölümünün Araç Rotalama kısmında verilen formülasyon Lingo 9.0 paket programında kodlanmış ve kodlar tezin ekinde sunulmuştur.

Çizelge 6.10’da mesafeler sunulmuş ve taşıma maliyetleri yukarıda anlatıldığı gibi hesaplanarak eklenmiştir.

Çizelge 6.10 Ana Transfer Merkezi - Rotalama Yapılacak Şehirler ve Birbirlerine Uzaklıkları (km)

	TM1	S14	S17	S22	S34	S35	S40	S42	S55	S60	S68	S75	S78	S79	S82
TM1	0	337	395	155	25	75	136	186	223	57	406	495	251	471	292
S14	337	0	544	492	312	262	473	151	114	394	159	174	216	134	45
S17	395	544	0	216	370	320	233	399	430	188	613	702	336	678	499
S22	155	492	216	0	280	230	62	341	378	140	561	650	406	626	447
S34	25	312	370	280	0	50	261	161	198	182	381	470	226	446	267
S35	75	262	320	230	50	0	211	111	148	132	331	420	176	396	217
S40	136	473	233	62	261	211	0	322	359	121	542	631	387	607	428
S42	186	151	399	341	161	111	322	0	37	243	220	309	65	285	106
S55	223	114	430	378	198	148	359	37	0	280	183	272	102	248	69
S60	57	394	188	140	182	132	121	243	280	0	463	552	308	528	349
S68	406	159	613	561	381	331	542	220	183	463	0	89	285	176	114
S75	495	174	702	650	470	420	631	309	272	552	89	0	374	87	203
S78	251	216	336	406	226	176	387	65	102	308	285	374	0	350	171
S79	471	134	678	626	446	396	607	285	248	528	176	87	350	0	179
S82	292	45	499	447	267	217	428	106	69	349	114	203	171	179	0

Yukarıda anlatılan maliyet hesaplarına göre 1.88 TL km başına maliyet eklenerek Çizelge 6.11’de kullanılacak olan maliyet matrisi sunulmuştur. Ayrıca çıkış elleçleme ve varış elleçleme toplamda $0.017 + 0.013 = 0.03$ TL/kg olmak üzere rotalamada taşınan toplam talep üzerinden eklenecektir.

Çizelge 6.11 Ana Transfer Merkezi - Rotalama Yapılacak Şehirler ve Taşıma Maliyetleri (TL)

	TM1	S14	S17	S22	S34	S35	S40	S42	S55	S60	S68	S75	S78	S79	S82
TM1	0	635	744	292	47	141	256	350	420	107	765	932	473	887	550
S14	635	0	1024	927	588	493	891	284	215	742	299	328	407	252	85
S17	744	1024	0	407	697	603	439	751	810	354	1154	1322	633	1277	940
S22	292	927	407	0	527	433	117	642	712	264	1056	1224	765	1179	842
S34	47	588	697	527	0	94	492	303	373	343	718	885	426	840	503
S35	141	493	603	433	94	0	397	209	279	249	623	791	331	746	409
S40	256	891	439	117	492	397	0	606	676	228	1021	1188	729	1143	806
S42	350	284	751	642	303	209	606	0	70	458	414	582	122	537	200
S55	420	215	810	712	373	279	676	70	0	527	345	512	192	467	130
S60	107	742	354	264	343	249	228	458	527	0	872	1040	580	994	657
S68	765	299	1154	1056	718	623	1021	414	345	872	0	168	537	331	215
S75	932	328	1322	1224	885	791	1188	582	512	1040	168	0	704	164	382
S78	473	407	633	765	426	331	729	122	192	580	537	704	0	659	322
S79	887	252	1277	1179	840	746	1143	537	467	994	331	164	659	0	337
S82	550	85	940	842	503	409	806	200	130	657	215	382	322	337	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 1393.2 km ve toplam 2619.30 TL taşıma, 2052 TL çıkış ve varış elleçleme olmak üzere; toplam dağıtım maliyeti 4211.3 TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.12 ve Şekil 6.2'de sunulmuştur.

6.4.3.2 Ana ve Ara Transfer Merkezleri Arasındaki Taşımlar

Km başına 1.88 TL taşıma , kg başına 0.017 TL çıkış ve 0.017 varış transfer merkezi olmak üzere toplam 0.034 TL elleçleme maliyeti ile hesaplanmıştır.

Çizelge 6.13 Ana Transfer Merkezi – Ara Transfer Merkezleri Taşıma Maliyetleri (TL)

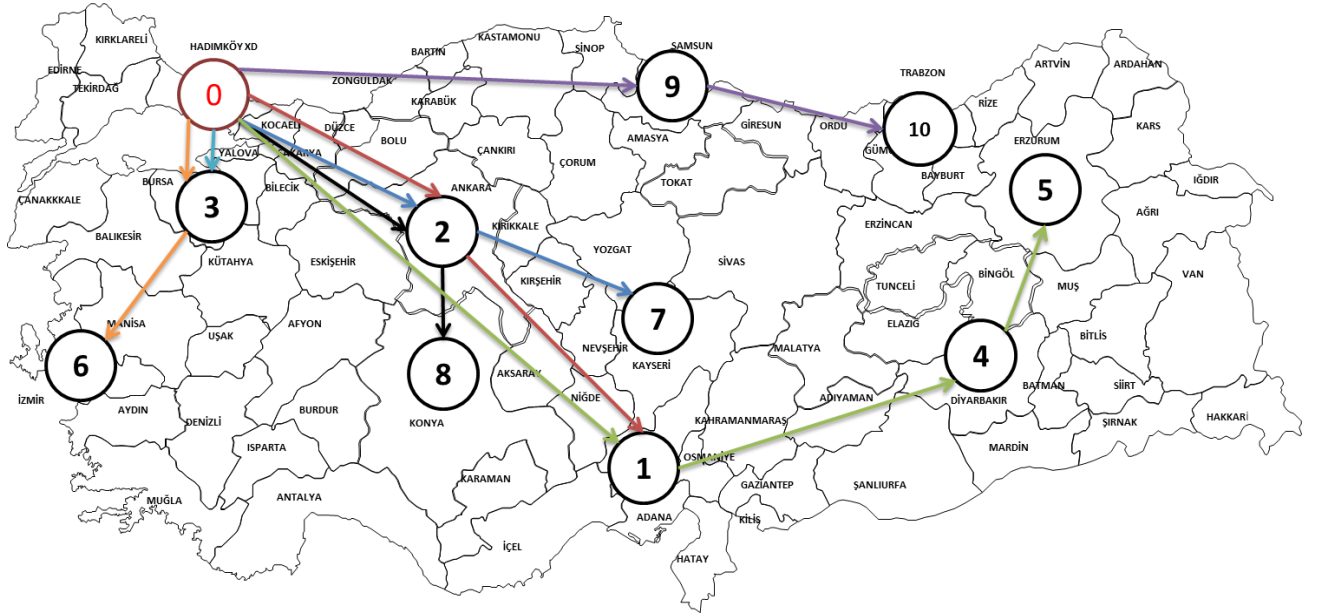
	TM1	TM2	TM4	TM5	TM6	TM7	TM10	TM11	TM13	TM15	TM16
TM1	0	1910	994	599	2708	2448	1198	1593	1384	1524	2151
TM2	1910	0	923	1576	976	1514	1695	627	670	1373	1605
TM4	994	923	0	719	1714	1640	1090	599	486	780	1407
TM5	599	1576	719	0	2412	2328	606	1298	917	1403	2030
TM6	2708	976	1714	2412	0	610	2670	1115	1646	1540	1181
TM7	2448	1514	1640	2328	610	0	2731	1186	1759	1058	571
TM10	1198	1695	1090	606	2670	2731	0	1597	1036	1870	2497
TM11	1593	627	599	1298	1115	1186	1597	0	572	846	1164
TM13	1384	670	486	917	1646	1759	1036	572	0	1205	1736
TM15	1524	1373	780	1403	1540	1058	1870	846	1205	0	627
TM16	2151	1605	1407	2030	1181	571	2497	1164	1736	627	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 7146.3 km ve toplam 13435.00 TL taşıma, toplam 7112.8 TL çıkış ve varış elleçleme olmak üzere; toplam dağıtım maliyeti **20547.8** TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.14 ve Şekil 6.3'de sunulmuştur.

Çizelge 6.14 Lingo programına göre Ana – Ara Transfer Merkezleri arası araç rotaları

i	i-Adı	j	j-Adı	k
0	TM1	2	TM4	4
2	TM4	7	TM11	4
0	TM1	2	TM4	5
0	TM1	2	TM4	6
2	TM4	1	TM2	6
0	TM1	3	TM5	10
0	TM1	2	TM4	12
2	TM4	8	TM13	12
0	TM1	1	TM2	13
1	TM2	4	TM6	13
4	TM6	5	TM7	13
0	TM1	3	TM5	14
3	TM5	6	TM10	14
0	TM1	9	TM15	15
9	TM15	10	TM16	15



Şekil 6.3 Ana Transfer Merkezi ve Ara Transfer Merkezleri Arasındaki Rotalama

6.4.3.3 Ara Transfer Merkezleri ve Şehirler Arasındaki Taşımlar

Yine aynı tip araç kullanılacağı için 1.88 TL/km taşıma maliyeti oluşacaktır ve transfer merkezindeki elleçleme maliyetleri, yükleme boşaltma maliyetleri bir önceki b kısmında modele dahil edildiği için bu kısımda sadece lokal taşıma maliyetleri hesaplanmıştır. Burada toplamda seçilmiş 10 ara transfer merkezi olduğundan dolayı 10 alt problem çözülmüştür.

1) Adana Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.15 Adana Transfer Merkezi (TM2) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri

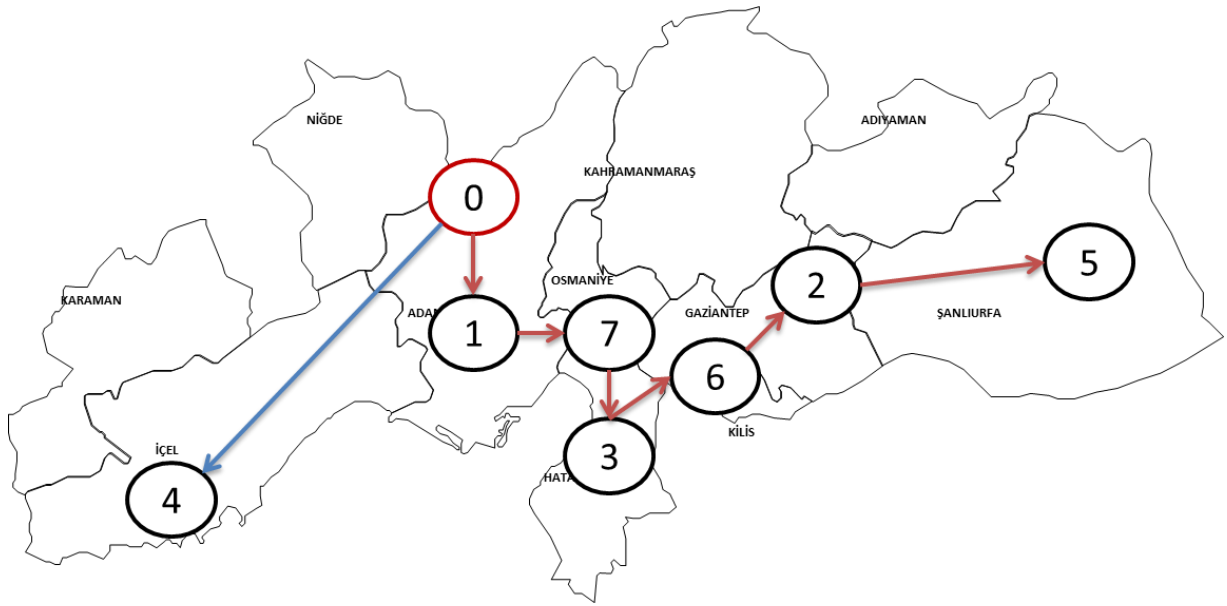
	TM2	S1	S27	S31	S33	S64	S80	S81
TM2	0	28	386	360	130	644	456	160
S1	28	0	386	360	130	644	456	160
S27	386	386	0	369	516	258	119	226
S31	360	360	369	0	490	627	277	239
S33	130	130	516	490	0	774	586	290
S64	644	644	258	627	774	0	369	484
S80	456	456	119	277	586	369	0	296
S81	160	160	226	239	290	484	296	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 633.51 km ve toplam maliyet 1191 TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.16 ve Şekil 6.4'de sunulmuştur.

Çizelge 6.16 Lingo programına göre Adana TM – Şehirler arası araç rotaları

i	i-Adı	j	j-Adı	k
0	TM2	1	S1	7
1	S1	7	S81	7
2	S27	5	S64	7
3	S31	6	S80	7
6	S80	2	S27	7
7	S81	3	S31	7
0	TM2	4	S33	9



Şekil 6.4 Adana Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

2) Ankara Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.17 Ankara Transfer Merkezi (TM4) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri

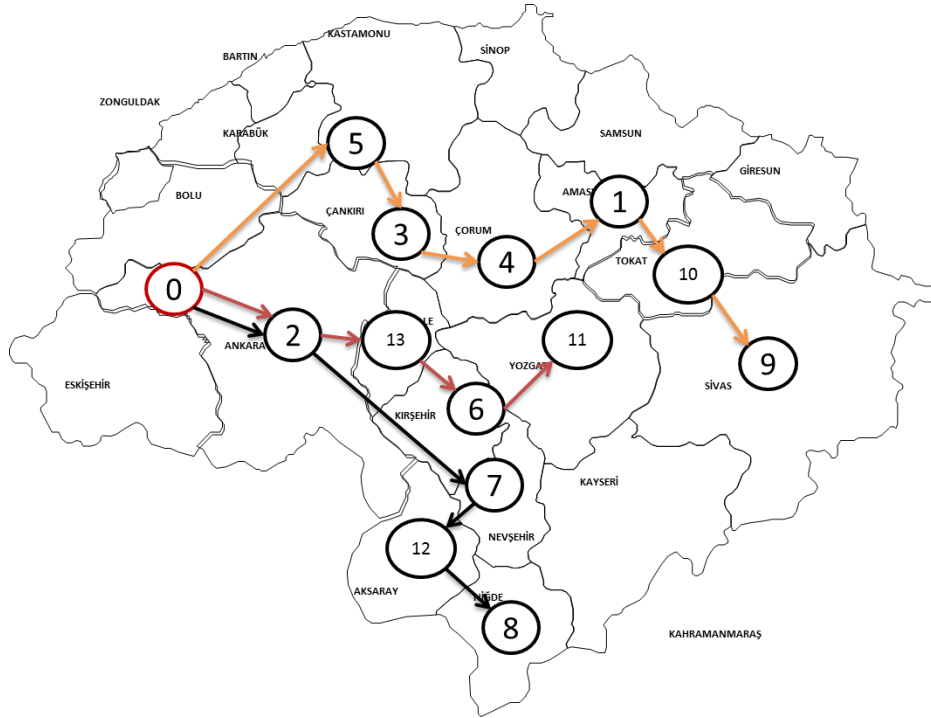
	TM4	S5	S6	S18	S19	S38	S41	S51	S52	S59	S61	S67	S69	S72
TM4	0	770	360	443	663	467	706	878	1008	1188	985	766	776	501
S5	770	0	629	467	173	475	580	684	831	418	215	369	787	488
S6	360	629	0	247	456	461	347	518	655	829	712	407	424	141
S18	443	467	247	0	294	215	403	574	729	832	629	463	586	198
S19	663	173	456	294	0	367	407	550	697	539	335	196	614	314
S38	467	475	461	215	367	0	618	789	943	893	689	556	800	412
S41	706	580	347	403	407	618	0	171	326	612	601	211	207	213
S51	878	684	518	574	550	789	171	0	154	520	638	358	141	384
S52	1008	831	655	729	697	943	326	154	0	608	740	505	232	539
S59	1188	418	829	832	539	893	612	520	608	0	203	422	661	687
S61	985	215	712	629	335	689	601	638	740	203	0	390	780	571
S67	766	369	407	463	196	556	211	358	505	422	390	0	418	266
S69	776	787	424	586	614	800	207	141	232	661	780	418	0	395
S72	501	488	141	198	314	412	213	384	539	687	571	266	395	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 2189.4 km ve toplam maliyet 4116 TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.18ve Şekil 6.5'de sunulmuştur.

Çizelge 6.18 Lingo programına göre Ankara TM- Şehirler arası araç rotaları

i	i - Adı	j	j - Adı	k
0	TM4	2	S6	4
2	S6	13	S72	4
6	S41	11	S67	4
13	S72	6	S41	4
0	TM4	2	S6	11
2	S6	7	S51	11
7	S51	12	S52	11
12	S69	8	S51	11
0	TM4	5	S38	14
1	S5	10	S61	14
3	S18	4	S19	14
4	S19	1	S5	14
5	S38	3	S18	14
10	S61	9	S59	14



Şekil 6.5 Ankara Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

3) Bursa Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.19 Bursa Transfer Merkezi (TM5) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri

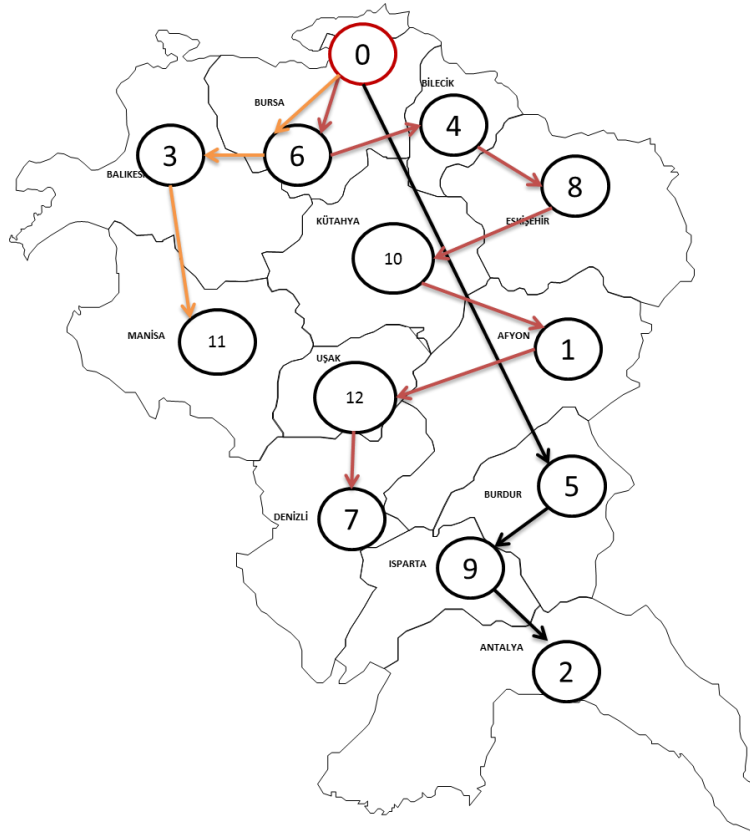
	TM5	S3	S7	S10	S11	S15	S16	S20	S26	S32	S44	S46	S65
TM5	0	638	1136	407	243	906	130	945	394	904	450	661	712
S3	638	0	550	610	395	320	514	420	271	318	188	586	218
S7	1136	550	0	957	893	230	1011	414	798	245	685	806	554
S10	407	610	957	0	463	748	284	542	565	746	422	258	424
S11	243	395	893	463	0	663	179	744	151	661	207	718	469
S15	906	320	230	748	663	0	782	282	569	96	456	674	324
S16	130	514	1011	284	179	782	0	823	281	780	326	539	586
S20	945	420	414	542	744	282	823	0	669	311	537	392	282
S26	394	271	798	565	151	569	281	669	0	567	147	744	409
S32	904	318	245	746	661	96	780	311	567	0	454	689	322
S44	450	188	685	422	207	456	326	537	147	454	0	597	262
S46	661	586	806	258	718	674	539	392	744	689	597	0	367
S65	712	218	554	424	469	324	586	282	409	322	262	367	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 1709.6 km ve toplam maliyet 3214 TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.20 ve Şekil 6.6'da sunulmuştur.

Çizelge 6.20 Lingo programına göre Bursa TM – Şehirler arası araç rotaları

i	i - Adı	j	j - Adı	k
0	TM5	6	S16	9
1	S3	12	S65	9
4	S11	8	S26	9
6	S16	4	S11	9
8	S26	10	S44	9
10	S44	1	S3	9
12	S65	7	S20	9
9	S32	2	S7	11
0	TM5	5	S15	11
5	S15	9	S32	11
0	TM5	6	S16	16
3	S10	11	S46	16
6	S16	3	S10	16



Şekil 6.6 Bursa Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

4) Diyarbakır Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.21 Lingo programına göre Diyarbakır TM – Şehirler arası araç rotaları

	TM6	S13	S21	S30	S48	S57	S73	S74
TM6	0	631	288	1175	467	640	476	819
S13	631	0	394	640	535	183	254	362
S21	288	394	0	887	179	352	188	531
S30	1175	640	887	0	740	535	699	356
S48	467	535	179	740	0	433	281	384
S57	640	183	352	535	433	0	164	179
S73	476	254	188	699	281	164	0	343
S74	819	362	531	356	384	179	343	0

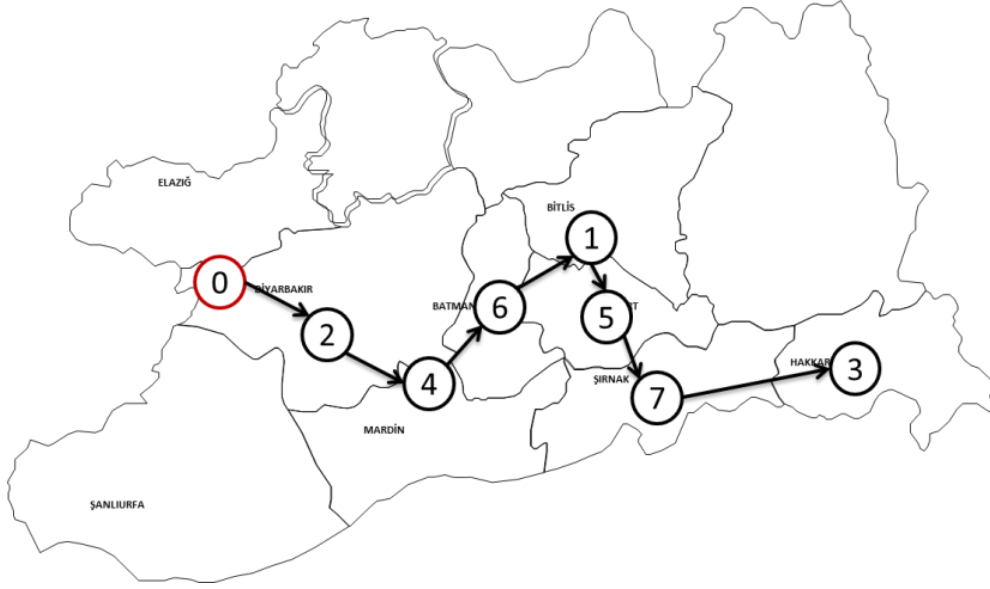
Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 914.98 km ve toplam maliyet 1720 TL'dir Taşımalara ilişkin rotalar

Çizelge 6.22 ve Şekil 6.7'de sunulmuştur.

Çizelge 6.22 Lingo programına göre Diyarbakır TM – Şehirler arası araç rotaları

i	i - Adı	j	j - Adı	k
0	TM6	2	S21	3
1	S13	5	S57	3
2	S21	4	S48	3
4	S48	6	S73	3
5	S57	7	S74	3
6	S73	1	S13	3
7	S74	3	S30	3



Şekil 6.7 Diyarbakir Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

5) Erzurum Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.23 Erzurum Transfer Merkezi (TM7) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri

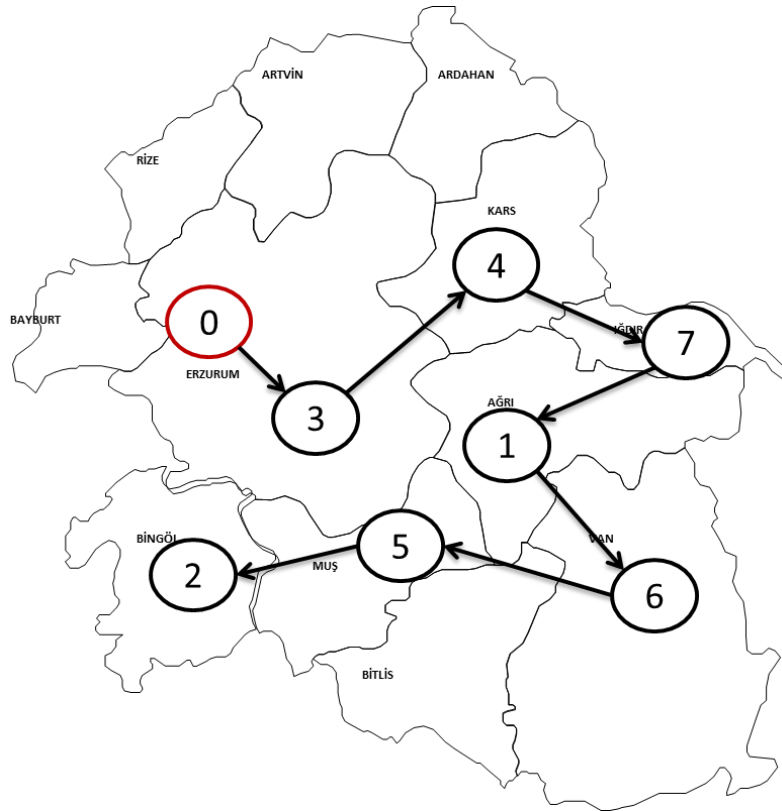
	TM7	S4	S12	S25	S37	S50	S66	S77
TM7	0	576	574	235	612	731	1013	783
S4	576	0	676	347	409	461	437	269
S12	574	676	0	339	721	215	635	893
S25	235	347	339	0	382	501	783	554
S37	612	409	721	382	0	657	687	264
S50	731	461	215	501	657	0	420	731
S66	1013	437	635	783	687	420	0	424
S77	783	269	893	554	264	731	424	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 1181.9 km ve toplam maliyet 2222 TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.24 ve Şekil 6.8'de sunulmuştur.

Çizelge 6.24 Lingo programına göre Erzurum TM – Şehirler arası araç rotaları

i	i - Adı	j	j - Adı	k
0	TM7	3	S25	10
1	S4	6	S66	10
3	S25	4	S37	10
4	S37	7	S77	10
5	S50	2	S12	10
6	S66	5	S50	10
7	S77	1	S4	10



Şekil 6.8 Erzurum Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

6) İzmir Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.25 İzmir Transfer Merkezi (TM10) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri

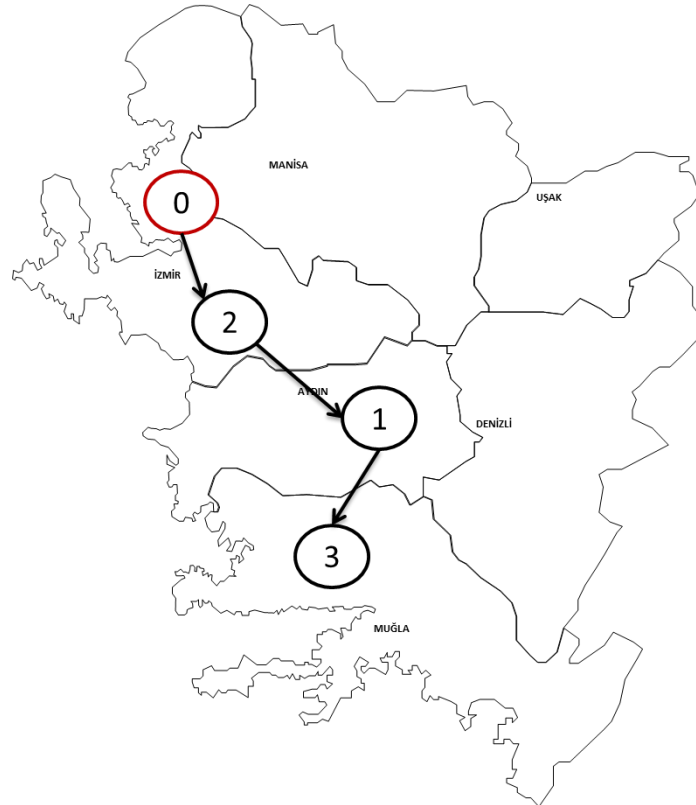
	TM10	S9	S36	S49
TM10	0	294	68	480
S9	294	0	237	186
S36	68	237	0	424
S49	480	186	424	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 261.17 km ve toplam maliyet 491 TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.26 ve Şekil 6.9'da sunulmuştur.

Çizelge 6.26 Lingo programına göre İzmir TM – Şehirler arası araç rotaları

i	i - Adı	j	j - Adı	k
0	TM10	2	S36	1
1	S9	3	S49	1
2	S36	1	S9	1



Şekil 6.9 İzmir Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

7) Kayseri Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.27 Kayseri Transfer Merkezi (TM11) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri

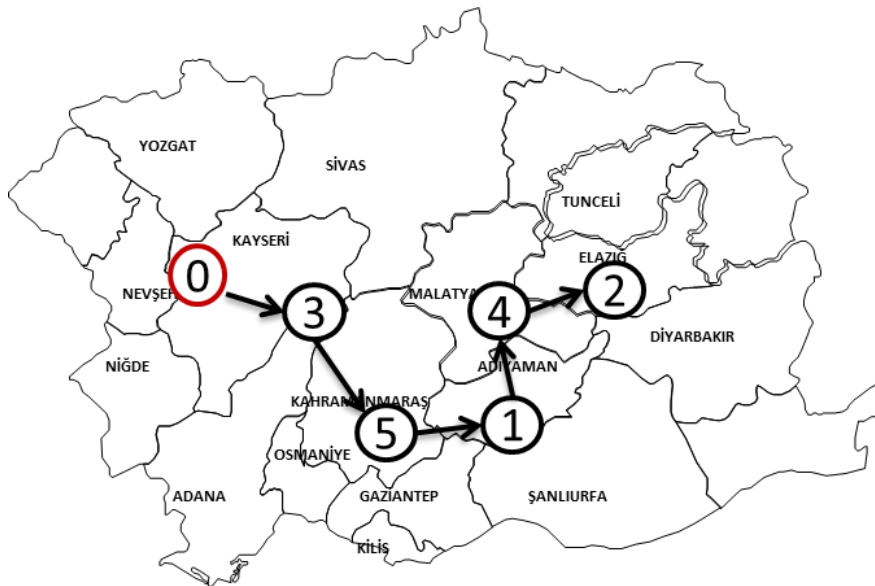
	TM11	S2	S23	S39	S45	S47
TM11	0	976	979	153	795	667
S2	976	0	533	823	348	309
S23	979	533	0	827	185	605
S39	153	823	827	0	642	514
S45	795	348	185	642	0	420
S47	667	309	605	514	420	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 802.66 km ve toplam maliyet 1509 TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.28 ve Şekil 6.10'da sunulmuştur.

Çizelge 6.28 Lingo programına göre Kayseri TM – Şehirler arası araç rotaları

i	i - Adı	j	j - Adı	k
0	TM11	3	S39	6
1	S2	4	S45	6
3	S39	5	S47	6
4	S45	2	S23	6
5	S47	1	S2	6



Şekil 6.10 Kayseri Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

8) Konya Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.29 Konya Transfer Merkezi (TM13) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri

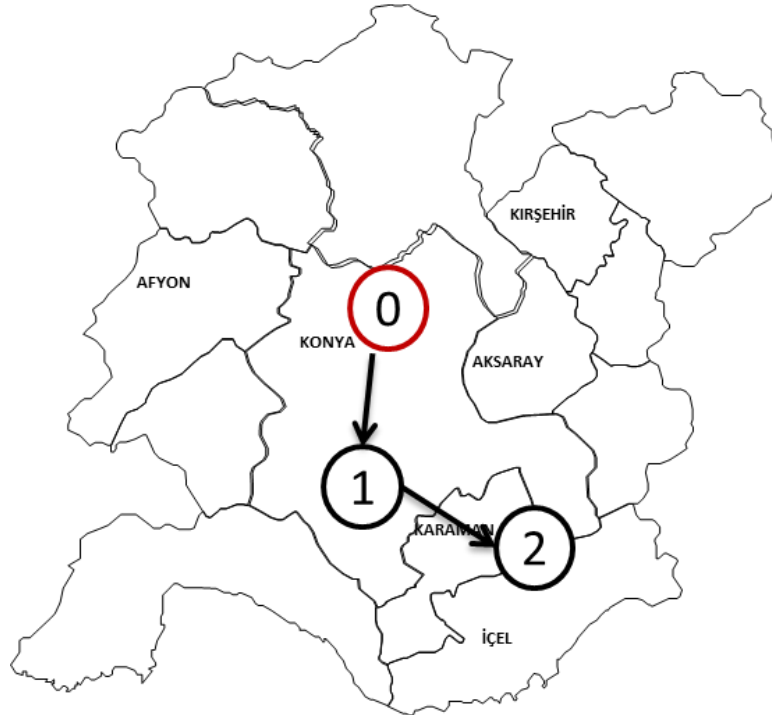
	TM13	S43	S71
TM13	0	223	336
S43	223	0	119
S71	336	119	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 181.91 km ve toplam maliyet **342 TL**'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.30 ve Şekil 6.11'de sunulmuştur.

Çizelge 6.30 Lingo programına göre Konya TM – Şehirler arası araç rotaları

i	i - Adı	j	j - Adı	k
0	TM13	1	S43	7
1	S43	2	S71	7



Şekil 6.11 Konya Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

9) Samsun Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.31 Samsun Transfer Merkezi (TM15) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri

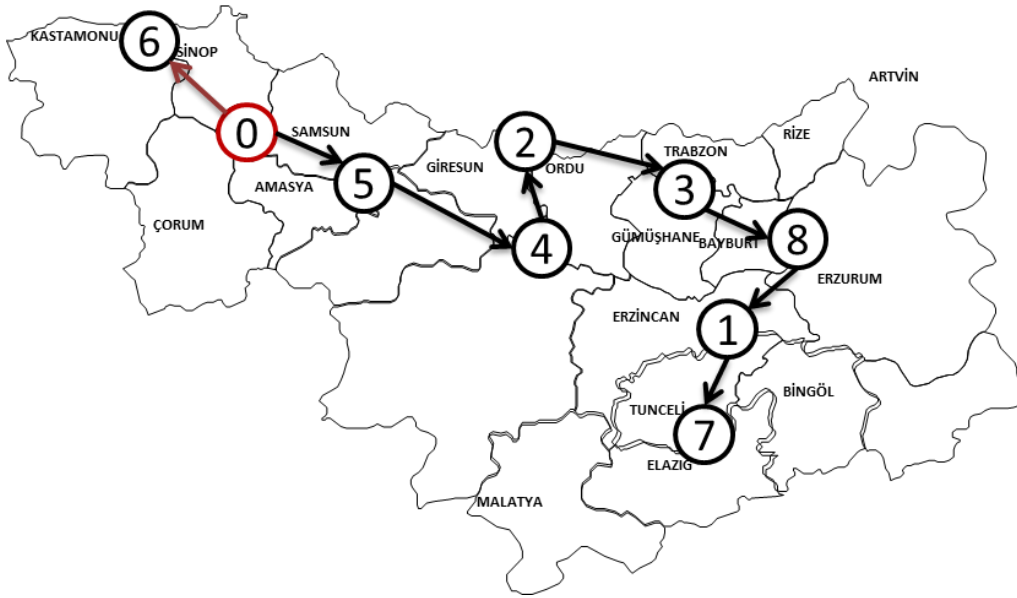
	TM15	S24	S28	S29	S53	S56	S58	S63	S70
TM15	0	687	610	819	527	247	486	932	861
S24	687	0	554	247	608	836	1124	245	288
S28	610	554	0	307	83	369	676	798	454
S29	819	247	307	0	390	676	983	492	147
S53	527	608	83	390	0	286	593	853	537
S56	247	836	369	676	286	0	307	1081	823
S58	486	1124	676	983	593	307	0	1369	1130
S63	932	245	798	492	853	1081	1369	0	490
S70	861	288	454	147	537	823	1130	490	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 1111.2 km ve toplam maliyet 2089 TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.32 ve Şekil 6.12'de sunulmuştur.

Çizelge 6.32 Lingo programına göre Samsun TM – Şehirler arası araç rotaları

i	i - Adı	j	j - Adı	k
0	TM15	5	S56	3
1	S24	7	S63	3
2	S28	3	S29	3
3	S29	8	S70	3
4	S53	2	S28	3
5	S56	4	S53	3
8	S70	1	S24	3
0	TM15	6	S58	5



Şekil 6.12 Samsun Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

10) Trabzon Transfer Merkezinden Yapılan Taşımlar

Çizelge 6.33 Trabzon Transfer Merkezi (TM16) – Şehirler Arası Taşıma Maliyetleri

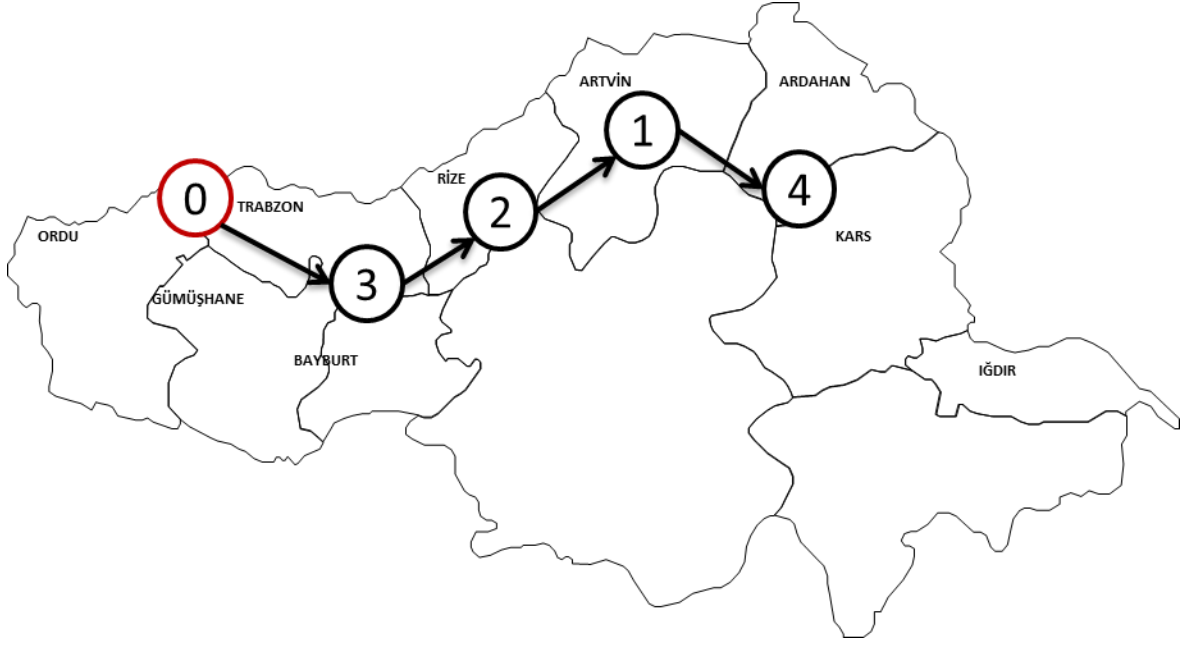
	TM16	S8	S54	S62	S76
TM16	0	780	480	341	985
S8	780	0	299	439	220
S54	480	299	0	139	505
S62	341	439	139	0	644
S76	985	220	505	644	0

Ekte kodları bulunan Lingo modeli çalıştırılmış ve sonuç olarak;

Toplam rota uzunluğu 531.38 km ve toplam maliyet 999 TL'dir. Taşımalara ilişkin rotalar Çizelge 6.34 ve Şekil 6.13'de sunulmuştur.

Çizelge 6.34 Lingo programına göre Trabzon TM – Şehirler arası araç rotaları

i	i - Adı	j	j - Adı	k
0	TM16	3	S62	5
1	S8	4	S76	5
2	S54	1	S8	5
3	S62	2	S54	5



Şekil 6.13 Trabzon Transfer Merkezi ve Şehirler Arasındaki Rotalama

6.5 Sonuçların Kıyaslanması

İlk olarak bilgi toplama aşaması ele alınacak olursa; tasarlanan modelin bilgi toplama mekanizmasının seçimi aşamasında anlatılan geliştirme ile bilgiler depoya elektronik yolla gönderilip, depoda elleçleme işlemleri depo yönetim sistemi ve buna bağlı RF terminalleri ile gerçekleştirildiğinde hem daha kısa sürede elleçleme işlemleri gerçekleştirilmekte, hem yanlış elleçleme ve sipariş oluşturma işlemlerinin önüne geçilmektedir. Burada sistem kurulumu gibi maliyetler tek bir proje ile kıyaslanamayacağından dolayı maliyet kıyaslaması yapmak anlamsız olacaktır. Ancak böyle bir sistemin kurulması ile gerçekleşecek etkinlik rakiplere kıyasla daha iyi iş süreçleri sağlamaktadır.

Modelin dağıtım ağı tasarımı kısmı ile ilgili bölümüne bakıldığında toplam kullanılabilir 19 transfer merkezinden Çizelge 6.35’de görülen 10 tanesinin kullanılması uygun ve ekonomik bulunmuştur. Gerek yg giderlerinin de dahil edildiği transfer merkezi elleçleme maliyetleri, gerekse uzak noktalara olan taşımaların yığın halinde ölçek ekonomisi kullanılarak taşınması uygun bulunmuştur.

Çizelge 6.35 Model tarafından kullanılan transfer merkezleri ve taşınacak miktarlar

TM Model Kodu	TM Adı	Taşıma Miktarı
TM2	Adana	25360
TM4	Ankara	47200
TM5	Bursa	38320
TM6	Diyarbakır	10400
TM7	Erzurum	12520
TM10	İzmir	12120
TM11	Kayseri	24200
TM13	Konya	12560
TM15	Samsun	16320
TM16	Trabzon	10200

Dağıtım ağı tasarımı sonucu oluşan araç rotalama alt problemleri modelin ilgili kısmı ile çözülmüştür. İlk olarak mevcut durum maliyetleri hatırlanacak olursa Çizelge 6.36’da görüldüğü gibi toplam dağıtım maliyeti 52.368,776 TL’dir.

Tablo 6.36 Mevcut Durum Maliyeti

Barem	Toplam Ağırlık	Toplam Maliyet
Şehiriçi	34720	3654,544
0-200 Km	18880	2601,36
201-600 Km	70360	11484,336
601-900 Km	75520	15232,104
900+ Km	78120	19396,432
Toplam	277600	52368,776

Alt problemlerin çözülmesiyle birlikte dağıtım projesinin gerçekleştirilme maliyeti belirlenmiştir. Çizelge 6.37’de alt problemlere ait araç rotalama maliyetleri ve toplam maliyet gösterilmiştir.

Çizelge 6.37 Toplam Dağıtım Maliyeti

No	Alt Problem	Toplam Km	Maliyeti
1	Ana Transfer Merkezi - Şehirler	1393,20	4211,30
2	Ana Transfer Merkezi - Ara Transfer Merkezleri	7146,30	20547,80
3	Adana TM - Şehirler	633,51	1191
4	Ankara TM - Şehirler	2189,40	4116
5	Bursa TM - Şehirler	1709,60	3214
6	Diyarbakır TM - Şehirler	914,98	1720
7	Erzurum TM - Şehirler	1181,90	2222
8	İzmir TM - Şehirler	261,17	491
9	Kayseri TM - Şehirler	802,66	1509
10	Konya TM - Şehirler	181,91	342
11	Samsun TM - Şehirler	1111,20	2089
12	Trabzon TM - Şehirler	531,38	999
Toplam	Toplam Rota Uzunluğu ve Dağıtım Maliyeti	18057,21	42652.1

Önerilen modelin uygulanması ile çizelge 6.37’de görüldüğü gibi toplam dağıtım maliyeti 42.652,10 TL bulunmuştur. Önerilen model ile dağıtımın gerçekleştirilme maliyeti mevcut durumdaki toplam maliyete göre **9716,68** TL daha azdır. Önerilen model ile **% 18,55**’lik bir maliyet azalması sağlanmıştır.

3PL şirketleri, hatta kendi tedarik zinciri yönetimini gerçekleştiren şirketler tasarlanan modelde anlatılmış dağıtım projeleri ile sıkça karşılaşmaktadır. Bu projelerin gerçekleştirilmesinde etkili ve ekonomik yolun seçilmesi amacıyla model geliştirilmiş ve uygulama ile bu modelin maliyet tasarrufu sağladığı kanıtlanmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tedarik zinciri yönetiminin öneminin anlaşılmasıyla lojistik hizmet sağlayıcılarını kapsayan pazar gün geçtikçe büyümekte ve lojistik hizmet sağlayıcıları da her işletme gibi bu pazarda payını arttırmak için teknolojilerini ve iş yapma tekniklerini geliştirmek zorundadırlar. Bu aşamada lojistik sağlayıcıları için gerçekleştirilmesi gereken ilk amaçlardan biri faaliyetler dizisi boyunca gerçekleşen akışı değer katmayan etmenlerden arındırmak olacaktır. Lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde yalın düşüncenin kullanılması ile israf sayılabilecek bu değer katmayan faaliyet ve etmenler (gereksiz taşımalar, taşıma boyunca gereksiz stok tutma vb) elemine edilebilir. Yalın düşünce ile lojistik faaliyetlerin geliştirilmesi sonucunda yeni bir anlayış olan yalın lojistik ortaya çıkmıştır.

Yalın lojistik teknikleri lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerde önem kazanmaya başlamakta ve bu kapsamda yapılan çalışmalar az olsa da gelişmektedir. Yalın Lojistik ile firma içerisindeki bazı süreçleri hızlandırmak amacıyla karışıklığa neden olan etmeler kaldırılmaya çalışılmaktadır. Yalın Lojistik firmalar arası bağlarını güçlü tutarak tam zamanında sevkiyat yapılmasını amaçlar dolayısıyla toplam maliyeti en düşük seviyede tutmaktadır. Bu amaca ulaşmak etkili bir dağıtım yönetimi ile gerçekleştirilebilir.

Dağıtım yönetiminde anahtar rol oynayan strateji, tedarik zinciri içerisindeki işlemlerin entegrasyonunu ve bu işlemlerin minimum maliyetle gerçekleştirilmesini sağlamak için kurgulanmış tekniklerin uygulanmasıdır. Stratejik düzeyde böyle bir dağıtım yönetiminin gerçekleştirilmesi yalın lojistik uygulamaları ile daha etkili sonuçlar vermektedir. Ürünlerin üretim merkezlerinden alınıp geçici depolanması, etkili sipariş yönetimi, dağıtım ağının tasarlanması ve döngüsel seferlerle ürünlerin son kullanıcıya

ulaştırılmasını içeren, her faaliyetin bir sonraki faaliyete girdi oluşturduğu entegre bir sistemle ekonomik ve kaliteli bir dağıtım yönetimi modeli oluşturulabilir. Böyle bir entegre sistemin sonucu olarak hem fiyat hem kalite bakımından rekabet avantajı sağlanması muhtemel hale gelmektedir.

Etkili bir sipariş yönetimi ile ürün kayıplarında, arama bulma sürelerinde , dökümantasyon gibi gyg giderlerinde gerçekleştirilecek azalmalar; dağıtım ağı tasarımı ile uygun ve ekonomik dağıtım noktalarının seçimi ve kapasiteye göre personel yönetimi ve döngüsel seferler ile toplam taşıma mesafelerinin azaltılması yalın düşüncenin gerektirdiği sürece ait israfları elemine etmekte; faaliyetler arası ve ilgili faaliyet içerisindeki akışın sürekli hale getirilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında oluşturulan model tasarımı ile yalın lojistik teknikleri kullanılarak üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcılarının dağıtım yönetimi için bir model tasarlanmış ve gerçekleştirilmiş bir dağıtım projesine uygulanmıştır. Uygulama sonucu mevcut dağıtım maliyetleri ile tasarlanan modelin uygulanması sonucu oluşacak maliyet kıyaslandığında toplam maliyette %18'lere varan azalma görülmüştür.

Problem boyutunun küçük olması uygulamada gerçekletirilen ekonomikleşmeyi net olarak yansıtmayabilir ancak model kullanılarak üçüncü parti lojistik sağlayıcıların tüm lojistik süreçlerine ve gerçekleştirdikleri projelere uygulandığında kayda değer maliyet kazanımları ve kaliteli iş süreçleri elde edecekleri aşıkardır.

KAYNAKLAR

- [1] Koban E. ve Keser H.Y., (2007), Dış Ticarete Lojistik, Ekin Kitabevi, Bursa.
- [2] Chopra, S. ve Meindl, P., (2001), Supply Chain Management, Pearson Education Inc Prentice-Hall, New Jersey.
- [3] Rushton, A., Croucher, P. ve Baker, P., (2006), The Handbook of Logistics and Distribution Management, Kogan Page Limited, London.
- [4] Ross D.F., (1998), Distribution Planning and Control, Kluwer Academic Publishers, London.
- [5] Bowersox, D.J. ve Closs D.J., (1996), Logistical Management-The Integrated Supply Chain Process, McGraw-Hill Companies Inc., New York.
- [6] Ballou, R.H., (1999), Business Logistics Management; Planning, Organizing and Controlling The Supply Chain, Fourth Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [7] Kobu, B., (2006), Üretim Yönetimi, Beta Basım Yayın, İstanbul.
- [8] Erdoğan, N., (2007), Lojistik Maliyetlemesi ve Lojistikte Faaliyete Dayalı Maliyetleme, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- [9] Küçüksolak, B.T., (2006), Dünya'da ve Türkiye'de Lojistik Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [10] Eker, Ö., (2006), Lojistik Yönetimi Ve Tedarik Lojistiği Sürecinde Performansın Arttırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [11] Gourdin, K. (2006), Global Logistics Management, Blackwell Publishing, Oxford.
- [12] Keskin, M.H., (2009), Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi (Geçmişi, Değişimi, Bugünü, Geleceği), Nobel Yayın Dağıtım 3.Baskı, Ankara.
- [13] Meade, L. ve Joseph, S. (2002), "A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers", Supply Chain Management: An International Journal, Texas.
- [14] Karaçay, G., (2005), Tersine Lojistik: Kavram Ve İşleyiş, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, <http://Sosyalbilimler.Cukurova.Edu.Tr/Dergi/Dosyalar/2005.14.1.215.Pdf>, 8 Şubat 2012.

- [15] Gammelgaard, B., (2004), Schools in Logistics Research? A Methodological Framework For Analysis of Discipline, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Bolton.
- [16] Kayabaşı, A., (2007), İşletmelerin Lojistik Faaliyetlerinin Rekabetçi Perspektifte Değerlendirilmesi: Üretim İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama, Ege Akademik Bakış, İzmir.
- [17] İTO, (2006). Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi, İTO Yayın 2006-14, İstanbul.
- [18] Birdoğan, B., (2004). Lojistik Yönetimi ve Lojistik Sektör Analizi, Lega Kitapevi, Trabzon.
- [19] Şen, E., (2008), Kobilerin Uluslararası Rekabet Güçlerini Arttırmada Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi, Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi, Ankara.
- [20] Çancı, M. ve Erdal, M., (2003), Lojistik Yönetimi, Erler Matbaacılık, İstanbul.
- [21] Akyıldız, M., (2004). Lojistik Dış Kaynak Kullanımının Gelişimi ve Türkiye'deki Kullanım Biçimleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, İzmir.
- [22] Ölçer, C. ve Önüt, S. (2003), Lojistik Sektörü Yönetiminde İnsan Kaynakları Yönetimi, Uluslararası Lojistik Kongresi 30 Haziran –1 Temmuz 2003, Bahçe Şehir Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [23] Johnson, J.C., Wood, D.F., Wardlow, D.L. ve Murphy, P.R., (1998), Contemporary Logistics, Seventh Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [24] Başer, S.Ö., (2004), "Türkiye'nin Uluslararası Denizlerdeki Tarifesiz Gemi Tasımacılığının Ekonomik Analizi", DEÜ SBE Dergisi, İzmir.
- [25] Manunen, O., (2000), An Activity – Based Costing Model for Logistics Operations of Manufacturers and Wholesalers. International Journal of Logistics: Research and Applications, Espoo.
- [26] Hacıüstemoğlu, R. Ve Şakrak, M., (2002), Maliyet Muhasebesinde Güncel Yaklaşımlar, Türkmen Kitabevi, İstanbul.
- [27] Siepermann, C., (2003), 'Logistikkosten', WiSu-Das Wirtschaftsstudium, Kassel.
- [28] Tanyaş, M., (2003), Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi, 3D Lojistik Depo Donanım Dağıtım, Taşıma ve İşletme Sistemleri Dergisi, İstanbul.
- [29] Tanyaş, M., (2002), Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi, Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi Seminer Notu, Kocaeli.
- [30] Womack, J.P. ve Jones, D.T. (2003), Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Free Press Simon & Schuster, New York.
- [31] Womack, J., Jones, D. ve Roos, D., (1990), The Machine That Changed The World, Rawson Associates, New York.
- [32] Krafcik, F.J., (1988), Triumph of The Lean Production System, Sloan Management Review, Massachusetts.

- [33] Liker, K.J., (2005), Toyota Tarzı 14 Yönetim İlkesi; Çeviren, Ümit Şensoy, Orhan Holding Yayınları, İstanbul.
- [34] Womack, P.J. ve Jones,T.D. (2006). Yalın Çözümler, İstanbul POAŞ Gen. Müdürlüğü Çeviren: Saadet Özkal, İstanbul.
- [35] Rother, M. ve Shook, J. (2001), Görmeyi öğrenmek, Yalın Enstitü Derneği, İstanbul.
- [36] Kulaç, Ü., (2005), Yalın Fabrika Simulasyon Oyunu, Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- [37] Boudin, M., (2004), Lean Logistics, Productivity Press, New York.
- [38] Özden, H., (2004), Yalın Lojistik, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tedarik Zinciri Yönetimi Dersi Proje Raporu, İstanbul.
- [39] Kurtcan, E. 2009. Yalın Lojistik Tabanlı Sistemin Bağımsızlık Ve Bilgi Aksiyomları Kullanılarak Tasarlanması Ve Bir Firma Uygulaması,Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [40] Womack, P.J., Jones,T.D. ve Roos, (1990), Dünyayı Değiştiren Makina, Otomobil Sanayii Derneği, İstanbul.
- [41] Martichenko, R., (2005), Learning Lean Logistics, General Manager, Corporate Development, Kentucky.
- [42] Frohne, P.T.,(2008), Quatitative Measurements for Logistics, McGraw Hill, New York.
- [43] Hines, P., Rich, N. ve Esain, A., (1998), Creating a Lean Supplier Network: A DistrubitionIndustry Case, European Journal of Purchasing&Supply Management, Cardiff.
- [44] Mclvor, R., (2001), Lean supply: The Design and Cost Reduction Dimensions, European Journal of Purchasing & Supply Management, Cardiff.
- [45] Sevim, Ş., Akdemir, A. ve Vatansever, K., (2008), Lojistik Faaliyetlerinde Dış Kaynak Kullanan İşletmelerin Aldıkları Hizmetlerin Kalitesinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir İnceleme, İstanbul.
- [46] Kamışlı, S., (2006), MAN Türkiye A.Ş. Lojistikte Dış Kaynak Kullanımı (İE 477), Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- [47] Altaş, Y., (2004), Lojistik Süreçlerinde Dış Kaynak Kullanımı (3. Parti Lojistik Servis Sağlayıcıları), <http://www.biymed.com/pages/makaleler/makale41.htm> , 9 Haziran 2012.
- [48] Güler, E., (2006), Depo Yönetiminde Bilgi Teknolojileri Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [49] Lowe, D. (2002), The Dictionary of Transport and Logistics, Kogan Page, London.
- [50] Emmet, S. ve Crocker, B., (2006), The Relationship-Driven Supply Chain: Creating a Culture of Collaboration, Portland.

- [51] Liu, B. ve Esogbue, A.O., (1999), Decision Criteria and optimal inventory processes, Kluwer Academic Publishers, Norwell.
- [52] Frazelle, E., (2002), World-Class Warehousing and Material Handling, The McGraw-Hill Companies, USA.
- [53] Denli Z., (2008), Sipariş Toplama Operasyonlarında Çekirdek Gruplama Algoritmasına Dayalı Sezgisel Rota Belirleme Stratejilerinin Karşılaştırılması Ve BirUygulama, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [54] Otto, A., Schoppengerd, F.S. ve Shariatmadari, R., (2009), Direct Store Delivery: Concepts, Applications and Instruments, Berlin.
- [55] Hae Lee,Y., Jung,J.W. ve Min Lee, K.,(2006), Vehicle Routing Scheduling for Cross-Docking In Supply Chain, Computers & Industrial Engineering, California.
- [56] Baethge, S., (2007), Cross-Docking-Konzepte, GRIN Verlag, Norderstedt.
- [57] Kotzab, H. ve Bjerre, M., (2005), Retailing in a SCM-Perspective, Copenhagen Business Scholl Press, Copenhagen.
- [58] Ertek, G., (2005), A Tutorial on Cross docking, International Logistics and Supply Chain Congress, İstanbul.
- [59] Erol, V., (2006), Araç Rotalama Problemleri İçin Populasyon Ve Komşuluk Tabanlı Metasezgisel Bir Algoritmanın Tasarımı Ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [60] Laporte, G. ve Semet, F. (2002), Classical heuristics for the vehicle routing problem, Philadelphia.
- [61] Tüfekçier, H.,(2008), İki Amaçlı Açık Araç Rotalama Problemi İçin Bir Çözüm Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [62] Toth, P. Ve Vigo D.,(1999), A heuristic algorithm for the symmetric and asymmetric vehicle routing problems with backhauls, European Journal of Operational Research, Cardiff.
- [63] Erel, R., (1995), Taşıt Rotalaması ve Çizelgelemesi:Otobüsle Kentlerarası Yolcu Taşımacılığı İçin Bir Model, Doktora Tezi ,Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [64] Özkan, P.,(2006), Araç rotalama ve çizelgeleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [65] Crican, T., (1998), Fleet Management and Logistics, Kluwer Academic Publishers, USA.
- [66] Chao, I.M., Golden, B. ve Wasil, E., (2009), A Computational Study of a New Heuristic For The Site-Dependent Vehicle Routing Problem, Toronto.
- [67] Çetin, E., (2005), Dinamik Programlama ile Sınır Tenörü Optimizasyonu, Doğu ve Güneydoğu Madenlerinin Değerlendirilmesi Sempozyumu, Diyarbakır.

- [68] Emel, G.G. ve Taşkın Ç., (2005), Araç Rotalama Problemlerinin İki Aşamalı Çözümünde Genetik Algoritma Kullanımı, Gazi Üniversitesi İİBF Dergisi 7 (1), Ankara.
- [69] Breedam, A.V., (2001), Comparing Descent Heuristics and Metaheuristics For The Vehicle Routing Problem, Computers & Operations Research, Brussels.
- [70] Nabiyev, V.V., (2003), Yapay Zeka – Problemler Yöntemler Algoritmalar, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- [71] Tavakkoli-Moghaddam, R., Saremia, A.R. ve Ziaee, M.S., (2006), A Memetic Algorithm for A Vehicle Routing Problem with Backhauls, Applied Mathematics and Computation, Tehran.

DAĞITIM AĞI TASARIM MODELİ LINGO KODLARI

MODEL:

SETS:

XD/XD1/:M;

TM/TM1..TM18/:CAP;

SEHIR/S1..S82/:DEM;

LINK1(XD,SEHIR):DISTX,SHIPX;

LINK2(XD,TM):Y,DISTY,SHIPY,WRH;

LINK3(TM,SEHIR):DISTZ,SHIPZ;

ENDSETS

MIN=@SUM(LINK1(I,K):(DISTX(I,K) + 0.017) * SHIPX(I,K)) + @SUM(LINK2(I,J):(DISTY(I,J) +WRH (I,J)) * SHIPY(I,J)) + @SUM(LINK3(J,K): DISTZ(J,K) * SHIPZ(J,K));

@FOR(SEHIR(K):@SUM(XD(I):SHIPX(I,K))+@SUM(TM(J):SHIPZ(J,K))-

@SUM(SEHIR(K):DEM(K))=0;

);

@FOR(TM(J):@SUM(XD(I):SHIPY(I,J))>=@SUM(SEHIR(K):SHIPZ(J,K)));

);

@FOR(LINK1(I,K):@BIN(X));

@FOR(LINK2(I,J):@BIN(Y));

@FOR(LINK3(J,K):@BIN(Z));

DATA:

WRH=0.017,0.027,0.017,0.017,0.017,0.017,0.027,0.050,0.017,0.017,0.027,0.017,0.027
,0.017,0.017,0.027,0.027,0.030;

DEM=5160,2720,3440,1160,2400,18360,5520,680,2120,3960,640,720,1160,1600,1880
,6680,1280,1280,3520,3040,4080,2080,2320,1080,3680,2240,5200,2400,640,560,4320
,2880,5680,17360,17360,8480,720,1240,9680,960,1200,10400,11440,2160,3600,4640,
5880,1080,1520,1120,2400,2440,4240,2880,5840,6560,1760,400,3280,1760,2960,616
0,280,2040,1240,4800,4600,3000,2320,720,1120,1200,1120,640,1600,480,320,880,14
40,400,2560,2840;

CAP=70000,70000,70000,70000,70000,70000,70000,70000,70000,70000,70000,70000
,70000,70000,70000,70000,70000,70000;

!DISTX= HADIMKOY Transfer Merkezinden Sehirlere Olan Uzaklıklar 1x82;

DISTX=

0.1028,0.1267,0.0595,0.1443,0.0790,0.0596,0.0830,0.1349,0.0799,0.0540,0.0413,0.13
55,0.1527,0.0426,0.0721,0.0409,0.0478,0.0635,0.0739,0.0760,0.1405,0.0264,0.1269,0.
1114,0.1282,0.0480,0.1192,0.1020,0.1165,0.1804,0.1198,0.0720,0.1022,0.0149,0.0193
,0.0692,0.1460,0.0647,0.0879,0.0248,0.0760,0.0292,0.0780,0.0506,0.1182,0.0660,0.11
21,0.1481,0.0887,0.1453,0.0840,0.0902,0.0981,0.1207,0.0325,0.0846,0.1571,0.0799,0.
0987,0.0177,0.0891,0.1142,0.1230,0.1314,0.0630,0.1649,0.0788,0.0488,0.0792,0.1196
,0.0880,0.0663,0.1494,0.1642,0.0567,0.1446,0.1541,0.0350,0.0545,0.1243,0.1103,0.03
86;

!DISTY=HADIMKOY Transfer Merkezinden Diğer Transfer Merkezlerine Uzaklıklar 1x18;

DISTY=

0.0617,0.0357,0.0358,0.0246,0.0843,0.0769,0.0715,0.0116,0.0415,0.0527,0.0175,0.04
68,0.0709,0.0507,0.0685,0.0990,0.0232,0.0474;

!DISTZ=Diğer Transfer Merkezlerinden Sehirlere Olan Uzaklıklar 18x82;

DISTZ=

0.0105,0.0314,0.0477,0.0736,0.0504,0.0422,0.0467,0.0782,0.0684,0.0693,0.0607,0.05
14,0.0580,0.0546,0.0539,0.0653,0.0826,0.0479,0.0478,0.0602,0.0440,0.0874,0.0419,0.
0545,0.0631,0.0554,0.0232,0.0580,0.0619,0.0695,0.0222,0.0506,0.0141,0.0754,0.0721
,0.0695,0.0766,0.0555,0.0317,0.0862,0.0345,0.0647,0.0332,0.0544,0.0354,0.0684,0.02
18,0.0448,0.0674,0.0587,0.0286,0.0232,0.0574,0.0712,0.0622,0.0581,0.0562,0.0656,0.
0381,0.0809,0.0428,0.0663,0.0509,0.0323,0.0554,0.0692,0.0410,0.0598,0.0272,0.0634
,0.0288,0.0412,0.0504,0.0569,0.0608,0.0784,0.0804,0.0690,0.0562,0.0256,0.0152,0.05
76

0.0477,0.0696,0.0105,0.0967,0.0488,0.0266,0.0290,0.0919,0.0326,0.0311,0.0235,0.08
30,0.0958,0.0374,0.0208,0.0277,0.0444,0.0353,0.0427,0.0244,0.0822,0.0550,0.0735,0.
0720,0.0846,0.0191,0.0614,0.0672,0.0767,0.1077,0.0604,0.0208,0.0472,0.0430,0.0396
,0.0313,0.0980,0.0429,0.0442,0.0537,0.0381,0.0322,0.0244,0.0162,0.0670,0.0302,0.06
00,0.0830,0.0340,0.0903,0.0388,0.0401,0.0643,0.0813,0.0298,0.0542,0.0944,0.0542,0.
0559,0.0484,0.0518,0.0764,0.0807,0.0705,0.0172,0.1052,0.0410,0.0420,0.0338,0.0782
,0.0319,0.0316,0.0886,0.0951,0.0438,0.0992,0.1040,0.0321,0.0393,0.0638,0.0534,0.03
44

0.0422,0.0598,0.0266,0.0796,0.0318,0.0105,0.0458,0.0748,0.0494,0.0450,0.0304,0.06
94,0.0823,0.0222,0.0376,0.0350,0.0530,0.0182,0.0256,0.0412,0.0702,0.0550,0.0600,0.
0550,0.0676,0.0250,0.0542,0.0502,0.0596,0.1006,0.0549,0.0376,0.0417,0.0430,0.0397
,0.0481,0.0809,0.0258,0.0307,0.0538,0.0218,0.0323,0.0267,0.0302,0.0534,0.0470,0.04
89,0.0759,0.0508,0.0768,0.0278,0.0327,0.0472,0.0642,0.0298,0.0371,0.0826,0.0371,0.
0388,0.0485,0.0347,0.0593,0.0636,0.0634,0.0340,0.0916,0.0239,0.0274,0.0245,0.0611
,0.0341,0.0145,0.0768,0.0880,0.0284,0.0821,0.0870,0.0366,0.0238,0.0582,0.0478,0.02
52

0.0653,0.0846,0.0277,0.1040,0.0550,0.0350,0.0453,0.0969,0.0390,0.0196,0.0158,0.09
42,0.1070,0.0277,0.0372,0.0105,0.0276,0.0434,0.0511,0.0386,0.0949,0.0374,0.0847,0.
0793,0.0919,0.0194,0.0790,0.0722,0.0831,0.1253,0.0780,0.0371,0.0648,0.0290,0.0257
,0.0310,0.1052,0.0442,0.0554,0.0386,0.0465,0.0183,0.0420,0.0210,0.0782,0.0286,0.07
36,0.1006,0.0456,0.1015,0.0526,0.0572,0.0693,0.0863,0.0201,0.0592,0.1074,0.0557,0.

0643,0.0345,0.0602,0.0814,0.0880,0.0881,0.0302,0.1164,0.0494,0.0323,0.0490,0.0854
,0.0495,0.0400,0.1016,0.1127,0.0382,0.1042,0.1113,0.0141,0.0366,0.0814,0.0710,0.02
47

0.0440,0.0232,0.0822,0.0390,0.0563,0.0702,0.0812,0.0462,0.1029,0.1038,0.0903,0.01
91,0.0234,0.0829,0.0884,0.0949,0.1130,0.0710,0.0606,0.0947,0.0105,0.1157,0.0197,0.
0366,0.0311,0.0850,0.0304,0.0555,0.0446,0.0409,0.0434,0.0851,0.0486,0.1037,0.1004
,0.1040,0.0446,0.0731,0.0490,0.1144,0.0579,0.0930,0.0678,0.0889,0.0262,0.1030,0.03
41,0.0158,0.1020,0.0267,0.0544,0.0575,0.0581,0.0562,0.0905,0.0640,0.0220,0.0735,0.
0415,0.1092,0.0487,0.0513,0.0279,0.0212,0.0900,0.0346,0.0564,0.0880,0.0594,0.0394
,0.0633,0.0654,0.0162,0.0283,0.0852,0.0464,0.0459,0.0973,0.0807,0.0343,0.0384,0.08
59

0.0631,0.0448,0.0846,0.0218,0.0464,0.0676,0.0927,0.0246,0.1069,0.1020,0.0879,0.02
15,0.0328,0.0737,0.0924,0.0919,0.1100,0.0630,0.0526,0.0987,0.0311,0.1065,0.0307,0.
0221,0.0105,0.0831,0.0520,0.0339,0.0230,0.0507,0.0625,0.0891,0.0677,0.0945,0.0912
,0.1062,0.0230,0.0632,0.0515,0.1052,0.0602,0.0838,0.0718,0.0883,0.0372,0.1051,0.05
21,0.0374,0.1084,0.0272,0.0569,0.0600,0.0368,0.0346,0.0813,0.0470,0.0392,0.0578,0.
0385,0.1000,0.0424,0.0297,0.0257,0.0428,0.0921,0.0372,0.0534,0.0788,0.0619,0.0178
,0.0717,0.0626,0.0346,0.0456,0.0753,0.0248,0.0291,0.0881,0.0708,0.0559,0.0574,0.07
67

0.0232,0.0195,0.0614,0.0599,0.0501,0.0542,0.0604,0.0670,0.0820,0.0830,0.0744,0.04
00,0.0443,0.0670,0.0676,0.0790,0.0963,0.0562,0.0515,0.0738,0.0304,0.0998,0.0325,0.
0502,0.0520,0.0690,0.0105,0.0577,0.0589,0.0558,0.0226,0.0642,0.0278,0.0878,0.0844
,0.0832,0.0655,0.0638,0.0330,0.0985,0.0420,0.0770,0.0469,0.0680,0.0260,0.0821,0.01
48,0.0312,0.0811,0.0476,0.0384,0.0368,0.0571,0.0705,0.0746,0.0578,0.0426,0.0673,0.
0378,0.0932,0.0425,0.0656,0.0415,0.0186,0.0691,0.0555,0.0447,0.0721,0.0408,0.0588
,0.0424,0.0495,0.0368,0.0432,0.0731,0.0673,0.0668,0.0814,0.0686,0.0137,0.0175,0.07
00

0.0754,0.0934,0.0430,0.1066,0.0576,0.0430,0.0606,0.0995,0.0582,0.0388,0.0293,0.10
00,0.1128,0.0303,0.0524,0.0290,0.0342,0.0460,0.0538,0.0553,0.1037,0.0282,0.0935,0.
0819,0.0945,0.0343,0.0878,0.0748,0.0857,0.1336,0.0882,0.0524,0.0750,0.0145,0.0112

,0.0502,0.1078,0.0468,0.0642,0.0269,0.0553,0.0202,0.0568,0.0363,0.0870,0.0478,0.08
24,0.1094,0.0648,0.1073,0.0614,0.0660,0.0719,0.0889,0.0227,0.0618,0.1162,0.0583,0.
0724,0.0216,0.0652,0.0840,0.0906,0.0969,0.0456,0.1220,0.0574,0.0349,0.0578,0.0880
,0.0644,0.0480,0.1104,0.1215,0.0408,0.1068,0.1139,0.0246,0.0392,0.0916,0.0811,0.02
73

0.0695,0.0914,0.0313,0.1182,0.0704,0.0481,0.0391,0.1134,0.0179,0.0210,0.0373,0.10
48,0.1176,0.0492,0.0344,0.0310,0.0312,0.0568,0.0642,0.0244,0.1040,0.0450,0.0953,0.
0936,0.1062,0.0369,0.0832,0.0888,0.0982,0.1295,0.0822,0.0350,0.0690,0.0502,0.0469
,0.0112,0.1195,0.0644,0.0660,0.0462,0.0596,0.0395,0.0462,0.0317,0.0888,0.0119,0.08
18,0.1048,0.0245,0.1121,0.0606,0.0619,0.0858,0.1028,0.0416,0.0757,0.1162,0.0757,0.
0774,0.0432,0.0733,0.0979,0.1022,0.0923,0.0236,0.1270,0.0625,0.0538,0.0556,0.0997
,0.0537,0.0531,0.1104,0.1169,0.0597,0.1207,0.1256,0.0353,0.0581,0.0856,0.0752,0.04
62

0.0317,0.0386,0.0442,0.0636,0.0327,0.0307,0.0507,0.0660,0.0649,0.0655,0.0508,0.04
82,0.0611,0.0434,0.0504,0.0554,0.0735,0.0327,0.0280,0.0567,0.0490,0.0762,0.0388,0.
0389,0.0515,0.0455,0.0330,0.0424,0.0463,0.0794,0.0394,0.0471,0.0312,0.0642,0.0609
,0.0660,0.0648,0.0403,0.0112,0.0750,0.0184,0.0535,0.0298,0.0507,0.0322,0.0650,0.02
77,0.0547,0.0664,0.0556,0.0149,0.0180,0.0418,0.0556,0.0510,0.0394,0.0614,0.0458,0.
0225,0.0697,0.0272,0.0507,0.0476,0.0422,0.0520,0.0704,0.0212,0.0486,0.0199,0.0478
,0.0297,0.0260,0.0556,0.0668,0.0496,0.0663,0.0709,0.0578,0.0450,0.0370,0.0344,0.04
64

0.0647,0.0826,0.0322,0.0958,0.0468,0.0323,0.0498,0.0888,0.0475,0.0281,0.0186,0.08
92,0.1021,0.0196,0.0417,0.0183,0.0361,0.0352,0.0430,0.0446,0.0930,0.0322,0.0828,0.
0712,0.0838,0.0236,0.0770,0.0641,0.0750,0.1229,0.0774,0.0416,0.0642,0.0202,0.0169
,0.0395,0.0971,0.0361,0.0535,0.0310,0.0446,0.0112,0.0461,0.0256,0.0762,0.0371,0.07
17,0.0987,0.0541,0.0966,0.0506,0.0552,0.0612,0.0782,0.0120,0.0510,0.1054,0.0476,0.
0616,0.0257,0.0544,0.0732,0.0798,0.0862,0.0348,0.1113,0.0467,0.0242,0.0470,0.0773
,0.0536,0.0373,0.0996,0.1108,0.0301,0.0960,0.1032,0.0138,0.0285,0.0808,0.0704,0.01
66

0.0332,0.0552,0.0244,0.0838,0.0468,0.0267,0.0310,0.0863,0.0450,0.0460,0.0374,0.06
85,0.0814,0.0392,0.0305,0.0420,0.0593,0.0354,0.0407,0.0368,0.0678,0.0688,0.0590,0.
0592,0.0718,0.0320,0.0469,0.0626,0.0666,0.0932,0.0460,0.0271,0.0327,0.0568,0.0535
,0.0462,0.0851,0.0430,0.0298,0.0676,0.0267,0.0461,0.0112,0.0310,0.0525,0.0451,0.04
56,0.0686,0.0465,0.0758,0.0244,0.0256,0.0616,0.0759,0.0436,0.0522,0.0800,0.0543,0.
0428,0.0623,0.0470,0.0710,0.0678,0.0560,0.0321,0.0907,0.0342,0.0443,0.0194,0.0680
,0.0174,0.0296,0.0742,0.0806,0.0453,0.0866,0.0912,0.0460,0.0408,0.0494,0.0389,0.04
22

0.0354,0.0218,0.0670,0.0492,0.0408,0.0534,0.0726,0.0523,0.0876,0.0882,0.0736,0.02
55,0.0384,0.0662,0.0732,0.0782,0.0962,0.0554,0.0450,0.0794,0.0262,0.0990,0.0160,0.
0337,0.0372,0.0682,0.0260,0.0458,0.0424,0.0576,0.0348,0.0698,0.0400,0.0870,0.0836
,0.0888,0.0508,0.0576,0.0322,0.0977,0.0412,0.0762,0.0525,0.0734,0.0112,0.0877,0.02
44,0.0326,0.0891,0.0328,0.0376,0.0408,0.0469,0.0540,0.0738,0.0485,0.0387,0.0580,0.
0260,0.0924,0.0332,0.0491,0.0250,0.0274,0.0747,0.0477,0.0409,0.0713,0.0426,0.0424
,0.0524,0.0487,0.0329,0.0450,0.0696,0.0526,0.0568,0.0806,0.0652,0.0299,0.0297,0.06
92

0.0581,0.0596,0.0542,0.0590,0.0182,0.0371,0.0731,0.0472,0.0770,0.0692,0.0552,0.05
72,0.0700,0.0410,0.0652,0.0592,0.0772,0.0314,0.0210,0.0688,0.0640,0.0738,0.0538,0.
0391,0.0470,0.0526,0.0578,0.0226,0.0334,0.0880,0.0642,0.0652,0.0588,0.0618,0.0584
,0.0757,0.0603,0.0294,0.0394,0.0725,0.0354,0.0510,0.0522,0.0578,0.0485,0.0746,0.05
25,0.0704,0.0784,0.0645,0.0404,0.0456,0.0196,0.0366,0.0486,0.0112,0.0761,0.0204,0.
0320,0.0672,0.0248,0.0317,0.0478,0.0652,0.0616,0.0745,0.0279,0.0461,0.0427,0.0386
,0.0567,0.0321,0.0703,0.0824,0.0414,0.0545,0.0664,0.0554,0.0370,0.0618,0.0592,0.04
40

0.0663,0.0614,0.0764,0.0418,0.0402,0.0593,0.0919,0.0250,0.0992,0.0914,0.0774,0.04
17,0.0528,0.0632,0.0874,0.0814,0.0994,0.0536,0.0432,0.0910,0.0513,0.0960,0.0426,0.
0249,0.0297,0.0748,0.0656,0.0186,0.0162,0.0707,0.0724,0.0874,0.0709,0.0840,0.0806
,0.0979,0.0385,0.0516,0.0507,0.0947,0.0574,0.0732,0.0710,0.0800,0.0491,0.0968,0.06
07,0.0576,0.1006,0.0472,0.0561,0.0592,0.0216,0.0144,0.0708,0.0317,0.0592,0.0426,0.
0377,0.0894,0.0362,0.0112,0.0336,0.0630,0.0838,0.0572,0.0500,0.0683,0.0611,0.0214

,0.0709,0.0543,0.0548,0.0656,0.0636,0.0323,0.0474,0.0776,0.0592,0.0695,0.0674,0.06
62

0.0692,0.0483,0.1052,0.0250,0.0740,0.0916,0.1064,0.0474,0.1258,0.1264,0.1118,0.03
20,0.0207,0.1012,0.1114,0.1164,0.1344,0.0905,0.0801,0.1176,0.0346,0.1340,0.0412,0.
0496,0.0372,0.1064,0.0555,0.0614,0.0506,0.0230,0.0686,0.1080,0.0738,0.1220,0.1187
,0.1270,0.0338,0.0908,0.0704,0.1328,0.0794,0.1113,0.0907,0.1116,0.0477,0.1259,0.05
92,0.0396,0.1271,0.0244,0.0758,0.0790,0.0644,0.0575,0.1088,0.0745,0.0272,0.0854,0.
0630,0.1275,0.0699,0.0572,0.0411,0.0464,0.1129,0.0112,0.0779,0.1064,0.0808,0.0454
,0.0884,0.0869,0.0297,0.0335,0.1028,0.0396,0.0245,0.1156,0.0984,0.0594,0.0635,0.10
42

0.0576,0.0756,0.0344,0.0888,0.0398,0.0252,0.0520,0.0817,0.0542,0.0348,0.0207,0.08
22,0.0950,0.0125,0.0438,0.0247,0.0428,0.0282,0.0360,0.0467,0.0859,0.0393,0.0757,0.
0641,0.0767,0.0257,0.0700,0.0570,0.0679,0.1158,0.0704,0.0438,0.0572,0.0273,0.0240
,0.0462,0.0900,0.0290,0.0464,0.0380,0.0375,0.0166,0.0422,0.0277,0.0692,0.0438,0.06
46,0.0916,0.0564,0.0895,0.0436,0.0482,0.0541,0.0711,0.0141,0.0440,0.0984,0.0405,0.
0546,0.0328,0.0474,0.0662,0.0728,0.0791,0.0370,0.1042,0.0396,0.0171,0.0400,0.0702
,0.0496,0.0302,0.0926,0.1037,0.0237,0.0890,0.0961,0.0209,0.0214,0.0738,0.0633,0.01
12

0.0504,0.0519,0.0488,0.0585,0.0112,0.0318,0.0678,0.0558,0.0716,0.0650,0.0510,0.05
19,0.0648,0.0368,0.0599,0.0550,0.0730,0.0260,0.0156,0.0634,0.0563,0.0696,0.0461,0.
0338,0.0464,0.0473,0.0501,0.0311,0.0385,0.0856,0.0565,0.0598,0.0521,0.0576,0.0542
,0.0704,0.0598,0.0263,0.0327,0.0683,0.0300,0.0468,0.0468,0.0525,0.0408,0.0693,0.04
48,0.0626,0.0731,0.0592,0.0337,0.0389,0.0282,0.0452,0.0444,0.0182,0.0688,0.0267,0.
0243,0.0630,0.0171,0.0402,0.0425,0.0575,0.0563,0.0740,0.0226,0.0419,0.0374,0.0400
,0.0506,0.0268,0.0630,0.0751,0.0384,0.0612,0.0658,0.0512,0.0339,0.0540,0.0514,0.03
98;

ENDDATA

END

ARAÇ ROTALAMA MODELİ LINGO KODLARI

MODEL:

SETS:

CITY/1..15/: DEM,WRH;

VEHICLE/1..20/;

CXV(CITY,VEHICLE):VSRVD;

CXC(CITY,CITY):T,COST;

CXCXV (CITY, CITY, VEHICLE) : SHIP ; !SHIP Taşıma var mı yok mu (binary);

ENDSETS

DATA:

DEM= 0 1600 1280 2080 17360 17360 960 10400 5840 1760 3000 880 1440 2840
1600;

COST=

! 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14;					
!0;	0.0	634.6	743.9	291.9	47.1	141.2	256.1	350.3	
420.0	107.3	764.6	932.2	472.7	887.0	549.9			
!1;	634.6	0.0	1024.5	926.5	587.6	493.4	890.8	284.4	
214.7	742.0	299.4	327.7	406.8	252.4	84.7			

!2;	743.9	1024.5	0.0	406.8	696.8	602.6	438.8	751.4
	809.8	354.0	1154.4	1322.0	632.8	1276.8	939.7	
!3;	291.9	926.5	406.8	0.0	527.3	433.1	116.8	642.2
	711.9	263.7	1056.5	1224.1	764.6	1178.9	841.8	
!4;	47.1	587.6	696.8	527.3	0.0	94.2	491.5	303.2
	372.9	342.7	717.5	885.1	425.6	839.9	502.8	
!5;	141.2	493.4	602.6	433.1	94.2	0.0	397.4	209.0
	278.7	248.6	623.3	791.0	331.4	745.8	408.7	
!6;	256.1	890.8	438.8	116.8	491.5	397.4	0.0	606.4
	676.1	227.9	1020.7	1188.3	728.8	1143.1	806.0	
!7;	350.3	284.4	751.4	642.2	303.2	209.0	606.4	0.0
	69.7	457.6	414.3	581.9	122.4	536.7	199.6	
!8;	420.0	214.7	809.8	711.9	372.9	278.7	676.1	69.7
	0.0	527.3	344.6	512.2	192.1	467.0	129.9	
!9;	107.3	742.0	354.0	263.7	342.7	248.6	227.9	457.6
	527.3	0.0	871.9	1039.5	580.0	994.3	657.2	
!10;	764.6	299.4	1154.4	1056.5	717.5	623.3	1020.7	414.3
	344.6	871.9	0.0	167.6	536.7	331.4	214.7	
!11;	932.2	327.7	1322.0	1224.1	885.1	791.0	1188.3	581.9
	512.2	1039.5	167.6	0.0	704.3	163.8	382.3	
!12;	472.7	406.8	632.8	764.6	425.6	331.4	728.8	122.4
	192.1	580.0	536.7	704.3	0.0	659.1	322.0	
!13;	887.0	252.4	1276.8	1178.9	839.9	745.8	1143.1	536.7
	467.0	994.3	331.4	163.8	659.1	0.0	337.1	
!14;	549.9	84.7	939.7	841.8	502.8	408.7	806.0	199.6
	129.9	657.2	214.7	382.3	322.0	337.1	0.0;	

```

WRH=1000000000000000;

T=

!0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14;

!0; 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
!1; 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
!2; 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
!3; 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
!4; 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
!5; 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1
!6; 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1
!7; 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1
!8; 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1
!9; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1
!10; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1
!11; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1
!12; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1
!13; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1
!14; 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0;

ENDDATA

!(1);

MIN=@SUM(CXCXV(I,J,K):SHIP(I,J,K)* COST(I,J));

!(2);

@FOR(VEHICLE(K):@SUM(CITY(I):VSRVD(I,K))<=27000;

);

```

!(3);

@FOR(CXV(S,K):@SUM(CITY(I):(1-WRH(S)) * SHIP(I,S,K)) >= @SUM(CITY(J):(1-WRH(S))*SHIP(S,J,K));

);

!(4);

@FOR(VEHICLE(K):(17*@SUM(CXC(I,J):T(I,J)*WRH(I)*SHIP(I,J,K)))>=@SUM(CXC(I,J):SHIP(I,J,K));

);

!(5);

@FOR(CITY(U):@SUM(VEHICLE(K):VSRVD(U,K))=DEM(U);

);

!(6);

@FOR(CXV(U,K):@SUM(CITY(I):SHIP(I,U,K))*10000 >=VSRVD(U,K)

);

!(7);

@FOR(CXCXV(I,J,K):SHIP(I,J,K)+SHIP(J,I,K)<=1;

);

!(8);

@FOR(CXCXV(I,J,K):@BIN (SHIP));

END

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Mustafa ÖZALP
Doğum Tarihi ve Yeri : 27.02.1986 – İskenderun/HATAY
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : mmozalp@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Endüstri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2010
Lise	Fen Bilimleri	İskenderun Cumhuriyet Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010 -	Aras Lojistik	İş Geliştirme ve Projeler Yönetmeni