

T. C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEDARİK ZİNCİRİNDE ÜRETİM-STOK- DAĞITIM ROTALAMA
PROBLEMİNİN BÜTÜNLEŞİK ÇÖZÜMÜ

NİHAN KABADAYI
2502070339

TEZ DANIŞMANI:
PROF. DR. NECDET ÖZÇAKAR

İSTANBUL, 2013

Bu Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi
(BAP) tarafından desteklenmiştir. Proje No:4542



DOKTORA
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN

Adı ve Soyadı : NİHAN KABADAYI Numarası : 2502070339
Anabilim/Bilim Dalı : ÜRETİM Danışman : PROF.DR.NECDER ÖZÇAKAR
Tez Savunma Tarihi : 11.07.2013 Saati : 09:30
Tez Başlığı : TEDARİK ZİNCİRİNDE ÜRETİM-STOK DAĞITIM ROTALAMA
PROBLEMİNİN BÜTÜNLEŞİK ÇÖZÜMÜ.

TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 50. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin KABULÜ'NE OYBİRLİĞİ / ~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
PROF.DR.NECDER ÖZÇAKAR		KABUL
PROF.DR.SELİM ZAİM		Kabul
DOÇ.DR.ALPAZ BARAY		Kabul
YRD.DOÇ.DR.FAİK BAŞARAN		Kabul
YRD.DOÇ.DR.BİRGÜL KÜÇÜK ÇİRPİN		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
PROF.DR.K.GÜVEN GÜLEN		
YRD.DOÇ.DR.İBRAHİM ZEKİ AKYURT		

ÖZ

TEDARİK ZİNCİRİNDE ÜRETİM-STOK-DAĞITIM ROTALAMA PROBLEMİNİN BÜTÜNLEŞİK ÇÖZÜMÜ

NIHAN KABADAYI

Bu çalışmada, tedarik zincirinde bütünleşik, üretim, stok, dağıtım rotalama (BÜSDR) problemi detaylı olarak incelenmiş ve problemin çözümü için bir memetik algoritma (MA) geliştirilmiştir. Geliştirilmiş olan algoritma, daha önceden problemin çözümü için geliştirilmiş yöntemlerle karşılaştırılarak test edilmiştir. Çalışmanın amacı, tedarik zincirindeki üretim planlama, stok ve dağıtım kararlarının birlikte ele alınarak toplam tedarik zinciri maliyetlerinin minimizasyonudur. Geliştirilmiş olan algoritmanın performansı literatürdeki test problemleri ile ölçüldükten sonra, damacana su sektöründeki bir firma üzerinde uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tedarik zinciri yönetimi, bütünleşik üretim-dağıtım planlama, araç rotalama, meta-sezgisel yöntemler, memetik algoritma

ABSTRACT

INTEGRATED SOLUTION OF THE PRODUCTION, INVENTORY, DISTRIBUTION ROUTING PROBLEM IN SUPPLY CHAIN

NIHAN KABADAYI

In this study, we aim to solve the integrated production, inventory, distribution routing (IPIDR) problem with using memetic algorithm (MA). The objective of the problem is to find optimal production quantity, customer delivery quantity and schedule in order to minimize the total system cost which is composed of production setup cost, inventory holding costs and distribution cost. The performance of the proposed algorithm is evaluated on test problems from the literature and compared with the existing methods. Since, the results show that the proposed algorithm has a good performance, it is used to offer an integrated production-distribution plan for a hod-demijion water company in order to reduce total system costs.

Keywords: Supply chain management, integrated production-distribution planning, vehicle routing, metaheuristic methods, memetic algorithm.

ÖNSÖZ

Bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama problemi (BÜSDR), belirli bir dönemdeki müşteri talebini karşılayabilmek amacıyla ne kadar ürün üretileceğinin, bu üretilen ürünlerin ne kadarını müşterilere hangi gün ve rota ile gönderileceğinin belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Literatürde bu konuda yapılmış olan çalışmalar ile tedarik zinciri yönetiminde üç temel karar süreci olan üretim planlama, stok ve araç rotalama kararlarının bütünleşik bakış açısıyla çözülmesinin toplam zincir maliyetlerini önemli ölçüde azalttığı kanıtlanmıştır. Bu çalışmada bir üretim tesisi ve birden çok müşterinin bulunduğu bir tedarik zincirinde BÜSDR problemi çözülmüştür. Uygulama çalışmasında geliştirilmiş olan algoritma bir gerçek hayat sisteminde BÜSDR probleminin çözümü için kullanılmış ve bu sayede toplam sistem maliyetlerinin azaltılması hedeflenmiştir.

Doktora tez çalışmamdaki yardımlarından dolayı sayın hocalarım; Prof. Dr. Necdet Özçakar, Doç. Dr. Ş.Alp Baray ve Yrd. Doç. Dr. Faik Başaran' a teşekkür ederim.

Uygulama çalışmasının yapılacağı üretim tesisinin kullanılacak verilerinin elde edilmesinde bana yardımcı olan, Necdet Çetin'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, çalışmada kullanılan yöntemle ilişkin kodların yazılma sürecinde verdiği destekten dolayı özellikle Yrd. Doç. Dr. Timur Keskintürk' e ve bu süreçte bana manevi destek veren bütün çalışma arkadaşlarıma ve dostlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Öncelikle beni hayata getiren ve bugünlere gelmemde büyük katkısı olan sevgili anneme, yaşamım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen babama ve her zaman yanımda olan kardeşime çok teşekkür ederim. Son olarak hayat arkadaşım Engin İnci'ye ve ailesine bu süreçte yanımda oldukları ve desteklerini esirgemedikleri için çok teşekkür ederim.

İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine Doktora tez çalışmamı destekledikleri için teşekkür ederim.

Nihan KABADAYI
Temmuz 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiii
SEMBOLLER LİSTESİ.....	xv
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1: TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	4
1.1. Tedarik Zinciri Kavramı.....	4
1.2. Tedarik Zinciri Yönetimi.....	10
1.2.1. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımı.....	10
1.2.2. Tedarik Zinciri Karar Aşamaları.....	16
1.2.2.1. Stratejik Kararlar.....	17
1.2.2.2. Taktiksel Kararlar.....	18
1.2.2.3. Operasyonel Kararlar.....	18
1.2.3. Tedarik Zinciri Yönetiminde Alınan Kararlar.....	20
1.2.3.1. Tedarik Zinciri Ağ Yapısının Belirlenmesi.....	21
1.2.3.2. Üretim Planlama.....	23
1.2.3.3. Stok kontrol ve Fiyatlandırma Optimizasyonu.....	23
1.2.3.4. Tedarik Stratejisi ve Anlaşmaları.....	25
1.2.3.5. Üretim, Stok ve Taşımacılık Kararlarının Entegrasyonu.....	26
1.2.3.6. Araç Filolarının Yönetimi ve Araç Rotalama.....	26
1.2.3.7. Paketleme Problemleri.....	27
1.3. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi.....	28
1.3.1. Lojistik Kavramı.....	28
1.3.2. Tedarik Zinciri Yönetimi ve Lojistik Arasındaki İlişki.....	30
1.3.3. Tedarik Zinciri Yönetiminde Lojistiğin Önemi.....	31
1.4. Bütünleştirilmiş Tedarik Zinciri Yönetimi.....	32
1.4.1. Bütünleştirilmiş Tedarik Zincirinin Tanımı.....	32

1.4.2. Bütünleştirilmiş Tedarik Zincirinde Karmaşıklığın Nedenleri	34
1.4.3. Bütünleştirilmiş Tedarik Zincirinin Faydaları	35
BÖLÜM 2: LİTERATÜR TARAMASI	38
2.1. Zaman Kısıtsız BÜSDR Problemleri	38
2.1.1. Üretim Maliyetlerini Göz Önüne Almayan Modeller	38
2.1.2. Üretim Maliyetlerini Göz Önüne Alan Modeller	41
2.2. Zaman Kısıtlı BÜSDR Problemleri	45
2.2.1. Parçalı Yöntemler	47
2.2.2. Bileşik Yöntemler	48
BÖLÜM 3: BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM, STOK VE DAĞITIM ROTALAMA PROBLEMİ VE BİLEŞENLERİ	52
3.1. Araç Rotalama Problemleri	52
3.1.1. Araç Rotalama Problemlerinin Tanımı	52
3.1.2. Araç Rotalama Problemlerinin Matematiksel Karmaşıklığı	54
3.1.3. Araç rotalama Problemlerinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler	56
3.1.4. Araç Rotalama Problemlerini Karmaşık Yapan Özellikler	57
3.1.5. Araç Rotalama Problemi Çeşitleri	60
3.1.5.1. Kapasite kısıtlı Araç Rotalama Problemleri	60
3.1.5.2. Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemleri	61
3.1.5.3. Zaman Pencere Araç Rotalama Problemleri	61
3.1.5.4. Dağıtım ve Toplamalı Araç Rotalama Problemleri	62
3.2. Stok Rotalama Problemleri	64
3.2.1. Satıcı İradeli Stok Kontrol Politikası	65
3.2.2. Stok Rotalama Probleminin Tanımı	66
3.2.3. Stok Rotalama Problemlerinin Amacı	69
3.2.4. Stok Rotalama Problemiyle İlgili Yapılan Çalışmalar	71
3.3. Periyodik Rotalama Problemleri	75
3.3.1. Periyodik Rotalama Problemlerinin Çözümünde kullanılan yöntemler	78
3.3.2. Stok Rotalama Problemleri ile Periyodik Rotalama Problemleri arasındaki ilişki	79
3.4. Bütünleştirilmiş Üretim, Stok ve Dağıtım Rotalama Problemleri	80

3.4.1 Bütünleşik Üretim, Stok, Dağıtım Rotalama Problemlerinin Uygulandığı Alanlar.....	83
3.4.2 Bütünleşik Üretim, Stok, Dağıtım Rotalama Probleminin Notasyon ve Matematiksel Formülasyonu.....	85
3.4.2.1. Problemin Notasyonu.....	85
3.4.2.2. Problemin Matematiksel Formülasyonu.....	87
BÖLÜM 4: BÜSDR PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	90
4.1. Kesin Yöntemler.....	91
4.1.1. Dal-sınır yöntemi.....	91
4.1.2. Dal-fiyat yöntemi.....	93
4.2. Sezgisel yöntemler.....	94
4.3. Meta-Sezgisel Yöntemler.....	99
4.3.1 GRASP (Açgözlü Rastsallaştırılmış Uyarlamalı Arama Yordamı).....	101
4.3.1.1 Geliştirici Aşama.....	102
4.3.1.2 Yerel Arama Aşaması.....	103
4.3.2 Tabu Arama Tekniği.....	103
4.3.2.1 Çözüm Uzayı ve Komşuluk Yapısı.....	104
4.3.2.2 Tabu Arama Tekniğinde Hafıza.....	105
4.3.3 Genetik Algoritma.....	106
4.3.3.1 Genetik Algoritma Operatörleri.....	108
4.3.3.1.1Seçme Operatörü.....	109
4.3.3.1.2Çaprazlama Operatörü.....	110
4.3.3.1.3Mutasyon Operatörü.....	111
4.3.3.1.4Elitizm Operatörü.....	112
4.3.4 Memetik Algoritma.....	116
BÖLÜM 5: UYGULAMA.....	120
5.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı.....	120
5.2. Geliştirilmiş olan Algoritmanın Performansının Test Edilmesi.....	122
5.3. Bütünleşik Üretim, Stok, Dağıtım Rotalama Problemlerinin Damacana Su Sektörü Uygulaması.....	135
5.3.1. Türkiye’de Ambalajlı İçme Suyu Sektörü.....	135

5.3.2. Hamidiye Kaynak Suları Sanayi, Turizm ve Ticaret A.Ş.	137
5.3.2.1. Hamidiye A.Ş. 19 lt. 'lık Polikarbon Ambalajlı Su Üretim ve Dağıtımını...	137
5.3.2. Hamidiye A.Ş için Memetik Algoritma ile Geliştirilen Bütünleşik Üretim- Dağıtım Planı	141
SONUÇ VE ÖNERİLER	150
KAYNAKÇA	154
Ek-1: Avrupa Bölgesi Ana Depoları İçin Oluşturulan Rotalar	181
Ek-2: Anadolu Bölgesi Ana Depoları İçin Oluşturulan Rotalar	183
Ek-3: Hamidiye A.Ş. için Geliştirilmiş olan Ana Depo Üretim-Dağıtım Planı.....	184
ÖZGEÇMİŞ	187

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1-1 Tedarik Zinciri Yönetimi Aktiviteleri.....	14
Tablo 1-2 Tedarik zincir stratejisine göre değişen karar süreçleri.....	21
Tablo 3-1 Stok Rotalama Problemlerinin Sınıflandırılmasında Kullanılan Kriterler..	68
Tablo 3-2 Stok Rotalama Problemi ile İlgili Çalışmalar.....	72
Tablo 4-1 İlgili Sisteme Ait Müşteri Talepleri.....	96
Tablo 4-2 Müşteriler Arasındaki Taşımacılık Maliyetleri.....	97
Tablo 4-3 Müşteriler Arasındaki Tasarruf Değerleri.....	98
Tablo 4-4 Tabu arama tekniğinin temel işlem basamakları.....	104
Tablo 5-1 Müşterilerin Dönem Başı Stok, Talep ve Depolama Alanı Bilgileri	127
Tablo 5-2 Maliyet ve Araç Kapasitesi Bilgileri.....	128
Tablo 5-3 A1 Problem Setinden Çözülen Problemlere Ait Maliyet Değerleri.....	132
Tablo 5-4 MA'nın A1 Problem Setinin Problemlerinde Diğer Yöntemlere Göre Performansı.....	133
Tablo 5-5 A2 Problem Setinden Çözülen Problemlere Ait Maliyet Değerleri.....	134
Tablo 5-6 MA'nın A2 Problem Setinin Problemlerinde Diğer Yöntemlere Göre Performansı.....	135

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1: Tedarik Zinciri Ürün ve Nakit Akışı.....	5
Şekil 1-2: Basit Bir Tedarik Zinciri Modeli.....	6
Şekil 1-3: Örnek Bir Tedarik Zincirinin Kademeleri.....	8
Şekil 1-4: Bütünleştirilmiş Tedarik Zinciri.....	11
Şekil 1-5: Tedarik Zinciri Yönetimi Evi.....	12
Şekil 1-6: Tedarik Zinciri Karar Aşamaları.....	16
Şekil 3-1: Araç rotalama Problemi.....	53
Şekil 3-2: Gezgin Satıcı Problemi.....	55
Şekil 3-3: Araç Rotalama Problemlerinin Çeşitleri.....	60
Şekil 3-4: Stok Rotalama Problemleri Çözüm Yaklaşımları.....	70
Şekil 3-5: Tedarik Zinciri Planlama Modelleri.....	83
Şekil 4-1: Dal-sınır Algoritmasının Çözüm Uzayı.....	92
Şekil 4-2: İki Nokta Arasındaki Tasarruf Değeri Kavramı.....	95
Şekil 4-3: Gen, Kromozom ve Popülasyonu Gösteren Yapı	106
Şekil 4-4: İkili Düzendeki Kodlama.....	107
Şekil 4-5: Permutasyon Kodlama.....	108
Şekil 4-6: Rulet Tekerleği Seçim Yöntemi.....	110
Şekil 4-7: Tek Nokta Çaprazlama Örneği.....	111
Şekil 4-8: Basit Mutasyon Uygulaması.....	112
Şekil 4-9 : Genetik Algoritma Akış Diyagramı.....	114
Şekil 4-10: Memetik Algoritma Akış Diyagramı.....	118
Şekil 5-1: Geliştirilmiş Olan Memetik Algoritmanın Akış Diyagramı.....	124
Şekil 5-2 :MA'da Kullanılan Kromozom Temsili.....	126
Şekil 5-3: Üretim, Dağıtım ve Rotalama Planı.....	129
Şekil 5-4: Müşterilerin Dönem Sonu Stok Miktarları.....	129
Şekil 5-5: Teslimat Günlerine Ait Dağıtım Rotaları.....	131
Şekil 5-6: Türkiye'deki Ambalajlı Su Sektörünün Son 5 Yıllık Gelişimi.....	136
Şekil 5-7: Hamidiye A.Ş. 19 lt Polikarbon Su Üretim ve Yükleme.....	138
Şekil 5-8: Damacana Şişe Dolum	139
Şekil 5-9: Damacana Su Üretim Hattı	140
Şekil 5-10: Hamidiye A.Ş. Ana Bayi Lokasyonları.....	142

Şekil 5-11: Hamidiye A.Ş. Anadolu Bölgesi Ana Depolarının Harita Konumu....	143
Şekil 5-12: Hamidiye A.Ş. Anadolu Bölgesi Ana Depolarının Harita Konumu....	144
Şekil 5-13: Hamidiye A.Ş. Tali Bayi Dağılımı.....	144
Şekil 5-14: Mevcut Taşıma Maliyetleri.....	145
Şekil 5-15: Ana Depo için Üretilen Günlük Damacana ve Üretim Günü Sayısı....	146
Şekil 5-16: Yeni Durum Taşımacılık Maliyetleri.....	147
Şekil 5-17: Taşımacılık Maliyetlerinden Elde Edilen Maliyet Tasarrufu.....	147
Şekil 5-18: Ana Depolara ait Taşımacılık Maliyetleri.....	148
Şekil 5-19 Toplam Maliyet Tasarrufları.....	149

KISALTMALAR LİSTESİ

ARP	:Araç Rotalama Problemi (Vehicle routing problem)
ATCH	:Yaklaşık Taşımacılık Maliyeti Sezgiseli (Approximate Transportation Costs Heuristic)
BT	:Benzetilmiş Tavlama
ÇDARP	:Çok Depolu Araç Rotalama Problemi
DSR	:Dinamik Stok Rotalama (Dynamic Routing and Inventory)
DTARP	:Dağıtım ve Toplamalı Araç Rotalama Problemi
EA	:Evrimsel Algoritma
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise resource planning)
ETCH	:Tahmini Dağıtım Maliyetleri Sezgiseli (Estimated Transportation Costs Heuristic)
EZDTARP	:Eş zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç rotalama problemi
FLKA	:Frito-Lay Kuzey Amerika (Frito-Lay North America)
FTL	:Komple Araç Yüğü (Full Truck Load)
GA	:Genetik Algoritma (Genetic Algorithm)
GRASP	:Açgözlü Rastsallaştırılmış Uyarlamalı Arama Yordamı (Greedy Randomized Adaptive Search Procedures)
GSP	:Gezgin Satıcı Problemi
İĞİÇ	:İlk Giren İlk Çıkar (First In First Out)
KARP	:Kapasiteli Araç Rotalama Problemi
KKA	:Karıncı Kolonisi Algoritması (Ant Colony Algorithm)
KGSP	:Kümelenmiş Gezgin Satıcı Problemi
LC	:Yüklerin Birleştirilmesi (Load Consolidation)
LTL	:Komple Araçtan Daha Az Yük (Less than Truck Load)
MIP	:Karma Tamsayı Programlama (Mixed Integer Programming)
NP-zor	:Polinom Zamanda Çözülemeyen Problemler (Non-Deterministic Polynomial - Hard)
PAR	:Periyodik Araç Rotalama
PSO	:Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization)
P&G	:Procter & Gamble
PRP	:Periyodik Rotalama Problemi (Periodic Routing Problem)

RFID	:Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio-Frequency Identification)
RCL	:Sınırlandırılmış Aday Listesi (Restricted Candidate List)
SA	:Tavlama Benzetimi (Simulated Annealing)
SİS	:Satıcı İradeli Stok Kontrol (Vendor Managed Inventory Control)
SRP	:Stok Rotalama Problemi (Inventory Routing Problem)
TS	:Tabu Arama (Tabu Search)
TA	:Tabu Algoritması
TSP	:Gezgin Satıcı Problemi (Travelling Salesman Problem)
TZY	:Tedarik Zinciri Yönetimi
YSA	:Yapay Sinir Ağları
YZ	:Yapay Zeka
ZPARP	:Zaman Pencereci Araç Rotalama Problemi
3PL	:Üçüncü Parti Lojistik

SEMBOLLER LİSTESİ

- T** $t \in \{1, \dots, l\}$ olmak üzere l zaman periyodları setidir.
- N** $i \in \{0, \dots, n\}$ olmak üzere fabrika ve müşteriler setidir. Burada fabrika 0 düğümü ile tanımlanır ve $N_c = N/\{0\}$ müşterilerden oluşan alt kümeyi ifade etmektedir.
- K** $k \in \{1, \dots, m\}$ olmak üzere m araçlar setidir.
- p_t** t periyodundaki üretim miktarıdır;
- I_{it}** t periyodu sonunda i düğümündeki stok miktarı;
- r_{it}** t periyodunda i müşterisine gönderilen ürün miktarı;
- y_t** eğer t periyodunda fabrikada üretim varsa 1 değerini alır, eğer yoksa 0;
- z_{it}** eğer i müşterisi t periyodunda ziyaret edilirse 1 değerini alır, edilmezse 0;
- x_{ijkt}** eğer k aracı, t periyodunda i müşterisinden hemen sonra j müşterisini ziyaret ederse 1 değerini alır, etmezse 0;
- q_{ikt}** t periyodunda i müşterisine k aracı ile teslim edilen ürün miktarı;
- u** birim üretim maliyeti;
- f** sabit üretim hazırlık maliyeti;
- h_i** i müşterisinde bir birim ürünün elde bulundurma maliyeti;
- c_{ij}** $c_{ij} = c_{ji}, \forall (i, j) \in E$ varsayımı ile i müşterisinden j müşterisinde taşımacılık maliyeti;
- d_{it}** t periyodunda i müşterisinin talep miktarı;
- C** üretim kapasitesi;
- Q** araç kapasitesi;
- L_i** i düğümündeki depolama kapasitesi;
- $I_{i,0}$** i düğümünde dönem başında elde bulunan stok miktarı;
- M_t** $\min \{C, \sum_{j=t}^l \sum_{i \in N_c} d_{ij}\}$;
- \acute{M}_{it}** $\min \{Q, \sum_{j=t}^l d_{ij}\}$.

- e_i i müşterisine ait hizmet frekansı
- t_{0i} depodan i müşterisine ziyaretin süresi
- Z_i i müşterisine yapılması mümkün olan ziyaretlerin kombinasyonundan oluşan set
- s_i i müşterisinin hizmet süresi
- a_i i müşterisine en erken teslimat zamanı
- b_i i müşterisine en geç teslimat zamanı

GİRİŞ

Günümüzün küreselleşen ekonomisinde, büyüyen pazarlar ve artan müşteri beklentileri ile birlikte firmaların pazarda devamlılıklarını sağlayabilmeleri ve rekabet avantajı kazanabilmeleri için tedarik zincirlerini iyi bir şekilde yönetebilmeleri gerekmektedir. Firmalar tedarik zinciri yönetimi sayesinde maliyetlerini düşürebilmekte, müşterilerine daha iyi kalitede, daha hızlı ve etkili bir şekilde cevap vererek müşterilerin istedikleri ürünleri doğru zaman ve doğru miktarda ve doğru yerde sunabilmekte yani kısacası rakiplerine karşı rekabet avantajları kazanabilmektedir.

Tedarik zinciri yönetiminin en temel amacı, nihai ürünün son tüketiciye ulaşmasını sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için tedarik zinciri içerisinde birçok organizasyon çalışmaktadır. Nihai ürünün üretilmesi için gerekli olan hammadde ve yarı mamuller, tedarikçilerden elde edildikten sonra bir imalat tesisinde son ürün haline getirilir ve oradan da tüketicilere ulaştırılır. Tedarik zinciri yönetimi sırasında bu faaliyetleri gerçekleştirilirken gereksiz kaynak tüketiminden kaçınmak ve ürünü müşteriye zamanında ve uygun fiyatla sunabilmek için çeşitli kararlar alınmaktadır. Değişken olan müşteri taleplerini uygun bir şekilde karşılayabilmek ve müşterilerin talepleri gerçekleştiğinde ürünleri hazır halde satış noktalarında bulundurabilmek için firmalar, üretim planlama kararlarını, stok politikalarını ve taşımacılık stratejilerini en iyi şekilde belirlemelidirler.

Günümüzde tedarik zincirindeki karar mekanizmalarına bütünlük bir bakış açısı ile yaklaşım popüler bir hale gelmiştir. Bunun sebebi bu yaklaşımın genel tedarik zinciri üzerindeki gözle görülen ve görülemeyen birçok yarara sahip olmasıdır. Bu yaklaşımın kaçınılmaz olmasının nedenlerinden birisi de tedarik zinciri içerisindeki tek bir karar mekanizmasını diğerlerinden bağımsız olarak ele almak diğer karar mekanizmalarında aksamalara neden olmasıdır. Örneğin, taşımacılık kararlarını alırken yer seçimi, stok ve üretim kararlarını göz ardı etmek bu fonksiyonlarda aksamalara neden olabilir (Ramkumar, Subramanian ve Narendran, 2011: 46).

Teknolojideki ilerlemeler ve bilgisayar kullanımındaki uzmanlıkların artması ile birlikte klasik programlama ve araştırma teknikleri yerini, insanın zekasını bilgisayar

aracılığı ile taklit edebilen ve bu anlamda belli bir ölçüde bilgisayarlara öğrenme yeteneği kazandırabilen yöntemler olan, yapay zekâ tekniklerine bırakmaya başlamıştır. Bu şekilde yapay zekâ çoğunlukla insanın düşünme yeteneğini, beynin çalışma modelini veya doğanın biyolojik evrimini modellemeye çalışan yöntemlerden oluşmaktadır.

Bu tezin amacı ise bir tedarik zinciri için üç temel karar mekanizması olan üretim, stok ve taşımacılık problemlerini bütünlük olarak ele alarak toplam tedarik zinciri maliyetlerinden tasarruf elde etmektir. Bu bütünlük yapıya karşılık gelen ve literatürdeki uygulamalarla yararları kanıtlanmış olan bütünlük üretim stok, dağıtım rotalama problemi ele alınarak problemin çözümü için bir meta-sezgisel geliştirilmiştir. Geliştirilen çözüm aracının performansı literatürdeki problemler üzerinde test edildikten sonra bir su firmasında yapılmış olan gerçek hayat uygulamasıyla çalışma desteklenmiştir.

Tezde tedarik zinciri, tedarik zinciri yönetimi kavramları, tedarik zincirindeki karar mekanizmaları, bütünlük tedarik zinciri yönetimi ve bütünlük üretim stok dağıtım rotalama problemi ve problemlerin çözümünde kullanılacak yöntemler ele alınacaktır. Tezin uygulama bölümünde bir firma için bütünlük üretim stok dağıtım rotalama problemleri geliştirilecek ve veriler temin edilecektir. Mevcut sisteme ait veriler yapay zeka yöntemleri kullanılarak irdelenecek ve toplam tedarik zinciri maliyetlerinden tasarruf edilecektir.

Tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi kavramı ele alınmış ve tedarik zinciri kavramı, tedarik zinciri karar mekanizmaları ve bütünlük tedarik zinciri yönetimi hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, bütünlük üretim, stok, dağıtım rotalama problemleri için bir literatür araştırması yapılmıştır. Literatürdeki problemler üretim kararı içerip içermemelerine ve zaman kısıtı içerip içermemelerine göre sınıflandırılmış ve çalışmalar bu çerçevede değerlendirilmiştir.

Üçüncü bölümde bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama (BÜSDR) problemi ve bileşenleri olan araç rotalama, stok rotalama ve periyodik rotalama problemleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde BÜSDR problemlerinin çözümü için literatürde geliştirilmiş olan çözüm yöntemleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Beşinci bölümde BÜSDR problemini için geliştirilmiş olan memetik algoritmanın literatürde yer alan test problemleri ile performansının testi ve bir damacana su firması üzerinde uygulanmasına ait bilgilere yer verilmiştir.

BÖLÜM 1: TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

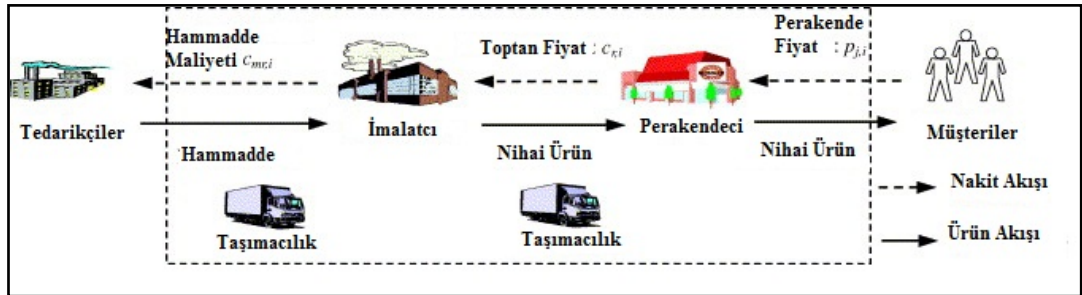
Bu bölümde, tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi kavramlarıyla ilgili tanımlamalar yapılmış ve genel olarak bilgi verilmiştir. Tedarik zinciri yönetiminde önemli bir role sahip olan karar süreçleri stratejik, operasyonel ve taktiksel kararlar olarak üç ayrı başlık altında tanımlanmış ve tedarik zinciri yönetimi sırasında karşılaşılan karar verme süreçleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Tedarik zinciri kavramının temelini oluşturan lojistik kavramı açıklanmış ve tedarik zinciri ile ilişkisi tanımlanmıştır. Son olarak tedarik zincirinin tek bir organizasyon olarak ele alıp yönetilmesine dayanan bütünleşik tedarik zinciri kavramı açıklanmıştır.

1.1. Tedarik Zinciri Kavramı

Tedarik zinciri kavramının temelleri, üretimi tamamlanmış olan nihai ürünün imalatçısından son müşteriye en uygun maliyetle ulaştırılmasını amaçlayan ve firmaların dış lojistik faaliyetlerini temsil eden fiziksel dağıtım kavramına dayanmaktadır. Fiziksel dağıtım kavramının amacı, ürünün yapısına göre uygun taşımacılık yönteminin seçilerek stok elde bulundurma, elleçleme, depolama, taşımacılık maliyetleri gibi maliyetler arasındaki dengeyi sağlamaktır. 1980' lerde taşımacılık ile ilgili kısıtlayıcı düzenlemelerin kaldırılması ve uluslararası taşımacılığın yaygınlaşmaya başlamasıyla birlikte, iç ve dış lojistik faaliyetlerinin koordinasyonu gündeme gelmiştir. Firmalar nihai ürünün hammadde kaynağından üreticisine ulaştırılmasını ele alan iç lojistik faaliyetleri ile imalatçı ve son müşteriye birbirine bağlayan dış lojistik faaliyetlerini bir arada ele alarak uluslararası taşımacılıktan kaynaklanan değişken tedarik sürelerinin dezavantajını azaltma imkanını elde etmişlerdir. Bunun yanı sıra bu koordinasyon sayesinde firmalar daha etkili ve verimli hizmet sağlamış, taşımacılık maliyetlerinden tasarruf elde etmiş ve bu sayede müşteri memnuniyetinde artış sağlamışlardır (Langley v.d., 2008: 14-15). 1990'lardan sonra gelişen teknoloji ve yaygınlaşan bilgi paylaşımı ile iç ve dış lojistik faaliyetlerinin koordinasyonu olan bütünleştirilmiş lojistik kavramı yerini daha kapsamlı olan tedarik zinciri kavramına bırakmıştır. Günümüzde bilgi sistemlerinin oldukça gelişmesi sayesinde tedarik zinciri kavramı daha da derin bir

olgu haline gelmiş ve rekabet koşulları her geçen gün zorlaşan pazarda firmalar için vazgeçilmez bir unsur olmuştur.

Şekil 1-1'de de görülebileceği gibi, tedarik zinciri bir ürünün hammaddelerini kaynağından çıkartıp üretime katılacak hale getiren, ürünün yarı mamullerini üreten, nihai mamulleri tüketiciye sunulacağı son haline dönüştüren ve ona her bir aşamada değer katan bir grup organizasyon ve bu organizasyonları ürün, bilgi ve maddi kaynak akışı ile birbirine bağlayan bir sistemdir. Buradaki organizasyonlar tek bir sahip firma tarafından yönetilebileceği gibi, çeşitli anlaşmalarla kurulan ortaklıklar sonucunda faaliyetlerini gerçekleştiren mamul, yarı mamul veya hammadde üreten firmalar, üçüncü parti veya dördüncü parti lojistik sağlayıcıları, perakendeci firmalar ve hatta müşteriler tarafından yönetilebilir (Shapiro, 2007: 5; Stadtler ve Kilger, 2008: 9).



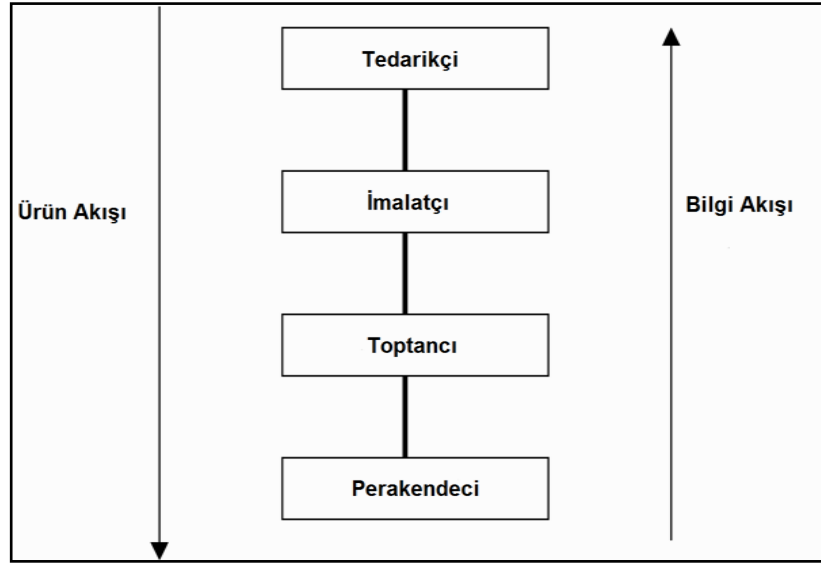
Şekil 1-1 Tedarik Zinciri Ürün ve Nakit Akışı (Chen ve Chen, 2007: 340)

Tedarik zincirini oluşturan bu organizasyonların her biri tedarik zinciri elemanı olarak adlandırılmaktadır. Tedarik zinciri elemanları zincir içerisinde buldukları konuma göre üst akış elemanı veya alt akış elemanı olarak ifade edilebilirler. Bir firmanın tedarikçisi onun üst akış elemanı, müşterisi ise alt akış elemanıdır.

Bir firmanın tedarik zinciri içerisindeki işlevi bulunduğu noktaya bakış açısına göre değişmektedir. Ürün tedarik ederken müşteri konumunda olan bir firma, ürününü satarken tedarikçi konumunda olabilmektedir. Örneğin, bir ekmek fabrikası, buğday

çiftçisinden un fabrikasına doğru, tedarik zincirini alt akış elemanı yani müşteri olarak dağıtıcıdan, perakendeci ve müşteriye doğru ise bir üst akış elemanı yani tedarikçi olarak genişleten bir tedarik zinciri elemanıdır.

Ayrıca bir firma aynı zamanda birden fazla tedarik zincirinin parçası da olabilmektedir. Örneğin, AT&T adlı firma bir tedarik zincirinde Motorola'yı müşteri olarak bulurken, bir başka tedarik zincirinde ortak, bir diğer tedarik zincirinde tedarikçi ve diğer bir tedarik zincirinde rakip olarak bulabilmektedir. Wal-Mart adlı perakende marketler zinciri aynı zamanda bir çikolata, kuru bakliyat, giyim, ev eşyası ve birçok ürün için mevcut tedarik zincirinin parçası olabilmektedir (Mentzer v.d., 2001: 4).



Şekil 1-2 Basit Bir Tedarik Zinciri Modeli (Lau v.d., 2003: 626)

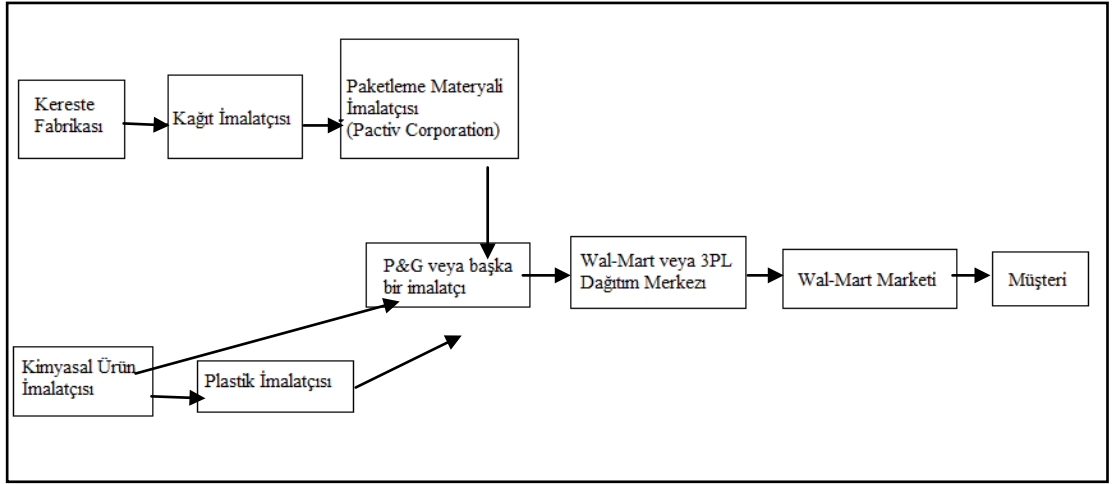
Yukarıda basit bir tedarik zincirine örnek olabilecek bir şekil verilmiştir. Gerçek hayatta tedarik zinciri yapısı, doğrusal olmaması veya daha çok tedarik zinciri üyesi barındırması nedeniyle şekildeki modelden çok daha karmaşıktır. Ayrıca bu şekildeki tedarik zincirinde, tedarik zinciri içerisindeki taşımacılığın önemi yeteri derecede tanımlanmamaktadır. Buna ilaveten bazı firmalar birden çok tedarik zincirine dahil

olabilmektedir. Örneğin, kimyasal madde firmaları, değişik firmalar tarafından imal edilen farklı ürünler için bileşen madde sağlamaktadır. Bir diğer eksik yön ise buradaki bilgi akışının tek yönlü olması ve ancak talep ile ilgili olan bilgi, müşteriler ile direkt iletişim halinde olan perakendecilerden toptancılara oradan imalatçılara ve tedarikçilere ulaşabilmesidir. Bu durumda talepteki her hangi bir değişikliğin bilgisi tedarikçiye ulaşınca kadar hem çok fazla zaman geçmektedir hem de bilgi doğruluğunu yitirebilmektedir. Bu nedenle gelişmiş tedarik zinciri yapılarında firmaların hızla değişen müşteri beklentilerini karşılayabilmesi, fazla veya az stok bulundurmaktan kaynaklanan sorunlarla karşılaşmaması ve kaynakların boşa harcanmaması için gelişen teknolojinin yardımıyla çift yönlü ve eş zamanlı bilgi akışı sağlanmıştır. Bunun yanı sıra burada tek yönlü olarak gösterilmiş olan ürün akışı, gelişmiş tedarik zincirlerinde kusurlu veya atık ürünlerin geri dönüşümü ile çift yönlü olmaktadır. Ayrıca bu şekilde gösterilmemiş olan diğer unsur da maddi kaynak akışıdır. Tedarik zinciri içerisindeki bu önemli üç unsurun, ürün, bilgi ve maddi kaynak akışının çift yönlü ve aksamadan sağlanması tedarik zinciri yönetiminin başarısı için çok önemlidir (Langley v.d., 2008: 19-20; Lau v.d., 2003: 625).

Fiziksel bir ürünün tedarik zinciri ele alındığında iki farklı tedarik zinciri yapısı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, hammadde ve yarı mamullerin nihai ürünü son haline getirebilmek için tedarikçilerden taşınması faaliyetlerini kapsayan yakınsama modeli tedarik zinciridir. Araba üretimine ait tedarik zinciri, arabayı oluşturacak olan birçok hammadde ve yedek parçanın toplanmasını gerektirdiği için yakınsama modeli tedarik zincirine örnektir. İkinci model tedarik zinciri tam tersi faaliyetleri ele alan tedarik zinciri yapısıdır. Buradaki ana ürün başka ürünler için hammadde veya yarı mamul konumundadır. Örneğin yağ endüstrisindeki bir tedarik zincirinde hammadde halindeki yağ, değişik kalitelilerdeki yağlara veya çeşitli kimyasallara dönüştürülmek amacıyla tedarik zinciri içerisinde dolaşım halindedir (Andersson v.d., 2010: 1517).

Tedarik zinciri, bir başka bakış açısıyla çok kademeli stok kavramının geliştirilmiş halidir. Burada çok kademeli stok kavramına ek olarak ürünlerin stok sistemine gelmeden önceki aşamaları da dikkate alınmaktadır. Bu bağlamda tedarik zinciri,

nihai ürünleri stok sistemi içeren bir dağıtım sistemi ile müşterilere ulaştırılan bir tesisler ağıdır. Tedarik zinciri içerisindeki temin etme, üretim, dağıtım gibi faaliyetlere ek olarak, müşterilere ürünleri istenilen zamanda ve miktarda sunmayı sağlayan stok yönetimi faaliyetleri de yer almaktadır. Bu faaliyetlerin bir arada ele alınarak bütünleştirilmiş tedarik zinciri yönetimini benimsemek, günümüz şartlarında organizasyonların başarılı olabilmeleri için önemli bir faktör haline gelmiştir (Hiller ve Lieberman, 2001: 985).



Şekil 1-3 Örnek Bir Tedarik Zincirinin Kademeleri (Chopra ve Meindl, 2010: 21)

Tedarik zincirinde firmalar müşterilerin ihtiyaçlarını direkt veya endirekt olarak karşılamak amacıyla bir araya gelmiştir. Tedarik zincirinin en temel amacı müşteri taleplerini karşılamak ve bu sayede kar elde edebilmektir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için birden fazla firma bir araya gelerek faaliyet göstermektedir. Örneğin yukarıdaki şekilde (Şekil 1-3) kademeleri gösterilmiş olan tedarik zinciri Wal-Mart adlı perakendeci marketin raflarında satılmakta olan bir deterjana ait örnek basit bir tedarik zinciridir. Buradaki tedarik zinciri, bir müşterinin deterjan ihtiyacının karşılamak üzere Wal-Mart'a deterjan almaya gelmesi ile başlar. İlgili tedarik zincirinde ikinci kademeyi Wal-Mart adındaki perakendeci market

oluşturmaktadır. Bu ürün, Wal-Mart'ın raflarına bir 3PL(üçüncü parti lojistik) firmasının araçları kullanılarak markete ait bir bitmiş ürün deposundan veya 3PL firmasına ait dağıtım merkezinden taşınmış ve burada stok olarak bulundurulmaktadır. Dağıtıcı firma ürünleri imalatçı firmadan (Procter & Gamble (P&G)) tedarik etmiştir. Üretici firma P&G ise ürünün üretilmesi için gerekli olan çok çeşitli hammaddeyi, muhtemelen daha alt kademedeki tedarikçiye sahip birçok tedarikçiden tedarik etmiştir. Örneğin, paketleme materyalleri Pactiv Corporation adlı bir firmadan tedarik edilirken, Pactiv firması paketleme materyallerinin hammaddelerini başka tedarikçilerden tedarik etmektedir (Chopra ve Meindl, 2010: 20-21).

Yukarıdaki örnekten de gözlenebileceği gibi tedarik zincirinde nihai müşterinin gözünden bir ürünün veya hizmetin rekabetini gözetecek tek bir organizasyon yapısı bulunmamaktadır. Ürünlerin veya hizmetlerin nihai müşteriye ulaşmasında birden çok organizasyonun katkısı bulunmaktadır. Bu nedenle tedarik zinciri rekabeti, rekabet avantajı elde etmek için geleneksel olarak firmaların tek başlarına bir rekabet stratejisi izlemesinden fazlasını gerektirerek tüm tedarik zinciri üyelerinin tek bir amaç etrafında birleşerek genel tedarik zinciri amaçlarını gözetilen bir rekabet stratejisini benimsemesi şeklinde değişmiştir. Bir firmanın tedarik zinciri içerisinde var olmasını sağlamak için, her zaman kısa dönemde olmasa da uzun dönemde bir kazan-kazan durumunun bulunmasının gerekliliği açıkça mevcuttur (Stadtler ve Kilger, 2008: 10).

Tipik bir ürünün tedarik zinciri, hammaddelerin kaynaktan çıkartılması ile başlar, imalatçıya ulaştırılması ve üretim ile devam eder, nihai ürünün müşterilere teslim edilmesi ile sonlanır. Bir ürünün maliyeti sadece hammaddenin son ürüne dönüştürülünceye kadar harcanan fabrika maliyetlerinden oluşmaz, ürünlerin müşterilere sunulacağı son noktaya kadar taşınması, depolanması, paketlenmesi, satılması için harcanacak emek ve faaliyetlerin maliyetlerini de içerir. Bu nedenle, firmalar maliyetlerini düşürebilmek için tedarik zinciri içerisindeki bütün aktivitelerini bir bütün halinde ele alıp planlamalıdır (Chen, 2004: 711).

Firmalar iyi yapılandırılmış bir tedarik zincirinde yer alarak ürünlerin zincir içerisindeki akışları sırasında değer kazanmasını, ürünlerin doğru miktarlarda, doğru zamanda doğru şekilde ve makul bir fiyatla belirli bir coğrafi alana yayılmış olan müşterilerine ulaştırmayı amaçlamaktadır (Shapiro, 2007: 5).

Tedarik zinciri elemanları arasında sıkı iş birliğinin sağlanması tedarik zincirinin tek bir organizasyon olarak hareket etmesini ve bunun sonucunda taleplerin etkili bir şekilde karşılanmasını ve genel tedarik zinciri karlılığının artmasını sağlamaktadır (Simatupang ve Sridharan, 2002: 16).

Nihai ürünlerin veya hizmetlerin, müşteri memnuniyetini sağlayacak koşullarda tüketicilere ulaştırılmasını sağlayan tedarik zinciri kavramının, zincir elemanları tarafından doğru bir şekilde anlaşılması ve yönetilmesi firmaların rekabet avantajı sağlamaları için önemli bir unsurdur. Bu başarı ancak zincir elemanları tedarik zincirinin amaç ve hedeflerini doğru bir şekilde anlar ve benimserlerse gerçekleştirilebilir. Tek bir amaç etrafında toplanmış olan organizasyonların bilgi sistemlerinin desteği ile iletişim halinde olarak, ürünlerin hammadde halinden son tüketiciye ulaştırılacağı haline dönüştürülmesine katkı sağlaması tedarik zinciri kavramını açıklamaktadır.

1.2. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zincirinin başarılı olabilmesi ve firmaya rekabet avantajı sağlayabilmesi için tedarik zinciri yönetimi stratejisinin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Tedarik zinciri yönetiminde alınan kararlar etkilerinin uzunluklarına göre stratejik, operasyonel ve taktiksel kararlar olarak üçe ayrılmaktadır. Tedarik zinciri yönetimindeki faaliyetlerin hemen her biri bir karar sürecini temsil etmektedir. Bu faaliyetleri başarılı bir şekilde gerçekleştirmek için her birinde doğru kararlar vermek önemlidir.

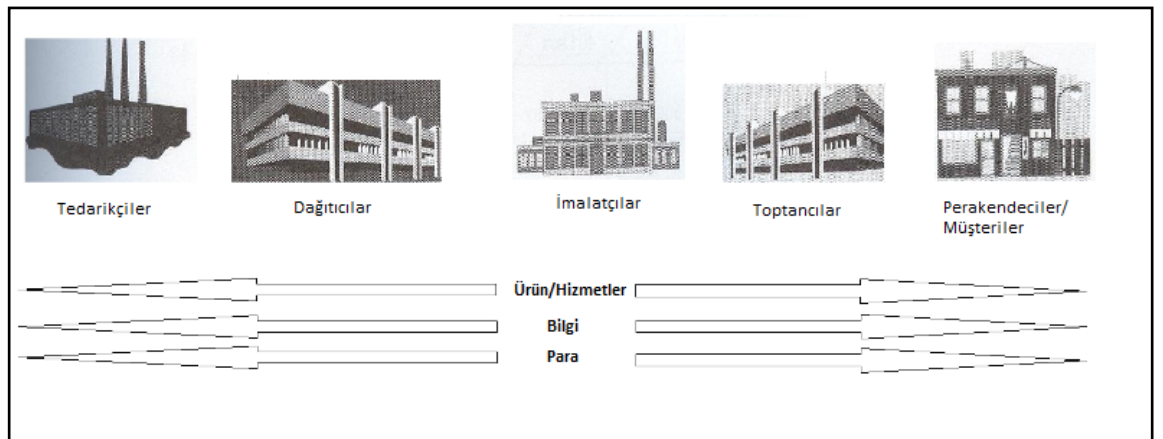
1.2.1. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımı

Tedarik zinciri yönetimi profesyonellerine göre tedarik zinciri yönetiminin tanımı, tedarik, satın alma, dönüştürme ve bütün lojistik yönetimi faaliyetleri gibi faaliyetleri

içeren ve tedarikçiler, imalatçılar, toptancılar, perakendeciler, 3PL hizmet sağlayıcıları, müşteriler gibi zincir ortakları arasındaki koordinasyon ve birleşmeleri düzenleyen bir planlama ve yönetim sürecidir. Tedarik zinciri yönetimi ile tedarik zinciri elemanları arasındaki tedarik ve talep dengeleri düzenlenmektedir (Crandall, Crandall ve Chen, 2010: 4).

Tedarik zinciri yönetimi, ürünlerin, hizmetlerin, bilginin ve mali varlıkların, hammadde halinde buldukları kaynaklardan çıkarılıp işlendikten sonra orta seviyedeki çeşitli organizasyonlar/ firmalar üzerinden geçerek nihai müşterilere etkili ve verimli bir şekilde ulaşmasını sağlayan ardışık bir düzen veya iletim hattı olarak tanımlanabilir (Langley v.d., 2008: 17).

1990'ların sonlarına kadar tedarik zinciri yönetimi, firmalar ile onların tedarikçileri ve müşteri arasındaki lojistik faaliyetlerinin düzenlenmesi olarak tanımlanırken daha sonralarda bu kavram yerini tüm tedarik zincirindeki kritik iş süreçlerinin bütünleştirilmesi ve yönetilmesine bırakmıştır. Böylelikle lojistik yönetimi tedarik zinciri yönetiminin bir parçası olarak tanımlanmış ve tedarik zinciri yönetiminin daha kapsamlı bir kavram olduğu anlaşılmıştır (Lambert ve Cooper, 2000: 67).



Şekil 1-4 Bütünleştirilmiş Tedarik zinciri (Langley v.d., 2008: 17)

Yukarıdaki şekilde (Şekil 1-4) tedarik zinciri yönetiminde faaliyetleri düzenlenen tedarik zinciri elemanlarına örnek verilmiştir. En genel tedarik zinciri kademelerini oluşturan ve tedarikçi, dağıtıcı, imalatçı, toptancı, perakendeci ve müşteri adı verilen bu tedarik zinciri elemanlarının arasındaki ürün/hizmet, bilgi ve maddi kaynak akışının çift yönlü olarak sağlanması ve bütünleştirilmiş bir tedarik zinciri yapısının oluşturulması tedarik zinciri yönetiminin temel amaçlarından biridir.

Tedarik zinciri yönetimi dikeysel bir birleşme değildir. Dikeysel birleşmede, genellikle üst akış elemanları alt akış elemanlarının veya tam tersi şekilde bir satın alınmanın ve firmaların tek bir sahibe geçmesi şeklinde uygulanmaktadır. Tedarik zinciri yönetimi ise her elemanın kendi başarısı üzerine odaklanarak, en iyi gerçekleştirdiği faaliyeti veya ürünü bir diğer elemana hizmet veya hammadde olarak sunması şeklinde tanımlanabilir (Christopher, 1994: 17).



Şekil 1-5 Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) Evi (Stadtler ve Kilger, 2008: 12)

Şekil 1-5 'de Tedarik zinciri yönetimi (TZY)' nin birçok yönünü yansıtan bir TZY evi şekli yer almaktadır. Buradaki şeklin çatısı, TZY' nin esas hedefi olan rekabet gücü ve müşteri hizmetinden oluşmaktadır. Tedarik zincirinin rekabet gücü, maliyetleri azaltmak, müşteri taleplerindeki değişikliklere istinaden esnekliği arttırmak veya yüksek kalitede ürün ve hizmet üretmek gibi çeşitli yollarla arttırılabilmektedir. Şeklin devamında çatının üzerine kurulu olduğu iki sütun, ağ elemanlarının birleşmesi ve bilgi, malzeme ve finansal kaynakların koordinasyonu gibi tedarik zincirinin iki önemli unsurunu göstermektedir (Stadtler ve Kilger, 2008: 11).

Bir firmanın pazarda varlığını sürdürebilmesi, vermiş olmuş olduğu hizmetin karşılığında kar vb. finansal bir getiri elde etme yeteneğine bağlıdır. Bu evrensel kural, en küçük işletmelerden en büyük işletmelere, en eski işletmelerden en yeni işletmelere kadar bütün işletmeler için genel geçer bir kuraldır. Bu kuralı sağlamak için gösterilen çabanın yolları ve araçları ise firmaların faaliyet gösterdikleri pazarın özelliğine, satılan ürünün veya sunulan hizmetin türüne bağlı olarak belirledikleri stratejilerine göre değişiklik gösterir. Bazı firmalar sürekli olarak değişen müşteri taleplerini karşılamak için ürün geliştirme ve müşteri memnuniyeti üzerine yoğunlaşırken, bazı firmalar ise maliyet tasarrufu elde ederek pazarda rekabet avantajı sağlamak için operasyon maliyetlerini ve teslimat sürelerini azaltmak üzerine yoğunlaşırlar. Ancak bu amaca ulaşmak için izlenen stratejilere bağlı olmaksızın her firma ürünlerin, bilgilerin ve kaynakların akışını düzenlemek ve sorunsuzca bu akışın gerçekleşmesini sağlamak ihtiyacındadır. Etkili bir tedarik zinciri oluşturmanın amacı, değer zincirinden gelir elde etmektir. Bu elde edilen gelir zincir elemanları arasında geriye doğru akarak, elemanların katkılarının karşılığını oluşturur (Crandall, Crandall ve Chen, 2010: 6).

Tedarik zinciri yönetiminin amacı, genellikle önceden belirli ve sabit bir müşteri talebinin karşılanmasını sağlamak amacıyla zincir için ortak bir hedef çatısı altında tedarik zinciri yönetim stratejisini belirlemek ve bunun sonucu olarak da toplam tedarik zinciri maliyetlerini en aza indirmek, kaynak israfını engellemek ve müşteri memnuniyetini sağlamaktır. Buradaki toplam tedarik zinciri maliyeti,

hammadde, içsel taşımacılık, tesis yatırım, direkt ve endirekt imalat ve dağıtım, işçilik, paketleme, elleçleme, stok bulundurma, tesis içi taşımacılık, dışsal taşımacılık gibi maliyetlerden oluşmaktadır (Shapiro, 2007: 7).

Mentzer v.d. (2001) çalışmalarında tedarik zinciri yönetimini, bir yönetim felsefesi, bir yönetim felsefesinin uygulaması ve bir yönetim süreçleri seti olarak üç ana başlık altında gruplamıştır. Tedarik zinciri yönetiminin, bir yönetim felsefesinin uygulamak için geliştirilmiş bir grup aktivite olarak tanımlandığı çalışmalarda araştırmacılar, tedarik zinciri yönetimi felsefesinin başarılı olabilmesi için gerekli olan çeşitli aktiviteleri aşağıdaki Tablo 1.1 'deki gibi tanımlamıştır.

Tablo 1.1. Tedarik Zinciri Yönetimi Aktiviteleri (Mentzer v.d., 2001: 8)

TZY AKTİVİTELERİ
1. Bütünleşik Tutum
2. Ortak Bilgi Paylaşımı
3. Ortak Risk ve Ödül Paylaşımı
4. Ortak Çalışma
5. Ortak Amaç ve Müşterilere Hizmet Ederken Aynı Hedefi Benimseme
6. Süreçlerin Bütünleştirilmesi
7. Uzun Süreli İlişkiler Sağlayacak ve Sürdürecektir Ortaklar Edinme

Başarılı bir tedarik zinciri yönetiminde öncelikle sağlanması gereken, tedarik zinciri elemanları arasında ortak bir tutum geliştirilmesidir. Bu sayede firmaların sadece kendi avantajlarına olacak davranışlarda bulunması engellenebilir. Aksi takdirde yerel karlılık üzerine odaklanan işletmelerin çelişen amaçları nihai ürünün kalitesini, maliyetini, teslim süresini vb. olumsuz olarak etkileyebilir. Tedarik zinciri bütünleşmesi, bütün tedarik zinciri elemanlarının birlikte toplam tedarik zinciri karlılığını arttırmak için çalışmasıdır. Tedarik zinciri bütünleşmesinde, her bir eleman aldığı kararların diğer elemanlar üzerindeki etkisini de düşünmek zorundadır.

Bu sayede nihai ürünün müşteri memnuniyeti artar ve buna bağlı olarak tedarik zincirinin başarısı da artar (Chopra ve Meindl, 2010: 483). La Londe ve Masters (1994; alıntıyı yapan Mentzer v.d., 2001: 9) çalışmalarında, bir tedarik zincirinde başarıya ulaşmanın bütün tedarik zinciri elemanlarının ortak bir amaca sahip olması ve müşterilere hizmet ederken aynı hedefleri gözetmesiyle mümkün olabileceğini belirtmiştir.

Tedarik zinciri yönetimde bütünleşik bir tutum geliştirmenin başlıca gereksinimi tedarikçiler, imalatçılar, dağıtıcılar ve perakendeciler arasında günlük iletişimin geliştirilmesi sağlamaktır. Örneğin, tüketim ile ilgili yeterli bilginin sağlanması sayesinde çok miktarlarda stok gereksinimi engellenmiş olacaktır. Bu günlük sistemin perakendecilerin veri tabanında hali hazırda bulunan promosyonel ve mevsimsel düzenleme bilgileri de içermesi ile depolarda kalıcı boş alan ve emniyet stoğu bulundurma ihtiyacı minimuma yaklaşacaktır. Bu da tedarik zincirinde kamçı etkisi olarak bilinen talep dalgalanmalarını engelleyecek ve onun kötü etkilerinden tedarik zincirini koruyacaktır (Poirier ve Reiter, 1996: 20).

Tedarik zinciri içerisinde riskin her bir elemanın yapısına oranla dağıtılması ve ödül paylaşımı, zincir üyeleri arasındaki uzun dönemli ortaklıkların gelişmesine katkı sağlamaktadır. Zincir içerisindeki zayıf bir işletmeye veya tek bir işletmeye fazlaca risk yüklenmesi ve bunun sonucunda o işletmenin zarar görmesi bütün tedarik zincirini etkileyecektir (Stock ve Lambert, 2001: 77).

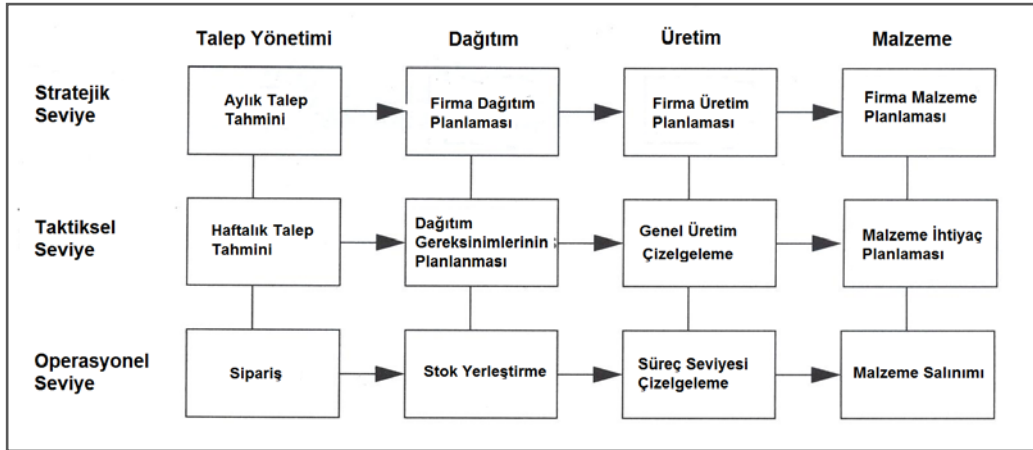
Tummala, Philips ve Johnson (2006) çalışmalarında, firmaların TZY stratejilerini uygulayarak ulaşmak istedikleri en önemli amaçların, operasyon maliyetlerini ve teslimat sürelerini azaltmak, müşteri memnuniyetini ve esnekliği arttırmak, etkili bir stok yönetimine sahip olmak, görevler arası iletişimi arttırmak ve rekabet gücünü arttırmak olduğunu kanıtlamışlardır (Tummala, Philips ve Johnson, 2006: 190).

Günümüzde tedarik zinciri yönetiminde, geliştirilmiş olan ERP (kurumsal kaynak planlaması) bilgi sistemlerinin kullanımı sayesinde tedarik zinciri elemanları ortak bir bilgi sistemi üzerinden faaliyetlerini düzenlemekte ve tedarik zinciri yönetimi için yaşam kaynağı olan bilgi akışının eş zamanlı ve doğru bir şekilde gerçekleşmesi

sağlanmaktadır. Bu sistemler sayesinde imalatçı firma farklı bir işletme olan dağıtım deposunun stoklarını kontrol edebilmekte ve gerektiği zamanlarda ürün sevkiyatını gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca barkod kullanımı ve RFID (radyo frekansı ile tanımlama) etiket gibi teknolojiler sayesinde depoya giren ve çıkan ürünlerin kayıtları eş zamanlı olarak yapılabilmekte ve anında imalatçının sistemlerine bu bilgiler yansımaktadır. Bu gibi teknolojilerin gelişmesi ve yaygınlaşması sayesinde tedarik zinciri yönetiminde maliyetlerin azaltılması, müşteri memnuniyetinin artması ve kaynak israfının önlenmesi sağlanmıştır.

1.2.2. Tedarik Zinciri Karar Aşamaları

Tedarik zinciri yönetimi süresince ürün, bilgi ve para akışının sorunsuz bir şekilde gerçekleşmesi için birçok karar alınmaktadır. Bu kararlar, etki sürelerine ve hangi sıklıkla alındıklarına bağlı olarak üç kategoriye veya aşamaya ayrılmıştır. Bunlar stratejik kararlar (uzun vadeli), taktiksel kararlar (orta vadeli) ve operasyonel kararlar (kısa vadeli) dir. Şekil 1-6’da tedarik zinciri yönetim süreçlerinde alınan kararlar bu sınıflamaya göre örneklendirilmiştir.



Şekil 1-6 Tedarik Zinciri Karar Aşamaları (Fox, Chionglo ve Barbuceanu, 1993: 2)

1.2.2.1. Stratejik Kararlar

Tedarik zinciri yönetiminde alınan stratejik kararlar, etki süresi en uzun olan ve değiştirilmesi yüksek maliyet gerektiren kararlardır. Bu aşamadaki karardan bazıları, zincirin yapısının belirlenmesi, depo ve imalat tesislerinin yerlerinin belirlenmesi, tedarik zinciri fonksiyonlarının dışarıdan mı temin edileceğinin veya firma tarafından mı karşılanacağına kararın verilmesi, uzun dönemde hangi tür taşımacılık tercih edileceğinin belirlenmesi ve hangi çeşit bilgi sistemlerinin kullanılacağına kararlarının alınması şeklinde sıralanabilir. (Chopra ve Meindl, 2010: 25).

Tedarik zinciri yönetiminde en önemli stratejik kararlardan biri tedarik zincirinin iskeletini oluşturan dağıtım ağının tasarımıdır. Bu aşamada oluşturulan kararlar tedarik zincirinin iskelet yapısının belirlenmesini sağlayacağı için ve bu aşamadan sonra alınacak bütün kararlar ancak bu iskelet çerçevesinde gerçekleşebileceği için son derece önemlidir. Bu nedenle tedarik zinciri dağıtım ağı tasarımı aşamasında alınacak olan kararların doğruluğu ve etkinliği başarılı bir tedarik zinciri için stratejik önem taşımaktadır. Tedarik zinciri dağıtım ağı tasarımı sırasında alınacak kararlar ile, tedarik zincirini oluşturan tesislerin sayısı, kuruluş yerleri, kapasiteleri, taşımacılık yöntemleri ve tesisler arasındaki ürün akış seviyesi gibi önemli yapısal özellikler belirlenmektedir. Bu aşamada alınan kararlar çoğunlukla gelecekte değiştirilmesi firmaya büyük maddi yük getirecek ve zaman açısından uzun sürecek olan kararlardır. Örneğin, tedarik zinciri elemanlarından birine ait bir tesisin nerede açılacağına karar alındıktan sonra bu kararın yanlış bir karar olduğunun anlaşılması üzerine o tesisin kapatılması zaman ve maliyet açısından firmaları büyük kayıplara uğratacağından tesisleri açıp kapatılması kararı kolay bir karar değildir. Bu kararlar alınmadan önce bütün planlar detaylı bir şekilde yapılmalı genel tedarik zinciri yapısı belirlenmelidir. Firmanın gelecekte pazarda almak istediği pozisyona göre belirlenen stratejiler çerçevesinde bu kararlar alınmalıdır. Ayrıca bu kararlar alınırken, gelecek birkaç yılda pazar koşullarında beklenen muhtemel belirsizlikler de göz önüne alınmalıdır (Pishvae, Farahani ve Dullaert, 2010: 1100).

Stratejik kararlar genellikle tedarik zincirinin ilk oluşturulduğu süreçte alınması gereken kararlardır. Başarılı bir tedarik zinciri yönetimi için alınacak olan taktiksel

ve operasyonel kararların etkili olabilmesi, kuruluş aşamasında alınmış olan stratejik kararların doğruluğuna bağlıdır (Pishvae, Farahani ve Dullaert, 2010: 1100).

1.2.2.2. Taktiksel Kararlar

Tedarik zincirinde alınan taktiksel kararların en temel amacı firmanın orta dönemdeki net karını arttırmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için alınacak olan kararlar ile belirli bir planlama döneminde ürün, bilgi ve para akışının maksimum düzeyde gerçekleştirilmesi amaçlanır. Kararlar alınırken, stratejik aşamada belirlenen tedarik zinciri yapısı çerçevesinde oluşan kısıtlar göz önünde bulundurulmaktadır. Ayrıca stratejik seviyede alınmış olan kararlar ile firmayı rakiplerinden farklılaştıracak olan ürün ve servis faktörleri en azından bir yıllık bir dönem için iyi bir şekilde oluşturulduğunda, alınacak olan taktiksel kararlar ile istenilen başarı elde edilir. Planlama aşamasında alınan kararlar bir yılın çeyreğini oluşturan üç aylık dönemlerden bir yıla kadar genişleyebilen bir zaman aralığını kapsar. Planlama aşamasında alınan kararlar gelecek dönem için gerekli olan talep tahminlerinin yapılmasıyla başlar ve hangi pazar talebi hangi tesis tarafından karşılanacak, fason üretim kararları, takip edilecek stok politikaları, fiyatlandırma gibi kararların alınmasını kapsar (Chopra ve Meindl, 2010: 25; Shapiro, 2007: 343).

1.2.2.3. Operasyonel Kararlar

Bu aşamada alınan genellikle kararlar haftalık veya günlük zaman dilimini etkilemektedir. Operasyonel kararların sonuçları nihai müşterilere direkt olarak yansımaktadır. Örneğin, siparişler ile ilgili verilmiş olan yanlış bir operasyonel karar sonucunda firmada yetersiz ürün bulunması müşterinin talebini karşılayamamasına neden olur. Bu aşamada önceden belirlenmiş bir tedarik zinciri yapısının mevcut olduğu ve bu yapıya uygun planlama politikalarının belirlenmiş olduğu varsayılmaktadır. Başarılı stratejik ve taktiksel kararlar operasyonel kararların başarısını etkiler. Örneğin, taktiksel karar sürecinde yapılmış olan iyi bir talep tahmini sayesinde operasyonel karar sürecinde yapılacak olan üretim planının müşteri taleplerini eksiksiz bir şekilde karşılaması mümkün olabilecektir. Tedarik zinciri operasyon kararlarında temel amaç, mümkün olan en iyi şekilde müşteri

taleplerinin karşılanmasını sağlamak için gerekli eylem planını belirlemektir. Nihai müşterinin taleplerinin aksamadan karşılanabilmesini sağlamak için, ne kadar ürün üretilecek ve bu ürünlerden ne kadarı stok olarak elde bulundurulacak kararlarının alınması, siparişlerin zamanında müşteriye teslimatı için mevsim şartları, yol şartları vb. etkenlerin göz önüne alınarak siparişin yükleneceği tarihin ve siparişlerin hangi depolardan karşılanacağı belirlenmesi, belirli bir siparişin hangi taşımacılık yöntemi ile taşınacağı belirlenmesi ve araçların çizelgelemesinin yapılması gibi kararlar bu aşamadaki kararlardan bazılarıdır (Chopra ve Meindl, 2010: 26). Örneğin bir ilaç firması için, müşterilere yerel dağıtım yapan firma araçlarının rotalarının planlanması ve çizelgelenmesi bir operasyonel karardır. Aynı şekilde, bir perakendeci firma için dağıtım merkezlerine ulaşmış olan ürünlerin bayilere dağıtılması için 2 haftalık dönemi kapsayan günlük çizelgelemenin yapılması da bir operasyonel karardır (Shapiro, 2007: 360).

Bu aşamadaki kararlar kısa bir zaman dilimi (dakikalar, saatler veya günler) içerisinde gerçekleşecek faaliyetler ile ilgili olarak alındığından dolayı bu aşamada belirsizlik diğer aşamalara göre daha az seviyededir (Chopra ve Meindl, 2010: 26).

Tedarik zincirinin kuruluş aşamasından başlayarak en son hizmet aşamasına kadar devam eden bu üç karar sürecinin birbirleriyle etkileşimleri oldukça fazladır. Bir tanesinde yapılacak hata diğer süreçlerde de başarısızlığı getirecektir. Bu nedenle tedarik zincirinde alınacak kararların her birinin özenle üzerinde çalışılması ve sonuçlarından emin olunmayan kararların alınmaması gerekmektedir. Özellikle daha önceden de belirtildiği gibi tedarik zincirinin iskelet yapısını oluşturan veya bir binanın temeli görevini üstlenen stratejik kararlar alınırken oldukça özen gösterilmelidir. Tedarik zinciri bir binaya benzetilirse, temelleri yanlış atılmış bir binanın üzerine ne kadar güzel bir beton dökülse ve yapı inşa edilse de o bina en ufak bir sarsıntıda yıkılabilir. Tedarik zinciri yapısının da çetin rekabet koşullarında varlığını sürdürebilmesi için başarılı stratejik kararlarla atılacak sağlam temellere ihtiyacı vardır.

Bu çalışmada tedarik zinciri operasyon aşamasındaki kararlar ele alınarak, tedarik zinciri maliyetlerinin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Belirli bir dönemde tedarik

zincirinin müşteri taleplerini karşılayabilmek için üretmesi gereken ürün miktarı, elinde bulundurması gereken stok ve ürünlerin en kısa sürede müşteriye ulaştırılması için araçların rotalanması üzerine çalışılmıştır.

1.2.3. Tedarik Zinciri Yönetiminde Alınan Kararlar

Başarılı bir tedarik zinciri yönetimi için çeşitli karar aşamalarında doğru analiz ve tespitlerin yapılması ve doğru kararların alınması önemli bir unsurdur. Tedarik zinciri, içerisinde birçok organizasyonu barındıran karmaşık yapılı bir sistemdir. Bunun sonucu olarak toplam sistemin başarısı için sonuçları birbiriyle çelişen birçok karar sürecinin başarılı bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu karar süreçleri yönetilirken birbirleriyle etkileşimleri göz önünde bulundurulmalı ve toplam sistemin verimliliğini ve etkinliğini arttıracak karar dengeleri oluşturulmalıdır.

Tedarik zincirinde alınacak olan kararlar genel tedarik zinciri stratejilerine uygun şekilde tercih edilmelidir. Aşağıdaki tabloda (Tablo 1-2) farklı tedarik zinciri stratejilerine göre farklılaşan karar süreçlerine örnekler verilmiştir. Tedarik zinciri stratejileri zincirde sunulan hizmet veya ürünün yapısına ve içinde bulunulan pazarın özelliklerine uygun olarak rekabet avantajı kazanmak için oluşturulur. Belirlenmiş olan stratejiye göre tedarik zinciri yönetimindeki karar süreçleri ele alınır. Örneğin bir ürünün tedarik zinciri için düşük maliyet ile müşterilerin taleplerini karşılama stratejisi öncelikli strateji olarak belirlendiyse tedarik zinciri ağ tasarımı, stok ve fiyatlandırma kararları, üretim kararları, taşımacılık kararları bu stratejiyi gerçekleştirmek üzere alınmalıdır.

Tablo 1-2 Tedarik zincir stratejisine göre değişen karar süreçleri (Heizer ve Render, 2008: 435)

Strateji	Düşük maliyet	Talebe hızlı cevap verme	Farklılaşma
Tedarikçinin Amacı	Mümkün olan en ucuz maliyet ile talebi karşılamak	Hızla değişen müşteri taleplerini stok boşalmasına izin vermeden karşılamak	Pazar araştırmalarına katılarak yeni ürün ve fırsatlar geliştirmek
Öncelikli tercih kriteri	Maliyet	Kapasite, esneklik ve hız	Ürün geliştirme yeteneği
Üretim süreç özellikleri	Yüksek ortalama verimlilik	Kapasite artırma ve esneklik için yatırım yapma	Değişen müşteri taleplerine karşılık verebilecek esneklikte üretim
Stok özellikleri	Maliyetleri azaltmak için stokları azaltmak	Stok bulundurarak müşteri taleplerini olabildiğince çok karşılamak	Müşteri talepleri çabuk değiştii için az stok bulundurarak modası geçmiş ürün riskini azaltmak
Teslimat süresi özellikleri	Maliyetleri arttırmadığı sürece teslimat süresinin azaltmak	Üretim sürelerini azaltmak için agresif yatırım yapmak	Ürün geliştirme sürelerini kısaltmak için agresif yatırım yapmak
Üretim tasarım özellikleri	Performansı maksimum, maliyetleri minimum yapmak	Kısa hazırlık süresine ve hızlı üretime yardımcı üretim hatları tasarlamak	Farklı ürünlerin üretiminde farklı hat kullanmayı olabildiğince gerektirmeyecek üretim hatları tasarlamak

1.2.3.1. Tedarik Zinciri Ağ Yapısının Belirlenmesi

Günümüzün küresel ticaret koşullarında tedarik zinciri içerisinde faaliyet gösteren elemanların farklı ülkelerde yer alması çeşitli avantajlar sağlamak için (ucuz iş gücü, iklimsel uygunluk, kaliteli ve ucuz hammadde vb.) tercih edilen bir durumdur. Ancak tedarik zinciri için çeşitli avantajlar sağlayan küresellik kavramı daha karmaşık bir tedarik zinciri ağ yapısını da beraberinde getirmektedir. Küresel tedarik zincirinde tedarikçilerin ve müşterilerin tüm dünyaya yayılmış olması nedeniyle bu süreçte

çeşitli coğrafi, kültürel ve yasal engellerle karşılaşabilmektedir. Bu koşullar altında rekabet avantajı sağlayabilmek için firmalar tedarik zincirleri dağıtım ağlarını verimli ve esnek bir şekilde hizmet verebilecek şekilde tasarlamaya ve daha başarılı bir şekilde yönetmeye yönelmektedir.

Tedarik zinciri ağ tasarımı, belirli bir coğrafi alana yayılmış olan müşterilerin taleplerinin karşılanabilmesi için gerekli olan ürünleri üretecek olan tesislerin yerlerinin belirlenmesi, ürünlerin en kısa sürede müşterilerle ulaştırılması için gerekli olan depo yerlerinin belirlenmesi gibi kararlar alınır. Burada toplam üretim, stok ve dağıtım maliyetlerinin minimize etmek ve çeşitli hizmet seviyesi gereksinimlerini tatmin etmek amacıyla tedarik zinciri içerisinde yer alan imalat tesislerinin yerleri ve kapasiteleri belirlenir, her bir tesisteki üretim ve stok seviyeleri belirlenir ve tedarik zinciri elemanları arasındaki taşımacılık faaliyetleri düzenlenir (Simchi-Levi, Chen ve Bramel, 2005: 4-5).

Firmalar başarılı bir tedarik zinciri dağıtım ağı tasarımı ile iki önemli rekabet aracı olan düşük maliyet ve yüksek sorumluluk arasında bir denge sağlayarak tedarik zincirinin genel etkinliğini ve verimliliğini arttırabilirler (Javid ve Azad, 2010: 582). Örneğin, firmaların müşterilerin taleplerini zamanında karşılama sorumluluğunun yerine getirilebilmesi için olabildiğince çok sayıda dağıtım merkezi açması gerekmektedir. Ancak açılan her bir dağıtım merkezi firma için önemli bir maliyet unsurudur. Bu nedenle bu aşamada alınacak olan stratejik kararlarda iki unsur arasındaki dengenin sağlanabilmesi önemlidir.

Tedarik zinciri ağ yapısının belirlenmesi ile ilgili kararlar alınırken karşılaşılan temel sorunlardan birisi ağ yapısının ani değişikliklerin meydana gelmesi mümkün olan dinamik küresel çevreye uyumlu olacak şekilde tasarlanabilmesidir. Bu sebeple firmalar uzun veya kısa dönemde küresel pazar dinamikleriyle birlikte değişebilecek ve ihtiyaçlarına cevap verebilecek esneklikte ve yetenekte bir tedarik zinciri ağı tasarlamayı amaç edinmelidir (Langley v.d., 2008: 21-22).

1.2.3.2. Üretim Planlama

Bir imalat tesisi, bir ürün için mevcut olan talebi belirli bir dönem içerisinde karşılayacak miktarda üretim yapmalıdır. Üretim maliyetleri, sabit maliyet yani üretilen ürünün miktarından bağımsız olan makinelerin kurulum maliyetleri veya zamanları ile bir ürünün üretilmesi için gerekli olan zaman veya maliyete oranla artan değişken maliyetten oluşmaktadır. Bir imalat tesisinde üretim maliyetlerinin yanı sıra talepleri aşan miktarda ürünün stok olarak elde bulundurulmasından kaynaklanan bir maliyete katlanılmaktadır. Bu alanda alınan kararlar ile bir ürünün her bir dönemdeki talebinin sorunsuzca karşılanabilmesi için yeterli miktarda ürün üretmek ve bu süreçte ortaya çıkacak olan toplam üretim ve stok maliyetlerinden tasarruf sağlarken verimliliği arttırmak amaçlanmaktadır (Simchi-Levi, Chen ve Bramel, 2005: 5). Tedarik zincirinde üretim planlaması yapılırken elemanlar arasındaki mesafelerden kaynaklanan tedarik süreleri ve taşımacılık şartları da göz önüne alınmalıdır.

Tedarik zinciri yönetimi ile üretilen ürün miktarının belirli dönemler için yapılmış olan talep tahminlerine dayalı olarak belirlendiği stok için üretim (make-to-stock) stratejisi yerini, siparişlerle ilişkili olarak üretim miktarına karar veren sipariş için üretim (make-to-order) stratejisine bırakmıştır. Tedarik zinciri yönetiminde, ürünler müşteri taleplerine dayanılarak imalat tesisinden çekilmektedir. Böylece sadece talep tahminlerine dayanılarak alınan kararlardan kaçınılması gereksiz stok birikimi, elde bulundurma maliyetlerinin artması önlenir (Stock ve Lambert, 2001: 70). Ayrıca son müşterinin taleplerine göre yapılan üretim planlaması sayesinde tedarik zincirinin ara elemanlarındaki fiyat indirimlerinden kaynaklanan talep dalgalanmasının tedarik zinciri elemanlarına negatif etkisi engellenebilir.

1.2.3.3. Stok kontrol ve Fiyatlandırma Optimizasyonu

Birden fazla organizasyonun iş birliği halinde çalışarak, bir ürünü nihai müşterisine ulaştırmayı amaçlayan tedarik zincirinde, zincir elemanlarının hangi stok stratejisini izleyerek müşteri taleplerini aksatmadan karşılayacağı kararı önemli bir karardır. Stok maliyetleri toplam tedarik zinciri maliyetleri arasında önemli bir paya sahiptir.

Bir firma stok bulundurduğu zaman bir ürünün fiziki olarak elde bulundurulmasından kaynaklanan stok elde bulundurma maliyeti ve stoklara bağlanacak olan nakdin karlılık sağlayabilecek başka alanda değerlendirilebilme ihtimalinden kaynaklanan fırsat maliyeti gibi maliyetler ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle her zaman bir maliyet unsuru olan stoğun firmada gereksiz miktarda bulundurulması istenmez. Ancak aynı zamanda, satın alma sürecinde miktar indirimlerinden yararlanmak için büyük partiler halinde sipariş verme de firmalar tarafından arzulanan bir durumdur. Veya uzun ve pahalı kurulum maliyeti olan üretim hatlarında bu maliyetlerden kaçınmak için uzun süreli üretimler yapılmak istenebilir. Ayrıca üretim sürecinde kesintiler ile karşılaşmamak için yüksek miktarda hammadde stoğu bulundurmamak veya müşteri taleplerini geri çevirmemek için nihai ürün stoklarına sahip olmak da firmalar için stok bulundurmaya çekici hale getiren bir durumdur. Buna bağlı olarak bir firmanın stok kontrol kararlarının alınmasındaki amaç, firmanın birbiriyle çelişen bu türdeki hedefleri arasında denge sağlamaktır (Axsater, 2006: 1-2).

Genellikle müşteri taleplerinin önceden kesin bilinemediği durumlarda müşteri taleplerini zamanında, istenilen miktarda karşılayabilmek için firmalar stok bulundururlar. Stok ile ilgili kararda planlayıcı firmanın içinde bulunduğu koşullara ve tedarikçileriyle aralarındaki coğrafi uzaklığa ve taşımacılık yöntemine göre uygun olan stok politikasını belirleyerek hangi noktada yeni ürün için sipariş verilecek ve ne kadar sipariş verilecek ve ne kadar emniyet stoğu bulundurulacak kararlarını almalıdır (Simchi-Levi, Chen ve Bramel 2005: 5). Örneğin, Lee ve Billington (1995; alıntıyı yapan Stadtler ve Kilger, 2008: 1) çalışmalarında, Hewlett-Packard adlı yazıcı üreticisi firmanın, tedarik zinciri içerisindeki farklı noktalarda stok bulundurmanın etkilerini analiz eden stok modellerinin yardımıyla yazıcılarının tedarik maliyetlerini %25 azalttığını belirtmiştir.

Ayrıca bir başka çelişen maliyet de sipariş maliyetidir. Sipariş maliyeti, değişken ve sabit sipariş maliyeti olarak iki bileşene sahiptir. Sabit sipariş maliyeti kaç adet ürün için sipariş verilirse verilsin sabit olarak katlanılan maliyettir. Bu maliyetin varlığı nedeniyle firmalar sipariş miktarlarını büyük tutmak isteyebilirler. Ancak var olan

talep karşılandıktan sonra elde kalan her bir ürün için firma stok elde bulundurma maliyetine katlanmak durumunda kalacaktır. Bu nedenle, firmalar bu iki maliyet arasında bir denge yaratacak olan en iyi stok politikasının belirlemeyi amaç edinmelidir. Bazı ürünlerin satış fiyatlarının belirlenmesi süreci de önemli bir karar sürecidir. Satış fiyatındaki dalgalanmalardan talepleri çokça etkilenen ürünler için sektördeki rakiplerine göre rekabet avantajı sağlayabilecek bir fiyatlandırma stratejisinin uygulanması önemlidir. Bu nedenle planlayıcının amacı, uygun stok politikasının yanı sıra belirli bir planlama döneminde karı maksimize edecek fiyatlandırma stratejisinin de belirlemektir (Simchi-Levi, Chen ve Bramel 2005: 5).

1.2.3.4. Tedarik Stratejisi ve Anlaşmaları

Tedarik zinciri elemanları bir ürününün üretilmesi için gerekli olan hammadde, yarı mamul veya malzemeyi, taşımacılık faaliyetlerini, bilgi sistemlerini veya teknolojiyi başka bir firmadan tedarik edebilirler. Bu sayede çoğu zaman maliyet avantajı ve bunun yanı sıra faaliyetlerin işinde uzman olan firmalar tarafından gerçekleştirilmesi sonucunda daha yüksek kalite ve rekabet avantajı sağlanır. Firmalar rekabet avantajı sağlamak için çalışacakları tedarikçileri belirli kriterler doğrultusunda değerlendirdikten sonra seçmelidir. Bu kriterler alınacak olan hizmetin yapısına ve tedarik zincirinin yönetim stratejisine göre değişiklikler göstermektedir.

Tedarikçiler ile güvenilir ve uzun süreli ilişkiler kurabilmek için çeşitli anlaşmalar yapılmaktadır. Bu anlaşmalarda fiyat ve miktar indirimleri, teslimat süreleri, kalite, geri iade koşulları gibi unsurlar ele alınır. Ayrıca herhangi bir tedarikçi ile yapılacak olan tedarik anlaşmasının firma için riskleri ve bu risklerin nasıl azaltılabileceği yöneticiler tarafından ele alınmalıdır (Simchi-Levi, Chen ve Bramel 2005: 5-6). Firmalar tedarik zinciri içerisindeki diğer organizasyonlar ile yapılan anlaşmalar sayesinde ortaklık kurarak, yüksek kalite, hızlı ve güvenli teslimat, gelişmiş uzmanlık, daha az stok, ucuz maliyet, yüksek kar ve genel olarak gelişmiş operasyon yetisine sahip olmaktadır (Stevenson, 2009: 527).

1.2.3.5. Üretim, Stok ve Taşımacılık Kararlarının Entegrasyonu

Tedarik zinciri boyunca ürünlerini LTL (komple araçtan daha az yük) politikası ile taşıyan firmalar tarafından karşılaşılan bir problemdir. Firmalar üretim, stok elde bulundurma ve bulundurmama maliyetlerini ve taşımacılık maliyetlerini kapsayan sistem maliyetlerinin en küçüklenmesini sağlamak ve bu sırada belirli bir müşteri hizmet seviyesini koruyabilmek amacıyla üretim, stok ve taşımacılık kararlarını bir arada ele alırlar. Bu süreçte, ürünlerin hangi üretim merkezinde ne kadar üretilceğinin, bu ürünlerden ne kadarının stokta bulundurulacağını, ürünlerin ne zaman hangi müşteriye ve hangi rota ile gönderileceğinin kararları alınır (Simchi-Levi, Chen ve Bramel 2005: 6).

Stok kararları ile taşımacılık kararları birbirini etkileyen iki önemli karardır. Taşımacılık şekline karar verirken belirli bir taşımacılık şeklini kullanmanın endirekt stok maliyetleri ile arasındaki başabaş noktası göz önüne alınmaktadır. Örneğin, hava taşımacılığı pahalı bir taşımacılık yöntemiysen, hızlı ve güvenilir olması nedeniyle daha az emniyet stoğuna ihtiyaç duyulmasına neden olur. Bu durumda eğer bir ürünü elde bulundurma maliyeti yüksek ise veya değerce pahalı ürünlerin diğer taşımacılık şekillerinde (deniz, kara vb.) zarar görmesi firmaya daha pahalıya mal olacağı için hava taşımacılığı daha hesaplı olabilecektir (Ganeshan ve Harrison, 1995: 3).

Üretim planlama kararları ile stok kararları arasında da taşımacılık ile stok kararları arasındakine benzer bir ilişki vardır. Sabit üretim maliyetlerinin yüksek olduğu endüstrilerde stok elde bulundurma maliyetleri ile sabit üretim maliyetleri arasındaki başa başnoktası göz önüne alınarak iki kararın bir arada ele alınması firmanın maliyet avantajı elde etmesini sağlayabilir.

1.2.3.6. Araç Filolarının Yönetimi ve Araç Rotalama

Ürünler bir tedarik zinciri elemanından diğerine veya müşterilere taşınırken belirli bir araç kapasitesine sahip araç filosundan yararlanılmaktadır. Bu süreçte ürünlerin hangi tip araçlar ile taşınacağını ve araç rotalarının belirlenmesi söz konusudur (Simchi-Levi, Chen ve Bramel 2005: 6). Ürün teslimatı yapacak veya ürün

toplayacak araçların rotalanması sayesinde firmalar, dağıtım yapacakları müşterileri gruplayarak bu müşterileri belirli bir araçlarla ziyaret ederler. İyi belirlenmiş araç rotaları sayesinde tedarik zinciri içerisinde gereksiz müşteri ziyaretleri azalır, maliyet ve zaman tasarrufu elde edilir, teslimat süreleri azalır, çevre kirliliğine olan etki azalır ve eldeki araç filosu verimli bir şekilde kullanılabilir (Stock ve Lambert, 2001: 368).

Gerçek hayatta birçok firma taşımacılık faaliyetlerini üçüncü parti lojistik firmalarından tedarik etmektedir. Taşımacılık faaliyetlerinin başka bir firmadan tedarik edilmesi çoğu zaman maliyet tasarrufu ve azalan sorumluluğu beraberinde getirmektedir. Ancak müşteri memnuniyeti üzerinde oldukça fazla etkisi olan bu faaliyetin başka bir firmaya emanet edilmesi zaman zaman belirli risklere de neden olmaktadır. Bu nedenle bu aşamada alınacak olan kararlarda tedarik zinciri yöneticileri tarafından dikkatle incelenmelidir.

1.2.3.7. Paketleme Problemleri

Tedarik zincirinde sevkiyatı yapılacak olan ürünlerin kutulanması veya sınırlı kapasitelerdeki konteynırlara yerleştirilmesi sürecinde paketleme ile ilgili kararlar alınmaktadır. Bu kararlarda olabildiğince az sayıdaki kutuya ürün yerleştirilmesi sayesinde yer avantajı sağlamak amaçlanır. Düzgün bir şekilde paketlenmiş ürünler sayesinde depolama ve taşımacılık faaliyetlerindeki sınırlı kapasitelerin etkin kullanılması sağlanır (Simchi-Levi, Chen ve Bramel 2005: 6-7). Örneğin IKEA adlı perakendeci firma GLIMMA tealight süs mumları için yapmış olduğu paketleme çalışmasıyla eski paketleme yöntemine göre önemli bir yer avantajı elde etmiştir. Geliştirilmiş olan paketleme yöntemi sayesinde Avrupa tipi paletlere yerleştirilebilen ürün miktarı %40 oranında artmıştır. Böylece ürünlerin depoda ve mağazalarda daha az yer kaplaması sağlanmış, daha fazla ürün daha az araç kapasitesi ile taşınmıştır. Ayrıca bu yeni paketleme şekli sayesinde mağazalarda ürünlerin paketlerinin açılmasından zaman tasarrufu elde edilerek bir etkinlik sağlanmıştır (Mathers, 2012: 12).

Paketleme işlemleri lojistik faaliyetler açısından ele alındığında iki amaca hizmet etmektedir. Bunlar, paketin ürünü taşınması ve depolanması sırasında oluşabilecek herhangi bir zedelenmeye karşı koruması ve uygun paketleme ile ürünlerin depolanmasını ve taşınmasını kolaylaştırmasıdır (Stock ve Lambert, 2001: 23).

1.3. Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi

Bir ürünün hammadde halinden son tüketicinin talep ettiği son halini alıncaya kadar izlediği aşamaların tümüne tedarik zinciri denilmektedir. Buna göre tedarik zincirindeki en önemli faaliyetlerden birisi ürünlerin ona değer katan organizasyonlar arasında en uygun şekilde taşınmasıdır. Tedarik zinciri kavramının çekirdeğini oluşturan lojistik kavramı tedarik zinciri yönetiminde ele alınması gereken oldukça önemli bir kavramdır.

1.3.1. Lojistik Kavramı

Lojistik ürünlerin bir yerden bir yere taşınmasını sağlayan faaliyetlerin bütününe verilen addır. Ürünlerin üretildiği yerde tüketilmesi az rastlanan bir durum olduğundan, hemen hemen her tedarik zincirinde lojistik faaliyetler zincir yönetiminde anahtar bir rol üstlenmektedir. En basit anlamda, ürünlerin üretilmesi için hammaddelerin üretim tesisine taşınması ve üretilen ürünlerin de müşterilere ulaştırılması gerekmektedir. Taşımacılık maliyetleri, toplam tedarik zinciri maliyetleri içerisinde önemli bir paya sahiptir (Chopra ve Meindl, 2010: 380).

Lojistik kavramı, 1960'larda sistemin dış taşımacılık kısmına odaklanan fiziksel dağıtım adıyla kaynaklarda yer alırken, 1970'ler ve 1980'lerde, iç taşımacılık (üretimi desteklemek amacıyla materyallerin yönetimi) ve dış taşımacılık (pazarlamayı desteklemek amacıyla fiziksel dağıtım) faaliyetlerinin bütününe ele alan daha kapsamlı bir kavram haline gelmiştir. 1990'larda tedarikçilerin tedarikçilerinden müşterilerin müşterilerine kadar var olan bütün organizasyonları birbirine bağlayan bir tedarik veya talep zincirinin temellerini oluşturan bir kavram haline gelmiştir (Langley v.d., 2008: 35-36).

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Lojistik Yönetimi Derneğinin (LYD) tanımına göre lojistik yönetimi, müşterilerin taleplerini karşılamak için hammadde üreticisinden nihai tüketiciye kadar olan bilgi ve ürünlerin etkili ve verimli bir şekilde akışını, hizmetlerin ve ürünlerin depolanmasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden tedarik zinciri sürecinin bir parçasıdır (Stock ve Lambert, 2001: 3).

Günümüzde, ilerleyen teknoloji ile birlikte internet üzerinden satışlar da firmalar için önemli bir pazar kaynağı haline gelmiştir. İnternet üzerinden satışla birlikte ürünlerin müşterilerin evine teslimatından kaynaklanan maliyetler de yeni taşımacılık maliyetleri olarak firmanın maliyetlerine eklenmiştir. Kitap endüstrisinden, market endüstrisine kadar internet üzerinden satış yapan bütün firmalar önceden büyük araçlarla perakendecilere ürünlerin teslimatını topluca yaparken şimdilerde tek tek parçalar halinde müşterilerinin evlerine ürünleri taşımak durumunda kalmışlardır. Örneğin, Amazon adlı web sitesinden yapılan kitap satışlarının taşımacılık maliyetleri bazı ucuz kitaplar için kitapların fiyatından daha pahalıya mal olmaktadır (Chopra ve Meindl, 2010: 112).

Buna ilaveten müşteriler artık internet üzerinden evlerinden çıkmadan istedikleri her türlü ürünü istedikleri zaman sipariş edebilmektedir. Bunun sonucu olarak artan müşteri sipariş hızı, müşterilere uygun miktardaki ürünlerin dağıtılmasını sağlayacak stokların elde bulundurulmasını önemli bir unsur haline gelmiştir. Buna ilaveten her bir müşteri talebinin farklı noktaya teslim edilmesi sonucunda yoğunlaşan taşımacılık faaliyetleriyle güçleşen uygun fiyat ve kısa sürede teslimatların yapılması ve geri iadelerin toplanması işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için etkili ve verimli lojistik sistemlerinin gerekliliği artmıştır (Langley v.d., 2008 : 33).

Bunun yanı sıra teknolojideki yeniliklerle birlikte gelişen bilgisayar teknolojileri ve dağıtım yazılımları, lojistik yönetiminin daha önce hiç olmadığı kadar etkili ve verimli bir şekilde uygulanmasını sağlamıştır (Stock ve Lambert, 2001: 13).

İyi bir lojistik sistemi sayesinde müşterilerin talepleri zamanında karşılanabilirken, taşımacılık maliyetleri de azaltılabilmektedir. Ürünlerin müşterilere ulaştırılması sırasında etkin bir lojistik sisteminin kurulması, ürün teslimat zamanlarını azaltırken

aynı zamanda taşımacılığın çevre kirliliğine etkisini de azaltmaktadır. Son yıllarda firmaların sosyal sorumluluklarını yerine getirmesi de müşteriler tarafından tercih edilmelerine neden olan bir unsur haline gelmiştir.

Günümüzde küreselleşmeyle birlikte rekabet koşullarının zorlaşması, ürünlerin kısa hayat eğrilerine sahip olmaya başlaması ve müşteri beklentilerinin artması firmaları lojistik sistemlerine yatırım yapmaya ve odaklanmaya yöneltmiştir (Simchi-Levi, Chen ve Bramel, 2005: 1). 1990'lar boyunca pazardaki değişimlerin hızlanmasıyla, organizasyonların sürdürülebilir bir rekabet avantajı sağlamanın lojistik yardımıyla olabileceği kanısı yaygınlaşmıştır (Stock ve Lambert, 2001: 13). Başarılı bir lojistik sistemi sayesinde firmalar esneklik kazanmış ve pazardaki değişimlere daha etkili yanıtlar verebilmiştir.

1.3.2. Tedarik Zinciri Yönetimi ve Lojistik Arasındaki İlişki

Tedarik zinciri yönetimi kavramı ve lojistik birbirleriyle oldukça ilişkili iki kavramdır. Lojistik, tedarik zinciri içerisindeki faaliyetlerin sorunsuzca gerçekleştirilebilmesi için ilk noktadan son noktaya kadar ürünlerin, hizmetlerin ve ilgili bilginin etkili ve verimli akışını planlanmasını, uygulanmasını ve kontrol edilmesini sağlayan bir süreçtir (Stock ve Lambert, 2001: 57). Bir başka deyişle, tedarik zinciri yönetimi, belirli bir tedarik zincirini oluşturan üyelere ait bireysel organizasyonlarla ilgili bütün aktiviteler ve lojistik sistemler ağıdır. Bireysel lojistik sistemleri arasındaki koordinasyon ve entegrasyon genel tedarik zinciri başarısı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Langley v.d., 2008 : 33).

Son yıllarda, internet ile birlikte gelişen e-ticaret, e-perakendecilik, e-tedarik zinciri gibi kavramların popülerliği, temel lojistik faaliyetlerinin organizasyon içerisindeki öneminin ve başarılı bir tedarik zinciri için verimli ve etkili lojistik desteği gereksiniminin göz ardı edilmesine neden olmuştur. Ancak, 1999 yılında yılbaşı sezonunda Amerika Birleşik Devleti'nde yaşanan e-perakendecilik problemleri (stok yetersizliği, yüksek elde bulundurma ve teslimat maliyetleri ve düşük web sitesi performansları v.b.) bunun tersini kanıtlamıştır. Günümüz küresel pazar koşullarında firmaların rekabet koşullarında varlıklarını sürdürebilmesi için popüler yenilikçi

sistemleri iyi geliştirilmiş klasik lojistik sistemleriyle desteklemesi gerekmektedir. Eğer bir firma ürünlerini müşterilerine ulaştıramıyorsa sektörde fazla uzun kalması mümkün değildir. Tabi ki de ürünün kalitesinin ve etkili pazarlama tekniklerinin bu konudaki etkisi göz ardı edilemez ancak uzun dönemli başarı ve finansal güç için bu iki unsurun başarılı bir lojistik sistemiyle desteklenmesi gerekir (Langley v.d., 2008 : 32- 33).

1.3.3 Tedarik Zinciri Yönetiminde Lojistiğin Önemi

Tedarik zincirinde en iyiye ulaşma süreci, bir organizasyonun tüm tedarik ağı boyunca rekabet avantajı kazanmak için yararları olabilecek her türlü kaynağı kullanarak gelişme amacıyla olmasıyla başlar. Lojistik ise bir organizasyonun gelişimine katkıda bulunabilecek önemli bir alandır (Poirier ve Reiter, 1996: 198).

Düşük maliyet, müşteri kazanmak için önemli bir etken olsa da tedarik zinciri dağıtım ağının performansını belirlemede tek başına araç olarak kullanılması doğru değildir. Düşük maliyetin yanı sıra, teslim zamanı, kalite ve esneklik de firmanın kaynakları ve lojistik aktiviteleri tarafından etkilenen değerli kriterlerdir. Tedarik zinciri dağıtım ağı performansı değerlendirilirken, bu kriterlerin de göz önüne alınması daha sağlıklı olacaktır (Martel, 2005: 268).

Günümüzde fiyat rekabetinin yanı sıra müşteri memnuniyeti de firmaların rekabet avantajı kazanmalarını sağlayan önemli bir unsurdur. İyi bir lojistik sisteminin yardımıyla sağlanacak olan, zamanında teslimat, malzemelerin akışı hakkında bilgi sağlama ve diğer benzer aktiviteler müşteri memnuniyetine katkı sağlamaktadır. Başarılı bir lojistik sistemi ile müşterilere ucuz ve zamanında ürün teslimatının yanı sıra müşterinin maliyetlerini azaltmak gibi önemli bir katkı da sağlanmaktadır. Örneğin, bir organizasyon güvenilir bir şekilde müşterilerinin taleplerini en kısa sürede karşılayabilirse, ilgili müşteri bu sayede stok maliyetlerini düşürebilmektedir. Bu sebepten dolayı, bir firma müşterisine düşük fiyatlı ürün sağlamak kadar müşterisinin karını daha çok etkileyebilecek bir maliyet olan stok maliyetlerini de azaltmayı amaçlamalıdır (Langley v.d., 2008: 53; Jonsson, 2008: 9).

Tedarik zinciri içerisinde iyi bir lojistik yönetimi sayesinde müşterilerin sipariş çevrim süreleri kısaltılabilmektedir. Sipariş çevrim süresi, müşterinin bir ürün için sipariş vermesinden o siparişin eline geçmesine kadar geçen zamana verilen addır. Uzun sipariş çevrim süreleri müşterilerin ellerinde daha çok ürün bulundurmalarını gerektirmektedir. Örneğin, bir müşteri günlük 10 adet ürüne ihtiyaç duyuyor ve ilgili tedarikçinin sipariş çevrim süresi 8 gün ise bu müşterinin sipariş çevrim süresi boyunca ortalama bulundurması gereken stok miktarı 40 (80/2) adettir. Eğer tedarikçi sipariş çevrim süresini 4 güne indirgeyebilirse, müşterinin bu süre için elde bulundurması gereken stok miktarı 20 (40/2) 'ye inecektir (Langley v.d., 2008: 53).

1.4. Bütünleştirilmiş Tedarik Zinciri Yönetimi

Birçok organizasyonu yapısında bulunduran tedarik zincirini bir bütün olarak ele almak ve birbirini etkileyen bu organizasyonları bütünsel olarak yönetmek tedarik zinciri için önemli bir stratejik karardır. Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte uygulanması kolaylaşan bu yönetim şekli aynı zamanda firmalara önemli bir rekabet avantajı kazandırmaktadır.

1.4.1. Bütünleştirilmiş Tedarik Zincirinin Tanımı

Geçmişte firmalar kendi faaliyetlerinin başarısı üzerine yoğunlaşmaktaydı ancak tedarik zinciri yönetimi kavramıyla birlikte bu bakış açısı değişmiş ve başarının genel tedarik zinciri başarısını gözetten stratejilerle sağlanabileceği anlaşılmıştır. Önceki bakış açısıyla, firmaların içinde bulunan depolama, üretim, montaj, dağıtım gibi çeşitli faaliyetler birbirlerinden fonksiyonel ve coğrafik olarak büyük miktarlarda stok bulundurarak birbirinden ayrılmaktaydı. Bu sayede her biri birbirinden bağımsız olarak ele alınan faaliyetlerde karar sürecinin karmaşıklığı azalmaktaydı. Ancak, bu durum karar sürecinde kolaylık sağlarken stok maliyetlerinin artmasına neden olmaktaydı. Bu nedenle firmalar müşterilerine daha az maliyet ve daha yüksek kalitede ürün sunabilmek amacıyla, bütünleşmiş ve koordine olmuş bir yönetim biçimini benimsemeye başlamıştır. Tedarik zinciri içerisindeki firmaların genel tedarik zinciri amacını sağlamaya yönelik bir şekilde bütünleştirilmiş olarak yönetilmesi ancak genel bir başarı sağlar, aksi takdirde tedarik

zinciri içerisinde bulunan firmaların da birbirinden bağımsız ve çelişen amaçlar gütmesi genel tedarik zinciri başarısını olumsuz etkileyecektir (Thomas ve Griffin, 1996: 1-12).

Eğer tedarik zinciri elemanlarının birbiriyle çelişen amaçları olmasaydı ve bütün amaçlar tedarik zincirinin genel başarısına yönelik olsaydı, bütünleştirilmiş tedarik zinciri yönetimine ihtiyaç duyulmazdı. Bu durumda zincir boyunca doğru bir şekilde bilgi akışı sağlanırsa tedarik zinciri içerisinde çelişen amaç ve hedeflere çözüm getirilerek sistemin maliyetleri azaltılabilir (Simchi-Levi, Kaminsky ve Simchi-Levi, 2000: 102). Doğru bilgi akışı ve zincir üyeleri arasında sağlanacak uzun süreli ortaklıklar sayesinde organizasyonlar tek bir amaç etrafında toplanarak toplam tedarik zinciri karlılığı üzerine odaklanır.

Bütünleştirilmiş tedarik zincirindeki amaçlardan bir tanesi, tedarik zinciri elemanlarının elindeki kaynakları, genel tedarik zinciri performansını en iyi hale getirebilmek amacıyla ele almak ve koordine etmektir (National Research Council Staff, 2000: 27).

Bütünleştirilmiş tedarik zincirinde, genel tedarik zincirinin başarısını etkileyecek stratejik kararlar tedarik zincirini tek bir organizasyon olarak düşünülerek alınır. Bu sayede tüm tedarik zincirini ele alarak verilmiş olan stratejik kararlar sayesinde zincir üyelerinden birisi için yararlı olan ancak genel tedarik zinciri için zararlı olabilecek kararların alınması engellenmiş olur.

Tedarik zinciri içerisinde başarılı bir bütünleştirmeye ulaşmak ve tedarik zinciri karlılığını arttırmak ve bilgi bozumunu engellemek için zincir yöneticilerinin uygulaması gereken bazı unsurlar aşağıdaki gibidir (Chopra ve Meindl, 2010: 491-495):

- a) Zincir üyeleri arasında hedef ve teşvikleri birleştirmeli ve böylece tedarik zinciri üyeleri tüm tedarik zincirinin kazanımını amaç edinmek,
- b) Zincir boyunca doğru bilgi akışını geliştirerek farklı kademedeki elemanlar tarafından ulaşımını sağlamak,

- c) Ürünlerin teslimat sürelerini kısaltarak belirsizlikleri ve parti büyüklüklerini azaltmak, indirimlerin parti büyüklüğüne bağlı olarak değil toplam satış hacmine bağlı kalınarak gerçekleşmesinin sağlamak,
- d) Müşteri taleplerini sabitlemek amacıyla çeşitli fiyatlandırma stratejileri geliştirilmelidir. Promosyon gibi değişik fiyatlandırma stratejileri elimine edilerek tedarik zincirinde kamçı etkisi oluşumunun engellenmesini ve stratejik ortaklıklar kurarak zincir içerisinde güvenin gelişmesini sağlamaktır.

1.4.2. Bütünleştirilmiş Tedarik Zincirinde Karmaşıklığın Nedenleri

Bütünleştirilmiş verimli bir tedarik zincirinin geliştirilmesi sırasında karmaşıklığa neden olabilecek üç etken vardır. Bunlar, yerel en iyi, teşvikler ve büyük parti hacimleri. Bu etkenler tedarik zinciri içerisindeki bilgi akışının aksamasına ve tedarik zinciri içerisinde kamçı etkisi olarak bilinen dalgalanmaların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Ancak iyi yönetilmiş bir bütünleştirilmiş tedarik zinciri için gerekli olan birinci şart, sorunsuz ve doğru bir bilgi akışının sağlanmasıdır. Bu sayede tedarik zinciri içerisinde gerçekleşen talep değerleri gerçek ve tam zamanlı olarak bilinir ve tedarik zinciri içerisindeki belirsizlik azalır. (Heizer ve Render, 2008: 442).

Yerel En İyi: Tedarik zinciri içerisinde bütünleşmenin eksikliği bazı durumlarda farklı kademelerdeki firmaların birbiriyle çelişen amaçlara sahip olması veya kademeler arasındaki bilgi akışının tam zamanlı ve doğru olarak gerçekleşmemesinden kaynaklanmaktadır. Tedarik zincirinin farklı kademelerindeki firmaların farklı kişilere ait olması çelişen amaçlara neden olan etkenlerden birisidir (Chopra ve Meindl, 2010: 17). Bu durum karşısında tedarik zinciri üyelerinin sınırlı bilgileriyle, bireysel olarak kendi karlarını maksimize etmeye veya kendi direkt maliyetlerini azaltmaya yönelmeleri yerel en iyinin oluşmasıdır. Tedarik zinciri üyeleri arasında yerel en iyilerin oluşması ve bilgi paylaşımının olmamasının sonucu olarak talepteki dalgalanmalar zincir içerisinde alt akış elemanlarına doğru ilerledikçe büyümektedir. Bu durum da tedarik zinciri içerisinde verimli bir dağıtım planlamanın uygulanmasını güçleştirmektedir (Heizer ve Render, 2008: 442).

Teşvikler: Tedarik zinciri içerisindeki teşvikler, fiyat indirimleri, miktar iskontoları ve promosyonlar olarak uygulanmaktadır. Teşvikler, ürünleri tedarik zincirinde var olmayan bir indirimin içerisinde yer almaya zorlamaktadır. Bu durum da bütün tedarik zinciri üyeleri için maliyetli olabilecek bir talep dalgasına neden olmaktadır (Heizer ve Render, 2008: 442). Üreticiler tarafından yapılan satış teşvikleri genellikle dağıtıcı firmalara veya perakendecilere yapılan satışların artmasına neden olur. Yani bu teşvikler son müşterinin satışlarını etkilemez. Örneğin Barilla adlı makarna üreticisi firma satış ekibini belirli bir dönemdeki satışlarını arttırmak için teşvik ettiğinde ve çeşitli promosyonlar önerdiğinde, satış ekibi bu dönemin sonuna kadar primlerini arttırabilmek için dağıtıcı firmaya ürün satışını arttırmıştır. Bunun sonucunda gerçekte var olan müşteri talebinden çok daha fazla bir satın alma gerçekleşmiştir (Chopra ve Meindl, 2010: 487).

Büyük parti hacimleri: Büyük parti hacmi ile ilgili genel bir yanılsama, büyük parti hacminin birim maliyetleri azalttığıdır. Bir lojistik müdürü büyük partiler halinde mümkünse bütün sevkiyatı tek bir araç dolusu olarak yapmak isterken, bir üretim müdürü de aynı şekilde büyük miktarlarda üretim yapmak istemektedir. Bu durum birim üretim ve dağıtım maliyetlerini azaltırken, gerçek müşteri taleplerinden fazla miktarda ürün üretimi nedeniyle stok elde bulundurma maliyetlerinin artmasına sebebiyet vermektedir (Heizer ve Render, 2008: 442).

Günümüzde küreselleşmeyle birlikte artık bir tedarik zinciri içerisinde yer alan firmaların farklı ülkelerde hatta farklı kıtalarda faaliyet gösteren ve farklı sahipliğin yanı sıra farklı kültürlere ait firmalar olması bütünleşmeyi zorlaştıran etkenlerden birisidir.

1.4.3. Bütünleştirilmiş Tedarik Zincirinin Faydaları

Küreselleşmeyle birlikte rekabet koşullarının zorlaşması ve müşteri beklentilerinin artması sonucu birçok firma müşteri memnuniyetini arttırmak amacıyla teslimat sürelerini kısaltmak, maliyetlerini azaltmak, müşterilerine daha kaliteli ve ucuz ürünler sunabilmeyi amaçlamaktadır. Bu şartlarda firmanın varlığını sürdürebilmesi için bütünleştirilmiş tedarik zinciri yönetimini benimsemesi önemlidir.

Bütünleştirilmiş tedarik zinciri ile sağlanan yararlardan en önemlisi, stok miktarlarının azaltılması sayesinde kazanılan maliyet avantajıdır. Bütünleştirilmiş tedarik zinciri yönetimi sayesinde müşteri hizmet maliyeti, yönetsel ve stok maliyetleri gibi maliyetler azaltılarak tedarik zincirinin karlılığı artmaktadır. Stok miktarlarının azaltılması ürünlerin zincir içerisindeki dolaşım hızının artırılması ve emniyet stoklarının azaltılması ile mümkün olabilmektedir. Ayrıca tedarik zincirindeki sipariş ve stok bilgilerine müşteriler elektronik ortamlarda kolayca erişebilmektedir, bu sayede arada aracı olmadan bu gibi önemli bilgiler zincir elemanları arasında dolaşabilmektedir (National Research Council Staff, 2000: 33; Lan ve Unhelkar, 2005: 5).

Bütünleştirilmiş tedarik zinciri yönetimi ile firmalar kaynaklarını ve yeteneklerini paylaşarak tek başlarına elde edemeyecekleri karlılık sağlayıcı fırsatlardan yararlanabilmektedirler (Simatupang ve Sridharan, 2002: 19).

Tedarik zinciri süreçlerinin bütünleştirilmesi ile maliyetlerin azaltılmasının yanı sıra müşteri hizmet seviyeleri de geliştirilmektedir. Müşterilerin siparişlerinin teslimatına kadar olan süreçleri internet üzerinden takip edebilmelerini sağlayan bu sistem sayesinde müşteri memnuniyeti artmaktadır. Aynı zamanda internet aracılığı ile müşterilerin işlemlerinin, tercihlerinin firmalar tarafından gözlemlenebilmesi ve takip edilebilmesi sağlanmaktadır. Bu seviyede bir müşteri hizmeti, firmaların yeni müşteriler kazanmasına ve daha da önemlisi var olan müşterilerini korumasına yardımcı olur (Lan ve Unhelkar, 2005: 5).

Bunların yanı sıra bütünleştirilmiş tedarik zinciri ile sağlanabilen yararlar, uygun veri elde etme, parti hacimlerinin azaltılması, tedarik yenilenmesinde tek kademe kontrol, satıcı yönetimli stok, standardizasyon, müşteriye ürünlerin direkt sevkiyatı ve özel paketlenmesi gibi yararlar da eklenebilir (Heizer ve Render, 2008: 442-444).

Tedarik zinciri bütünleşmesi ile birçok avantaj elde edilebilmektedir. Ancak bütünleşmiş bir tedarik zincirinin oluşturulması kolay bir süreç değildir. Gelişmiş ve bütünleşmiş bir tedarik zincirinin parçası olmak isteyen işletmelerin iyi bir bilgi akışı ve sorunsuz lojistik sistemine olanak sağlayacak bir alt yapıya sahip olması beklenir.

Bu alt yapının kilit parçası da iş ortakları ile güçlü ve dayanıklı ortaklıklar kurulmasıdır (Power, 2005: 257). Ayrıca, firmaya yeni yararlar sağlayacak bu seviyedeki bir bütünleşme için, eldeki kaynaklar sıkı bir şekilde yönetmek ve üretim kurulum, elde bulundurma ve dağıtım maliyetlerini dengeleyebilmek için üretim ve dağıtım kararlarını günlük olarak düzenli bir şekilde almalıdır (Bard ve Nananukul, 2009a: 257). Bütünleşik tedarik zincirinin en önemli gereksinimlerinden birisi de etkin bir bilgi sisteminin kurulması ve zincirin ilk kademesinden son kademesine kadar gerçekleşen bütün faaliyetlerin bu bilgi sistemleri üzerinden gözlemlenebilmesidir. Bu bilgi akışının sağlanabilmesi için gerekli alt yapının sağlanması ve tedarik zinciri elemanlarının bu konuda eğitilmesi oldukça maliyetli olabilmektedir.

BÖLÜM 2: LİTERATÜR TARAMASI

Bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama (BÜSDR) problemleri son yıllarda araştırmacılar tarafından ilgi çeken bir problemdir. Bu problemle ilgili literatürde yer alan çalışmaları zaman kısıtlı ve zaman kısıtsız BÜSDR problemleri olarak iki ana başlık altında incelemek mümkündür.

2.1. Zaman Kısıtsız BÜSDR Problemleri

Bu bölümde, literatürde belirli bir zaman periyodundaki zaman kısıtını (siparişler için son teslimat zamanı veya ürün yaşam süresi gibi) göz önüne almayan bütünleştirilmiş üretim, stok ve dağıtım problemleri ele alan çalışmalar incelenmiştir. İlgili problemler, literatürde kapasiteli parti büyüklüğü belirleme problemleri ile stok rotalama problemlerinin kombinasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu alanda yapılmış olan çalışmalar üretim maliyetlerini ele alan ve üretim maliyetlerini ele almayan olarak iki ana alt başlık altında incelenebilir. Her iki problem çeşidinde de amaç fonksiyonu stok elde bulundurma ve dağıtım maliyetlerini içermektedir. Birbirlerinden farklı olarak birinci bölümde ele alınan problemlerde taşımacılık maliyetlerine ek olarak çeşitli stok maliyetleri (elde bulundurma, elde bulundurmama maliyeti vb.) amaç fonksiyonunda yer alırken, ikinci bölümdeki problemlerde bu maliyetlere üretim maliyeti de eklenmektedir.

2.1.1. Üretim Maliyetlerini Göz Önüne Almayan Modeller

Satıcı iradeli stok politikalarının (vendor managed inventory policy, (VMI)) kullanımının yaygınlaşması ile çalışmalarda stok ve rotalama problemlerinin bütünleştirilmiş olarak ele alınması gündeme gelmiştir. İlgili stok politikasında imalatçı, müşterilerin stok seviyelerini görüntüler ve kontrol eder. Bu bölümde ele alınan problemlerde stok ve dağıtım rotalama problemleri göz önüne alınırken üretim kararları göz ardı edilmiştir. İlgili problem, stok paylaşırma ve dağıtım kararlarını içermesi nedeniyle BÜSDR problemlerinin basitleştirilmiş versiyonu olarak kabul edilebilir. Amaç, belirli zaman aralıklarındaki teslimat miktarlarını ve araç rotalarını belirleyerek, taşımacılık maliyetlerini, stok elde bulundurma ve bulundurmama maliyetlerini minimize etmektir. Müşteri tarafında stok elde bulundurmama maliyeti

var olduğu problemlerde, taşımacılık maliyeti ile stok elde bulundurmama maliyetinin arasındaki kar zarar ilişkisi göz önüne alınmaktadır. Bu problemlerde, taşıt kapasitesi ilgili sipariş için yetersiz ise ve o müşteriye ürünü teslim etmenin fiyatı etmemekten fazla ise müşterinin siparişlerinin karşılanmaması ve bekletilmesine izin verilmektedir.

Abdelmaguid (2004) çalışmasında, bir depo ve bir grup müşteriden oluşan iki kademeli bir tedarik zincirini ele almıştır. İlgili problemde her bir müşteri belirli bir zaman periyodunda farklı talep miktarına ve stok kapasitesine sahiptir. Deponun her zaman müşteri talebini karşılamaya yetecek kadar kapasitesi olduğu ve ürünlerin depodan müşterilere heterojen araçlarla taşındığı varsayılmıştır. Talebin araç kapasitelerine oranla daha küçük olduğu ve müşterilerinin birbirine yakın bir şekilde yerleştiği diğer varsayımlardandır. Araştırmacı, ilgili problemi karma tamsayılı programlama (mixed integer programming, (MIP)) olarak modellemiş ve yaklaşık dağıtım maliyeti sezgiseli (approximate transportation cost, (ATCH)) adlı bir çözüm yöntemi geliştirerek çözümlenmiştir.

Abdelmaguid ve Dessousky (2006) aynı problemi dağıtım maliyeti fonksiyonunu doğrusal olmayan bir şekilde modelleyerek ele almıştır. Daha önce Abdelmaguid (2004)'de geliştirilen algoritmanın (ATCH) müşteri talepleri önemli derecede araç kapasitelerinden az olmadığında etkin çözüm bulmada yetersiz olması nedeniyle, bu çalışmada genetik algoritma (GA) çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır. Genetik algoritmanın diğer yönteme göre üstünlüğü parçalı teslimata izin vermesidir. Çalışmada ele alınan problem, teslimatların çizelgelenmesi problemi ve araç rotalama problemi olarak iki parçaya ayrılmıştır. Araç rotalama problemi Clarke ve Wright (1964) tarafından geliştirilen tasarruf algoritması (savings algorithm) adlı sezgiseli yöntem ile çözülürken daha çok teslimatların çizelgelenmesi problemi üzerine yoğunlaşmış ve bu bölümün çözülebilmesi için bir GA modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada iki boyutlu kromozom temsili geliştirilerek, bir periyot içerisinde bir müşteriye ne kadar ürün gönderileceği kodlanmıştır. Başlangıç popülasyonu daha önceki çalışmada geliştirilen ATCH yönteminin rastsal versiyonu ile belirlenmiş ve alt sınır değerleri (lower bounds) CPLEX ile geliştirilmiştir.

Araştırmanın uygulama bölümünde gerçekleştirilen deneyler sonucunda GA' nın bu problemin çözümünde ATCH'den daha iyi olduğu kanıtlanmıştır.

Abdelmaguid, Dessouky ve Ordenez (2008) aynı problemi tahmini dağıtım maliyetleri sezgiseli (estimated transportation cost heuristic, (ETCH)) olarak adlandırılan yapıcı bir algoritma geliştirerek çözümlenmiştir. Bu algoritma dağıtım, stok elde bulundurma ve depolama maliyetleri arasındaki başabaş noktalarının hesaplanmasına yardımcı olmaktadır. Abdelmaguid, Dessouky ve Ordenez (2009) yılında yaptıkları çalışmada, ETCH'nin bazı kısıtlamalarından kaçınmak için periyotlar arasındaki teslimat miktarlarını değiştiren geliştirici bir sezgisel uygulanmıştır. Geliştirilen sezgiselin performansını ölçmek için AMPL-CPLEX kullanarak problemin alt ve üst limitlerini belirlemişlerdir. Geliştirilen sezgisel ortalama olarak birkaç dakika içerisinde en iyi sonuçtan %30'dan daha fazla uzak olmayan sonuçlar geliştirmiştir. Geliştirici sezgisel uygulaması ile ortalama aralığı %25'e indirebilmektedir. Araştırmacılara göre, geliştirilen sezgisel daha büyük problemler üzerinde daha etkili sonuçlar verebilmektedir.

Ramkumar, Subramanian ve Narendran (2011), bir tedarikçinin bir grup depoya ürünlerini dağıttığı bir modelde stok rotalama problemini çözmüşlerdir. Probleme amaç fonksiyonu, toplam stok elde bulundurma ve taşımacılık maliyetlerinin minimizasyonudur. Bu problemde diğer problemlerden farklı olarak sabit taşımacılık maliyeti ve emniyet stoğu bulunmaktadır. Problemin çözümü için melez bir sezgisel geliştirmişlerdir. Problemi iki aşamalı olarak ele alıp, stok dağıtım probleminin çözümü için doğrusal programlama modeli oluşturmuşlar daha sonrasında araç rotalama problemi olan ikinci aşamayı önce grupta sonra rotala yöntemi (first cluster second route) olan K-ortalamlar (K-means) ile grupladıktan sonra rotalama kısmını tavlama benzetimi (simulated annealing) yöntemi ile çözmüşlerdir. Geliştirilmiş olan çözüm yöntemi literatürdeki test problemleri üzerinde test edilmiş ve algoritmanın göreceli olarak çözüm zamanı ve kalitesi açısından etkili olduğu görülmüştür.

Archetti v.d. (2011a), çalışmalarında yine tek bir tedarikçiden belirli bir bölgeye yayılmış müşterilerin taleplerinin dağıtıldığı iki kademeli bir tedarik zincirini ele almışlardır. Burada belirli bir zaman döneminde müşterilerin sabit olan taleplerinin

en uygun stok elde bulundurma ve taşımacılık maliyetiyle karşılanması amaçlanmıştır. Probleme, belirli bir dönemde müşterilerin taleplerinin karşılanmamasına veya sonradan karşılanmasına izin verilmemektedir. Her bir müşterinin belirli bir depolama kapasitesi bulunmaktadır ve belirli bir dönemde müşterilerin dönem sonu stok miktarları bu kapasiteyi aşmamalıdır. Çalışmada maksimum seviye (maximum level) ve sipariş yükseltme (order-up-to-level) politikaları karşılaştırılmıştır. Belirli bir kapasiteye sahip bir araç bulunmaktadır. Problemin çözümü için tabu arama tekniği çerçevesinde karma tamsayı programı modelleri geliştiren bir sezgisel yöntem kullanılmıştır. Geliştirilmiş olan yöntemin performansı optimum sonucu bilinen bir test problemi seti üzerinde uygulanarak ölçülmüştür. Elde edilen çözümler geliştirilmiş olan algoritmanın iki stok politikası için de optimuma oldukça yakın sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir.

2.1.2. Üretim Maliyetlerini Göz Önüne Alan Modeller

Bu bölümde, literatürde amaç fonksiyonu stok elde bulundurma maliyeti, üretim maliyeti ve dağıtım maliyetinden oluşan operasyon maliyetlerini minimize etmek olan problemleri inceleyen çalışmalar ele alınmıştır. Bir önceki bölümdeki çalışmalarda olduğu gibi bu bölümdeki çalışmalarda da ele alınan tedarik zinciri ağı yapısı, tek bir imalat tesisinden ve daha önceden belirli talebe sahip bir grup müşteriden oluşan iki kademeli basit tedarik zinciridir. Çalışmalarda ele alınan modellerde genellikle, tek bir ürün çeşidinin var olduğu ve dağıtımları yapan araç filosunun belirli kapasiteye sahip homojen araçlardan oluştuğu varsayılmaktadır.

Fumero ve Vercellis (1999) çalışmalarında ilgili problemin birden çok periyodu kapsayan ve çok çeşitli üründen oluşan biraz daha gelişmiş halini ele almıştır. Çalışmada, literatürdeki benzer diğer çalışmalardan farklı olarak, üretilen veya taşınan ürün miktarından bağımsız sabit bir kurulum maliyeti ve araç kullanım maliyeti ele alınmıştır. Modelde parçalı teslimata izin verilmiştir. Araştırmacılar, merkezi tesislerdeki üretim, stok ve teslimatlar arasındaki dengeyi sağlayan kısıtları Lagrange yöntemini kullanarak gevşeterek problemi üretim (kapasite kısıtlı parti büyüklüğü belirleme problemi) ve dağıtım (çok periyotlu araç rotalama problemi) olarak ikiye ayırmışlardır. Ayrıca alt problem olan rotalama probleminin çözümünü

basitleştirmek amacıyla, araç kapasite kısıtlarını genişletmişlerdir. Lagrange dual problem bir değişken hedef altgradyant optimizasyon algoritması (a variable target subgradient optimization algorithm) ile çözülmüştür. Buna ilaveten bu çalışmada üretim planlarını hesaplarken dağıtım planlarını göz ardı etmeyi sağlayan alternatif bir ayrıştırma yöntemi geliştirilmiştir. Bu ayrılmış üretim planından elde edilen sonuçlar dağıtım planlarının hesaplanmasında girdi olarak kullanılmıştır. Çalışmada gösterilmiştir ki Lagrange ayrıştırma yöntemi diğer geliştirilmiş olan yöntemden daha etkili sonuçlar vermektedir.

Bertazzi, Paletta ve Speranza (2005) bir imalat tesisi tarafından ürünlerin üretilip bir grup müşteriye dağıtıldığı iki kademeli bir tedarik zincirini ele almışlardır. Buradaki toplam üretim, stok ve dağıtım maliyetlerinin minimizasyonu amaçlanmıştır. Çalışmada satıcı iradeli stok politikalarından sipariş yükseltme (order-up-to-level) politikası ve doldur doldur boşalt (fill-fill-dump) politikalarının performansları ölçülmüştür. Burada ürünler belirli bir dönemde belirli bir kapasiteye sahip araçlar ile müşterilere dağıtılmaktadır. Üretim ve taşımacılık maliyetleri sabit ve değişken üretim ve taşımacılık maliyetlerini içermektedir. Müşterilerin taleplerinin karşılanmamasına izin verilmemektedir. Müşteriler ve imalat tesisinde stok elde bulundurma maliyeti bulunmaktadır. Araştırmacılar problemi üretim ve dağıtım problemi olarak iki ayırarak çözmüşlerdir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, doldur doldur boşalt politikasının sipariş yükseltme politikasına göre ortalama maliyetleri azalttığı gözlemlenmiştir.

Bard ve Nananukul (2009a) çalışmalarında, müşteriler ve imalatçının stok bulundurmasına izin veren ancak periyot sonunda stok seviyelerinin sıfır olmasını talep eden ve sipariş karşılamamaya izin vermeyen bir tedarik zinciri modelini ele almışlardır. Araştırmacılar ilgili problemi Lei v.d. (2006) tarafından geliştirilen iki aşamalı yöntemle benzeyen bir yöntemle çözmüşlerdir. İlk aşamada rotalama kısıtları göz ardı edilerek problem karmaşık tam sayılı programlama olarak modellenmiştir. Geliştirilen model kullanılarak, bütün müşteriler için yeterli teslimat miktarları belirlenmiştir. İlk aşamada bulunan bu sonuçlar, ikinci aşamada bütünleştirilmiş olan modelin çözümünde kullanılan tabu arama tekniği için başlangıç çözümü

oluşturmada kullanılmıştır. Daha iyi sonuçlar üretmek amacıyla rota birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, ilk aşamadaki genişletilmiş problemde elde edilen alt sınır değerlerinin, geliştirilen algoritmayı değerlendirmek için yetersiz olduğu belirlenmiştir. Buna rağmen, sayısal değerlendirmeler göstermiştir ki bu çalışmada geliştirilen çözüm yöntemi biraz daha fazla çaba ile Boudia, Louly ve Prins (2007)'da geliştirilen açgözlü rastsallaştırılmış uyarlamalı arama yordamı (GRASP)'dan %10-20 daha iyi sonuçlar verebilmektedir.

Bard ve Nananukul (2009b) problemin stok rotalama kısmını maksimum müşteri tatminini sağlamak amacıyla karmaşık tam sayılı programlama olarak formüle etmişlerdir. Stok rotalama problemlerinde kullanılan bir seri sezgisel yöntem bu çalışmada karşılaştırılmıştır. Dal ve fiyat yöntemi (branch & price) ve araştırmacılar tarafından geliştirilen diğer üç farklı sezgisel metot incelenmiştir. Daha sonra bu çalışmada geliştirilen stok rotalama problemi geliştirilerek bütünleştirilmiş üretim, stok ve dağıtım rotalama (BÜSDR) problemine dönüştürülmüştür. Geliştirilen bu problem, CPLEX, dal ve fiyat algoritması ve tabu arama tekniği ile çözülmüştür. Bu yöntemler arasından dal ve fiyat algoritması problemin çözümü için daha iyi sonuçlar üretmiştir. Ancak tabu arama tekniği zaman olarak dal ve fiyat algoritmasından daha iyi bir performans sergilemiştir.

Çetinkaya v.d (2009), Frito Lay Kuzey Amerika'nın (FLKA) dış tedarik zincirini geliştirmek için bir model geliştirilmiştir. FLKA, VMI-D adlı bir teslimat programını kullanmaktadır ve bu çalışmanın amacı bu mevcut programı geliştirmektir. İlgili problemde, stok elde bulundurma maliyeti, araç yükleme ve sevkiyat maliyeti, mil maliyeti ve elleçleme maliyetinin toplamından oluşan operasyon maliyetlerinin en küçüklenmesi amaçlanmaktadır. Modelde direkt depolardan ürünlerin sevk edildiği direkt müşteriler (DM), dağıtım merkezleri ve ambarlar olarak üç farklı çeşitli noktaya ürünler gönderilmektedir. Sevkiyat yöntemi olarak tam dolum (full truck load) ve tamdan az dolum (less than truck load) politikalarının ikisi de benimsenmektedir. Bu çalışma önceki çalışmalardan, stok ve sevkiyat miktarlarını araç yükleme ve rotalama kararlarıyla koordine etmesiyle farklılaşmaktadır. Çalışmada elleçleme maliyeti ve bırakma (drop-off) sayıları diğer çalışmalardan

farklı olarak ele alınmıştır. Burada çok çeşitli ürünler ve tesisler arasında tesisler arası dağıtım vardır. Çalışmada üretim maliyetleri göz ardı edilmiş ancak üretim kapasiteleri ele alınmıştır. Problemin karmaşıklığı nedeniyle problemin çözümü için kesin en iyi sonuç veren yöntemlerin ve mevcut yazılımların kullanışsız olması ve buna ilaveten FLKA'nın mevcut verilerinin yetersizliği nedeniyle de yeni bir sezgisel geliştirmişler ve problemi stok ve rotalama problemleri olarak ikiye ayırtmışlardır. Clark ve Wright (1964) tarafından geliştirilen tasarruflar algoritması çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır. Rotalama probleminin çözümü için geliştirici bir aşama eklenerek en ucuz ekleme sezgiseli (cheapest insertion heuristic) geliştirilmiştir. Stok alt problemi CPLEX 9.0 ile çözümlenmiştir.

Bard ve Nananukul (2010) dal ve fiyat algoritması çerçevesinde kesin yöntem ve sezgisellerin prosedürlerini birleştiren melez bir yöntem geliştirmişlerdir. Ayrıca algoritmik verimliliği geliştirmek amacıyla yeni geliştirilen bir kolon nesil sezgiseli ve bir rotalama sezgiselini kullanmışlardır. Dal ve fiyat algoritması, uygun alan kümelenmiş veya karmaşık kısıtlar seti ve basit dağınık kısıtlar seti şeklinde parçalanabiliyorsa uygulanabilir olan Dantzig-Wolfe ayırıştırma ve standart dal ve sınır algoritmasının bir kombinasyonudur. Araştırmalar göstermiştir ki standart kesin (exact) dal ve fiyat yöntemi göreceli küçük örnek grupları için verimli değilken, dal ve fiyat sezgisel yöntemi, 50 müşteri ve 8 zaman periyoduna kadar makul bir süre içerisinde yüksek kalitede sonuçlar üretebilmektedir.

Shiguemoto ve Armentano (2010) çalışmalarında, diğer problemlerle aynı amaç fonksiyonuna sahip bir bütünleşik üretim stok dağıtım rotalama problemini ele almışlardır. Bu problemde diğer araştırmacıların probleminden farklı olarak, imalat tesisinde üretim kapasite kısıtı bulunmamakla birlikte, birden fazla ürün üretilmektedir. Ayrıca her müşteri için en fazla ve en az elde bulundurulması gereken stok miktarı limitleri bulunmaktadır. Problemi çözmek için tabu arama tekniği kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca diğer çalışmalardan farklı olarak satıcı yöneticili iki farklı stok politikasının da etkinliği ölçülmüştür. Araştırmacılar, en fazla ve en az stok limitlerinin bulunduğu satıcı yöneticili stok politikasının Bertazzi, Paletta ve Speranza (2005) tarafından geliştirilmiş olan tek ürünün üretildiği test problemleri

üzerinde önemli bir maliyet tasarrufu elde ettiğini kanıtlamıştır. Ayrıca bu stok politikasının birden fazla ürünün üretildiği sistemlerde uygulanması sırasında bütünleşik yaklaşımın benimsenmesinin parçalı yaklaşıma göre daha karlı olduğu da kanıtlanmıştır. Problemin çözümü için geliştirilmiş olan tabu arama tekniğinin tek ürün ve tek aracın bulunduğu Archetti v.d. (2007) tarafından geliştirilmiş olan test problemleri üzerinde yüksek kaliteli sonuçlar elde ettiği gösterilmiştir.

Archetti v.d. (2011b) çalışmalarında daha önceki çalışmalarında (Archetti v.d. 2011a) ele aldıkları modeli geliştirmişler ve ilgili modelden farklı olarak belirli bir dönemdeki talebin karşılanabilmesi için fabrika tarafından üretilmesi gereken ürün miktarını ve maliyetlerini de ele almışlardır. Bu çalışmada da ilgili sistemdeki maksimum seviye (maximum level) ve sipariş yükseltme (order-up-to-level) stok politikalarının performanslarını karşılaştırmışlardır. Problemin çözümü için geliştirmiş oldukları melez sezgiselin performansını ölçebilmek için optimum çözümü bulunabilen 14 müşteri ve 6 periyottan oluşan tek araçlı küçük problemler geliştirmişler ve performansını iyi buldukları melez sezgiseli 50 müşteri, 100 müşteri ve 6 periyottan oluşan çok araçlı daha büyük problemlerin çözümünde kullanmışlardır.

Adulyasak, Cordeu ve Jans (baskıda), çalışmalarında diğer çalışmalardaki sisteme benzer bir sistemde bütünleşik üretim-rotalama problemini ele almışlardır. Çalışmalarında Boudia, Louly ve Prins (2005) ve Archetti v.d. (2007) tarafından geliştirilmiş olan test problemleri üzerinde geliştirmiş oldukları algoritmanın performansını ölçmüşlerdir. Bu çalışmada geliştirilen optimizasyon temelli büyük komşu arama (optimization based adaptive large neighborhood search,(OPT-ALNS)) şuna kadar literatürde yapılmış olan en iyi sonuçları üreten tekniktir.

2.2. Zaman Kısıtlı BÜSDR Problemleri

Zaman kısıtlı BÜSDR problemlerinde amaç, kaynak kapasitesi ve teslim süresi kısıtlarını ihlal etmeden, tedarikçiler ve müşteriler arasında ürünlerin teslimatı için en uygun rotanın belirlenmesidir. Zaman kısıtları, müşteriler tarafından önceden belirlenen zaman aralığı, tahmini veya gerçekleşen varış tarihi gibi kavramlarda

ortaya çıkmaktadır. Bu problem, birden fazla müşteri ziyareti gereksinimi nedeniyle klasik araç rotalama problemlerinden farklıdır.

İlgili problem literatürde genellikle, bir fabrika ve belirli bir coğrafi alana yayılmış müşterilerden oluşan iki kademeli tedarik zinciri ortamında ele alınmıştır. Problemin karmaşıklığı nedeniyle, birden fazla imalatçıdan oluşan tedarik zinciri ortamı pek az çalışmada (Lei v.d. (2006) ve Bilgen ve Günther (2010)) ele alınmıştır. İlgili çalışmalarda ele alınan problemlerde genellikle amaç fonksiyonu, üretim, dağıtım ve depolama maliyetlerinden oluşan operasyon maliyetlerinin en küçüklenmesidir. Öte yandan, Geismar v.d. (2008) çalışmalarında üretim ve taşıma süresinden oluşan üretim sürecini kısaltmayı amaçlarken, Armstrong, Gao ve Lei (2008) tatmin edilen müşteri taleplerini maksimize etmeyi amaçlamıştır. Üçüncü parti servis sağlayıcıları genellikle çalışmalarda göz ardı edilirken, Lei v.d. (2006) çalışmalarında üçüncü parti servis sağlayıcılarını ele almıştır.

Literatürdeki çalışmaları, ilgili problemi çözerken kullandıkları yöntemlere göre iki gruba ayırmak mümkündür. Bunlar bileşik ve parçalı yöntemlerdir. Parçalı çözüm yöntemlerinde, problem çözümü göreceli olarak daha basit birden çok probleme ayrılır ve bunlar aşamalı olarak çözülür. Genelde, ilk aşamanın çözümü ikinci aşama için girdi olarak kullanılmaktadır. Bileşik yöntem ise problemi bir bütün olarak ele alır ve çözümler.

Chandra ve Fisher (1994), çalışmalarında üretim ve dağıtım çizelgeleme problemlerini birleşik ve parçalı yöntemlerle çözümleyerek karşılaştırmışlardır. Çalışmada ele alınan modelde, fabrikada belirli bir zamanda farklı tiplerdeki ürünleri aynı anda üretebildiği ve müşterilere ürünlerin sınırsız bir kapasiteyle taşındığı varsayılmıştır. Modelde, sınırsız üretim kapasitesi mevcut olmakla beraber stok elde bulundurma ve depolama giderleri göz ardı edilmiştir. Öncelikle bileşik yöntemde 10 araç, 50 müşteri ve 10 periyodik dönemden oluşan bir tedarik zincirinde üretim ve dağıtım süreçleri koordine edilerek operasyon giderlerinin %3-20 arasında azaltılabileceği gözlemlenmiştir. Daha sonra, parçalı yöntemle aynı problem ele alınarak, üretim çizelgeleme problem kısmını kapasite kısıtlı parti büyüklüğü belirleme problemi olarak, dağıtım problemini ise standart çok periyotlu rotalama

problemi seklinde modellemişlerdir. Üretim çizelgeleme problemini çözmek için GAMS, ZOOM/XMP ara yüzünü, dağıtım problemini çözmek için ise üç tane iyi bilinen araç rotalama yöntemini kullanmışlardır: süpürme algoritması (Gilette ve Miller, 1974), en yakın komşu kuralı (Rosencrantz, 1974) ve uygun ek kuralı (Chandra, 1989). Üretim ve dağıtım problemlerini birleştirmek için yerel iyileştirme yöntemini kullanmışlardır.

Chandra ve Fisher (1994) tarafından geliştirilmiş olan bu çalışma üretim, stok ve dağıtım rotalama probleminde üç fonksiyonu birden bütünleşik olarak inceleyen ilk çalışma olarak kaynaklarda yer almaktadır (Sarmiento ve Nagi, 1999: 1067).

2.2.1. Parçalı Yöntemler

Lei v.d. (2006) sabit taşımacılık maliyetinin olmadığı ve her taşıyıcının her bir periyotta birden fazla gidiş dönüş yapabildiği BÜSDR problemini incelemiştir. Çalışmada problemi iki etapta ama aynı zamanda entegre bir şekilde çözen iki aşamalı bir çözüm yöntemi kullanılmıştır. İlk etapta, ürünlerin, imalatçıdan depolara direkt taşımacılıkla ulaştırıldığı varsayılmıştır. Böylelikle araç rotalama kısıtları yok sayılarak problem, karmaşık tamsayılı programlama olarak formüle edilip CPLEX MIP ile çözülmüştür. İkinci etapta, ürünlerin taşınmasında rotalama kararlarını uygulamak için yüklerin birleştirilmesi (load consolidation, (LC)) algoritması adıyla anılan deneysel araç rotalama algoritması uygulanmıştır. Bu algoritma araçların seyahatlerinin sırasını belirler ve araç kapasitelerini ve zaman kısıtlarını göz önünde bulundurarak araçları seyahatlere dağıtır. İlk aşamada, muhtemel seyahatler arasındaki en kısa yolu bulmak için genişlenilmiş optimal paylaşırma (extended optimal partitioning) yöntemini kullanmışlardır. LC algoritmasını ve CPLEX MIP çözücüsünü karşılaştırmak için 56 test problem üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Uygulamalar sonucunda, LC algoritmasının ilgili problemi 0,2 saniyeden kısa sürede çözdüğü gözlemlenmiştir. CPLEX MIP çözücü ise aynı problem 2 saatten daha uzun bir sürede çözümleyebilmiştir. Buna ilaveten, LC algoritması uygulanırken, 56 örnek problemin 2'sinde, problemin çözümüne belirlenmiş bir rotada ve önceden belirlenmiş araç dağılımları ile başladığında, sonuçların çok daha büyük hata

aralığına sahip olduğu görülmüştür. Öte yandan, CPLEX çözücüsü araç rotalarını ve araç dağılımlarını eşzamanlı olarak doğrudan optimize etmiştir.

Geismar v.d. (2008), kısa yaşam eğrisine sahip bir ürün için bütünleşik üretim ve dağıtım çizelgeleme problemini iki aşamalı sezgisel bir yöntem geliştirerek evrimsel algoritmalar ile çözümlenmiştir. Ürünlerin teslimatının yapılacağı müşteriyi ve kullanılacak araç rotalarını eşzamanlı olarak belirlemek için, Beasley (1983)'nin ilk rotala-ikinci kümele (first route-cluster second) yöntemini kullanmışlardır. Daha önceden belirlenmiş olan teslimatların sürelerini minimize etmek için bir doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Çalışmanın uygulama bölümünde genetik algoritma (GA) ve memetik algoritma (MA) karşılaştırılmıştır. MA, GA' dan farklı olarak, lokal arama parametresine ve farklı bir popülasyon yönetiminin sonucu olarak göreceli küçük bir popülasyona sahiptir. Her bir yinelemede GA tarafından üretilen popülasyon büyüklüğü MA tarafından üretilenin 5 katı büyüklüğünde olduğu için GA, MA' dan daha iyi sonuçlar üretebilmektedir. MA' nın zayıf çözüm performansının nedeni olarak, küçük popülasyon büyüklüğü ve özgün işlem süresi kuralı gösterilebilir.

2.2.2. Bileşik Yöntemler

Boudia ve Prins (2009) çalışmalarında, Chandra ve Fisher (1994) tarafından incelenen modele çok yakın bir model geliştirerek çok periyotlu bir üretim ve dağıtım problemini iki kademeli tedarik zinciri çerçevesinde incelemişlerdir. Boudia ve Prins (2009) tarafından ele alınan problemin, Chandra ve Fisher (1994)' dakinden farkı, araç kapasite sınırı ve tek ürün varsayımlarıdır. Üretim ve dağıtım problemlerinin eşzamanlı çözümü için popülasyon yönetimli memetik algoritma (MA) yöntemini kullanmışlardır. İlgili algoritma, 50, 100 ve 200 tane olmak üzere 3 farklı müşteri grubu büyüklüğünden ve 20 periyottan oluşan 30 değişik örnek üzerinde değerlendirilmiştir. Ayrıca, Boudia, Louly ve Prins (2007) tarafından geliştirilen GRASP yöntemine dayanan iki algoritma ile karşılaştırmışlardır. Bunlar: iki fazlı algoritma (H1) ve üç fazlı algoritma (H2)'dir. Araştırmada MA' nın ilgili problemi çözerken GRASP' den daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. GRASP yönteminin zayıf noktası, çözüm uzayının rastsal örneklenmesini oluşturan

iterasyonlar arasındaki bağımsızlıktır. MA yüksek kaliteli çözümlerin popülasyonu üzerinde paralel olarak çalıştığı için daha etkilidir. Teker teker örnekler üzerinde bile GRASP yönteminden daha iyi sonuçlar vermektedir.

Armentano, Shiguemoto ve Lokkentangen (2011) çalışmalarında, Boudia, Louly ve Prins (2007) tarafından incelenmiş problemin bir benzerini ele almışlardır. Bu çalışmadaki problem diğer BÜSDR problemlerinden farklı olarak, değişken üretim maliyetinin ve her aracın kullanılmasıyla sabit taşımacılık maliyetinin oluştuğunu varsaymışlardır. Ayrıca problemde, birden fazla çeşitlilikte ürün üretilmektedir. Burada, fabrikadaki üretim kapasitesi zaman limiti olarak ele alınmış ve bir birimin üretilmesi için gereken zaman değişkeni probleme eklenmiştir. Problemde müşterilerin elde bulundurması gereken stok miktarı en fazla ve en az stok limitleri arasında yer almaktadır. Araç sayısı limitli veya limitsiz olmak üzere iki farklı şekilde ele alınmıştır. Araçların teslimat rotaları belirlenirken belirli bir uzaklık limiti göz önüne alınmıştır. Problemin çözümü için iki farklı tabu arama tekniği kullanılmıştır. Bunlardan birincisi kısa dönemli hafızaya sahip tabu arama tekniği, diğeri ise ilk tekniğe yolların yeniden birleştirilmesini sağlayan (path relinking) uzun dönemli hafızaya sahip tabu arama tekniğidir. Bu iki tekniğin problemin çözümündeki etkinliği iki farklı örnek test problem setleri üzerinde denenmiştir. Bu setler, yazarlar tarafından geliştirilen ve 10 farklı ürünün üretimine kadar çeşitli problemleri içeren ve göreceli olarak daha küçük problemleri ve daha büyük problemleri içeren set ile Boudia, Louly ve Prins (2005) tarafından geliştirilen tek ürünün üretildiği test problemleri setidir. Küçük olan test problemleri üzerinde yapılan denemelerde her iki tabu arama tekniği de iyi sonuçlar vermiş ancak uzun dönemli hafızaya sahip tabu arama tekniği daha kısa sürede çözüme ulaşmıştır. İlk problem seti içerisindeki büyük test problemleri için de geliştirilen çözüm tekniği iyi sonuçlar vermiş ancak uzun hesaplama süresi ile karşılaşmıştır. İki tabu arama tekniğinin çözüm süresi ve kalitesi arasında iyi bir denge oluşturulduğu gözlenmiştir. Ayrıca Boudia, Louly ve Prins (2005) tarafından geliştirilen ve tek ürünün üretildiği problemler üzerinde yapılan testler sonucunda ilgili yöntemin Boudia ve Prins (2009) tarafından geliştirilen memetik algoritmadan ve Bard ve Nananukul (2009) reaktif

tabu arama tekniğinden bütün problemler için daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Armstrong, Gao ve Lei (2008) çalışmalarında, benzer bir problem çözerken aynı araç tarafından teslimat yapılan müşterileri tek bir küme altında birleştirerek, toplam karşılanan talebi maksimuma çıkarmayı amaçlamışlardır. Problemin çözümü için dal ve sınır algoritması kullanılmıştır. Problemin kısıtlarını, ürün yaşam eğrisinin uzunluğu, üretim/dağıtım kapasitesi ve teslim zaman aralığı olarak belirlenmişlerdir. Tedarik zinciri elemanlarının stok bulundurmasına izin verilmediği için, üretim ve dağıtım planlamasının başarılı bir şekilde senkronize edilmesi önem kazanmıştır. Çalışmada geliştirilmiş olan algoritmanın çözüm değerleri ve çözüm süresi, problemi tek bir aşamada çözen CPLEX MIP çözücüsünden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Uygulama sonucunda geliştirilmiş olan algoritmanın CPLEX MIP' den daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Bilgen ve Günther (2010), bütünleştirilmiş üretim ve dağıtım planlama problemini, hızlı tüketim ürünleri endüstrisi için incelemişlerdir. Çalışmanın amacı, imalat maliyeti, depolardaki stok elde bulundurma maliyeti, FTL ve LTL taşıma modları için taşıma maliyetlerinden oluşan toplam maliyeti minimuma indirmek olarak belirlenmiştir. Diğer çalışmalardan farklı olarak, makro ve mikro maliyetler olarak iki çeşit üretim kurulum maliyetini ele almışlardır. Bunlardan makro kurulum maliyeti, herhangi bir üretim hattında üretime başlanan bir blok için gerekli olan majör kurulum maliyeti (örneğin gıda endüstrisinde bir başka ürün üretimine geçilirken makinelerde yapılan temizlik maliyeti) ve mikro kurulum maliyeti ise herhangi bir partideki tek bir ürünün üretimi sırasında gerekli olan minör kurulum maliyetidir. Basit blok planlama yaklaşımı bu çalışma için genişletilmiştir. Üretim zamanını, blok ve parti üretimi bitiş zamanı olarak ele almışlardır. Bu çalışmada, iki farklı zaman periyodu kullanılmıştır. Blok atamaları için makro periyotlar (örneğin, haftalar) kullanılırken dağıtım çizelgeleri ve dışsal talep unsurları içinse mikro periyotlar (günler) kullanılmıştır. Esnek ve esnek olmayan blok planlama yaklaşımlarını karşılaştırmışlardır. Esneklik derecesi, bloğun tamamlanması için gereken zaman aralığının genişliğine bağlıdır. Esnek olmayan blok planlama

yaklaşımında, üretimin tamamlanması için verilen zaman aralığı bir makro periyodu uzunluğundayken, esnek blok planlama yaklaşımında bir veya birden fazla makro periyodu uzunluğunda olabilmektedir. Problemin çözümü için karma tamsayı doğrusal optimizasyon modeli geliştirilmiş ve CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür. Yapılan testler sonucunda, esnek blok planlama yönteminin, esnek olmayan blok planlama tekniğiyle karşılaştırıldığında, maliyet tasarrufu sağladığını gösterilmiştir.

Bolduc v.d. (2010) parçalı teslimatlı araç rotalama problemlerini üretim ve talep takvimlerini göz önüne alarak incelemişlerdir. Başlangıç çözümünü sağlayabilecek basit bir ayrıştırma yöntemi geliştirmişler ve tabu arama tekniğini yeni komşu azaltma stratejisiyle geliştirerek uygulamışlardır. Tabu iterasyonları tamamlandıktan sonra iyileştirme deneyleri uygulanmıştır. Geliştirilmiş olan yöntemi 50 adet müşteri, 10 periyottan oluşan rastgele üretilen 100 örnek problem üzerinde değerlendirmişlerdir. Uygulama sonuçları, geliştirilen modelin çözüm kalitesi ve hesaplama zamanı açısından etkili olduğunu göstermiştir.

BÖLÜM 3: BÜTÜNLEŞİK ÜRETİM, STOK VE DAĞITIM ROTALAMA PROBLEMİ VE BİLEŞENLERİ

Bütünleşik üretim stok ve dağıtım problemleri, araç rotalama, stok rotalama ve periyodik rotalama problemlerinin birleşiminden oluşmuş karmaşık bir problemidir. Problemden, ürünlerin teslimat rotalarını belirlemek için her dağıtım gününde araç rotalama problemi çözülmektedir. Literatürde NP-zor olarak bilinen araç rotalama problemlerini içerdiği için BÜSDR problemleri de NP-zordur. Bu bölümde BÜSDR problemleri ve onun bileşenleri olan araç rotalama, stok rotalama ve periyodik rotalama problemleri tanımlanmıştır.

3.1. Araç Rotalama Problemleri

Tedarik zincirindeki en önemli faaliyetlerden birisi, tesisler arasında ürünün akışının sağlıklı bir şekilde sağlanmasıdır. Tüm tedarik zincirinin performansını etkileyen bu faaliyetin düzenlenmesi sayesinde, ürünlerin müşterilere talep ettikleri zamanda, talep ettikleri yerde ve miktarda ulaştırılmasını sağlar. Tesisler arasındaki taşımacılık faaliyetleri araç rotalama problemleri tarafından düzenlenerek, hangi ürünler, hangi araçlarla, hangi miktarlarda, nereden nereye ve ne zaman taşınacak soruları cevaplanır.

3.1.1. Araç Rotalama Problemlerinin Tanımı

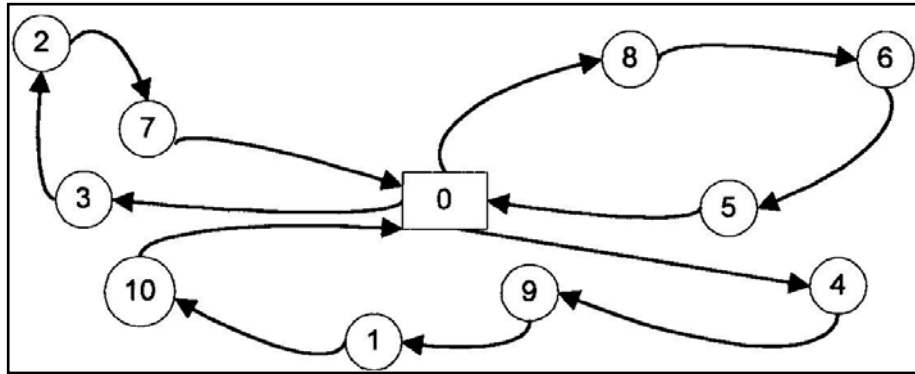
Araç rotalama problemi, bir veya birden çok depodan coğrafik bir alana yayılmış müşteri veya şehirlere en iyi dağıtım veya toplama rotalarının belirli kısıtlar altında belirlenmesi problemidir (Laporte, 1992: 345). Basit bir araç rotalama probleminde amaç, belirli bir coğrafi alanda konumlanmış müşterilerin belirli ihtiyaçlarının, kapasite kısıtı veya uzaklık limiti olan araçlar ile karşılanması ve ilgili araçların teslimat sonrasında depoya dönmesi ve bu faaliyetlerin minimum maliyet ile gerçekleştirilmesidir (Baker ve Ayechev, 2003: 787).

$G = (N, A)$ 'nın bir çizelgeyi temsil ettiği varsayıldığında, buradaki $N = \{0, \dots, n\}$ şehirleri temsil eden noktalar kümesidir ve '0' ile temsil edilen nokta genellikle problemlerde depoyu veya fabrikayı temsil etmektedir, 'A' ise bu noktalardan oluşan

arklar setini temsil etmektedir. Her bir ark (i,j) $i \neq j$ negatif olmayan bir uzaklık matrisi $C = (c_{ij})$ ile ilişkilidir. Bazı bağlamlarda ' c_{ij} ' yolculuk zamanı veya yolculuk maliyeti olarak yorumlanmaktadır. C 'nin simetrik olduğu durumlarda yani noktalara gidiş ve dönüş mesafelerinin eşit olduğu durumlarda A 'nın yönsüz köşelerden oluşan E seti ile değiştirilmesi uygundur (Laporte, 1992: 345).

Araç rotalama problemleri literatürdeki gezgin satıcı (GSP) ve kutulama (bin packing) problemlerinin birleştirilmesinden oluşmuş karmaşık bir problemdir. Araç rotalama problemlerinde bütün izlenecek yol rotaları tek bir noktada başlar ve yine aynı noktada sonlanır. Problemden her bir müşteri belirli bir dönemde sadece bir kere ve tek bir araç tarafından ziyaret edilmelidir (Pereira v.d., 2002: 95).

Araç rotalama problemleri dağıtım ve lojistikte hayati bir önem taşımaktadır. Araç rotalama problemleri, ilk olarak Dantzig ve Ramser tarafından 1959 yılında gezgin satıcı probleminden yola çıkarak tanımlandıktan sonra günümüze kadar birçok çalışmada incelenmiştir (Baldacci, Battarra ve Vigo, 2008: 3). Ayrıca, dağıtımın lojistiğin önemli bir parçası olması ve birçok firma için önemli bir maliyet unsuru olmasından dolayı gerçek hayat problemlerinde çok fazla uygulanmıştır (Pereira v.d., 2002: 95).



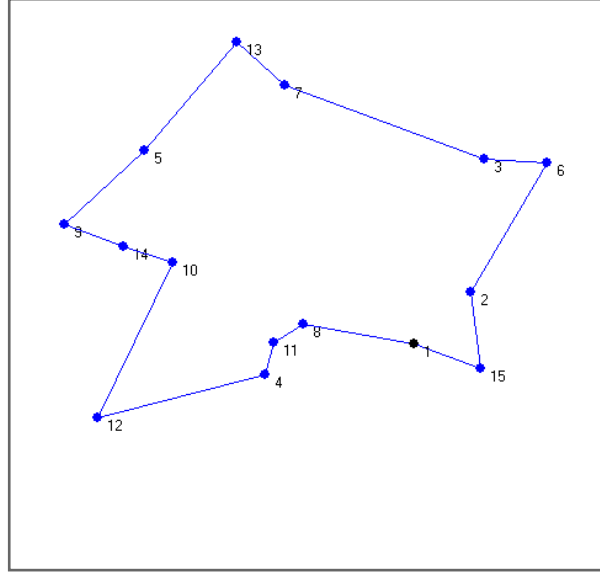
Şekil 3-1 Araç Rotalama Problemi (Pereira v.d., 2002: 96)

Yukarıdaki şekilde (Şekil 3-1) tek bir depo ve on adet müşteriden oluşan bir sistemde oluşturulmuş olan araç rotaları gösterilmektedir. Burada müşterilere yapılacak olan ziyaretler üç araca paylaştırılmış ve araçların rotaları sırasıyla {0 3 2 7 0}, {0 4 9 1 10 0}, {0 8 6 5 0} olarak belirlenmiştir.

Araç rotalama problemlerine, gerçek hayatta dağıtım sistemlerinin tasarımı ve yönetiminde rastlanılmaktadır. Problemden en uygun teslimat rotaları belirlenirken çeşitli operasyonel kısıtlarla karşılaşılabilir. Bu operasyonel kısıtlar problemin yapısına göre değişiklik göstermektedir. Örneğin bir araç rotalama problemi, hem dağıtım hem de toplama faaliyetlerini kapsayabilir, ürünlerin taşınacağı araç sayısı ve kapasitesi sınırlı olabilir, her bir rotanın toplam uzunluğu sınırlı olabilir ve müşteriye sağlanan hizmet belirli bir zaman içerisinde gerçekleştirilmek zorunda olabilir, araç filosu bazen birbirinden farklı araç tiplerinden oluşabilir, müşteriler arasında öncelik ilişkisi ortaya çıkabilir, müşteri talebi kesin olarak bilinmeyebilir, bir müşteriye gönderilecek olan ürünler birden fazla araç arasında bölünmüş olabilir veya yolculuk süresi ve talep gibi bazı problem karakteristikleri dinamik olarak değişken olabilir (Toth ve Vigo, 1998: 33). Bütün bu etkenler araç rotalama probleminin yapısını belirlemektedir ve beraberlerinde getirdikleri kısıtlar nedeniyle problemi karmaşıklaştırmaktadır.

3.1.2 Araç Rotalama Problemlerinin Matematiksel Karmaşıklığı

Araç rotalama problemi gezgin satıcı problemi (GSP) olarak bilinen genel yöneylem probleminin geliştirilmiş halidir. GSP’de başlangıç noktası olarak belirlenen ve genellikle dağıtım problemlerinde depoyu temsil eden “1” ile isimlendirilen şehirden çıkarak her bir şehirde bir kez durmak üzere n-1 adet şehir tek bir araç tarafından ziyaret edilmektedir. Bu problemde, toplamda katledilen mesafeyi ve maliyetleri minimize etmek amacıyla şehirlerin hangi sırayla ziyaret edilmesi gerektiği belirlenmeye çalışılmaktadır (Nahmias, 2009: 332).



Şekil 3-2 Gezgin Satıcı Problemi

Yukarıdaki şekilde bir adet depodan 14 müşteriye tek bir araçla ürünlerin en kısa yoldan dağıtılmasını amaçlayan bir GSP'ye ait çözüm grafiği gösterilmiştir. İlgili problemin ifadesi kolay olsa da çözümü ziyaret noktalarının artması ile birlikte zorlaşmaktadır. Örneğin, yukarıdaki şekilde çözüm grafiği gösterilmiş olan problem için, 14 adet ziyaret noktası olduğundan bu problemdeki alternatif yol seçenekleri $14! = 87.178.291.200$ adettir. Bu sayı ziyaret noktalarının artmasıyla birlikte katlanarak artmaktadır ve bu durumda problemin çözümü için gerekli olan süre de artan alternatif sayısı ile doğru orantılı olarak dramatik bir şekilde artmaktadır. Örneğin, 25 şehirden oluşan bir problemde mevcut alternatif rota $1.55 * 10^{25}$ 'den daha fazladır ve bir bilgisayar ile 1 trilyon alternatifin bir saniyede değerlendirildiği düşünülürse 25 şehirli bir problemde bütün alternatiflerin değerlendirilmesi yaklaşık olarak 500.000 yıldan fazla sürecektir (Nahmias, 2009: 332).

Araç rotalama problemleri için genellikle birbiriyle çelişen birçok amaç ele alınabilir. Bu amaçlar aşağıdaki gibidir. Aşağıdaki unsurları teker teker veya bunların bir kaçının ağırlıklandırılmış kombinasyonu şeklinde ele alırlar (Toth ve Vigo, 2002: 4):

- a) Uzaklığa bağlı genel değişken taşımacılık maliyetlerinin ve sabit taşımacılık maliyetlerinin minimizasyonu,
- b) Bütün müşterilere hizmet verebilmek için gerekli olan araç sayısının veya sürücü sayısının minimizasyonu,
- c) Taşımacılık zamanı ve araç yükü bakımından rotaların dengelenmesi,
- d) Müşterilerin ayrıştırılmış hizmetinden kaynaklanan ceza maliyetlerinin minimizasyonudur.

Gezgin satıcı probleminde ziyaret edilecek nokta sayısının artmasıyla birlikte problemin çözümü bir aşamadan sonra imkansız hale gelmektedir. Bu tür problemler matematikte NP-zor problemler olarak adlandırılmaktadır. Buradaki NP, polinomial olmayan anlamına gelmektedir, yani problemlerin çözümü için gerekli olan süre polinomial bir fonksiyon olmak yerine şehir sayısının üstel fonksiyonu şeklindedir. Araç rotalama problemlerinin çözümü de buna benzer olmakla beraber artan kısıt sayısı ve problem büyüklüğü nedeniyle daha da karmaşıktır. Bir veya birden daha fazla araca sahip olan merkezi bir depo ve her biri belirli miktarda talebe sahip n adet müşteri lokasyonu olduğunu varsayarsak, problem var olan kısıtlar çerçevesinde müşterilerdeki talepleri karşılamak amacıyla minimum maliyetle araçların hangi müşteri lokasyonlarına gönderileceğidir (Nahmias, 2009: 332).

3.1.3. Araç rotalama Problemlerinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler

Araç rotalama problemleri, sadece küçük boyutlu olanları kesin yöntemlerle çözülebilen zor kombinasyonel optimizasyon problemleridir. Belirli bir müşteri sayısının üzerindeki büyük boyutlu araç rotalama problemlerinin çözümünde meta-sezgisel yöntemler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Keskinturk ve Yıldırım, 2011: 287).

Laporte ve Nover (1987)'de yapmış oldukları literatür taramasında araç rotalama problemlerinin çözümünde kullanılan kesin algoritmaları, direkt ağaç arama metotları, dinamik programlama ve tamsayı doğrusal programlama olmak üzere üç ana başlık altında toplamıştır (Laporte,1992: 346). Araç rotalama problemleri için

bugüne kadar geliştirilmiş olan en iyi kesin çözüm Fukasawa v.d. (2006) tarafından geliştirilen dal-sınır-fiyat yöntemidir (Boudia ve Prins, 2009: 704).

Problemin boyutunun büyümesiyle NP-zor hale gelen bu problemleri büyük örnekler üzerinde uygularken çözüm yöntemi olarak kesin algoritmaları kullanmak mümkün değildir. Bu nedenle büyük ölçekli problemler üzerinde çalışılırken sezgisel yöntemler kullanılmaktadır (Pereira v.d., 2002: 95). Günümüze kadar birçok sezgisel yöntem araç rotalama problemlerinin çözümünde kullanılmıştır. Clarke ve Wright (1964) tarafından geliştirilen tasarruf algoritması (savings algorithm), ARP için geliştirilmiş olan en bilinen ve kısa zamanda iyi sonuç veren sezgisel yöntemdir.

1980'lerde matematik programlama temelli sezgiseller geliştirilmiştir. Bu sezgiseller biraz daha fazla hesaplama çabası gerektirirken daha kaliteli sonuçlar sunmuştur. Bu dönemde yaklaşık 50 müşterili ARP'ler optimal olarak çözülebilmektedir. 1990'larda bilgisayar kullanımlarının yaygınlaşması ile sezgisel yöntemler daha da geliştirilerek meta-sezgiseller ortaya çıkmış ve ARP'lerin çözümünde yaygın olarak kullanılmıştır. Bunlardan bazıları, genetik algoritma (GA), tabu arama algoritması (TA), karınca kolonisi algoritması (KKA), tavlama benzetimi ve yapay sinir ağlarıdır (Toth ve Vigo, 1998: 2).

Araç sayısı ve müşteri sayısının fazla olması ve rotalama kombinasyonlarının da buna bağlı olarak artması ile birlikte rotalama ve çizelgeleme problemleri karmaşık hale gelmekte ve optimum rota ve çizelgelerin belirlenmesi için meta-sezgisel yöntemler gibi bilgisayar programı destekli çözüm yöntemleri kullanılmaktadır (Stock ve Lambert, 2001: 367).

3.1.4. Araç Rotalama Problemlerini Karmaşık Yapan Özellikler

Araç rotalama problemleri çeşitli etkenler sonucunda en basit hali olan kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinden daha karmaşık hale gelmektedir. Özellikle gerçek hayat uygulamalarında karşılaşılan bazı durumlar nedeniyle eklenen kısıtlar ilgili problemleri daha da karmaşık hale getirebilmektedir. Schrage (1981) tarafından yapılmış olan çalışmada gerçek hayat uygulamasında karşılaşılan ARP'lerini

karmaşık yapan özellikler listelenmiştir. Aşağıda ARP'lerini karmaşık hale getiren bu özelliklerden bazıları açıklanmıştır (Nahmias, 2009: 336):

- a) **Frekans gereksinimleri:** Bazı araç rotalama problemlerinde müşterilerin ziyareti her bir müşteri için değişken olmak üzere belirli bir sıklık ile yapılmak zorunda olabilmektedir. Örneğin, konutlar için gaz veya su dağıtımını ele aldığımızda bu ürünlerden hangi dönemde ne kadar teslim edilmesi müşterinin tüketim oranına bağlıdır ve bu nedenle teslimat frekansları müşteriden müşteriye değişmektedir.
- b) **Zaman Pencereleri:** Bu kavram, müşterilerin belirli bir zaman aralığında ziyaretinin gerekli olduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır. Örneğin, gemi ile taşımacılığı yapılacak bir ürünün geminin limandan ayrılacağı gün limana teslim edilmesi istenir. Eğer araç birkaç gün öncesinden ürünlerin teslimatını limana yaparsa ürünlerin limanda tutulması için bir maliyete katlanması gerekecektir veya aynı şekilde eğer ürünler geminin hareketinden sonra limana ulaştırılırsa bu kez de geminin limanı terk etmesi nedeniyle ürünlerin teslimatı aksar. İşte buradaki zaman kısıtına araç rotalama problemlerinde zaman penceresi denilmektedir. Gemi ile taşımacılığı yapılan ürünler haricinde kara taşımacılığı ile lojistiği gerçekleştirilen birçok ürün için de zaman penceresi mümkün olabilmektedir. Bu ürünler yaşam eğrisi kısa olan hızlı tüketim ürünleri olabileceği gibi sağlık ile ilgili ürünler de olabilmektedir.
- c) **Zaman bağıllı teslimat süresi:** Ürün teslimatlarının büyük şehirlere yapıldığı durumlarda trafiğin yoğunluğu ürün teslimat süresini etkileyen önemli bir faktör olabilmektedir. Bu durumlarda teslimat süresi teslimatın yapıldığı günün saatine bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca teslimat saatlerinin bu etkene göre ayarlanması ve trafiğin yoğun olduğu büyük şehirlerde taşımacılığın gece saatlerinde yapılması tercih edilmelidir. Ancak gece taşımacılığının da çeşitli riskleri bulunmaktadır. (Sürücünün dikkat dağınıklığı, kış mevsiminde yollarda artan buzlanma vb.) Bu sebeple karar

vericinin aradaki fayda zarar analizlerini yaparak ürünleri gece taşımanın riskleri ile gündüz taşımacılığındaki yakıt ve zaman kaybının başabaş noktasını bulmalıdır.

d) Çok Yönlü Kapasite Kısıtları: Araç rotalama problemlerinde ürünlerin ağırlıklarına veya hacimlerine göre kısıtlar olabilmektedir. Bu durum, özellikle değişik özellikteki ürünlerin teslimatı için aynı araçlar kullanılmak zorunda olduğunda problemi güçleştirmektedir. Gerçek hayatta genellikle maliyet avantajı sağlayan bu taşımacılık türü kullanılmaktadır. Ancak problemler oldukça zorlaştıran bu kısıtı göz ardı edebilmek için problemlerin çözümünde eşit paletler veya koliler yardımıyla yapılan yerleştirmeler bu kısıtın gevşetilmesine ve ürünlerin kapladıkları alan bakımından eşit ele alınabilmelerini sağlar.

e) Araç Tipleri: Büyük firmalar birden çok çeşitli araç tiplerine sahip olabilmektedir. Araç tipleri, kapasiteye operasyonun maliyetlerine bağlı olarak veya araçların kapalı bir tur için atanmasına yani bir ürünü teslim ettikten sonra depoya dönmesi zorunluluğunun olmasına bağlı olarak değişmektedir. Problemlerde birden çok araç tipinin var olması durumunda, uygun çözüm alternatifleri de buna bağlı olarak ciddi bir şekilde artmaktadır.

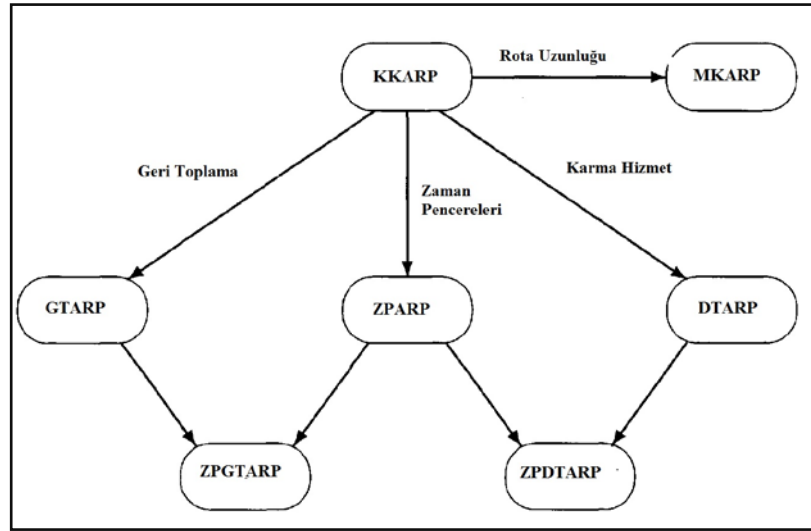
f) Ayrılmış Teslimat: Eğer bir müşteri özellikle bir talebe sahip ise bazı durumlarda bu müşteriye teslimat yapmak için birden çok aracın bu müşteriye gönderilmesi anlamlı olabilmektedir. Bu da problemin çözümünü karmaşıklaştıran bir durumdur.

g) Belirsizlik: Rotalama algoritmalarında, her zaman bütün bilgilerin önceden bilindiği kabul edilmektedir. Ancak gerçek hayatta, bir aracın dağıtım ağı içerisindeki dolaşım süresi trafik durumu, hava durumu veya araç arızaları gibi faktörlere bağlı olarak oldukça değişken olabilmektedir. Bu belirsizliklerin çeşitli önlemler alarak azaltılması sayesinde alınan kararların geçerliliği sağlanabilir. Örneğin, trafik faktöründen kaynaklanan belirsizliği

azaltmak için firmalar gece yarısı gibi trafiğin olmadığı saatlerde taşımacılık faaliyetlerini gerçekleştirmektedir. Bu sayede zamandan ve yakıttan tasarruf edilebilmekte ve araç rotaları trafik faktörünün etkisinden kurtulabilmektedir.

3.1.5. Araç Rotalama Problemi Çeşitleri

Araç rotalama problemleri kısıtlarına veya içerdiği operasyonlara göre, kapasite kısıtlı araç rotalama problemleri, uzaklık kısıtlı araç rotalama problemleri, zaman pencereci araç rotalama problemleri, dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemleri olarak dört temel çeşide ayrılmıştır. Aşağıdaki şekilde (Şekil 3-3) araç rotalama probleminin çeşitleri arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 3-3 Araç Rotalama Problemlerinin Çeşitleri (Toth ve Vigo, 2002: 6)

3.1.5.1. Kapasite kısıtlı Araç Rotalama Problemleri

Kapasite kısıtlı araç rotalama problemleri (KKARP), diğer ARP çeşitleri arasında en basit ve en çok çalışılmış olanıdır (Toth ve Vigo, 2002: 5). Kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinde genellikle, her bir müşteri bir talep ile ilişkilidir, müşteri talepleri önceden bilinmektedir ve bölünemez, araçlar tek tiptir ve tek bir merkezi

depo bulunmaktadır, araçlar için sadece kapasite kısıtları söz konusudur ve problemde amaç maliyetlerin minimizasyonudur. Bu problemlerde genellikle her iki nokta arasındaki yolculuk süresi çift yönlü olarak birbirinin aynı olduğundan maliyetler matrisi simetriktir. Ancak bazen şehir içinden geçen rotalarda, tek yön olan yollardan dolayı bir noktaya geliş ve gidiş maliyetleri farklılık gösterebilmektedir bu durumda maliyetler matrisi asimetrik olacaktır (Toth ve Vigo,1998: 33).

3.1.5.2. Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemleri

Bu problemlerde bir önceki kapasite kısıtlı problemlerdeki kapasite kısıtının yerini limitli rota uzunluğu almıştır (Toth ve Vigo, 2002: 8). Problemdeki araçların bir dönem içerisindeki ziyaretlerini tamamlarken belirli bir mesafeden fazla yol gitmemeleri istenir.

3.1.5.3. Zaman Pencereci Araç Rotalama Problemleri

Zaman pencereci araç rotalama problemleri (ZPARP), KKARP'nin genişletilmiş bir çeşididir. Bu problemlerde, KKARP'nin kısıtlarına ilave olarak zaman penceresi olarak adlandırılan ve her bir müşteri için belirlenen bir zaman kısıtı mevcuttur. Zaman penceresi genel olarak kaynaklarda $[a_i, b_i]$ olarak ifade edilmektedir ve müşterilere bu zaman çerçevesi dışında teslimat yapılması istenmez. Buradaki a_i müşteriye teslimat yapılabilecek en erken zamanı temsil ederken, b_i ise teslimatın yapılabileceği en geç zamanı temsil etmektedir. Eğer önceden belirlenen bu saatler çok sıkı ise ve kesin olarak uyulması gerekiyorsa bu problemlere zaman kısıtının “zor” (hard) olduğu problemler denir ve zaman penceresinin araçlar tarafından ihlal edilmesine izin verilmez. Ancak “yumuşak” (soft) zaman kısıtlı problemlerde genellikle a_i 'dan önce müşteriye ulaşan araçların servis süresine kadar beklemesine izin verilirken, b_i süresinden sonra gerçekleşen teslimatlar ceza maliyetlerine tabidir (Toth ve Vigo, 2002: 8).

ZPARP bir ağ üzerinde tanımlanırken, $G = (N, A)$ 'nin bir çizelgeyi temsil ettiği varsayıldığında buradaki $N = \{0, \dots, n\}$ şehirleri temsil eden noktalar kümesidir ve '0'

deponu veya fabrikayı temsil etmektedir. Bütün uygun araç rotaları “0” noktasında başlar ve biter. Her bir teslimat noktası ve depo için önceden belirlenmiş zaman pencereleri mevcuttur. Örneğin depo için zaman penceresi $[a_1, b_1] = [E, L]$ ile tanımlanabilir. Buradaki “E” depodan mümkün olan en erken ayrılma zamanını temsil ederken “L” depoya en geç dönme zamanını temsil etmektedir. Problemin uygun çözümü ancak $a_1 = E \leq \min_{i \in N \setminus \{0\}} b_i - t_{1i}$ ve $b_1 = L \geq \min_{i \in N \setminus \{0\}} a_i + s_i + t_{i1}$ durumları sağlandığında mümkündür. Buradaki t_{0i} depodan i müşterisine ziyaretin süresini temsil ederken s_i ise i müşterisinin hizmet süresini temsil etmektedir (Cordeau v.d., 2002: 158).

3.1.5.4. Dağıtım ve Toplamalı Araç Rotalama Problemleri

Bu problemler klasik ARP’lerinin geliştirilmiş halidir. KKARP için geçerli olan kısıtlar bu problemde yer alırken diğer kısıtlara ek olarak ürünlerin geri taşınması durumu probleme eklenmiştir.

Bu problemlerin ortak özelliği müşterilerin ürünleri teslim alabilir veya gönderebilir olmasıdır. Dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemlerinde müşteriler ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan ilki belirli miktardaki ürünün belirli bir depodan veya imalatçıdan kendilerine ulaştırılmasını talep eden teslimat müşterileridir. İkinci tip müşteriler ise toplama müşterileridir, bu müşteriler ise belirli miktardaki ürünlerin kendilerinden alınıp depoya veya imalatçıya geri gönderilmesini talep eder. Bir müşteri aynı zamanda hem teslimat müşterisi hem de toplama müşterisi olabilmektedir (Wassan, Nagy ve Ahmadi, 2008: 149).

Ürünlerin müşterilere teslimatını ve geri toplanmasını ele alan bu problemler de geri toplamalı araç rotalama problemleri (GTARP), karma yüklü araç rotalama problemi (KYARP) ve eş zamanlı dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemi (EZDTARP) olarak kendi içlerinde üçe ayrılmaktadır. GTARP’lerdeki en önemli varsayım, tüm teslimat müşterilerine dağıtım yapılmadan toplama müşterilerinden ürünlerin geri toplanamamasıdır. Bunun nedeni ise kullanılan araçların genelde arkadan yüklemeli olmasıdır. Yani ürünlerin dağıtım yapılırken aynı anda eğer toplama da yapılırsa geri toplanan ürünlerin dağıtım ürünlerinin önüne geçmeden araca yerleştirilmeleri

mümkün değildir. Bu da her toplanan ürün için araç içerisinde yeni bir yerleştirme problemine neden olacaktır. Ancak günümüzde hem yandan hem de arkadan yükleme yapılabilen araçların üretilmesiyle birlikte bu sorun ortadan kalkmaktadır. Böylece ürünlerin toplanmasından önce tüm toplamaların yapılması gerekliliği ortadan kalkmaktadır ve problem KYARP'ye dönüşmektedir. KYARP'de dağıtım ve toplamalar karmaşık bir sırayla yapılabilmektedir. Ancak bu problemde karma sıralı dağıtım ve toplamaya izin verilirken, bir aracın bir müşteriye ürünleri teslim ederken eş zamanlı olarak aynı müşteriden ürün toplamasına izin verilmemektedir. Bu durumda eğer bir müşterinin aynı zamanda dağıtım ve toplama talebi varsa araç ilgili müşteriyi iki kez ziyaret etmek zorundadır. Bu da zaman kaybına ve yüksek taşımacılık maliyetlerine neden olur. Bu dezavantajları ortadan kaldıran problem çeşidi ise bir müşteriye eş zamanlı oradan ürünlerin teslimatını ve toplanmasını sağlayan EZDTARP'dir (Chen ve Wu, 2006: 579).

Gerçek hayatta geri dönüşümlü ürünlerin müşterilerden toplanması veya yiyecek içecek sektöründe zamanı geçmiş ürünlerin geri iadesinde bu problemlere rastlanılmaktadır. Bu problemler pratik bakış açısından ters lojistik konusu içerisinde yer alırken matematiksel açıdan kombinasyonel optimizasyon problemidir ve tamsayılı doğrusal programlama ile formüle edilebilmektedir (Wassan, Nagy ve Ahmadi, 2008: 149).

Taillard (1993) ve Roach, Taillard (1995) tarafından geliştirilmiş olan tabu arama tekniği uygulamaları, araç rotalama problemleri için geliştirilmiş olan kıyaslama problemlerinin çözümünde en iyi sonuç veren yöntem olarak bilinmektedir. Daha sonradan birçok araştırmacı da tabu arama ve benzetimli tavlama yöntemlerini kullanarak benzer sonuçları elde etmiştir. Buna ilaveten karınca koloni optimizasyon tekniği de 2-optimal sezgisel ile birlikte kullanılarak yapay karıncalar tarafından geliştirilmiş olan rotalar iyileştirilerek tabu tekniğinin sonuçlarına oldukça yakın sonuçlar vermiştir (Baker ve Ayechev, 2003: 788).

3.2. Stok Rotalama Problemleri

Tedarik zincirinin en önemli amaçlarından birisi müşterilerin taleplerini eksiksiz bir şekilde karşılamaktır. Ancak bilgi akışındaki aksaklıklar, ani artan müşteri talepleri veya doğal felaketler (volkan patlaması ile hava yolu taşımacılığının aksaması veya deprem nedeni ile deniz ve kara taşımacılığının kesintiye uğraması vb.) gibi dış etkenler yüzünden tek bir elemanın zincir içerisindeki görevinin yerine getirememesi bütün zinciri etkileyebilmektedir. Birden fazla elemanın faaliyetlerinin birbirine bağımlı olması ve tek bir zincir elemanının faaliyetinin kesintiye uğramasının bütün zincirin akışını etkilemesi nedeniyle zincirin bu gibi olumsuz durumlardan etkilenmemesi için zincir elemanları stok bulundurmaktadır. Ancak, stok bulundurmak çeşitli maliyetleri de beraberinde getirdiği için firmaların çeşitli stok politikaları aracılığıyla maliyet ve hizmet seviyesi arasında bir denge bulabilmesi önemlidir. Bu aşamada müşteri taleplerinin eksiksiz karşılanabilmesi için, zincir elemanlarının ellerinde bulundurması gereken yeterli stok miktarları, ürünlerin teslimat zamanları ve yeniden sipariş verme noktaları tedarik zinciri elemanları arasındaki mesafelere ve taşımacılık türlerine göre toplam tedarik zinciri maliyetlerini minimize edecek şekilde belirlenmelidir.

Tedarik zinciri içerisindeki önemli bir maliyet unsuru olan stokların yönetilmesinin tek bir noktadan yapılması sayesinde önemli maliyet avantajları sağlanabilmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş olan satıcı iradeli stok (SİS) politikaları sayesinde tedarik zinciri içerisindeki stoklar genellikle ilk eleman olan tedarikçi veya zincirin etkin elemanı tarafından yönetilerek maliyetler dengelenmektedir. Tedarikçilerin müşterilerine gönderecekleri ürün miktarlarının, teslimat zamanlarının ve teslimat rotalarının belirlenmesinde stok rotalama problemlerinden yararlanılmaktadır. Bu sayede tedarik zincirinde stok elde bulundurma maliyetleri ve taşımacılık maliyetlerinin minimizasyonu amaçlanır. Buradaki satıcı (tedarikçi) konumundaki işletme genellikle bir imalatçı firma veya dağıtıcı firmanın deposudur.

3.2.1 Satıcı İradeli Stok Kontrol Politikası

Gelişen bilgi teknolojileriyle birlikte SİS politikası son yıllarda lojistik yönetimde hızla popülerliği artan bir stok yönetim politikası haline gelmiştir. Satıcı idareli stok politikasında, tedarikçi müşterisinin stok bilgilerini görüntüleyebilmekte ve stok siparişlerini ve teslimatlarını yönetmektedir. Burada satıcının (tedarikçinin) görevi, talep noktasında doğru zamanda doğru miktarda ürünün bulunmasını sağlamak ve dağıtım maliyetlerinin minimizasyonu için en uygun dağıtım rotalarının belirlemektir (Ramkumar, Subramanian ve Narendran, 2011: 46).

Bu politika hem satıcılara hem de müşterilere çeşitli avantajlar sağlamaktadır ve iki taraf için de kazan-kazan durumunu gerçekleştirmektedir. Burada satıcılar, müşterilere yapılması gereken teslimatları koordine etme yetkisine sahip olduğu için dağıtım maliyetlerinden tasarruf edebilmektedir ve aynı zamanda müşteriler de stok yönetimi için maddi kaynak ayırmak külfetinden kurtulmaktadır. Müşterilerin stoksuz kalması satıcılar tarafından engelleneceği için müşteri konumundaki firmalar bu konuda kaygı duymazlar (Campbell v.d., 1998: 95; Bertazzi, Paletta ve Speranza, 2005: 394).

Bu stok politikası, tedarik zinciri yönetiminde merkezileştirilmiş tedarik zinciri yönetimi kavramını gündeme getirmiştir. Merkezileştirilmiş tedarik zincirinde, tedarikçiler müşterilerinin stok bilgilerine direkt olarak erişme yetkisine sahiptir ve tedarikçiler gerekli zamanlarda müşterilerinin stoklarını yenilerler. Bu politika araştırmacıları tedarik zinciri ile ilgili çalışmalarda taşımacılık ve stok kavramlarının entegre bir şekilde ele almaya yönlendirmiştir (Abdelmaguid ve Dessouky, 2006: 4445).

Satıcı iradeli stok politikası birçok endüstride uygulanmaktadır. Geleneksel olarak, petrokimya ve endüstriyel gaz sektörlerinin lojistik yönetiminde bu politikanın uygulanabilmesi çokça arzulanan bir durumdur. Son zamanlarda otomotiv endüstrisinde ve alkolsüz içecek endüstrisinde de popülerlik kazanmaya başlamıştır (Campbell v.d.,1998: 95). Bu stok politikasının yararları Wal-Mart, Kmart ve Dillard

Department Stores gibi perakendecilik sektörünün birçok başarılı işletmesi tarafından uygulanarak kanıtlanmıştır (Zhao, Chen ve Zang, 2008: 623).

Satıcı iradeli stok politikasının popülaritesinin bu denli hızla artışının nedenlerinden birisi de teknolojinin ucuzlamasıyla birlikte azalan müşteri stok seviyesinin görüntüleme maliyetleridir. Tam zamanlı ve doğru müşteri stok bilgilerine ihtiyaç duyulan bu stok politikası teknolojinin gelişmelerinden olumlu yönde etkilenmektedir.

Ancak bu yukarıda belirtilen bütün olumlu nedenlere rağmen bu politikanın geniş alanlarda uygulanamamasının nedenlerinden birisi, stok boşalmalarının (stockouts) sayısını olabildiğince azaltan ve aynı zamanda taşımacılık maliyetlerinden tasarruf sağlayan bir dağıtım stratejisinin geliştirilmesinin zorluğudur. Böylesine bir dağıtım stratejisinin geliştirilmesi problemine de stok rotalama problemi (SRP) denilmektedir.

3.2.2 Stok Rotalama Probleminin Tanımı

Problemde, bir ürünün O ile ifade edilen ortak bir tedarikçiden H ile tanımlanmış kısıtlı bir zaman sürecinde $N = \{1,2, \dots, n\}$ ile tanımlanan müşteri grubuna dağıtıldığı bir dağıtım ağı mevcuttur. Her bir farklı zaman diliminde $t \in T = \{1, \dots, H\}$ tedarikçi tarafından p_t miktarda ürün üretilmekte ve d_{it} miktarda ürün i ($i \in N$) müşterisinde tüketilmektedir. Problemde tedarikçinin başlangıç stoğu varsa eğer I_{i0} ile tanımlanmakta ve önceden verilmektedir. Her bir müşterinin L_i ile ifade edilen bir stok alanı kapasitesi ve $I_{i0} < L_i$ olan bir başlangıç stoğu bulunmaktadır. Bazı problemlerde $I_{i0} = 0$ 'dır ve müşterilerin başlangıç stoğu yoktur. Eğer i müşterisi t zamanında ziyaret ediliyorsa müşteriye gönderilecek olan ürün miktarı r_{it} ile ifade edilmektedir ve bu miktar yeniden yükleme politikasına göre kararlaştırılmaktadır (Archetti v.d., 2011a :101).

Stok rotalama problemlerinde 3 temel soruya cevap aranmaktadır (Campbell v.d.,1998: 96).

- a) Müşteriye ne zaman teslimat yapılacak?
- b) Teslimat sırasında müşteriye ne kadar ürün gönderilecek?
- c) Hangi teslimat rotası kullanılacak?

Bütün stok rotalama problemleri, genel olarak aynı özelliklere sahiptir. Genellikle, ürünlerin bir tedarikçiden bir veya daha fazla müşteriye, kapasitesi belirli araçlarla ulaştırıldığı çevrelerde incelenmektedir. Taşımacılık maliyetleri araçlar tarafından katledilen mesafeyle ilişkilidir ve bu maliyet amaç fonksiyonunda yer almaktadır. Müşteriler belirli bir zaman içerisinde ürünlerin tüketimini yaparken, kısıtlı depolama olanaklarına sahip oldukları için bu problemlerde stok kavramı ortaya çıkmaktadır. Taşımacılık maliyetleri her zaman amaç fonksiyonunda yer alırken stok kavramı bazı problemlerde stok elde bulundurma maliyetleri olarak amaç fonksiyonunda yer almaktadır. Stok elde bulundurma maliyetleri amaç fonksiyonunda yer almadığında bu depolama kapasite kısıtıyla dengelenmektedir. Böylece stok miktarları kontrol altına alınmaktadır. İlgili problemlerde tedarikçi, müşterilerinin stoksuz kalmaması için müşterilerin stoklarını yönetmekle yükümlüdür. Müşterilere yapılacak olan ürün teslimat miktarları belirlenirken araç kapasitesi ve müşteriler ile tedarikçilerin depolama kapasitelerinin aşılması gerekmektedir (Bertazzi, Savelsbergh ve Speranza, 2002: 50-51; Archetti v.d., 2011a : 102).

Aşağıdaki tabloda (Tablo 3-1) stok rotalama problemlerinin sınıflandırılmasında kullanılan zaman, talep, müşterilerin sayısı ve yerleşim planları, stok politikası gibi kriterler ve değişken özellikleri verilmiştir.

Tablo 3-1 Stok Rotalama Problemlerinin Sınıflandırılmasında Kullanılan Kriterler
(Andersson v.d., 2010: 1521)

Karakteristik	Alternatifler			
Zaman	Anlık	Sonlu	Sonsuz	
Talep	Stokastik	Deterministim		
Topoloji	Bir tedarikçi- bir müşteri	Bir tedarikçi- birden fazla müşteri	Birden fazla tedarikçi –birden fazla müşteri	
Rotalama	Direkt	Çoklu	Sürekli	
Stok	Sabit	Stoksuz	Müşteri kaybı	Bekleyen siparişler
Filo Yapısı	Homojen	Heterojen		
Filo Büyüklüğü	Tek araç	Birden çok araç	Sınırsız	

3.2.3 Stok Rotalama Problemlerinin Amacı

Stok rotalama problemlerinde müşterilerin stoksuz kalmasını ve gereksiz dağıtımların yapılmasını engelleyecek şekilde dağıtım rotalaması yapmak amaçtır. Bu problemler zamansal (yeniden yüklemelerin teslimat zamanları vb.) ve mekansal (araçların teslimat rotalarının belirlenmesi) unsurları kombine eden karmaşık ve büyük problemlerdir (Sarmiento ve Nagi, 1999: 1069). Stok rotalama problemlerinde bütün müşteriler için yeterli hizmet seviyesini belirlemeye ve böylece herhangi bir stok boşalmasını engellenmeye çalışılmaktadır. Stok rotalama problemlerinde genellikle her bir müşterinin sabit bir talep oranına sahip olduğu varsayılır ve taşımacılık maliyetlerini minimize etmek amaçlanır (Abdelmaguid, Dessouky ve Ordonez, 2008: 1588).

Firmalarda müşterilerin belirli bir dönemdeki siparişlerinin karşılanamaması iki durum sonucunda ortaya çıkabilmektedir. Bunlardan birincisi bir siparişi müşteriye ulaştırmak için yeterli araç kapasitesinin bulunmaması nedeniyle ilgili müşterilerin o dönemki taleplerinin hepsinin karşılanamaması, diğeri ise taşımacılık maliyetlerinin o siparişin karşılanmamasından daha fazla olması durumunda firmanın bir tercih yapması ve o dönemin talebini başka bir dönemde karşılamak üzere ertelemevidir (Abdelmaguid ve Dessouky, 2006: 4446). Stok rotalama problemlerinde ikinci durum karşısında uygun çözüm aranmaktadır. Müşterilerin belirli bir dönemdeki taleplerini karşılamamanın maliyetleri göz önüne alınarak en uygun teslimat çizelgesi yapılmaktadır.

Elektronik veri değişimi sistemlerinin kullanımının artması ile birlikte stok rotalama problemleri de kolaylaşmaktadır. Daha önceden müşteri talepleri ilgili problemde bir bilinmeyen iken ve ancak uygun talep tahmin yöntemlerinin kullanılmasıyla elde edilen veriler yardımıyla problem çözülebilenken, günümüzde firmalar tarafından kullanılan elektronik veri değişimi sistemi ile müşteri talepleri dağıtıcılar tarafından tam zamanlı olarak bilinebilmektedir (Sarmiento ve Nagi, 1999: 1069).

Stok rotalama problemleri, müşteri siparişleri yerine müşteri tüketimi temelli olması ile klasik araç rotalama problemlerinden farklılaşmaktadır (Campbell v.d.,1998: 96).

Gerçek hayatta birçok taşımacılık firması araç filolarını daha etkin kullanabilmek ve müşterilerine daha kaliteli bir hizmet sunabilmek için müşterilerinin stoklarını yönetmek istemektedir (Andersson v.d., 2010: 1516).

Stok yönetimi ve taşımacılık kararlarının tek bir noktada birleştirilebilmesi ve tek bir zincir üyesi tarafından yönetilebilmesi için tedarik zinciri içerisinde çeşitli şartların sağlanması gerekmektedir. Eğer tedarik zinciri içerisindeki firmalar birbirinden bağımsız özerk firmalar ise stok rotalama kararlarının zincirde uygulanabilmesi için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir (Andersson v.d., 2010: 1519):

- a) Bu kararın tüm tedarik zinciri için ekonomik bir avantajı olmalıdır.
- b) Tedarik zinciri içerisindeki üyelerin bu yetki devrine ikna olabilmeleri için sağlanacak olan yararların üye bazında değeri olmalıdır.
- c) Tedarik zinciri içerisindeki üyeler arasında birbirine güveni sağlayacak olan, uzun süreli anlaşmalara veya ortak sahipliğe dayalı uzun süreli bir ilişki olmalıdır.
- d) Sistemin işleyebilmesi için zincir üyelerinin her türlü bilgiyi diğer üyelerle paylaşmayı kabul etmesi gerekmektedir.



Şekil 3-4 Stok Rotalama Problemleri Çözüm Yaklaşımları (Dror, Ball ve Golden,1985:9)

Stok rotalama problemlerinin çözümünde, problem yukarıdaki şekilde (Şekil 3-4) görüldüğü gibi iki farklı şekilde ele alınabilmektedir. Müşterilere hangi gün dağıtım yapılacağını belirleyen atama problemi ve bu dağıtımların hangi araçlarla hangi rotayla yapılacağını belirleyen rotalama alt problemlerinden oluşan stok rotalama problemlerinin çözümünde, bazı çalışmalarda ilk olarak müşterilerin ziyaret günleri belirleyen atama problemi çözüldükten sonra belirlenen müşteri ziyaretleri için araç rotalama problemi çözülmektedir. Problemin çözümünde kullanılan diğer bir yaklaşım ise, atama problemi çözülürken aynı zamanda müşterilerin hangi araçlarla ziyaret edileceğinin belirlenmesi ve bu sayede ikinci aşamadaki rotalama probleminin her gün ve her araç için çözülecek gezgin satıcı problemine dönüştürülmesidir.

3.2.4 Stok Rotalama Problemiyle İlgili Yapılan Çalışmalar

Baita v.d. (1998) taşımacılık problemi olarak araç rotalama ve dinamik bir çevrede mevcut olan stok problemlerini birlikte ele alan bu problemi dinamik stok rotalama problemi (DSR) (DRAI) olarak isimlendirmişlerdir. Baita v.d. ilgili problemi iki ana kategoriye ayırmışlardır. Bunlar parçalı zaman modellerini kullanarak teslimat miktarlarını ve araç rotalarını belirleyen zaman temelli (time domain) yaklaşım ve yeniden dolun sıklığını ve yüklemeler arasındaki zaman farklarını (headways) belirlemeyi sağlayan frekans temelli yaklaşımdır. İlgili kategoriler arasında zaman temelli yaklaşım problemlerinden en ünlüsü, endüstriyel gazların dağıtımında kullanımıyla yaygınlaşan stok rotalama problemleridir(SRP)(Abdelmaguid ve Dessouky, 2006: 4445-4446).

Tablo 3-2 Stok Rotalama Problemi ile İlgili Çalışmalar (Ramkumar, Subramanian ve Narendran, 2011: 47-48)

Yazar ve Yıl	Problem	Amaç Fonksiyonu	Çözüm Yöntemi
Chandra (1993)	SRP	Depo yeniden yükleme maliyeti, stok elde bulundurma maliyeti ve taşımacılık maliyeti	Sezgiseller
Bramel ve Simchi-Levi (1995)	Rotalama problemleri; kapasiteli araç rotalama problemi ve SRP	Stok elde bulundurma maliyeti, taşımacılık maliyeti ve sabit sipariş maliyeti	Lokasyon temelli sezgiseller
Bard v.d. (1998)	Aynı çevredeki tesisler için SRP	Yıllık operasyon maliyetleri ve uzaklık	Sezgiseller: Rastsallaştırılmış Clarke-Wright, GRASP ve modifiye süpürme algoritması
Kim ve Kim (2000)	SRP	Stok elde bulundurma maliyeti ve taşımacılık maliyeti	Lagrangian Gevşetmesi

Bertazzi, Paletta ve Speranza (2002)	SRP ve deterministik sipariş yükseltme politikası	Stok elde bulundurma maliyeti ve taşımacılık maliyeti	Sezgiseller
Campbell ve Savelsberg (2004)	Zaman pencereli SRP	Taşımacılık maliyeti	Doğrusal programlama ile ayrıştırma ve rotalama, çizelgeleme sezgiselleri
Rusdiansyah ve Tsao (2005)	Bütünleştirilmiş stok rotalama ve zaman pencereli periyodik rotalama problemleri	Ortalama stok elde bulundurma maliyeti ve taşımacılık maliyeti	Matematiksel formülasyon ve sezgiseller
Aghezzaf, Raa ve Landeghem (2006)	Çok turlu SRP	Stok elde bulundurma maliyeti ve taşımacılık maliyeti	Kolon geliştirmeye dayalı yaklaşım yöntemi, çok turlu problemlerde kolon geliştirmek için etkili bir tasarruflar temelli yöntem

Abdelmaguid ve Dessouky (2006)	Bekleyen siparişlerin olduğu SRP	Taşımacılık maliyetleri ve bekleyen sipariş maliyetleri	Sezgiseller ve Genetik Algoritma
Archetti v.d. (2007)	SRP ve deterministik sipariş yükseltme politikası	Stok elde bulundurma maliyeti ve taşımacılık maliyetleri	Dal-kesme algoritması
Al-Khayyal ve Hwang (2007)	Çok ürünlü sıvı yük için deniz rotalama ve çizelgelemesi	Seyahat maliyetleri, yükleme ve boşaltma maliyetleri	Karma tamsayılı programlama
Yugang, Haoxun ve Feng (2008)	Ayrılmış teslimat için SRP	Stok elde bulundurma ve taşımacılık maliyetleri	Lagrangian Gevşetmesi ve onu takip eden ayrıştırma algoritması
Zhao, Chen ve Zang (2008)	Üç kademeli lojistik sistemde stok rotalama kararları	Ortalama sistem maliyetleri	Değişken geniş komşu arama algoritması
Abdelmaguid, Dessouky ve Ordonez (2009)	Bekleyen siparişlerin olduğu SRP	Dengeleyici taşımacılık, stok ve bekleyen sipariş maliyetleri	Yardımcı ve geliştirici sezgiseller
Taarit, Mansouri ve Alouane (2009)	SRP	Sabit ve değişken taşımacılık maliyetleri	Lagrangian Gevşetmesi

Oppen, Lokketangen ve Desrosiers (2010)	SRP –Çiftlik hayvanı toplaması	Seyahat uzaklığı	Kolon geliştirmeye dayalı kesin yöntem
Archetti v.d. (2011a)	SRP için sipariş yükseltme stok seviyesi ve maksimum stok seviyesi politikaları	Stok elde bulundurma maliyeti ve taşımacılık maliyetleri	Sezgisel

Literatürde, Bell v.d.(1983), Golden, Assad ve Dahl (1984), Dror, Ball ve Golden (1985), Dror ve Ball (1987) ve yakın zamanda Campbell v.d.(2002) bu probleme örnek olarak gösterilebilir. Problem genellikle çalışılırken çok periyotlu dönemler ele alınmıştır ve kararlar belirli sayıdaki planlama dönemleri için alınmakta ya da problem tek planlama dönemine indirgenmiştir. Tek planlama dönemini ele alan problemler literatürde çok az ele alınmıştır (Abdelmaguid ve Dessouky, 2006: 4446).

3.3. Periyodik Rotalama Problemleri

Bazı tedarik zincirlerinde ürünün yapısına bağlı olarak müşterilerin belirli bir zaman diliminde düzenli olarak ziyaret edilmesi veya müşteri tarafından talep edilen ürünün miktarına bağlı olarak birden çok kez ziyaret edilmesi daha uygun olabilmektedir. Veya müşteriler tarafından ürünlerin teslimatları için belirli bir periyot içerisinde elverişli günler önceden belirlenmiş olabilmektedir. Örneğin yiyecek-içecek endüstrisinde marketlere ürünlerin teslimatı genellikle periyodik olarak tekrarlanmaktadır. Her hafta veya gün taze ürünler markete teslim edilirken zamanı geçmiş ve raf ömrünü tamamlamış olan ürünler toplanır. Aynı şekilde fırınlar da ekmek dağıtımını yaparken veya kan ürünlerinin dağıtımında araçların birden fazla gün için rotalarının belirli bir düzende planlanması gerekmektedir. Gerçek hayattaki bu uygulamalar periyodik rotalama problemlerinin (PRP) geliştirilmesini motive etmiştir. Periyodik rotalama problemlerinde, belirli bir peyiod süresince müşterilere

yapılacak olan ziyaretlerin çizelgesi ve rotası belirlenir. Klasik araç rotalama problemlerinden farklı olarak bu problemlerde belirli aralıklarla yapılan müşteri ziyaretleri mevcuttur (Francis, Smilowitz ve Tzur, 2006: 439; Cacchiani, Hemmelmayr ve Tricoire, baskıda).

Periyodik rotalama problemlerinde de klasik araç rotalama problemlerinde olduğu gibi müşterilerin yerleri, günlük talepleri ve kapasite kısıtlı araç filosu problemde parametre olarak önceden belirlidir. PRP'de, buna ilaveten bir zaman dilimi (T gün gibi) mevcuttur ve her bir müşteri için bu zaman dilimi içerisinde hangi sıklıkla ziyaret edilmesi gerektiğini gösteren bir frekans değeri vardır. Periyodik araç rotalama problemlerinin çözümü frekans ve talep kısıtlarını sağlayan T set rotadan oluşmaktadır (Coene, Arnout ve Spieksma, 2008: 1). Klasik araç rotalama problemlerinde tek bir periyot için araç rotaları belirlenirken burada birden fazla periyot için müşteri ziyaretleri için uygun maliyetli rotalar belirlenmektedir (Vianna, Ochi ve Drummond, 1999: 183). Periyodik rotalama problemlerinde müşterilerin planlama döneminin her gününde ziyaret edilmesi gerekmemektedir. Müşterilerin talep ettikleri hizmet sıklığına göre belirli bir planlama dönemindeki alternatif ziyaret günlerinin kombinasyonu belirlenmektedir (Tan ve Beasley, 1984: 497).

Bütünleşik üretim, dağıtım, stok rotalama problemlerinden farklı olarak, burada teslimat düzeni teslimat sıklılığı ile önceden belirlenmiştir veya teslimat günleri önceden verilmiştir ve her müşteri için bu düzendeki en uygun teslimat günlerini belirlemek amaçlanır (Bard ve Nananukul, 2009a: 258-259).

Periyodik rotalama problemleri ilk defa Beltrami ve Bodin tarafından 1974 yılında tanımlanmış ve sonraki yıllarda birçok çalışmada çeşitli varyasyonları ve analizler ile yer almıştır (Francis, Smilowitz ve Tzur, 2008: 74). Russel ve Igo (1979) tarafından ilk olarak atama rotalama problemi olarak resmen tanımlanmış ve Christofides ve Beasley (1984) tarafından ilk kez matematiksel olarak formüle edilmiştir (Francis, Smilowitz ve Tzur, 2006: 439). Periyodik araç rotalama problemi Russel ve Igo (1979), Tan ve Beasley (1984) tarafından içerisinde rotalama bileşeni içeren bir atama problem olarak ele alınıp çözülmürken Christofides ve Beasley (1984) tarafından

içerisinde seçme kararını barındıran rotalama problem olarak ele alınmıştır (Francis, Smilowitz ve Tzur, 2008: 80).

Periyodik araç rotalama problemlerinde t günden oluşan bir planlama süresi, her bir müşteri " i " için " e_i " hizmet frekansı ve mümkün olan ziyaret günlerinin kombinasyonundan oluşan bir set " Z_i " bulunmaktadır. Örneğin, $e_i = 2$ ise $Z_i = \{\{1,3\},\{2,4\},\{3,5\}\}$ 'dir. Yani i müşterisi iki kere ziyaret edilmelidir ve ziyaret günleri 1. ve 3. günler veya 2.ve 4. günler veyahut 3. ve 5. günler olabilir. Bu problemde amaç her bir müşteri için uygun ziyaret kombinasyonu belirlerken aynı zamanda klasik araç rotalama problemlerinin kurallarına uygun olarak planlama süresinin her bir günü için araç rotalarını belirlemektir (Cordeau, Gendreau ve Laporte, 1997: 105-106).

Periyodik rotalama problemlerinde birden fazla günü kapsayan bir süre için araç rotalama problemlerinin çözülmesi gerektiğinden bu problemler klasik araç rotalama problemlerinin genişletilmiş halidir olarak tanımlanabilmektedir. PRP problemlerinde planlama periyodu içerisindeki her bir zaman diliminde kapasitesi belirli bir araç filosu, belirlenen rotadaki müşterileri gezer ve belirlenen rotadaki ziyaretlerini tamamladıktan sonra boş bir şekilde başladıkları depoya dönüş yaparlar (Francis, Smilowitz ve Tzur, 2008: 74).

Bu problemlerin çözümüne aşağıdaki üç karar birlikte verilmeye çalışılır:

- a) Her bir müşteri için aday çizelgelerden birisi seçimi,
- b) Belirli bir müşteri grubunun hangi gün hangi araç tarafından ziyaret edileceğinin belirlenmesi,
- c) Planlama periyodundaki her bir gün için araçların rotalaması.

Klasik araç rotalama problemlerinde sadece bir gün için son iki karar verilmeye çalışılır. PRP'de ise her bir düğüm noktasına planlama süresi boyunca bir dizi ziyaret yapılmalıdır (Francis, Smilowitz ve Tzur, 2008: 74).

3.3.1 Periyodik Rotalama Problemlerinin Çözümünde kullanılan yöntemler

Klasik araç rotalama problemlerinde kullanılan sezgisel yöntemler Beltrami ve Bodin (1974) ve Russell ve Igo (1979) tarafından PRP problemlerinin çözümünde kullanılmıştır. Daha ayrıntılı algoritmalar Christofides ve Beasley (1984), Tan ve Beasley (1984), Russell ve Gribbin (1991) ve Gaudioso ve Paletta (1992) tarafından geliştirilmiştir. Chao, Golden ve Wasil (1995) tarafından geliştirilmiş olan sezgisel algoritma bu problem için geliştirilen başarılı yöntemlerden birisidir. Araştırmacılar bu çalışmada her bir müşteriye ziyaret kombinasyonu atamak için tam sayılı doğrusal programlama yöntemini ve sonra da her bir gün için araç rotalama problemini çözerken Clark ve Wright algoritmasının modifiye edilmiş versiyonunu kullanmışlardır (Cordeau, Gendreau ve Laporte, 1997: 106).

Cordeau, Gendreau ve Laporte (1997) ilgili problemin çözümü için bugüne kadar ki en iyi çözüm algoritmasını geliştirmiştir. Geliştirilmiş olan algoritma bir tabu arama sezgiselidir. Bu algoritmanın öncekilerden farkı çözüm süreci boyunca uygunsuz çözümlere izin vermesidir. Uygunsuzluğa sadece araçların kapasiteleri ve periyotların uzunluğu boyutunda izin verilmektedir. Algoritma başlangıç çözümünü bulmak için bir 'süpürme' tekniğini adapte etmektedir ve daha sonra cezalı maliyet fonksiyonunu minimize eden bir sonraki çözüme ilerleyip oradan da diğer iterasyonlara ilerlemektedir. Algoritma aynı gün içerisinde bir müşterinin bir rotadan diğerine kaydırılması ve müşterinin zaman çizelgesinin değiştirilmesi olarak iki tip ilerleme yapmaktadır (Angelelli ve Speranza, 2002: 234).

Baptista, Oliveria ve Zuquete (2002), çalışmalarında Portekiz'deki bir gerçek hayat uygulamasını ele almıştır. Burada Portekiz'de geri dönüşüm kağıtlarının toplandığı konteynirlara yapılacak olan periyodik ziyaretler düzenlenmiştir. Bu çalışmada klasik periyodik araç rotalama problemlerinden farklı olarak her bir konteynirdaki kağıt miktarı rastsal olarak değişmekte ve konteynirlara yapılacak olan ziyaretlerin sıklığı bir karar değişkeni olarak problemde yer almaktadır. Ayrıca ziyaret noktalarının arasındaki mesafeler asimetriktir. Çözüm yöntemi olarak Christofides ve Beasley

(1984) tarafından geliştirilmiş olan sezgisel algoritma modifiye edilerek bu probleme uygulanmıştır.

Bu çalışmalar haricinde günümüze kadar yapılmış olan çalışmalarda, periyodik rotalama problemlerinin çözümü için sezgisel, meta sezgisel ve doğrusal programlama temelli birçok algoritma geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları değişken komşu arama algoritması, tavlama benzetimi, genetik algoritma, GRASP, tabu arama yöntemidir. Ayrıca birçok gerçek hayat uygulaması için de bu problem ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.

3.3.2 Stok Rotalama Problemleri ile Periyodik Rotalama Problemleri arasındaki ilişki

Literatürde incelenmiş olan periyodik rotalama problemleri çeşitli durumlarda farklı isimler almıştır. Bu problemler, araçların birden fazla depoda veya tesiste bulunduğu durumlarda çok depolu/tesisli periyodik rotalama problemleri adı altında incelenirken, zaman kısıtı bulunduğu durumlarda zaman kısıtlı periyodik rotalama problemleri olarak ve müşterilere ziyaret sıklığının bir karar değişkeni olarak ele alındığı servis tercihli periyodik rotalama problemleri olarak adlandırılmıştır (Francis, Smilowitz ve Tzur, 2008: 88).

Periyodik rotalama problemlerinin bir çeşidi olan hizmet tercihli periyodik periyodik rotalama problemleri aynı şekilde ziyaret sıklığı frekansını, teslimat miktarını ve rotayı belirleyen stok rotalama problemleriyle benzerlik göstermektedir. Ancak hizmet tercihli periyodik rotalama problemle modelde hizmet ile ilgili maliyetler yer alırken, stok rotalama problemlerinde onun yerini elde bulundurma maliyetleri almaktadır. SRP'lerinde bir müşteriye teslimatı yapılan ürün miktarı o müşterinin ziyaret frekansından farklı bir karar değişkeni iken, hizmet tercihli periyodik rotalama problemlerinde ise teslimat miktarı ilgili müşterinin çizelgesine bağlı olarak belirlenmektedir. Ayrıca hizmet tercihli periyodik rotalama problemlerinde amaç, her bir periyot için araçların toplam taşımacılık maliyetlerinden servis yaraları çıkartılarak elde edilen değerini minimize etmektir. Stok rotalama problemlerinde ise

araç rotalama maliyetlerinin ve stok elde bulundurma maliyetlerinin minimizasyonu amaçlanır (Francis, Smilowitz ve Tzur, 2006: 440).

3.4. Bütünleştirilmiş Üretim, Stok ve Dağıtım Rotalama Problemleri

Günümüzde firmalar uluslararası pazarların birleşmesi ve küreselleşmeyle birlikte zorlaşan rekabet koşullarında varlıklarını sürdürebilmek ve rakiplerine karşı avantaj sağlayabilmek için daha fazla verimlilik ve daha düşük operasyonel maliyetlere ulaşma ihtiyacı duyarlar. Bu durum firmaları sürekli olarak operasyonlarını geliştirme yolları aramaya yöneltmektedir. Satın alma, üretim ve dağıtım süreçlerindeki karmaşıklık ve tedarik zinciri yönetimiyle artan organizasyon sayısı ile birlikte firmaların başarılı olabilmesi için etkili karar verme destek sistemlerine ihtiyaç artmıştır. Bunun sonucu olarak firmalar, çeşitli karar verme destek sistemleri, optimizasyon modelleri ve algoritmaları, bilgisayar destekli analiz araçları gibi yöntemler kullanmaktadır (Sarmiento ve Nagi, 1999: 1061; Schmid, Doerner ve Laporte, 2013: 435).

Üretim planlama ve dağıtım planlama problemleri literatürde geniş olarak ele alınmasına rağmen iki önemli karar sürecinin bütünleştirilmiş olarak ele alınması ile ilgili araştırma çok fazla bulunmamaktadır. Örneğin, araç rotalama problemleri bugüne kadar stokastik koşullar altında ek stok kısıtları ve çok periyotlu planlama süreleri gibi farklı senaryolar için incelenmesine rağmen bu problemlerde üretim kararları genellikle göz ardı edilmiş veya ayrı olarak ele alınmıştır (Boudia ve Prins, 2007: 3402).

Müşterilerin belirli bir zaman sürecindeki taleplerini karşılamak ve bu sırada elde bulundurma maliyeti ve taşımacılık maliyetlerini minimize etmek için geliştirilmiş olan SRP, literatürdeki çalışmalarda gerek deterministik gerekse stokastik varsayımlar altında detaylı bir şekilde ele alınmıştır ancak genellikle üretim kararları bu çalışmalarda göz ardı edilmiştir. Diğer yandan bütünleştirilmiş lojistik modellerinde üretim kararlarını detaylı bir şekilde (kapasite dağıtımı, parti büyüklüğü belirleme kararları veya üretim hazırlık yönetimi vb.) ele alan

çalışmalarda ise genellikle ya araç rotalama problemi göz ardı edilmiş ya da sadece direkt taşımacılık maliyeti şeklinde amaç fonksiyonunda yer almıştır. Ayrıca genelde birçok modelde en basit şekliyle merkezi bir depo ve coğrafi bir alana yayılmış n adet müşteriden oluşan ve tek bir ürünün üretildiği iki kademeli tedarik zinciri yapısı tek planlama periyodu için ele alınmıştır (Fumero ve Vercellis, 1999: 330).

Belirli bir coğrafi alana yayılmış bir şekilde yerleşmiş olan çok sayıda müşteriyi içerisinde barındıran bir tedarik zinciri yapısında, toplam tedarik zinciri maliyetleri içerisindeki taşımacılık maliyeti toplam tedarik zinciri maliyetleri içerisinde önemli bir paya sahiptir. Stratejik olarak başarılı bir tedarik zincirinin yönetiminde dikkat edilmesi gereken iki önemli unsur olan zamanında ve ucuz maliyetle teslimatı sağlayabilmek için zincir içerisinde üretim ve dağıtım rotalama maliyetlerinin bütünleşik olarak ele alınması oldukça önemlidir (Jha ve Shanker, 2013: 1426).

Ayrıca bilindiği üzere tedarik zinciri yönetiminde tek bir alan üzerinde maliyetlerin azaltılmasına çalışılması çoğunlukla diğer alanlarda maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Örneğin, parti büyüklüklerinin azaltılması stok elde bulundurma maliyetlerinin düşmesine neden olurken, küçük miktarlarda daha fazla üretim yapmaya ve bunların küçük partiler halinde müşterilere ulaştırılmasına neden olacağından üretim hazırlık maliyetlerinin (setup cost) ve taşımacılık maliyetlerinin artmasına sebep olacaktır. Bu sebeple birbiriyle sıkı ilişkiler içerisinde olan problemlerin bütünleşik bir karar süreci ile ele alınması daha çok tercih edilmektedir (Adulyasak, Cordeu ve Jans, baskıda).

Son yıllarda, üretim ve dağıtım faaliyetlerini bir arada ele alan operasyonları analiz etmek için yeni bir yaklaşım gelişmiştir. Bu yaklaşım, işletme içerisinde yer alan çeşitli fonksiyonların (tedarik süreci, dağıtım, stok yönetimi, üretim planlama vb.) kararlarının bütünleştirilmesidir. Firmanın operasyonel kararları için genel bir en iyi sağlamak için çeşitli fonksiyonların karakteristiklerini ve gereksinimlerinin aynı anda ele alan problemler araştırmacıların dikkatini çekmeye başlamış ve bu alanda birçok çalışma yapılmıştır (Sarmiento ve Nagi, 1999: 1061).

Tedarik zincirinde üretim, stok, dağıtım rotalama kararlarını birden fazla periyotluk bir dönem için bütünleşik olarak ele alarak inceleyen ilk araştırmalardan birisi Chandra ve Fisher (1994)'dir. Chandra ve Fisher (1994), çalışmalarında üretim çizelgeleme ve araç rotalama problemlerinin birlikte ele çözümünün toplam operasyon maliyetlerini %3 ile %20 arasında azaltılabileceğini göstermişlerdir. Ve bu sayede bu kararların birlikte ele alınmasının öneminin altını çizmişlerdir (Bard ve Nananukul, 2009a: 257).

Bu bileşenlerin bir arada incelendiği problemler literatürde bütünleştirilmiş üretim, stok ve dağıtım rotalama (BÜSDR) problemleri olarak adlandırılmıştır. Bu bileşenleri bütünleştirilmiş bir çerçevede ele almak bütünsel bir bakış açısını gerektirmekle birlikte tedarik zincirinde tam entegrasyon için iyi bir başlangıç noktası oluşturmaktadır (Bard ve Nananukul, 2009a: 258).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3-5) BÜSDR problemlerinin ve bileşenlerinin çözümüyle tedarik zinciri sürecinde alınan kararlar ilişkilendirilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere BÜSDR problemleri bir tedarik zinciri içerisindeki üretim miktarı ve zamanı, elde bulundurulması gereken stok miktarı, müşterilere yapılacak olan teslimat miktarı ve rotalarının belirlenmesi kararlarını bütünleşik olarak ele almakta ve bu kararların birbirleriyle etkileşimlerinden ortaya çıkabilecek olan maliyet avantajlarını bulmayı amaçlamaktadır.

Alınan Kararlar					
Üretim miktarı ve çizelgelemesi	<i>Üretim Parti-Büyükklüğü</i>	Parti-Büyükklüğü Belirleme Problemi	Bütünleştirilmiş Parti Büyükklüğü Belirleme Problemi (Direkt Taşımacılık)	Stok Rotalama Problemi	Bütünleştirilmiş Üretim, Stok, Dağıtım Rotalama Problemi
Stok miktarı	<i>Stok</i>				
Teslimat miktarı ve çizelgelemesi	<i>Dağıtım</i>				
Ürünlerin teslimat rotaları	<i>Rotalama</i>	Araç Rotalama Problemi			

Şekil 3-5 Tedarik Zinciri Planlama Modelleri (Adulyasak, Cordeu ve Jans, baskıda)

3.4.1 Bütünleşik Üretim, Stok, Dağıtım Rotalama Problemlerinin Uygulandığı Alanlar

Bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama probleminin başarılı bir biçimde tam entegre olmuş bir tedarik zincirinde uygulanması zincir boyunca önemli yararlar sağlamaktadır. Geçtiğimiz 10 yıla kadar, imalatçıların karşılaştığı öncelikli problemler, tam zamanında iletişim ve teslimat ağlarının kurulması olmuştur. Bunun yanı sıra çok fazla stok bulundurmamak istenmeyen bir durum olarak kabul edilirken, depolar gereksiz yatırım olarak kabul edilmiştir. Günümüzde ise, artan stok seviyelerinin gerekli olduğu yönünde fikirler değişirken, gerekli olduğu durumlarda stok seviyesinin yükselmesine izin verilmektedir. Yalın stok kavramı, artık firmalar için bir lüks haline gelmiştir çünkü teslimatlar kontrol edilmesi veya tahmin edilmesi

mümkün olmayan birçok değişkene bağlı hale gelmiştir. Örneğin, eğer söz konusu tedarik zinciri küresel bir tedarik zinciri is söz konusu faktörler uluslararası taşımacılık sağlayıcılarını, değişen derecede kaliteli alt yapıları ve çeşitli ithalat ve ihracat kurallarını da kapsamaktadır. Aynı şekilde daha yerel tedarik zincirleri de halen etki altındadır çünkü artık gelişen ticaret koşulları nedeniyle ulaşım yolları eskisinden daha kalabalık ve zamanında teslimat konusunda rekabet daha çetindir (Bard ve Nananukul, 2009a: 276-277).

Bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama problemleri genellikle müşterilerin veya depoların belirli ürünleri periyodik olarak merkezi bir imalatçıdan veya tedarikçiden temin ettiği perakendecilik sektöründe ortaya çıkmaktadır (Bard ve Nananukul, 2009a: 258). Ayrıca daha çok talebin göreceli olarak sabit olduğu veya tahmin edilebilir olduğu sektörler bu problemin uygulanabilmesi daha elverişlidir (Boudia, Louly ve Prins, 2007: 3403).

Bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama problemlerinin yaklaşımı genellikle talebin sabit veya tahmin edilebilir olduğu sektörlerde ve üretim maliyetlerinin dağıtım maliyetleri kadar önemli olduğu sektörlerde arzu edilen ve kar sağlanan bir yaklaşımdır. Bu sektörler arasında havyan yemciliği, gübrecilik veya süt fabrikasında süt toplaması gösterilebilir. Bazı sektörlerde taşımacılık maliyetleri üretim maliyetinden bile fazla olabilmektedir. Bu sektöre örnek olarak maden suyu veya şişe su sektörü gösterilebilir. Bu ürünler için üretim maliyetleri neredeyse bedava iken taşımacılık ve stok maliyetleri önemli miktarlardadır. Bu sebeple bu yapıdaki ürünler için herhangi bir maliyet azaltma çabası üretim planlama ve dağıtım planlamayı birlikte kapsamalıdır ve BÜSDR problemleri yardımıyla uygun üretim ve dağıtım planları yapılmalıdır (Boudia, Louly ve Prins, 2007: 3403).

Tedarik zinciri yönetiminde öncelikli amaç planlama seviyesinde üretim, stok ve teslimat faaliyetlerinin bütünleştirilmesi ile ürünlerin müşterilere tam zamanında, en düşük maliyet ile ulaştırılmasının sağlanmasıdır. Bu süreçte üretim kurulum, stok elde bulundurma ve taşımacılık maliyetleri arasında denge oluşturmak amacıyla üretim ve dağıtım kararlarının her bir planlama dönemi için ayrıntılı olarak belirlenmesi gerekmektedir (Bard ve Nananukul, 2009a: 257).

Literatürde bu problemlerin uygulanması ile sağlanan birçok başarı hikayesine rastlanmaktadır. Örneğin, Kellogg adlı Amerikan firması bütünleşik üretim ve dağıtım planlama sistemi uygulayarak yaklaşık 35-40 milyon dolar tasarruf elde etmiştir. Aynı şekilde, Frito-Lay bütünleştirilmiş üretim, stok ve dağıtım rotalama sistemini uygulamaya geçirek lojistik maliyetlerinden %10 tasarruf sağlamıştır (Adulyasak, Cordeu ve Jans, baskıda).

3.4.2 Bütünleşik Üretim, Stok, Dağıtım Rotalama Probleminin Notasyon ve Matematiksel Formülasyonu

Bu problem oldukça zor bir problemdir ve NP-zor olarak bilinen PAR (periyodik araç rotalama) problemi BÜSDP'nin özel bir versiyonu olarak ele alınabilir.

İlgili problemde müşteriler sipariş vermemektedir ve stokları direkt olarak üretici tarafından kontrol edilmektedir ve BÜSDP stok rotalama problemleri ile üretim planlama problemlerinin bir kombinasyonu olarak ele alınabilmektedir (Boudia ve Prins, 2009:704).

3.4.2.1. Problemin Notasyonu

Bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama problemleri, $E = \{(i, j) : i, j \in N, i \neq j\}$ varsayımı ile $G = (N, E)$ düzleminde tanımlandığında aşağıdaki notasyonlar ile ifade edilebilmektedir (Adulyasak, Cordeau ve Jans, baskıda).

Setler

T $t \in \{1, \dots, l\}$ olmak üzere l zaman periyodları setidir.

N $i \in \{0, \dots, n\}$ olmak üzere fabrika ve müşteriler setidir. Burada fabrika 0 düğümü ile tanımlanır ve $N_c = N/\{0\}$ müşterilerden oluşan alt kümeyi ifade etmektedir.

K $k \in \{1, \dots, m\}$ olmak üzere m araçlar setidir.

Karar Değişkenleri

- p_t t periyodundaki üretim miktarıdır;
- I_{it} t periyodu sonunda i düğümündeki stok miktarı;
- r_{it} t periyodunda i müşterisine gönderilen ürün miktarı;
- y_t eğer t periyodunda fabrikada üretim varsa 1 değerini alır, eğer yoksa 0;
- z_{it} eğer i müşterisi t periyodunda ziyaret edilirse 1 değerini alır, edilmezse 0;
- x_{ijkt} eğer k aracı, t periyodunda i müşterisinden hemen sonra j müşterisini ziyaret ederse 1 değerini alır, etmezse 0;
- q_{ikt} t periyodunda i müşterisine k aracı ile teslim edilen ürün miktarı;

Parametreler

- u birim üretim maliyeti;
- f sabit üretim hazırlık maliyeti;
- h_i i düğümünde bir birim ürünün elde bulundurma maliyeti;
- c_{ij} $c_{ij} = c_{ji}, \forall (i, j) \in E$ varsayımı ile i düğümünden j düğümüne taşımacılık maliyeti;
- d_{it} t periyodunda i müşterisinin talep miktarı;
- C üretim kapasitesi;
- Q araç kapasitesi;
- L_i i düğümündeki depolama kapasitesi;
- $I_{i,0}$ i düğümünde dönem başında elde bulunan stok miktarı;
- $M_t = \min \{C, \sum_{j=t}^l \sum_{i \in N_c} d_{ij}\};$
- $\acute{M}_{it} = \min \{Q, \sum_{j=t}^l d_{ij}\}.$

3.4.2.2. Problemin Matematiksel Formülasyonu

Bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama probleminin Adulyasak, Cordeau ve Jans (baskıda) tarafından geliştirilmiş olan matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir.

Amac fonksiyonu:

$$\text{Min} \sum_{t \in T} \left(up_t + fy_t + \sum_{i \in N} h_i I_{it} + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} c_{ij} x_{ijkt} \right) \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$I_{0,t-1} + p_t = \sum_{i \in N_c} r_{it} + I_{0t} \quad \forall t \in T \quad (2)$$

$$I_{i,t-1} + r_{it} = d_{it} + I_{it} \quad \forall i \in N_c, \forall t \in T \quad (3)$$

$$p_t = M_t y_t \quad \forall t \in T \quad (4)$$

$$I_{it} \leq L_i \quad \forall i \in N, \forall t \in T \quad (5)$$

$$r_{it} = \sum_{k \in K} q_{ikt} \quad \forall i \in N_c, \forall t \in T \quad (6)$$

$$q_{ikt} \leq \dot{M}_{it} \sum_{j \in N} x_{ijkt} \quad \forall k \in K, \forall i \in N_c, \forall t \in T \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N_c} q_{ikt} \leq Q \quad \forall k \in K, \forall t \in T \quad (8)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} x_{ijkt} = z_{it} \quad \forall i \in N_c, \forall t \in T \quad (9)$$

$$\sum_{j \in N} x_{jikt} = \sum_{j \in N} x_{ijkt} \quad \forall k \in K, \forall i \in N_c, \forall t \in T \quad (10)$$

$$\sum_{i \in N_c} x_{0jkt} \leq 1 \quad \forall k \in K, \forall t \in T \quad (11)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijkt} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq N_c, |S| \geq 2, \forall k \in K, \forall t \in T \quad (12)$$

$$p_t, I_{it}, r_{it}, q_{ikt} \geq 0 \quad \forall i \in N, \forall k \in K, \forall t \in T \quad (13)$$

$$y_t, z_{it}, x_{ijkt} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in K, \forall t \in T \quad (14)$$

Problemin amaç fonksiyonu (1), toplam değişken ve sabit üretim, stok elde bulundurma ve taşımacılık maliyetlerinin minimizasyonudur. Problemin amaç fonksiyonun bazı kısıtlar altında gerçekleştirilmesi gereklidir. Bunlardan (2) ve (3) numaralı kısıt fonksiyonları müşteri ve fabrikadaki stok dengelerini sağlamak üzere oluşturulmuştur. Fabrikanın stok dengesini sağlayan (2) numaralı kısıt ile fabrikada bir dönem başında bulunan stok miktarına o dönemde üretilmiş olan ürün miktarı eklendiğinde oluşan toplam stok miktarının, ilgili dönemde bütün müşterilere dağıtılacak olan ürün miktarları ve o dönem sonunda fabrikanın elinde kalacak olan stok miktarının toplamına eşit olması sağlanır. (3) numaralı kısıt da aynı şekilde müşterinin dönem başındaki stok miktarı ve o dönemde fabrikadan ilgili müşteriye gönderilmiş olan ürün miktarının toplamının, müşterinin o dönemdeki talebi ve dönem sonu stok miktarı toplamına eşit olması sağlanır. Belirli bir dönemdeki üretim miktarı ile kapasite ve müşteri talep değerleri arasında denge oluşturan (4) numaralı kısıtta belirli bir dönemdeki üretim miktarının, geri kalan dönemler için toplam müşteri talep miktarından veya üretim kapasitesinden fazla olmamasını sağlar. Ayrıca bu kısıt ile eğer fabrikada o dönem için üretim yapılıyorsa üretim kararını belirleyen ikili değerli (binary) değişkenin bir değerini alması sağlanır. (5) numaralı kısıt, fabrika ve müşterilerdeki stok miktarının önceden her biri için ayrı ayrı belirlenmiş olan depo kapasitesini aşmamasını sağlar. Her bir dönemde müşterilere gönderilmiş olan toplam ürün miktarının, araçlar tarafından ilgili dönemde müşterilere teslimi yapılan toplam ürün miktarına eşit olması (6) numaralı kısıt tarafından sağlanır. (7) numaralı kısıt ile t periyodunda k aracı tarafından i

müşterisine teslim edilen ürün miktarının ancak eğer o düğüm ilgili periyod içerisinde ziyaret edilmiş ise pozitif olması sağlanır. Belirli bir dönemde her bir araca yüklenebilecek olan toplam ürün miktarının araç kapasitesinde fazla olmaması (8) numaralı kısıt ile sağlanır. (9) numaralı kısıt, eğer i müşterisinden çıkan bir araç var ise $z_{it} = 1$ olmasını sağlar ve bu kısıt (7) numaralı kısıt ile birlikte parçalı teslimatların yapılmasını engeller. Yani bir müşterinin talebi aynı dönemde sadece tek bir araç tarafından karşılanabilir. (10) numaralı kısıt araçların görevlendirilmesi ile ilgili ikili değer değişkenlerinin toplamını eşitleyerek araç akışını dengeler. Yani eğer belirli bir rota var ise bu rotanın aynı yoldan geri fabrikaya dönüşünü sağlar. Ayrıca her bir aracın belirli bir dönemde fabrikadan sadece bir kere çıkış yapması yani gün içerisinde birden fazla kez tur yapmaması (11) numaralı kısıt ile sınırlandırılır. (12) numaralı kısıt ile ikiden fazla noktanın yer aldığı rotalarda fabrikaya uğramadan yapılacak olan turlar engellenmiş olur. (13) ve (14) numaralı kısıtlar ile ilgili karar değişkenlerinin alabileceği değerler sınırlandırılır.

Yukarıda matematiksel formülasyonu verilmiş olan problem, içerisinde bulunan ikili ve sürekli değişkenlerin sayısının büyüklüğü nedeniyle genel optimizasyon yazılımları ile çözümü elverişli olmayan bir problemdir. Az sayıdaki müşteriye kısa bir planlama döneminde yapılacak olan dağıtımların planlanması CPLEX gibi bilinen çözücü ile uzun bir vakit almaktadır (Adulyasak, Cordeau ve Jans, baskıda). Bu nedenle literatürde bu problemlerin çözülmesi için çeşitli meta-sezgisel yöntemler geliştirilmiştir.

BÖLÜM 4: BÜSDR PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Genellikle gerçek hayat problemleri literatürde, kombinasyonel optimizasyon problemleri adını almakta ve optimizasyon problemi olmaları, kolay açıklanmaları ve sonlu ancak çok miktarda uygun çözüme sahip olmaları gibi ortak özellikler taşımaktadır. Bu problemler arasından en kısa yol problemi, minimum atlama taşı problemi gibi olanları polinomial algoritmalar içerirken, araç rotalama, çizelgeleme ve üretim planlama problemleri polinomial algoritmalara sahip değildir ve bu problemler NP-zor problemlerdir (Clausen, 1999: 1).

Tamsayılı programlama problemlerinde çözümün zorlaşmasına neden olan başlıca iki özellik bulunmaktadır. Bunlar, tamsayılı değişkenlerin sayısı ve problemin özel yapısıdır. Doğrusal programlama problemlerinde ise tam tersi değişken sayısından çok yapısal kısıtların sayısı problemi karmaşık hale getirmektedir. Karma tamsayılı programlama problemlerinde ise, tamsayılı değişkenlerin sayısı, toplam değişken sayısından daha önemlidir. Çünkü sürekli değişkenler neredeyse problemin çözüm zorluğunu hiç etkilememektedir (Hillier ve Lieberman, 2001: 601).

Bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama problemleri içerisinde çözümü NP-zor olan araç rotalama problemlerini barındırdığından NP-zor bir problemdir. Literatürde birçok araştırmacı bu problemi çözebilmek için kesin yöntemlere göre daha kısa sürede ve daha büyük problemleri çözebilen meta-sezgiselleri (tabu arama algoritması, memetik algoritma ve GRASP) kullanmıştır. Bugüne kadar BÜSDR problemlerini ele alan çalışmalar arasından sadece iki tanesi (Bard ve Nananukul, 2010 ve Archetti v.d.(2011b)) bu problemi çözebilmek için kesin yöntemleri kullanmıştır. Ancak yapılan çalışmalar sonucunda, kesin yöntemlerin ancak küçük problemlerin çözümünde kullanılabildiği kanıtlanmıştır. Bard ve Nananukul (2010) çalışmalarında 10 müşteri ve 6 periyottan oluşan bir problemi dal-fiyat algoritması ile çözmüştür. Archetti v.d. (2011b) ise 14 müşteri ve 6 periyottan oluşan küçük problemin çözümü için dal-kesme yöntemini kullanmıştır (Ruokokoski v.d., 2010: 6).

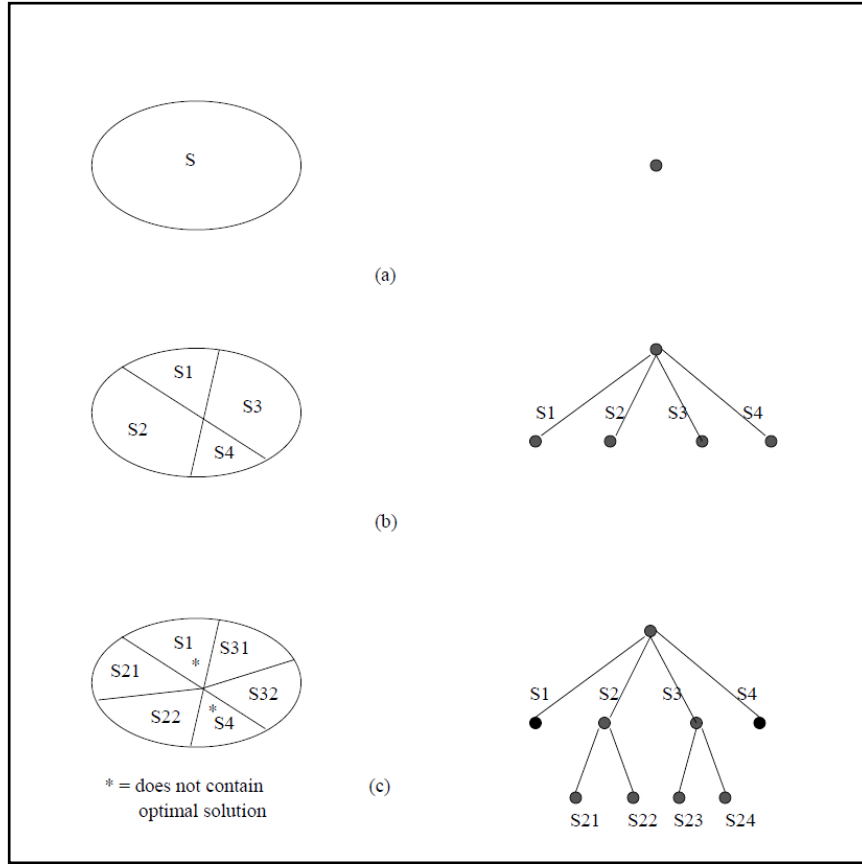
4.1. Kesin Yöntemler

Genellikle küçük ölçekli problemlerin çözümünde kullanılan yöntemlerdir. En iyi sonucu sağlamada başarılı olsalar da bazı büyük ölçekli problemlerin çözümünde çok uzun çözüme süresi gerektirdikleri için kullanılamamaktadır. Kesin yöntemler arasından dal-sınır ve dal-fiyat yöntemi rotalama problemlerinin çözümünde en çok kullanılan yöntemlerdir. Dal-fiyat ve dal-kesme yöntemleri dal-sınır yöntemine dayanılarak geliştirilmiş olan yöntemlerdir.

4.1.1. Dal-sınır yöntemi

Kesikli NP-zor optimizasyon problemlerin optimal olarak çözümü genellikle çok etkili algoritmalar gerektiren son derece meşakkatli bir süreçtir. Dal-sınır yöntemi, NP- zor kombinyonel optimizasyon problemlerinin çözümünde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisidir. Dal-sınır algoritması belirli bir problemin çözümü için en iyi sonucu bulabilmek amacıyla çözüm uzayının tümünü araştırır. Ancak, üstsel olarak artan miktardaki potansiyel sonuçlar nedeniyle doğal olarak bütün potansiyel sonuçların ayrıntılı olarak değerlendirilmesi mümkün değildir. Optimize edilecek fonksiyon için sınırların kullanımının mevcut olan en iyi çözüm değerleriyle kombine edilmesi çözüm uzayının araştırma bölümlerinin tamamıyla araştırılmasını sağlamaktadır (Clausen, 1999: 2).

Dal-sınır yönteminde bir iterasyon üç ana bileşenden oluşmaktadır, araştırılacak alt çözüm uzayının seçimi, sınırların hesaplanması ve dallandırma. Şekil 4-1'de bir dal-sınır iterasyonunun başlangıç hali ve ilerleyen aşamaları şekil ile canlandırılmıştır (Clausen, 1999: 2).



Şekil 4-1 Dal-sınır Algoritmasının Çözüm Uzayı (Clausen, 1999: 3)

Dal-sınır yöntemi orijinalinde çok büyük olan problemi çözümü küçük olan alt problemlere parçalayarak global çözüme ulaşır. Dal-sınır yönteminin kullandığı çözüm yolunu böl ve ele geçir olarak ifade etmek mümkündür. Buradaki bölme işlemi (dallandırma), uygun çözümler setinin küçük küçük parçalara bölünmesiyle gerçekleştirilir. Ele geçirme (inceleme), bölme aşamasında oluşturulmuş olan alt problem setlerinin nasıl çözüleceğinin belirlenmesi (sınırlama) ve eğer bu küçük problemlerin çözümü orijinal problem için optimal bir sonuç veremeyecekse o alt problemin elenmesi şeklinde gerçekleştirilir (Hillier ve Lieberman, 2001: 604-605). Dal-sınır yöntemi, değişkenlerin bütün kombinasyonlarının değerlendirilmesini engellemek ve böylece daha zekice bir değerlendirme yapabilmek için bir grup prosedürün uygulamasıdır şeklinde de tanımlanabilir (Jensen ve Bard, 2003: 278).

Dal-sınır yönteminde problemin çözümündeki her bir iterasyonda elde edilen çözüm değerine dört aşamada ulaşılır. Bunlar dallandırma, sınırlandırma, değerlendirme ve optimallik testi olarak adlandırılmaktadır. Dallandırmada aday çözüm oluşturabilecek olan alt problemlerden bir tanesi seçilir. Ve bu problemdeki bir değişken dallandırma değişkeni olarak adlandırıldıktan sonra bu değişkene 0 ve 1 değerleri verilerek yeni iki alt problem oluşturulur. Daha sonra sınırlama aşamasında, her bir alt problem için en iyi uygun çözüm ne kadar iyi olabilirin üzerinde sınırlama yapılmaktadır. Bunu yapmanın standart yolu alt problemin gevşetilmiş basit halinin çözülmesidir. Genellikle problemde, çözümü zorlaştıran bir set kısıtın silinmesiyle problemin gevşetilmiş hali elde edilir. Tamsayılı programlama problemleri için en sorun yaratan kısıtlar ilgili değişkenlerin tamsayı olmasını talep eden kısıtlardır. Bu nedenle en yaygın olarak kullanılan gevşetme bu kısıt setlerini silen doğrusal programlama gevşetmesidir. Gevşetilerek basitleştirilmiş problemin çözümünden sonra elde edilen sonuç değerlendirme aşaması gönderilir ve eğer bu aşamayı geçebilirse en son aşama olan optimallik testine geçer. Optimallik testinde eğer test edilecek aday alt problem sonucu kalmadıysa problemin çözümüne son verilir ve bulunan sonuç orijinal problemin de sonucu olarak kabul edilir (Hillier ve Lieberman, 2001:606-608).

Karma tamsayılı problemlerinin çözümünde kullanılan dal-sınır algoritmasının yapısı ilk olarak, R.J.Dakin (1965) tarafından, A.H. Land ve A.G. Doig (1960) tarafından geliştirilmiş olan öncül dal-sınır algoritmasını temel alarak geliştirilmiştir (Hillier ve Lieberman, 2001: 616).

4.1.2. Dal-fiyat yöntemi

Dal-sınır yöntemindeki çözüm ağacında her bir alt problemin çözümünde kolon üretme yöntemine izin veren bir dallandırma stratejisi olarak tanımlanabilmektedir. Bu metot kolon üretme ve dal-sınır yöntemlerin birleşiminden oluşan melez bir yöntemdir. Bu yöntem dal-sınır algoritmasında her bir alt problemin çözümü için satır üretme tekniğinin kullanılmasına izin veren dal-kesme yöntemiyle aynı mantığı izlemektedir ve burada satır üretme yerine kolon üretme tekniği kullanılmaktadır (Savelsbergh, 1997: 831-832).

Kolon ve satır üretme teknikleri doğrusal programlama gevşetme yöntemini sıkılaştırmak için kullanılan yardımcı tekniklerdir. Dal-fiyat yönteminde, zaten optimal çözümde ilgili değişkeni sıfır değerini alacak bazı kolonlar doğrusal programlama gevşetme yönteminden çıkartılmaktadır. Bu sayede etkili bir şekilde değerlendirilmesi gereken kolon sayısı azaltılmaktadır.

Dal-fiyat yönteminde doğrusal programlama modelinde her bir çözüm kolonlarla ifade edilmektedir ve bu her bir kolonun çözümü orijinal problemin alt problemlerinin çözümünü ifade etmektedir. Örneğin çok periyotlu bir stok rotalama probleminde bir gün için teslimat çizelgesinin belirlenmesi bir alt problemin çözümünü ifade etmektedir (Bard ve Nananukul, 2009b: 717).

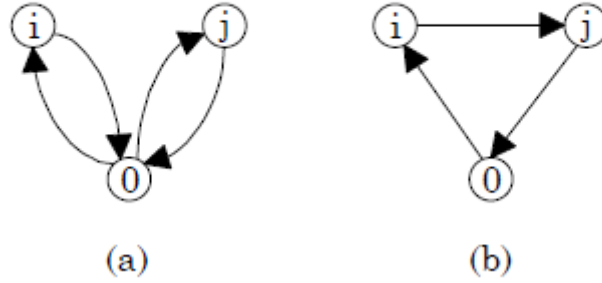
Dal-fiyat yönteminde bütün uygun kolonlar değerlendirildiğinde master problem olarak adlandırılan problemin çözümü elde edilir ve bütün kısıtları en uygun şekilde karşılayan en iyi çözüm değerini veren alt kolon setleri belirlendiğinde orijinal problemin optimum sonucu elde edilebilir (Bard ve Nananukul, 2009b: 717).

4.2. Sezgisel yöntemler

Sezgisel yöntemler, çözüm uzayının kısıtlı bir bölgesinde arama yaparak kısa sürede iyi kalitede çözüm üretebilen yöntemlerdir. Ayrıca bu yöntemler, gerçek hayat problemlerindeki çeşitli kısıtları problemin çözüm modeline yansıtma kolaylığı sağlamaktadır (Toth ve Vigo, 2002: 109).

Oldukça karmaşık bir problem olan BÜSDR probleminin içerisinde yer alan araç rotalama problemlerinin çözümünde genellikle kısa zamanda iyi sonuçlar verebilen sezgisel yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında Clarke ve Wright (1964) tarafından geliştirilmiş olan tasarruf algoritması (savings algorithm) en yaygın olarak kullanılan ve kısa zamanda iyi sonuçlar üretebilen bir yöntemdir. Bunun haricinde araç rotalama problemlerinin çözümü için geliştirilmiş olan süpürme algoritması (sweep algorithm), en yakın komşu arama (nearest neighborhood search) vb. algoritmalar da literatürde sıkça kullanılmaktadır.

1964 yılında Clarke ve Wright tarafından geliştirilmiş olan bu sezgisel algoritma literatürde araç rotalama problemlerinin çözümü için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu sezgiselde iki müşteriyi tek bir rota içerisinde ziyaret ederek elde edilebilecek tasarruf değerleri dikkate alınarak araçların rotalaması yapılmaktadır. Aşağıdaki şekildeki gibi (Şekil 4-2), $(0, \dots, i, 0)$ ve $(0, \dots, j, 0)$ olarak ifade edilen iki rotanın uygun bir biçimde birleştirilebileceği durumda $s_{ij} = c_{0i} + c_{0j} - c_{ij}$ ile hesaplanan tasarruf değerlerine göre en fazla tasarruf etmeyi sağlayacak yeni rotalar $(0, \dots, i, j, \dots, 0)$ oluşturulur. Buradaki c_{0i} ve c_{0j} simgeleri sırasıyla i ve j müşterilerinin depoya ziyaretlerinin maliyetini ifade etmektedir. c_{ij} simgesi ise i ve j müşterilerin aynı rota içerisinde ziyaret etmenin maliyetini ifade etmektedir. s_{ij} ise i ve j müşterilerinin aynı rota içerisinde yer almasından elde edilen tasarruf değeridir (Toth ve Vigo, 2002: 110).



Şekil 4-2 İki Nokta Arasındaki Tasarruf Değeri Kavramı (Lysgaard, 1997: 2)

Eğer iki müşteri arasındaki uzaklık simetrik ise yani i müşterisinden j müşterisine gitmenin ve oradan dönmenin maliyeti birbirine eşit ise toplamda $\binom{n}{2}$ adet s_{ij} değeri hesaplanmaktadır. Buradaki n simgesi müşteri sayısını ifade etmektedir. Yani $\binom{n}{2} = \frac{n!}{2!(n-2)!} = \frac{n(n-1)}{2}$ adet tasarruf değeri (s_{ij}) hesaplanmaktadır. Örneğin, bir depodan 8 müşteriye dağıtım yapılan bir sistemde tasarruf algoritmasının uygulanabilmesi için toplamda 28 adet s_{ij} değeri hesaplanır. Eğer müşteriler arası

uzaklıklar simetrik değilse bu sayının iki katı kadar tasarruf değeri hesaplanır (Nahmias, 2009: 333). Tasarruf değerlerinin hesaplanması aşaması bu yöntemin en fazla zaman alan aşamasıdır.

Tasarruf algoritması paralel ve sıralı olmak üzere rotaların oluşturulmasına göre ikiye ayrılmaktadır. Sıralı tasarruf algoritmasında tek bir rota genişletilebildiği noktaya kadar genişletilmekte ve sonrasında yeni rotaya geçilmektedir. Bu yöntemde tasarruflar listesi birden fazla kez gözden geçirilmektedir. Paralel yöntemde ise aynı anda birden fazla rota oluşturulabilmektedir. Bu iki yöntemi karşılaştıran bazı araştırmalarda paralel yöntemin sıralı yöntemle göre bazı durumlarda daha iyi sonuç ürettiği gözlemlenmiştir (Pichpibul ve Kawtummachai, 2012: 123).

Örneğin, bir depo (0) ve 5 müşteriden oluşan ve araç kapasitesinin 100 birim olduğu bir sistemde tasarruf algoritması ile yapılacak olan rotalamada izlenecek yol aşağıdaki gibidir. Müşterilere ait talep değerleri aşağıdaki tabloda (Tablo 4-1) verilmiştir (Lysgaard, 1997: 4-6).

Tablo 4-1 İlgili Sisteme Ait Müşteri Talepleri (Lysgaard, 1997: 4)

Müşteri	Talep
1	37
2	35
3	30
4	25
5	32

1.adım: Öncelikle depo ve müşteriler arasındaki uzaklıklara ait maliyet değerleri hesaplanmaktadır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 4-2) simetrik uzaklıklara sahip bu sistemin elemanları arasındaki taşımacılık maliyetleri verilmiştir.

Tablo 4-2- Müşteriler Arasındaki Taşımacılık Maliyetleri (Lysgaard, 1997: 4)

	0	1	2	3	4	5
0	-	28	31	20	25	34
1		-	21	29	26	20
2			-	38	20	32
3				-	30	27
4					-	25
5						-

2.adım: Her bir noktaya ait tasarruf değerleri $s_{ij} = c_{0i} + c_{0j} - c_{ij}$ formülünden yararlanılarak hesaplanır. Örneğin 1. ve 2. Müşterinin aynı rotada yer alması durumunda elde edilecek olan tasarruf değeri $s_{12} = c_{01} + c_{02} - c_{12}$ formülünde değerlerin yerine konulmasıyla $s_{12} = 28 + 31 - 21 = 38$ olarak hesaplanmaktadır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 4-3) her bir müşteri çifti için hesaplanan tasarruf değerleri verilmiştir.

Tablo 4-3- Müşteriler Arasındaki Tasarruf Değerleri (Lysgaard, 1997: 5)

		j				
		1	2	3	4	5
i	1	-	38	19	27	42
	2		-	13	36	33
	3			-	15	27
	4				-	34
	5					-

3.adım: Hesaplanan bu tasarruf değerlerine göre müşteri çiftleri büyük tasarruf değerine sahip olandan küçük tasarruf değerine sahip olana doğru sıralanır. Buradaki örnek için oluşturulan tasarruf değerleri listesi [(1-5), (1-2),(2-4),(4-5), (2-5),(1-4),(3-5),(1-3),(3-4),(2-3)] şeklindedir.

4.adım: Yukarıdaki tasarruf değerleri listesinde göre, listenin en başında olan müşteri çiftinden başlayarak araç kapasitesi kısıtı göz önünde bulundurularak rotalar oluşturulur. Burada sıralı ya da paralele yöntem tercihinin göre rota oluşturma aşaması değişkenlik göstermektedir. Örneğin, sıralı yöntem uygulandığı varsayılırsa ilk olarak (1-5) müşteri çifti aynı rotada yer alacak ve mevcut rota (0, 1, 5, 0) şeklinde oluşturulacaktır. Bu iki müşterinin toplam talebi 69 birim araç kapasitesini aşmadığından rota uygun bir rotadır. Daha sonra gelen (1-2) tasarruf değerli müşteri çifti mevcut rota ile ortak elemanı bulunmasından dolayı bağlanabilecek bir aday rotadır. Ancak 2. müşterinin talebi mevcut rotadaki talebe eklendiğinde rotanın toplam talebi 104 birim olarak mevcut araç kapasitesini aşmaktadır. Bu nedenle bu çift atlandıktan sonra sıradaki müşteri çifti (2-4) incelenir. Bu aday çiftin de mevcut rotayla bağlantısı bulunmadığından ve sıralı çözüm yöntemine göre aynı zamanda tek bir rota oluşturulabildiğinden bu çift de atlanarak çözüme devam edilir. Eğer paralel yöntem uygulanıyor olsaydı var olan (0, 1, 5, 0) rotasına paralel (0, 2, 4, 0)

şeklinde yeni bir rota oluşturulur ve işlemlere devam edilirdi. Bu problemde sıralı yöntem kullanıldığından bir sonraki aday çifte geçilir ve araç kapasitesi kısıtı da sağlandığı için bu çift de rotaya eklenerek (0, 1, 5, 4, 0) şeklindeki yeni rota oluşturulur. Bu durumda toplam rotanın talebi 94 birim olduğundan ve araç kapasitesini dolduğundan dolayı ilk araca ait rota tamamlanmış olur. Bu durumda yeniden tasarruf listesi baştan itibaren incelenerek rotada yer almayan müşterilerden ikinci bir rota oluşturulur. Bu problemde ziyaret edilmeyen müşteri çifti sadece (2-3) olduğu için bu iki müşteriden oluşan (0, 2, 3, 0) şeklinde son rotada oluşturulur. Böylece rota maliyeti sırasıyla 98 ve 89 olan iki rota ile bu sistemdeki tüm müşterilerin ziyareti toplam 187 birim maliyetle tamamlanmış olur.

Cordeau, Gendreau ve Laporte (2002) çalışmalarında iyi bir sezgiselin sahip olması gereken dört özellik tanımlamışlardır. Bunlar uygunluk, hız, basitlik ve esnekliktir. Tasarruf algoritması bu kriterlerden basitlik ve hız özelliklerine sahiptir ancak her zaman özellikle de problem büyük bir problem ise optimuma çok yakın sonuçlar üretmeyebilmektedir. Bu nedenle literatürde bu yöntemin zayıf yönlerini geliştirmek için çeşitli çalışmalar (Altınel ve Özcan(2005), (Juan v.d., (2010,2011)), (Doyuran ve Çatay (2011) vb.)) yapılmıştır (Pichpibul ve Kawtummachai, 2012: 123).

4.3. Meta-Sezgisel Yöntemler

Meta-Sezgisel yöntemlerin sezgisel yöntemlere göre avantajı, başarılarının belirli bir problem yapısına bağlı olmamasıdır. Yani sezgisel yöntemler genellikle özel problem çeşitleri için üretilmiş ve çözüm başarısı bir problem çeşidi üzerinde iyiyken başka bir problem çeşidinde kesin olmayan yöntemlerdir. Araştırmacılar sezgisel çözüm yöntemlerinin bu dezavantajından kurtulmak için göreceli olarak daha genel olan meta-sezgisel yöntemleri geliştirmişlerdir. Genetik algoritma (genetic algorithm), tabu arama algoritması (tabu search algorithm), yapay ısıl işlem algoritması (simulated annealing), yapay sinir ağları (artificial neural networks), karınca kolonisi algoritması (ant colony algorithm) literatürde popüler olarak kullanılan meta-sezgisel algoritmalarından bazılarıdır (Karaboğa, 2004: 19).

Meta-sezgisel yöntemler, sezgisel yöntemlere göre daha geniş bir çözüm uzayını taramaktadır ve bu yöntemlerde uygun çözüme ulaşılabilecek çözüm bölgeleri daha kapsamlı bir şekilde ele alınmaktadır. Genellikle problemin çözümünde gelişmiş komşu arama kuralları, hafıza yapıları ve aday çözümlerin yeniden kombinasyonu ile daha iyi bir çözüm üretme aşamaları birleştirilmektedir. Bu yöntemlerde elde edilen çözüm kalitesi genellikle sezgisel yöntemlere göre çok daha iyidir ancak buna karşılık çözüm süresi de sezgisellere göre daha uzundur (Toth ve Vigo, 2002: 109).

Tedarik zinciri yönetiminde karşılaşılan fabrika yer seçimi, stok rotalama, araç rotalama gibi problemlerinin çözümünde çoğu zaman kesin yöntemlerin yetersiz kalması veya bu yöntemlerle çözüm süresinin çok uzun olması nedeniyle, kısa zamanda optimuma yakın sonuçlar üretebilen genetik algoritma, tabu arama algoritması veya tavlama benzetimi gibi meta sezgisel yöntemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır (Chan ve Lee, 2005: 145).

Meta-sezgisel yöntemler, kesin yöntemlerle çözümü mümkün olmayan veya çok karmaşık olan büyük ve çok değişkenli problemlerin çözümünde kullanılan ve genellikle bir programlama dili yardımıyla kodlanarak bilgisayar ortamında çözümü üretilen yöntemlerdir. Bu yöntemler sonucunda bulunan problem çözümünün optimum olması garanti değildir. Ancak kısa sürede optimuma yakın sonuçlar üretebildiği için uygulamada sıklıkla tercih edilmektedir.

Bir meta-sezgisel yöntemin, çözüm kalitesini büyük bir oranla belirleyen unsur, çeşitlendirme ve yoğunlaştırma süreçleri arasındaki etkileşimdir (Boudia ve Prins, 2009: 705). Geliştirilmiş olan algoritma çözüm uzayının ne kadar büyük bir kısmını arama yeteneğine sahipse ve aranan bölgede olabildiğince çok aday çözümü değerlendiriyorsa o kadar başarılıdır.

Bu bölümde BÜDSR problemlerinin çözümü için geliştirilmiş olan ağgözlü rastgele uyumlu araştırma prosedürü (GRASP), tabu arama algoritması (TA), genetik algoritma (GA), memetik algoritma (MA) ve geniş komşu arama tekniği (LNS) ele alınacaktır.

4.3.1 GRASP (Açgözlü Rastsallaştırılmış Uyarlamalı Arama Yordamı)

Açgözlü rastsallaştırılmış uyarlamalı arama yordamı (GRASP) yöntemi ilk olarak Feo ve Bard tarafından 1989 yılında geliştirilmiş bir çözüm yöntemidir. Çözüm uzayının tekrarlamalı olarak rastgele örneklenmesi fikrine dayalı bir yöntemdir. Yöntemde her bir tekrarlama, probleme uygun bir çözüm geliştirmektedir. GRASP yöntemi geliştirici ve yerel arama aşamaları olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Geliştirici aşamada rastgele bir sezgisel temeline dayanarak aday çözümler üretilmektedir. Yerel arama aşamasında ise bir önceki aşamada üretilmiş olan aday çözümler iyileştirilmektedir. Algoritma önceden belirlenmiş olan yenileme (iterasyon) sayısına ulaşılmasıyla sonlanır (Boudia, Louly ve Prins, 2007: 3406).

Geliştirici aşama devam ettikçe bulunan çözüm aşama aşama iyileşirken, yerel arama aşamasında bulunan bu çözüm yerel optimuma dönüştürülür. Bu yöntem uygulanması kolay bir yöntemdir. Ayrıca yerel arama aşamasında veya geliştirici aşamada problemin çözümü için etkili görülen herhangi ilgili başka bir algoritma da kullanılabilir (Dreo v.d., 2006: 170).

Bu yöntem Boudia ve çalışma arkadaşları (2007) tarafından BÜSDP' nin çözümünde kullanılmıştır. Burada ilk olarak müşteri talepleri bir havuzda toplanmakta ve maliyetlerine göre sıralanmaktadır. Her bir iterasyonda, bunlardan bir tanesi çözüme girmek üzere seçilmektedir. Bütün talepler karşılandıktan sonra, algoritma yakın gelecek periyotta oluşacak ve arta kalan üretim kapasitesi, araç kapasitesi ile karşılanabilecek ve müşterinin depolama kapasitesini aşmayacak müşteri taleplerini bulur. Daha sonra, üretim miktarlarını toplam maliyeti azaltacak şekilde periyotlar arasında değiştiren bir geliştirici algoritma devreye girer (Adulyasak, Cordeau ve Jans, baskıda).

GRASP yönteminin BÜSDP çözümünde tercih edilmesinin nedeni, göreceli olarak basit bir yapıya sahip olması ve parametre sayısının az olmasıdır. Ancak diğer meta-sezgiseller gibi bu yöntem de genel bir yapıya sahiptir. Yöntemde bileşenler

probleme özeldir ve bütün vakalar için genel geçer değildir (Boudia v.d. , 2007: 3406).

4.3.1.1 Geliştirici Aşama

Geliştirici aşama her bir yenileme döngüsünde (iterasyonda) yeni bir uygun çözüm üretilmektedir. Her bir iterasyonda çözüm alternatiflerine eklenecek olan aday çözümler, aday çözüm listesinde açgözlü fonksiyon değerlerine göre sıralanarak belirlenir. Bu aşamada yeni aday çözümler açgözlü kriter genişletilerek oluşturulur. Oluşturulan adaylardan hangilerinin seçileceği, amaç fonksiyonu, varlığını sürdürebilme aralığı ve adayların sınırlandırılmış listesi olmak üzere üç unsura göre yapılmaktadır. En iyi adayların oluşturmuş olduğu bu sınırlandırılmış liste sınırlandırılmış aday listesi (restricted candidate list, (RCL)) olarak adlandırılmaktadır. Sınırlandırılmış listede gevşetme sabiti, amaç fonksiyonunun en iyi değeri ve amaç fonksiyonunun en kötü değeri olmak üzere üç faktörle belirlenmektedir. Bu aşamadaki seçim listede her bir aday çözümün tercihinin katkısı belirlenmektedir. Maliyet minimizasyonunu ele alan problemlerde, maliyet avantajına neden olan çözümler bu kriterlerle belirlenerek seçilmektedir (Feo ve Resende, 1995: 111; Suarez ve Anticono, 2010: 43)

Bu yöntem uyarlanabilir çünkü geliştirici aşamada bir önceki dönemde seçilmiş olan elemanın sağlamış olduğu katkının değişiminin yansıtılabilmesi için her bir elemanın yararları her bir yenilemede güncellenmektedir. GRASP'ın olasılıklı yönü, aday listesinden herhangi en iyi elemandan birinin en tepedeki eleman olmasına dikkat edilmeksizin rastsal olarak seçilmesidir. Bu seçim tekniği her bir yenileme döneminde değişik sonuçlar geliştirmeyi sağlamaktadır ancak metodun uygulanabilir açgözlü yönünü iyi bir şekilde desteklememektedir (Feo ve Resende,1995: 111).

Başarılı bir geliştirici aşama, yerel arama aşamasının başarısı için önemli olan iyi bir başlangıç çözümü üreteceği için önemlidir. Çünkü iyi bir geliştirici aşama ile üretilen iyi bir başlangıç çözümü, yerel arama aşamasının da başarısını etkilemektedir (Resende ve Ribeiro, 2003: 221).

4.3.1.2 Yerel Arama Aşaması

Geliştirici aşamada üretilen sonuçlar, basit komşu tanımına göre bile optimal olmayabilmektedir. Bu nedenle bu aşamada üretilen sonuçları daha iyileştirmek ve yerel optimuma yaklaştırmak için yenilemeli olarak yerel arama teknikleri uygulanmaktadır. Bu aşamada ilk aşamada üretilen sonuçların komşusu olan daha iyi sonuçlar bulunmakta ve mevcut çözüm bu daha iyi çözümle yer değiştirmektedir. Eğer yapılan arama sonucunda daha iyi değerlere sahip bir çözüm bulunamazsa bu aşama sona erer. Yerel arama aşamasının başarılı bir sonuç verebilmesi, başlangıç noktasına, komşuluk yapısına, komşu arama tekniğinin etkinliğine ve aday çözümlerin hızlı değerlendirilebilmesine bağlıdır (Resende ve Ribeiro, 2003: 221-222).

4.3.2 Tabu Arama Tekniği

Tabu arama (TS) tekniği ilk olarak Fred Glover tarafından 1986'da yayınlanmış olan bir makale ile geliştirilmiştir. Tabu kavramı, daha önceden çözüme katılmış olan aday çözümlerin tekrar tekrar denenmesini engellemek ve yerel optimuma takılmamak için daha önceden denemiş olan aday çözümlerin yer aldığı yasaklı bir tabu listesinin varlığına dayanmaktadır (Dreo v.d., 2006: 52).

Tabu arama tekniği, bir çözüm setindeki aday çözümlerde yaptığı değişiklikler ile aday çözüm ve çevresindeki komşu çözümleri döngüsel olarak değerlendiren bir çözüm yöntemidir. Bu yöntemde tabu listesi olarak adlandırılmış olan listede önceden değerlendirilmiş olan çözüm adayları yer almaktadır (Glover, Taillard ve Werra, 1993: 4). Bu liste sayesinde algoritma insan hafızasından esinlenen bir mekanizma kullanarak yerel optimumlara takılmadan çözüm uzayını değerlendirebilmektedir. Kullanılan hafıza (tabu listesi) sayesinde bu yöntem geçmişten ders çıkarma özelliğine sahiptir. Ancak hafızanın modellenmesi beraberinde çok dereceli bağımsızlığı getirmektedir ve bu da tabu arama tekniğinin detaylı matematiksel analizine engel olmaktadır (Dreo v.d., 2006: 7). Tabu listesinin yararı, sonuçların yerel en iyiden uzaklaşmasını sağlayacak hamleleri yaparken

ilerleme sağlamayacak hamlelerden kaçınmayı sağlamasıdır (Glover ve Kochenberger, 2003: 43).

Tabu arama tekniğinin temel prensibi, tabu listesi olarak tanımlanan iyi sonuç vermeyen bölgelerin elenmesiyle iyi sonuç verecek bölgelerin belirlenmesi ve iyi sonuçların tutulmasıdır (Hillier ve Lieberman, 2001: 604).

Tabu arama tekniğinin temel işlem basamakları aşağıdaki tabloda (Tablo 4-4) gösterildiği gibidir (Karaboğa, 2004: 51).

Tablo 4-4 Tabu Arama Tekniğinin Temel İşlem Basamakları

Adım 1. Bir başlangıç çözümü (X) al. Başlangıçta değer atanması gereken parametreler için değerlerinin ata.

Adım 2. Komşu çözümler üret ve bu çözümler arasından en iyi kabul edilebilir olanı (X_{eniye}) seç [X_{eniye} çözümü, tabu listesinde olmayan tüm $X' \in N(X)$ 'lerin en iyisi].

Adım 3. Mevcut çözümü (X), X_{eniye} ile yer değiştir ve tabu listesini yenile.

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

4.3.2.1 Çözüm Uzayı ve Komşuluk Yapısı

Tabu arama tekniği yerel arama tekniklerinin kısa süreli hafıza eklenerek geliştirilmiş halidir. Bu teknikte, çözüm uzayı ve komşuluk yapısı problemin yapısına göre değişkenlik gösterebilen ve çözümün başarısında stratejik öneme sahip değişkenlerdir. Çözüm uzayı, problemin çözümü için değerlendirilecek olan aday çözümleri içermektedir. Bazı problemlerde çözüm uzayı basit olarak sadece bütün kısıtları karşılayabilen uygun çözümleri içermektedir. Ancak bazı problem çeşitleri

için aramanın uygun olmayan çözümler içerisinde de yapılması tercih edilen hatta bazen zorunlu bir durumdur (Gendreau ve Potvin, 2005: 169-170).

Çözüm uzayında belirlenmiş olan yerel en iyilerden daha iyi sonuçları araştırabilmek için tabu arama tekniği yerel arama (local search) tekniklerine yol göstermektedir. Tabu arama tekniğinde, her iterasyonda izlenecek olan hareketler, bir önceki iterasyonda elde edilen iyileştirme derecesine göre belirlenmektedir. Algoritmanın yerel optimuma takılmayı aşmak için kullandığı temel prensip, her iterasyonda en yüksek değerlendirme fonksiyon değerine sahip hareketlerin bir sonraki çözümü oluşturmak amacıyla seçilmesine dayanmaktadır (Karaboğa, 2004: 50).

4.3.2.2 Tabu Arama Tekniğinde Hafıza

Bu arama tekniğinde genellikle kullanılan iki hafıza boyutu mevcuttur. Bunlar kısa süreli hafıza ve uzun süreli hafızadır. Kısa süreli hafıza, basit tabu arama tekniğinde bulunan ve tabu arama tekniğini yerel arama tekniklerinden farklılaştıran bir özelliktir. Bu boyuttaki bir hafızada önceden değerlendirilmeye alınmış çözümler, tekrardan değerlendirilmeye alınmaları önlenmek amacıyla saklanmaktadır. Böylece döngüsel olarak aynı çözümler etrafında dolaşmak yerine yeni çözüm alternatiflerinin değerlendirilmesi teşvik edilir. Uzun süreli hafızada ise, bulunmuş olan iyi sonuçlara ait bilgiler ve bu sonuçlara ulaşılmasını sağlayan özellikler saklanır. Böylece arama tekniğinin stratejik olan boyutu, farklılaştırma ve yoğunlaştırma aşamalarında izlenecek yol belirlenir (Armentano, Shiguemoto ve Lokketangen, 2011: 1201).

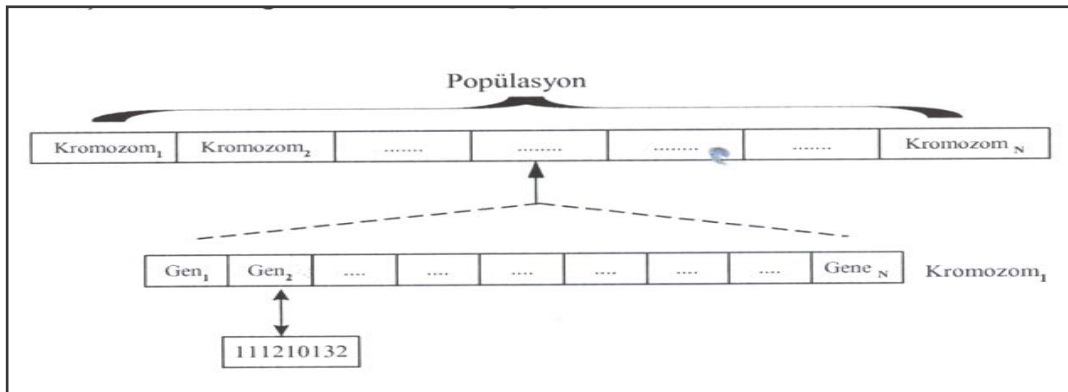
Tabu arama tekniği, diğer yerel arama (local search) teknikleri gibi gerçek hayat problemlerinin modellenmesinde ve zorlu kısıtların modele dahil edilebilmesinde iyi bir performans göstermektedir. Tabu arama tekniğinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesinde en önemli etkenlerden birisi, araştırmanın problemi çok iyi anlayabilmiş olmasıdır. Çünkü ancak, problem iyi anlaşılabilirse yöntemin arama yapacağı çözüm uzayının sınırları ve komşu arama tekniği iyi belirlenebilir. İyi belirlenmemiş çözüm uzayında arama yapan veya doğru komşuluk arama yöntemi

belirlenmemiş olan tabu arama tekniğinin performansı da iyi olmaz (Gendreau, 2003: 49).

4.3.3 Genetik Algoritma

Genetik algoritma (GA), 1975 yılında ilk defa Holland tarafından geliştirilmiş, evrim prensibine dayalı algoritmalarından birisidir. GA, biyoloji biliminin prensiplerini temel almaktadır. GA çözüm sürecinde, aynen doğal yaşamda olduğu gibi iyi nesillerin yaşamlarını sürdürürken, kötü nesillerin yok olması prensibini benimsemektedir. İlk defa doğal seçim ve genetik popülasyonların modellenmesi olarak John Holland tarafından 1975 yılında geliştirilmiştir (Karaboğa, 2004: 75; Elmas, 2007: 379).

Genetik algoritmada, diğer evrimsel algoritmalarda olduğu gibi en iyi çözüm tek bir birey (çözüm) üzerinden değil, aday çözümlerden oluşan bir popülasyon içerisinde seçilmektedir. Aramanın yapılacağı alanı belirleyen ve probleme çözüm olabilecek aday bireyleri yapısında bulunduran popülasyonun büyüklüğü çözücü tarafından belirlenebilen bir değişkendir. Popülasyonu oluşturan aday çözümlerin her biri bir uygunluk değerine sahiptir ve bu uygunluk değerine göre gelecek jenerasyonlara aktarılır. Seçme adımında uygunluk değerlerine göre değerlendirilen aday çözümlerden iyi uygunluk değerine sahip olanlar bir sonraki jenerasyona aktarılırken, kötü uygunluk değerli aday çözümler popülasyondan çıkartılır. Böylece çözüm süreci boyunca popülasyon büyüklüğü sabit kalır (Karaboğa, 2004: 76).



Şekil 4-3 Gen, Kromozom ve Popülasyonu Gösteren Yapı (Elmas, 2007: 389)

Şekil 4-3’de görüldüğü gibi, popülasyondaki her birey kromozomlardan, her bir kromozom da genlerden oluşmaktadır. Kromozomlar birden fazla genin bir araya gelmesiyle oluşan aday çözümlerdir. Gen ise problemin amaç fonksiyonunu sağlayacak özelliklerin çözüme yansımaları sağlayan ve kromozomları oluşturan parametrelerdir. Buradaki amaç, popülasyonu oluşturan bireylerin kendi aralarında, belirli bir formda gerçekleştirilen bilgi değişikliği sayesinde yeni bireyler oluşturması ve çevreye daha iyi uyum sağlayabilen yani problemin çözümü için daha iyi sonuç veren bireylerin yaşamlarını devam ettirmelerini sağlamaktır. Bu sayede belirli bir sonuç üretme süresinden sonra her bir dönemde özellikleri iyileşen (uygunluk değeri yükselen) aday çözümler arasından probleme istenilen yanıt verebilen sonucu bulabilmektir (Moin, Salhi ve Aziz, 2011: 337).

Bu yöntemde problemin potansiyel çözümleri kromozom denilen bir yapıda kodlanarak ifade edilmektedir. Potansiyel çözümleri ifade eden kromozomlar üzerinde çaprazlama, mutasyon gibi operatörler ile değişiklik yapılarak en iyi çözüm ulaşmak amaçlanmaktadır (Keskinturk ve Er, 2007: 55). Yöntemin etkili olabilmesi için ilk olarak problemin arama uzayını en iyi şekilde temsil edebilecek olan bir kodlama yapısının belirlenmesi gerekmektedir. Kodlama yapıları, ikili kodlama, permütasyon kodlama (gerçek değerli), değer kodlama, sekizli kodlama, ağaç kodlama olarak çeşitlenmektedir. Problemin türüne göre hangi kodlama yapısının çözüm uzayını daha iyi temsil edeceği değişmektedir. Örneğin, ikili kodlama literatürde yaygın olarak kullanılan etkin bir kodlama türü olmasına rağmen, araç rotalama problemlerinde permütasyon kodlama daha uygun bir kodlama türüdür (Elmas, 2007: 391).

Kromozom A	110100011010
Kromozom B	011111111100

Şekil 4-4 İkili Düzendeki Kodlama (Sivanandam ve Deepa, 2008: 44).

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

Şekil 4-5 Permütasyon Kodlama (Sivanandam ve Deepa, 2008: 45).

Yukarıdaki şekillerde (Şekil 4-4 ve Şekil 4-5) literatürde yaygın olarak kullanılan permütasyon kodlama ve ikili düzende kodlamaya örnek verilmiştir. Problemin türüne bağlı olarak birden fazla kodlama türünün kombine edilerek kullanılması da mümkündür.

Genetik algoritma çözüm süreci genellikle rastsal olarak belirlenen ve N adet bireyden oluşan bir popülasyonun oluşturulmasıyla başlar. Popülasyondaki aday çözümler (birey) genetik algoritma operatörleri ile yapılan değişikliklerle daha yüksek uygunluk değerine sahip çözümler haline getirilir. Amaç, rastsal olarak başlanan noktadan hareketle optimum veya optimuma yakın iyi bir çözüm elde edebilmektir.

Holland tarafından geliştirilmiş olan GA'yı diğer komşu arama tekniklerinden farklılaştıran özellik çaprazlama operatörü yardımıyla yeniden üretim kavramını uygulamasıdır. Diğer komşu arama tekniklerinde kullanılan ve çözümde sadece bir noktayı rastsal olarak belirleyip o noktayı iyileştiren mutasyon operatörü, burada çaprazlama operatörünü destekleyici olarak kullanılmaktadır (Sivanandam ve Deepa, 2008: 23).

4.3.3.1 Genetik Algoritma Operatörleri

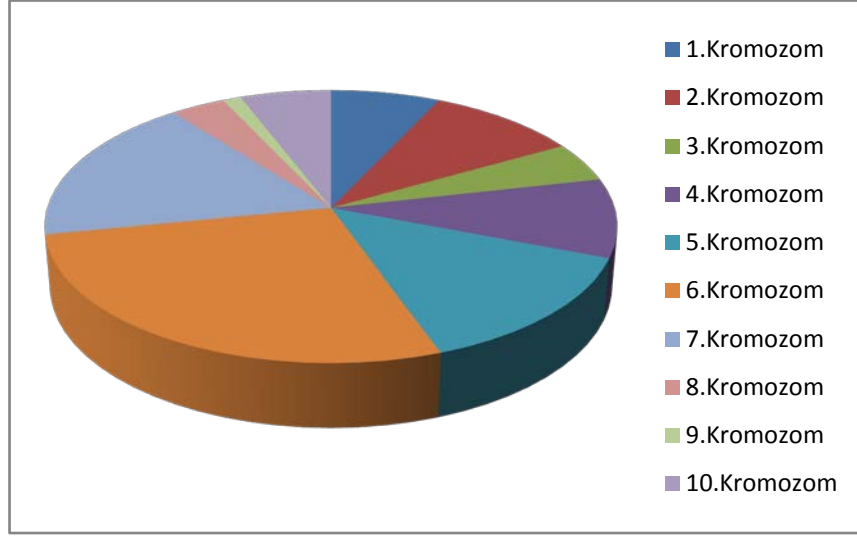
Genetik algortmada ilk iterasyonda genellikle rastsal olarak belirlenen aday çözümler (bireyler), çeşitli operatörler yardımıyla geliştirilerek probleme çözüm üretilmektedir. Klasik GA'da kullanılan üç temel operatör vardır. Bunlar, seçme (selection), çaprazlama (crossover) ve mutasyon (mutation)'dır.

4.3.3.1.1 Seçme Operatörü

Bu operatör gelecek nesillerde yer alacak kromozomların seçimini sağlar. Kromozomlar uygunluk fonksiyonu değerlerine göre gelecek nesillerde yer alacak olan bireyleri üretmek üzere seçilirler. Burada iyi uygunluk değerine sahip iki aday çözümden çaprazlama ile üretilen yeni çözüm adaylarının da iyi bir uygunluk değerine sahip olacağı varsayımı vardır. Seçim operatöründe, aday çözümler uygunluk değerlerine oranla seçilme şansına sahip olarak rastsal olarak seçilmektedir. Başarılı bir seçme oranı ile her ilerleyen iterasyonda popülasyonun uygunluk değerinin artırılması amaçlanır. Seçme oranının dengeli bir şekilde belirlenmesi yüksek orandan kaynaklanan yerel optimuma takılmayı veya düşük orandan kaynaklanan uzun çözüm süresini engellemektedir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 23).

Seçme operatörünün işlevi için geliştirilmiş rulet tekerleği, turnuva seçimi, sıralı seçim, stokastik seçim, orantılı seçim gibi çeşitli seçme yöntemleri vardır. Bunlardan rulet tekerleği (roulette wheel) yöntemi en yaygın olarak kullanılan ve basit bir yöntemdir. Burada her aday çözüm uygunluk değerlerinin toplam popülasyon uygunluk değeri içerisindeki oranına göre rulet tekerleğinde (pasta grafik) bir pay almaktadır. Daha sonra rulet tekerleği N (popülasyon içerisindeki birey sayısı) kez çevrilmekte ve her çevrimde belirleyicinin denk geldiği aday bir sonraki nesile aktarılmak üzere seçilmektedir (Sivanandam ve Deepa, 2008: 23).

Burada yapılan işlemler sırasıyla, popülasyon içerisindeki bireylerin uygunluk değerlerinin kümülatif olarak toplanması ve aralıkların belirlenmesi, her çevrimde 0 ile toplam popülasyon uygunluk değeri arasında bir değer rastsal sayı üretilmesi ve bu üretilen sayı hangi aralığa denk geliyorsa o kromozomun gelecek nesile aktarılmak üzere seçilmesidir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 4-7), 10 adet kromozoma sahip bir popülasyon için kullanılan rulet tekerleği örneği verilmiştir. Şekilden de görüleceği yüksek uygunluk değeri olan ve tekerde daha çok paya sahip olan kromozomların seçilme şansı bu yöntemde daha yüksektir.

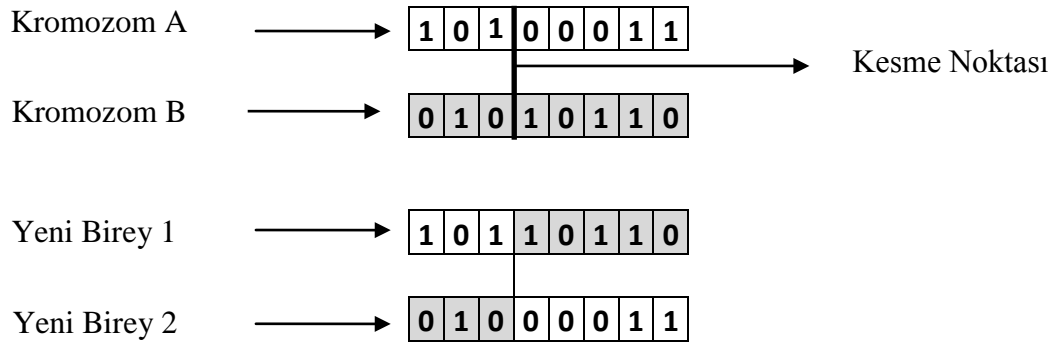


Şekil 4-6 Rulet Tekerleği Seçim Yöntemi

4.3.3.1.2 Çaprazlama Operatörü

Bu operatör popülasyondaki bireylerin birleşiminden daha iyi uygunluk değeri verebilecek melez bireylerin oluşumunu sağlamaktadır. İki aday çözüm içerisinde karşılıklı olarak bazı genlerin değiştirilmesi sonucunda iki yeni aday çözüm üretilir. Burada çözüm popülasyonunda bulunan belirlenmiş belli bir olasılıkla çaprazlama operatöründe işleme alınmaktadır. Bu olasılığa çaprazlama oranı denilmektedir ve her bir problem türü için uygun olan oran değişkenlik göstermektedir.

Kodlama türüne göre uygun olan çaprazlama türleri değişmektedir. İkili kodlamada kullanılan üç adet klasik çaprazlama yöntemi vardır. Bunlar, tek nokta çaprazlama, iki nokta çaprazlama ve tek düze (uniform) çaprazlamadır. Permütasyon kodlamada ise tek nokta, çift nokta ve kısmi planlı çaprazlama geliştirilmiş olan çaprazlama yöntemlerinden bazılarıdır (Reeves, 2003: 68-69).



Şekil 4-7 Tek Nokta Çaprazlama Örneği

Şekil 4-8’de tek nokta çaprazlamaya örnek verilmiştir. Burada rastsal olarak belirlenen bir noktadan itibaren kromozomlar arasında gen değişimleri yapılarak yeni bireyler (aday çözümler) üretilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi rastsal olarak belirlenen kesme noktasının üç olması üzerine, her iki kromozom da üçüncü noktalarından kesilerek çaprazlanmıştır.

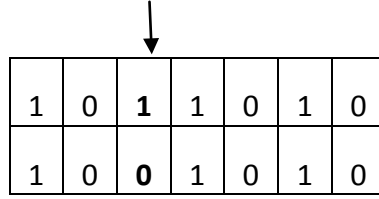
4.3.3.1.3 Mutasyon Operatörü

Genetik algoritma çözüm sürecinde, belirli bir iterasyon sonra aday çözümler birbirlerine benzemeye başlar ve çaprazlama operatörüne rağmen bu durum engellenemez. Bu da çözüm popülasyonundaki çeşitliliğin azalmasına ve çözüm uzayının daralmasına neden olur. Bu aşamada çözüm popülasyonu içerisindeki bireylerin gen yapılarını çok bozmadan yapılan küçük değişikliklerle farklı aday çözümler üretmek amacıyla mutasyon operatörü kullanılmaktadır. Bu operatörde daha iyi uygunluk değerine sahip bireyler yaratmak ve daralan çözüm uzayını genişletmek amacıyla bir kromozom içerisinde yer alan bazı genler rastsal olarak değiştirilir (Elmas, 2007: 396).

Mutasyon operatörü popülasyonda çeşitlendirme yaparak aramanın yerel optimuma takılmasını engeller. Ayrıca bu operatörün, nesiller boyunca yapılan değişiklikler sonucunda bazı genetik özelliklerin kaybolması durumunu telafi edici özelliği de

bulunmaktadır. Çaprazlama operatörünün amacı aday çözümlerden daha iyi uygunluk değerine sahip yeni aday çözümler üretmek iken, mutasyonun amacı olabildiğince geniş çözüm uzayını araştırmayı sağlamaktır (Sivanandam ve Deepa, 2008: 23).

Değişime uğrayan gen



1	0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	0

Şekil 4-8 Basit Mutasyon Uygulaması

Şekil 4-9’da ikili düzen kodlamada kullanılan en basit mutasyon uygulamasına bir örnek verilmiştir. Burada seçilen kromozom içerisinden rastgele olarak belirlenen genin değeri 0 ise 1, 1 ise 0 olarak mutasyon oranına göre değiştirilmektedir. Bunun yanı sıra her bir kodlama türüne göre uygun olan mutasyon yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları, iki yan yana komşu genin seçilerek yerlerinin değiştirilmesi şeklinde olan komşu değişim mutasyonu, rastgele olarak seçilen iki genin yerlerinin değiştirilmesi şeklinde olan rastsal değişim mutasyonu, rastsal olarak seçilen bir genin yerinin kromozom içerisinde rastsal bir pozisyona kaydırılması şeklinde olan kaydırma mutasyonudur (Nearchou, 2004: 196-197).

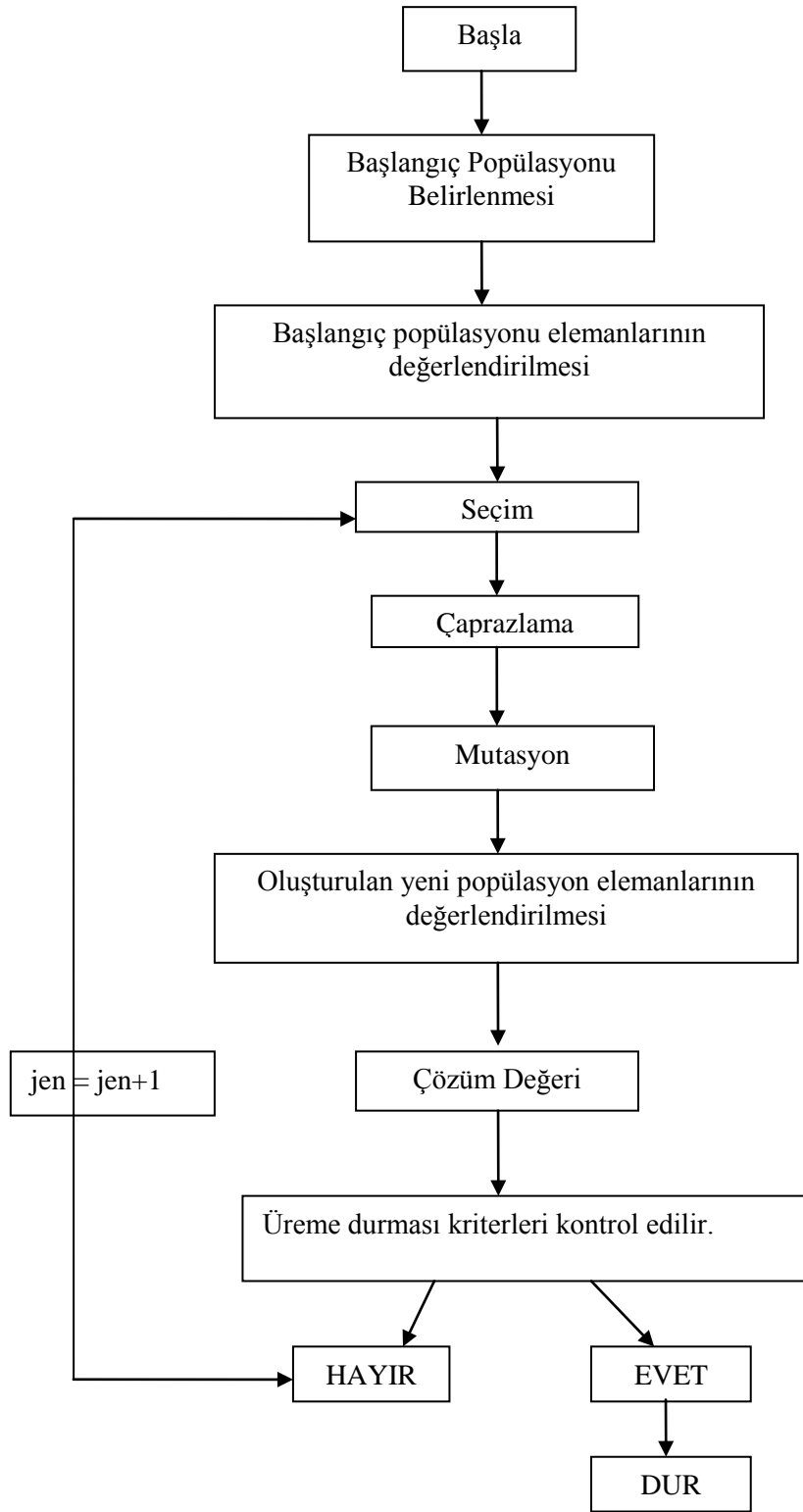
Mutasyon oranının doğru belirlenmesi çözümün yerel optimuma takılmaması veya çözüm uzayının çok genişletilerek çözümün yanlış yerlerde aranmasını engellenmesini sağlamak için önemlidir. Genellikle mutasyon operatörünün uygulanma olasılığı % 0,5 - % 15 arasında değişmektedir (Elmas, 2007:396).

4.3.3.1.4 Elitizm Operatörü

Elitizm operatörü çaprazlama ve mutasyon operatörleriyle yapılan değişiklikler sonucunda iyi uygunluk değerine sahip aday çözümlerin kaybolmasını engellemek

amacıyla kullanılan bir operatördür. Burada en iyi uygunluk değerine sahip bireylerin değişime uğraması engellenerek bir sonraki nesile aynen aktarılması sağlanır.

Genetik algoritma, basit komşu arama yöntemlerindeki gibi yerel en iyiye ulaştığında aramayı bitirmez. Bu nedenle GA' de aramanın tamamlanması için çözücü tarafından çeşitli kriterlerin belirlenmesi gerekir, aksi durumda algoritma problemi çözmeye sonsuza kadar devam eder. Araştırmacılar genellikle, sabit bir değerlendirme iterasyon sayısı önceden belirlemekte veyahut bilgisayar saatlerinde bir hesaplama süresi kısıtı belirlemektedir ya da yeni üretilen popülasyonlar arasındaki farklılıkları takip ederek birbirinden farklı sonuçların üretilmediği noktada araştırmayı sonlandırmaktadır (Reeves, 2003: 64).



Şekil 4-9 Genetik Algoritma Akış Diyagramı (Han ve Damrongwongsiri, 2005: 98)

Yukarıdaki şekilde (Şekil 4-10) bir GA akış diyagramı yer almaktadır. Başlangıç popülasyonunun ve popülasyon büyüklüğünün belirlenmesinin ardından başlangıç popülasyonunda yer alan bireyler, problemin amaç fonksiyonuna göre hesaplanan uygunluk değerlerine göre değerlendirilirler. Popülasyon içerisindeki aday çözümlerden bazıları çaprazlama oranına göre tercih edilerek uygunluk değeri iyileştirmek amacıyla değiştirildikten sonra mutasyon operatörüyle de ufak değişikliklerle bu aday çözümler çeşitlendirilir. Daha sonra bu bireylerden bazıları uygunluk fonksiyonu değerleri göz önüne alınarak gelecek nesillere aktarılmak üzere seçim operatörüyle seçilirler. Önceden belirlenmiş olan tamamlanma kriterine ulaşıldığı zaman GA aramayı sonlandırır ve arama sonucunda bulunan en iyi uygunluk değerine sahip aday çözümü sonuç olarak kabul eder.

Genetik algoritmayı diğer yöntemlerden ayıran özelliği, popülasyon adı verilen ve birden çok kromozomdan oluşan bir arama uzayına sahip olmasıdır. Ayrıca burada kullanılan mutasyon operatörü, önceki komşu arama yöntemlerindeki gibi bir noktadan noktaya gitme şeklinde ele alınmak yerine çaprazlama operatörünün rutin takipçisi olarak ve yeni popülasyonlar için yeni bireyler üretmek amacıyla kullanılmıştır (Reeves, 2003: 58).

GA'nin birçok araştırmada tercih edilmesinin nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir. (Fahimnia, Luong ve Marian: 2012: 83; Sivanandam ve Deepa, 2008: 34).

- a) Büyük bir çözüm uzayını kolayca tarama özelliğine sahip olması,
- b) Karmaşık problemlerin çözümünde göstermiş olduğu performans,
- c) Çözüm uzayında tek bir nokta üzerinden aramasını sürdürmek yerine paralel noktalar üzerinden çözüm uzayını taramaktadır. Bu nedenle diğer çözüm tekniklerine nazaran büyük ölçekli problemlerinin çözümünü daha kısa sürede gerçekleştirmektedir,
- d) GA ile problemin kısıtları belirlenirken ve sonuçların kalitesi ölçülürken çözücüye önemli bir esneklik sağlamaktadır,
- e) Yerel optimuma takılmayı engelleyici operatörlere sahiptir,
- f) Sadece fonksiyon değerlendirmelerini kullanmaktadır,
- g) Çok geniş yelpazedeki optimizasyon problemlerine uygulanabilmektedir,

h) Sürekli ve kesikli problemlere etkili bir biçimde uygulanabilmektedir.

4.3.4 Memetik Algoritma

Memetik algoritma ifadesi ilk defa 1992 yılında Moscato ve Norman tarafından yapılmış olan bir çalışmada, yerel arama tekniklerini önemli bir parça olarak kullanan evrimsel algoritmaları tanımlama kullanılmıştır. Memetik algoritma genetik algoritmaya eklenen çeşitli yerel arama aşamalarıyla elde edilmektedir. Meme kavramı Richard Dawkin'in insanları birbirleriyle etkileşimleri sonucu değişime uğrayan belirli bir bilgiyi ifade etmek için geliştirdiği bir kavramdır. Memetik algoritmada genetik algoritmadaki "gen" kavramının yerini "meme" kavramı almıştır. Gen ile memenin farkı, genler gelecek nesillere değişime uğramadan aktarılırken, memeler onu gelecek nesillere aktaracak olan bireyin onu anlaması, yorumlaması ve kullanmasına bağlı olarak değişerek gelecek nesillere taşınmaktadır (Digalakis ve Margaritis, 2004: 232-239; Radcliffe ve Surry, 1994: 1).

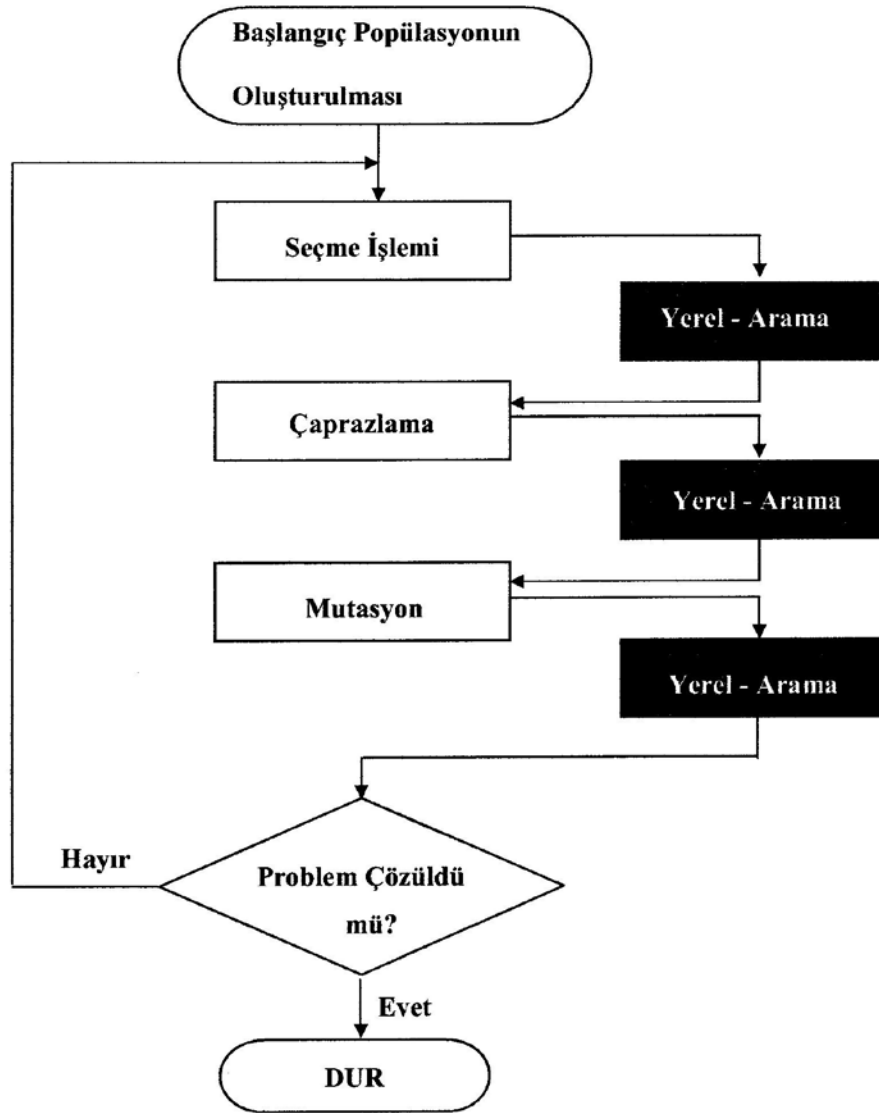
Genetik algoritma evrimsel gelişimi temel alırken, memetik algoritmada bireylerin birbirleriyle etkileşimleri sayesinde kültürel gelişime uğramasını temel almaktadır (ElMekkawy ve Lui, 2009: 509).

Memetik algoritmalar, aynı anda probleme birden fazla sonuç üretilerek bu üretilen sonuçları bir çözüm havuzunda tutarak değerlendiren ve sonuçlar arasından birbirlerine göre iyi olanları seçen popülasyon temelli bir evrimsel algoritmadır (Moscato, Cotta ve Mendes, 2004: 54).

Radcliffe ve Surry (1994), eğer bir genetik algoritmaya bir yerel arama algoritması eklenir ve her bir aday çözüm (yeni birey) popülasyona katılmadan önce bu algoritma ona uygulanırsa bu çözüm yöntemi memetik algoritma adını alır şeklinde bir tanımlama yapmıştır. Genetik algoritmada çaprazlama ve mutasyon ile üretilen yeni birey genellikle yerel optimumdan uzaklaşabilmektedir. MA'da eklenmiş olan yerel arama teknikleri sayesinde bu yeni üretilen bireylerin tekrardan yerel optimum çözüm uzayına girmesi sağlanır (Radcliffe ve Surry, 1994: 2).

Yerel arama algoritması MA'nın en önemli özelliklerinden birisidir. Burada aday çözümler üzerinde yapılan küçük değişikliklerle her aday çözümün etrafındaki daha iyi çözümler aranır. Yerel arama algoritmaları MA çözüm sürecinin değişik aşamalarında yer alabilir. Bazen herhangi bir yeniden kombinasyon (çaprazlama) veya mutasyon operatöründen sonra eklenebilirken, bazen de sadece yeniden üretim aşamasından sonra eklenebilir (Moscato, Cotta ve Mendes, 2004: 58).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 4-11), MA'ya ait akış diyagramı yer almaktadır. Bu şekilden de görüldüğü üzere, MA'nın GA'dan farkı koyu renkli kutularda yer alan yerel arama operatörleridir. Bu yerel aramaların hangi aşamadan sonra ve kaç tane yer alacağı araştırmacının tercihi ve problemin yapısıyla belirlenmektedir.



Şekil 4-10 Memetik Algoritma Akış Diyagramı (Kılıç, 2006: 23)

Memetik algoritmalar literatürde birçok değişik isim almıştır. Bu isimler, hibrit GA, Baldwinian'ın evrimsel algoritması, Lamarckian evrimsel algoritması, genetik yerel arama algoritmaları vb. dir. Bu isim farklılığının nedeni, genel olarak MA'ların uygulamalarında karşılaşılan değişikliklerdir. MA'larda yer alan yerel arama operatörlerinin sayısı ve yeri değişkenlik gösterebildiği için literatürde araştırmacılar farklı isimlerle bu algoritmayı adlandırmışlardır. Ancak 1989 yılında Moscato

yapmış olduğu çalışmasında, içerisinde bir veya daha fazla yerel arama operatörü barındıran evrimsel algoritmaları tek bir isim altında birleştirmiş ve memetik algoritma olarak adlandırmıştır (Krasnogor, Aragon ve Pacheco, 2006: 226).

Memetik algoritmalar, problemin yapısına bağlı olarak zaman zaman geleneksel evrimsel algoritmalarından çözüm süresi ve kalitesi anlamında daha etkili ve verimli performanslar göstermiştir. Ancak etkili ve verimli bir MA geliştirmenin yöntemi problemde problemde değişiklik göstermekle birlikte henüz net bir şekilde belirlenememiştir (Krasnogor ve Smith, 2005: 474).

Memetik algoritma yapısı oluşturulurken en kritik noktalardan birisi yerel algoritma ve evrimsel global algoritmalar arasındaki başabaş noktasının kararının verilmesidir. Yani hangi oranda global algoritmaya eklenecek yerel algoritma, MA'nın başarısı için yeterlidir. Bunun yanı sıra, yerel arama algoritmalarının evrimsel algoritmanın döngüsünde ne zaman ve nerede devreye gireceğinin belirlenmesi, yerel algoritma ile hangi aday çözümlerin geliştirileceğinin ve bu aday çözümlerin nasıl seçileceğinin belirlenmesi, her bir yerel arama operatöründe ne kadar hesaplama yükü yer alacağına karar verilmesi, genel başarıya ulaşabilmek için genetik operatörler ile yerel arama operatörlerinin nasıl birleştirileceğinin kararının verilmesi MA'nın başarısı için önemlidir (Krasnogor ve Smith, 2005: 476).

Bazı çözümü zor olan optimizasyon problemlerinde klasik GA, diğer meta-sezgiseller ile karşılaştırıldığında yeteri kadar iyi bir şekilde çözüm uzayını tarayamayabilmektedir. Bu durumda eklenecek olan yerel arama operatörleriyle algoritmanın çözüm uzayını daha ince ayrıntılarıyla taraması sağlanabilmektedir. MA adı verilen bu algoritmalar, bazı araç rotalama problemi ve kapasiteli ark rotalama problemlerinin çözümünde en iyi sonuçları elde etmeyi sağlamıştır (Boudia ve Prins, 2009: 705).

BÖLÜM 5: UYGULAMA

Bu bölümde yapılmış olan uygulamanın amaç ve kapsamı açıklanmış ve BÜSDR problemlerinin çözümü için geliştirilmiş olan algoritmanın performansı literatürdeki test problemleriyle ölçüldükten sonra bir gerçek hayat problemine uygulanmıştır.

5.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı

Günümüzde gelişen bilgi teknolojileri ile birlikte tedarik zinciri yönetiminde bütünleşik bir yönetim politikası uygulayabilmek ve tüm zincir elemanlarını ortak bir hedef etrafında toplayarak tedarik zincirinin karlılığını arttırabilmek mümkün hale gelmiştir. Zincir içerisinde tam zamanlı ve doğru bilgi akışı sayesinde belirsizlik azaltılmakta ve maliyetler düşürülebilmektedir. Kuşkusuz ki tedarik zinciri maliyetlerinden en önemlisi stok elde bulundurma maliyetleridir. Son yıllarda tedarik zinciri içerisindeki uygulamaları yaygınlaşan satıcı iradeli stok politikası (SİS), tedarik zincirindeki stokların tedarik zincirinin ilk elemanı tedarikçiler tarafından yönetilmesini sağlayan bir stok politikasıdır. Burada tedarik zincirinin yöneticisi olan firma ürün gönderdiği bayilerinin veya müşterilerinin stok durumlarını devamlı olarak izleyebilmekte ve gerek duyduğu durumlarda yenileyebilmektedir. Böylelikle müşteri taleplerinin tam zamanlı olarak takip edebildiği ve karşılandığı bu sistemlerde tedarik zinciri içerisinde dolaşan stoklar en aza indirgenirken, müşteri memnuniyeti artmaktadır.

Birbiri içerisinde geçmiş bir çok sistemden oluşan karmaşık yapıları tedarik zincirinin yönetim sürecinde bir çok problemle karşılaşmaktadır. Karşılaşılan bu problemlerin çözümü için alınacak olan stratejik kararlar genellikle birbirleriyle çelişebilmekte ve teker teker ele alınmaları genel tedarik zinciri başarısını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu sebeple başarılı bir tedarik zinciri yönetimi için mümkün olduğunca tedarik zincirinde karşılaşılan problemleri bütünleşik bir bakış açısıyla ele almak ve çözmek gereklidir. Literatürde son yıllarda çalışılmaya başlanmış olan bütünleşik üretim, stok ve dağıtım rotalama (BÜSDR) problemi, zincir yöneticilerinin üç önemli operasyon olan üretim, stok ve dağıtım kararlarını

bütünleşik bir şekilde çözümleyerek maliyet tasarrufu elde etmelerine yardımcı olan bir problemdir.

Bu çalışmada BÜSDR problemlerinin çözümünde kullanılacak literatürdeki yöntemlere alternatif bir yöntem geliştirilmek amaçlanmıştır. Çalışmanın uygulama bölümünde öncelikle, Archetti v.d. (2011b) tarafından geliştirilmiş olan test problemleri kullanılarak geliştirilmiş olan algoritmanın performansı ölçülmüştür. Daha sonra test problemleri üzerinde performansı ölçülmüş olan bu algoritma bir gerçek hayat problemi üzerinde uygulanmıştır. Çalışmada ele alınan problem içerisinde alt bileşen olarak NP-zor araç rotalama problemlerini barındırmaktadır. Bu sebeple ilgili problemlerin polinomial zaman içerisinde kesin yöntemlerle çözümü mümkün değildir.

Bard ve Nananukul (2009) çalışmalarında problemlerin optimum çözümünü bulan CPLEX adlı çözücünün BÜSDR problemini çözebilme yeterliliğini test edebilmek için çeşitli testler yapmışlar ve yapılan hesaplamalar sonucunda (müşteri sayısı*dönem sayısı) > 40 olduğu durumlarda CPLEX'in problemi çözmekte yetersiz olduğunu kanıtlamışlardır. İlgili problemin karmaşıklığı artan müşteri sayısı ve dönem sayısı ile birlikte hızla artmaktadır. Çalışmada bunun sebebi, problemde KARP' ın her dönem için tekrar tekrar çözülmesi olarak gösterilmiştir (Bard ve Nananukul, 2009: 271).

Problemin gerçek hayat uygulaması, üretim maliyetlerinden daha çok, dağıtım maliyetlerinin tüketiciye yansıdığı bir ürün olan ve herkesin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için ihtiyaç duyduğu şişe su üretim sektöründe yapılmıştır. Günümüzde büyük şehirlerde yaşayan insanların büyük bölümü su ihtiyaçlarını şebeke sularının kirli olması nedeniyle 19 litrelik damacana su ile karşılamaktadır. Bu nedenle son yıllarda özellikle gelişme gösteren bu sektör her geçen gün daha da büyümeye devam etmektedir. Ancak su gibi doğal kaynaklardan elde edilebilen ve neredeyse bedava denilebilecek kadar ucuz bir ürün tüketicilere ulaştırılırken taşımacılık ve depolama gibi önemli maliyet unsurlarının eklenmesiyle çok da ekonomik olmayan bir ürün haline gelmektedir. Bu çalışmada, ilgili maliyet

unsurlarının minimizasyonu ile yaşam kaynağımız olan suyun evlere daha ucuz ulaştırılması hedeflenmiştir.

5.2. Geliştirilmiş olan Algoritmanın Performansının Test Edilmesi

Bu bölümde Archetti v.d. (2011b) tarafından geliştirilmiş olan test problemleri ele alınmış ve BÜSDR problemleri için geliştirilmiş alternatif algoritmanın literatürdeki çözüm yöntemleriyle performansı karşılaştırılmıştır. Archetti v.d. (2011b) tarafından geliştirilmiş olan test problemleri seti içerisinde yer alan problemler büyüklüklerine göre üç sınıfa ayrılmıştır. Bunlar küçükten büyüğe doğru, 14 müşteri ve 6 planlama dönemini ele alan problemler A1, 50 müşteri ve 6 planlama dönemini ele alan A2 ve 100 müşteri ve 6 planlama dönemini ele alan A3 olarak isimlendirilmiştir. Her problem çeşidinden 480 adet problem bulunmaktadır.

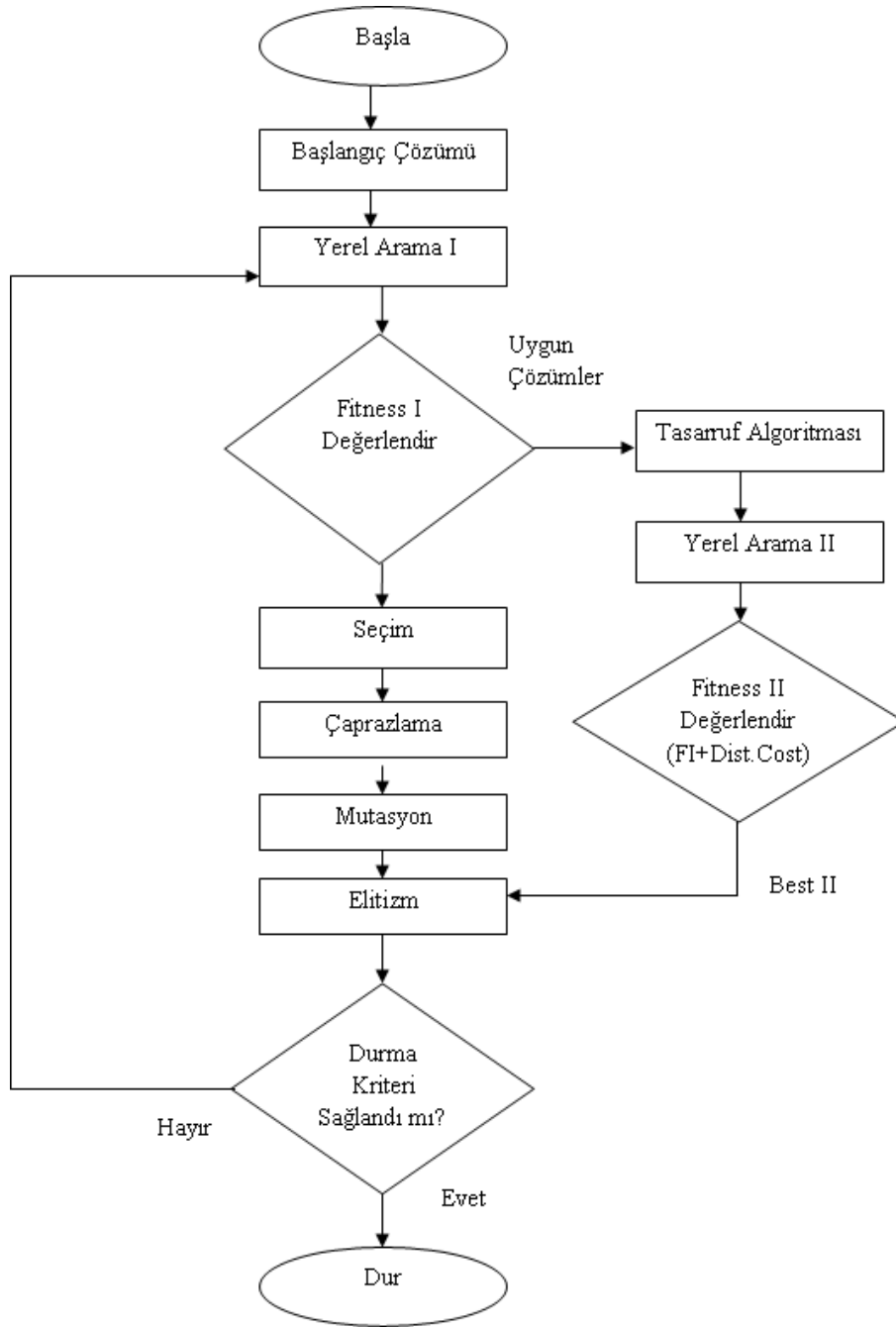
Bu problemlerde, bir üretim tesisi ve belirli bir coğrafi alana yayılmış halde bulunan bir grup müşteri setinden oluşan iki kademeli bir tedarik zinciri ele alınmıştır. Aşağıda problemlerdeki varsayımlar verilmiştir:

- a) Tedarik zinciri içerisinde dolaşımda olan tek bir ürün çeşidi olduğu varsayılmıştır.
- b) Müşterilere homojen ve belirli bir kapasiteye sahip araçlar ile dağıtım yapılmaktadır.
- c) Ürünlerin müşterilere dağıtımı her günün başında yapılmaktadır. Yani fabrikada üretim ve müşterilerde tüketim başlamadan önce müşterilere o günün dağıtımı yapılmaktadır.
- d) Aynı dağıtım aracıyla birden fazla müşteriye teslimat yapılabilir ancak farklı araçlar ile aynı müşteriye teslimat yapılamamaktadır.
- e) Müşterilere teslimatlar İGİÇ (İlk giren ilk çıkar) politikasına göre yapılır.
- f) Eğer bir müşterinin talebi gerçekleşiyorsa o gün o talep karşılanmak zorundadır. Yani taleplerin karşılanmamasına izin verilmez.
- g) Her bir müşteriye yapılacak olan teslimat miktarı, ilgili müşterinin önceden belirli olan depolama kapasitesini aşamaz.

- h) Her günün üretimi bir sonraki sabah dağıtımına hazır hale gelir. Ürünlerin üretildiği günden dağıtımına kadar beklediği sürede elde bulundurma maliyetine katlanılmaz. Bir sonraki sabah müşterilere dağıtılmayıp üretim tesislerinde kalan ürünler için stok elde bulundurma maliyetine katlanılmaktadır.
- i) Üretim tesislerinde belirli bir üretim ve depolama kapasitesi kısıtı yoktur.
- j) Üretim maliyetleri sabit hazırlık maliyeti ve değişken üretim maliyeti olarak ikiye ayrılmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde ilk aşamada, göreceli olarak daha küçük olan ve bir üretim tesisinden yapılan üretim ile 14 müşterinin 6 günlük ihtiyacının tek araç vasıtasıyla karşılandığı A1 problemlerinden alınan örnek problemler çözülmüş ve geliştirilmiş olan memetik algoritmanın (MA) performansı test edilmiştir. Bu küçük problemlerde araç rotalama problemi yerine tek aracın yer aldığı gezgin satıcı problemi yer almasına rağmen yine de çözümü zor olan problemlerdir. İkinci aşamada MA'nın bir üretim tesisi ve 50 müşterinin 6 günlük ihtiyaçlarının karşılandığı A2 problemleri üzerindeki performansı ölçülmüştür.

Burada üretim, stok elde bulundurma ve dağıtım maliyetlerinden oluşan toplam tedarik zinciri maliyetlerinin minimizasyonu için, bir üretim tesisinin müşterilerinin 6 günlük dönemdeki ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla hangi günler, ne kadar miktarda ürün üretmesi gerektiği ve bu ürünleri hangi müşterilere, hangi günler, hangi rota ile dağıtması gerektiğini belirlemek amacıyla bir memetik algoritma (MA) geliştirilmiştir. Problemin en zorlu yanların birisi, her bir planlama dönemi için ayrı bir araç rotalama probleminin çözülmesidir. Bu nedenle bu aşamada literatürde çok sıklıkla kullanılan ve genellikle kısa sürede iyi sonuçlar üretebilen tasarruf algoritması kullanılmış ve çözüm yönteminin içerisine entegre edilmiştir. Geliştirilmiş olan MA'ya ait akış diyagramı aşağıdaki şekilde (Şekil 5-1) verilmiştir.



Şekil 5-1 Geliştirilmiş Olan Memetik Algoritmanın Akış Diyagramı

Geliştirilmiş olan algoritmanın klasik GA'dan farkı içermiş olduğu yerel arama algoritmaları ve tasarruf algoritmasıdır. Başlangıç çözümünde önceden belirlenmiş popülasyon büyüklüğü kadar rastsal çözüm üretilmiştir. Daha sonra bu çözümler

yerel arama I olarak adlandırılan bir yerel arama algoritmasıyla iyileştirilmiş ve uygunluk (fitness) I fonksiyonu değerlerine göre değerlendirilmiştir. Problemin uygunluk fonksiyonu değerleri I ve II olarak ikiye ayrılmıştır. Buradaki uygunluk I fonksiyon değeri üretim ve stok elde bulundurma maliyetlerini içerirken, uygunluk II üretim, stok elde bulundurma ve dağıtım maliyetlerini içermektedir. Yerel arama I 'de hangi gün üretim yapılmalı ve hangi müşteriye ne kadar dağıtılmalı kararları üzerinde iyileştirmeler yapılmaktadır. Yapılan iyileştirmeler sonucunda uygunluk I değeri iyi olan bireyler tasarruf algoritmasıyla dağıtım rotalamaları yapılmak üzere ayrı bir çözüm havuzuna kopyalanmaktadır. Böylelikle ilk kısımdaki gelecek vadeden bireylerin dağıtım rotaları da hesaplanarak probleme genel bir sonuç üretme aşamasına getirilir. Daha sonra bu çözüm üzerine de yerel arama II algoritması uygulanarak aday çözümler iyileştirilmiştir. Yerel arama II algoritmasıyla üretilmiş olan bireyler üretim, stok ve rotalama maliyetlerini içeren uygunluk II değerlerine göre değerlendirildikten sonra buradaki en iyi sonucu veren bireyin rotalama hariç olan kısmı algoritmanın diğer kısmındaki elitizm operatörüne gönderilir. Ayrıca klasik GA operatörleri seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleri de aday çözümleri geliştirmek amacıyla kullanılmıştır. Algoritma daha önceden belirlenmiş olan iterasyon sayısına ulaştığında sonlanır ve en iyi uygunluk değerine sahip birey problemin çözümü ve en uygun maliyetle üretim, stok ve rotalama kararlarını verir.

Problemin kromozom temsilinde ikili sayı düzenini (binary) ve gerçek sayı değerlerini içeren karma kromozom temsili kullanılmıştır. İlk olarak tek araçlı göreceli olarak küçük olan problemlerin kromozom temsilinde her bir çözüm dört bölümden oluşan bir matris üzerinde ifade edilmiştir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 5-2), 4 müşteri ve 5 planlama döneminin yer aldığı küçük problemin kromozom temsili verilmiştir. Matrisin ilk bölümünde ilgili müşterinin ilgili dönemdeki talebinin hangi üretim gününden karşılandığını ifade eden gerçek değerler yer almaktadır. Şekilde görüldüğü üzere örneğin 2. sütun ve 4. satırın birleşimindeki hücrede yer alan "2", 2. müşterinin 4. günkü talebinin 2. üretimden karşılandığını ifade etmektedir. Matrisin ikinci kısmı üretim kararlarının yer aldığı tek bir sütundan (P sütunu) oluşmaktadır. Burada ikili sayı düzeni ile hangi gün üretim yapılmalı kararı verilmektedir. Örneğin aşağıdaki kromozom temsilinde P sütununda yer alan "1" değerleri o gün üretim

yapıldığını “0” değerleri ise ilgili günde üretim kararı alınmadığını ifade etmektedir. Matrisin üçüncü kısmındaki hücrelerde yer alan gerçek değerli sayılar her bir müşteriye ilgili günde ne kadar ürün gönderileceğini ifade etmektedir. Örneğin, 6.sütun, 1.satırda yer alan “44” değeri, 1.müşteriye 1. günde 44 adet ürün gönderileceğini ifade etmektedir. Matrisin son bölümü ise belirli bir planlama döneminde hangi müşterinin hangi sırayla ziyaret edileceğini ifade etmektedir. Örneğin, 1.satır ve 10. ve 13. sütunlar arasında yer alan gerçek değerler 1.günde ziyaret edilecek olan 1, 2, 3 ve 4 numaralı müşterilere yapılacak olan ziyaretin rotasının 1-3-2-4 şeklinde olacağını ifade etmektedir.

Günler	C1	C2	C3	C4	P	C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3	S4
1	1	1	1	1	1	44	15	30	22	1	3	2	4
2	1	1	1	1	0	0	15	0	44	2	4	0	0
3	1	2	1	2	1	22	0	30	0	2	1	0	0
4	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 5-2 MA’da kullanılan Kromozom Temsili

Seçim operatöründe rulet tekerleği metodu kullanılmıştır. Çaprazlama operatöründe ise tek noktadan çaprazlama yöntemi uygulanmıştır. Burada 1 ile müşteri sayısı (N) arasında bir sayı rastsal olarak belirlenmiş ve bu belirlenen nokta kesme noktası kabul edilmiştir. Kabul edilen bu noktadan kesilen parçalar iki aday birey arasında değiştirilerek yeni aday çözümler üretilmiştir. Mutasyon operatöründe matrisin ilk kısmında bir gen rastsal olarak seçilmiş ve seçilen genin değeri 1 ile o güne kadar yapılmış olan maksimum üretim günü sayısı arasında bir değere değiştirilmiştir. Örneğin, 2.müşterinin 3.günlük talebinin hangi gün üretildiğini belirten gen seçilirse, burada “2” değerini alan gen “1” ‘e değiştirilir. Burada gerçekleşen maksimum

üretim günü 2 olduğu için ilgili hücre yalnızca 1 veya 2 değerini alabilir. Kromozomun ikinci kısmı olan üretim kararları ile ilgili sütundaki ikili sayı düzenindeki değerler “1” ise “0” olarak değiştirilerek veya “0” ise “1” olarak değiştirilerek mutasyon operatörü uygulanmıştır. Ve son olarak kromozomun üçüncü kısmındaki dağıtım çizelgesini temsil eden kısımda ilgili dönemde müşterilere yapılacak olan dağıtım miktarlarının tamamının ya da bir kısmının başka bir döneme aktarılmasıyla mutasyon operatörü uygulanmıştır. Elitizm operatörü, tasarruf algoritmasının uygulanarak değerlendirildiği ve yerel arama II ile geliştirilen aday çözümlerden en iyi uygunluk değerine sahip olanın kaybolmaması ve gelecek jenerasyonlara aktarılabilmesi amacıyla kullanılmıştır. Geliştirilmiş olan algorithmada yapılan denemeler sonucunda iyi sonuçlar verdiği için mutasyon oranı 0,001, çaprazlama oranı 0,90 ve popülasyon büyüklüğü 100 olarak belirlenmiştir.

Örneğin, bir üretim merkezinden talepleri karşılanan ve belirli bir coğrafi bölgeye yayılmış halde bulunan 6 müşterinin her gün önceden belirli ve sabit talebinin, belirli bir kapasiteye sahip araç ile depolama alanı limitleri aşılmaksızın en düşük maliyetle karşılandığı küçük bir problem ele alındığında çalışmada kullanılan maliyet hesaplamaları ve kromozom temsili aşağıdaki gibidir. İlgili müşterilere ait dönem başı stok miktarı, talep ve depolama alanı kapasiteleri aşağıda tabloda (Tablo 5-1) yer aldığı gibi önceden bilinmektedir.

Tablo 5-1 Müşterilerin Dönem Başı Stok, Talep ve Depolama Alanı Bilgileri

Müşteriler	Dönem Başı Stok	Talep	Depolama Alanı Kapasitesi
1	10	10	20
2	30	15	45
3	30	15	45
4	7	7	14
5	26	13	39
6	80	16	96

Müşterilerin talepleri bir üretim merkezinde her bir ürünün üretimi için belirli bir değişken maliyete katlanılarak karşılanmaktadır. Buna ilaveten herhangi bir gün üretim kararı alındığında sabit bir üretim hazırlık maliyetine katlanılmaktadır. Müşterilerde stok elde bulundurma maliyeti bulunmazken üretim merkezinde her bir elde bulundurulan ürün için belirli bir elde bulundurma maliyetine katlanılmaktadır. Tablo 5-2 'de bu maliyet bilgileri ve araç kapasitesi verilmiştir.

Tablo 5-2 Maliyet ve Araç Kapasitesi Bilgileri

Sabit Hazırlık Maliyeti	3000
Birim Üretim Maliyeti	30
Stok elde bulundurma Maliyeti (br)	3
Araç Kapasitesi	125

Yukarıdaki bilgiler ve kısıtlar dikkate alınarak ilgili problem çözüldüğünde aşağıdaki şekildeki (Şekil 5-3) üretim, dağıtım ve rotalama planı elde edilmektedir. Burada ilk sütun üretim kararı sütunudur ve üretim merkezi 6 günlük periyod içerisinde müşterilerin taleplerini karşılamak için sadece 2.gün üretim yapmaktadır. Her bir müşterinin ilk günlük taleplerini karşılayacak kadar ellerinde dönem başı stoğu bulunduğu için üretim merkezinin ilk gün üretim ve dağıtım yapmasına gerek yoktur. Bu üretim gününde 6 günün bütün talebini karşılayacak miktarda yani 273 adet ürün üretmektedir. Bu üretilen ürünler her bir periyotta müşterilerin depolama alanı kapasitelerini ve araç kapasitesini aşamayacak şekilde müşterilere dağıtılmaktadır. Örneğin aşağıdaki planda görüldüğü üzere, 2.gün 1.müşteriye, 3.müşteriye ve 4.müşteriye teslimat yapılmış ve bu teslimatlarda ilgili müşterilere sırasıyla 10, 30, 21 adet ürün götürülmüştür. Bu teslimatlar tek bir araç ile ve 1-4-3 rotası ile gerçekleştirilmiştir.

		Üretim	MÜŞTERİLER						ROTA			
		Kararı	1	2	3	4	5	6				
Periyod	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	10	0	30	21	0	0	1	4	3	0
	3	0	10	60	0	0	52	0	2	5	1	0
	4	0	30	0	30	14	0	16	1	6	4	3
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 5-3 Üretim, Dağıtım ve Rotalama Planı

Problemdaki üretim merkezinde stok elde bulundurma maliyeti bulunurken, müşterilerde bulunmamaktadır. Ancak buna karşılık her bir müşterinin belirli bir depolama alanı kapasitesi bulunmaktadır. Bu nedenle üretim merkezindeki stok elde bulundurma maliyetinden kaçınmak için üretilen bütün ürünlerin müşterilere dağıtılması mümkün olamamaktadır. Her bir dönem sonunda belirli bir müşterinin dönem sonu stok miktarı \leq önceden belirlenmiş olan stok alanı kapasitesi eşitsizliğini sağlamalıdır. Şekil 5-4'de yukarıdaki Şekil 5-3'de elde edilmiş olan üretim, dağıtım ve rotalama planı uygulandığında her bir müşterinin her bir dönem sonundaki stok miktarlarını gösteren bir matris yer almaktadır.

		Müşteriler					
		1	2	3	4	5	6
Periyod	1	0	15	15	0	13	64
	2	0	0	30	14	0	48
	3	0	45	15	7	39	32
	4	20	30	30	14	26	32
	5	10	15	15	7	13	16
	6	0	0	0	0	0	0

Şekil 5-4 Müşterilerin Dönem Sonu Stok Miktarları

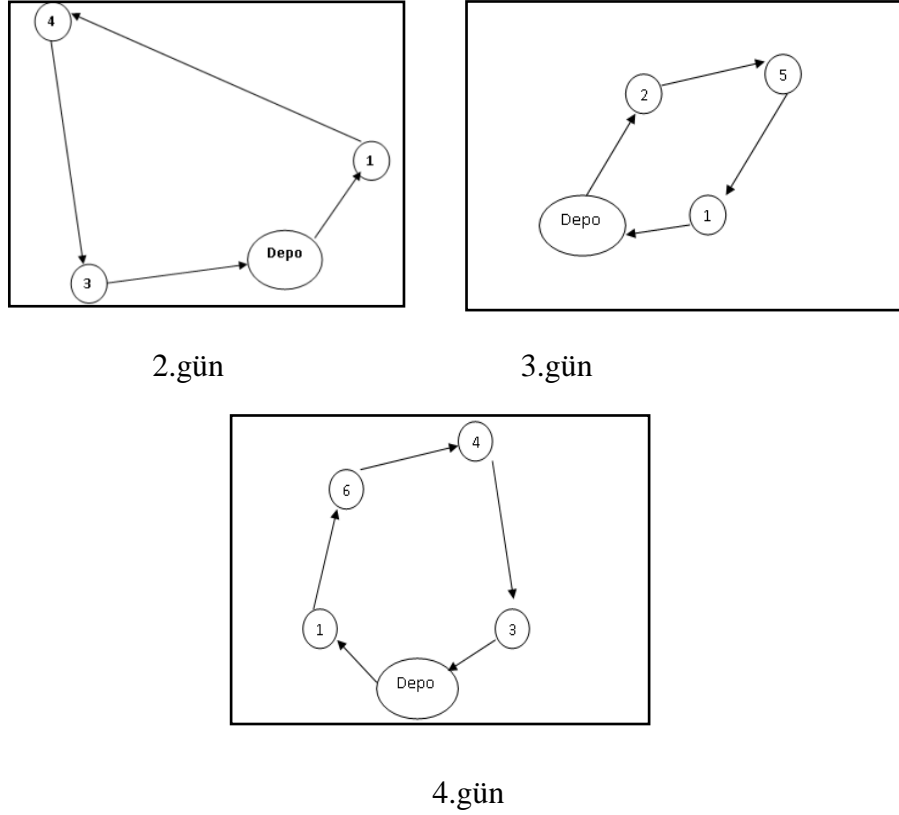
Buradaki dönem sonu stok miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Dönem Sonu Stok Miktarı = Dönem Başı Stok Miktarı + Teslimat Miktarı – Talep

Buna göre 2.müşterinin 1.gün dönem sonu stoğu 15 (30+0-15) olmaktadır. Bu hesaplama göre yukarıdaki Şekil 5-4'deki dönem sonu stok miktarları hesaplanmıştır. Geliştirilmiş olan algoritma her bir dönemdeki dağıtım miktarını belirlediğinde bu stok miktarlarını hesaplamakta ve bulunan çözümün uygunluğunu ölçmektedir.

Şekil 5-3'deki uygun üretim, dağıtım ve rotalama planını gerçekleştirdiği bir sistemin maliyetleri hesaplandığında, sabit üretim maliyeti tek bir gün üretim gerçekleştirdiği için $3000*1 = 3000$, toplamda 273 adet ürün üretildiği için toplam değişken üretim maliyeti $30*273=8190$ ve üretim merkezinin elde bulundurduğu stok için katlandığı stok maliyeti 2.gün $212*3=636$ ve 3.gün için 270 'tir. Bütün bu maliyetler toplandığında sistemin toplam üretim ve stok maliyeti elde edilmektedir. Buna göre, sistemin toplam üretim ve stok maliyeti $3000+8190+906=12096$ para birimidir. Ayrıca bir diğer maliyet olan taşımacılık maliyetleri, elde edilmiş olan dağıtım planına göre her bir gün için ayrı ayrı belirlenen rotalar vasıtasıyla hesaplanmaktadır.

Şekil 5-5 'de teslimat günleri olan 2., 3. ve 4.günlere ait teslimat rotaları verilmiştir. Test problemlerinde müşteriler arasındaki uzaklıkların simetrik olduğu yani bir noktadan diğer bir noktaya gidiş yolu ile dönüş yolunun eşit olduğu varsayılmıştır. Buna göre hesaplanan rotaların uzunlukları sırasıyla 2.gün için 968, 3.gün için 867 ve 4.gün için 534 para birim olarak hesaplanmıştır. Böylece toplam sistemin 6 günlük taşımacılık giderleri 2369 para birimidir.



Şekil 5-5 Teslimat Günlerine Ait Dağıtım Rotaları

Hesaplanan üretim, stok ve taşımacılık maliyetlerinin toplamı çözüm adayları kromozomların uygunluk değerlerini belirlemektedir. Yukarıdaki örnek problemin toplam sistem maliyeti böylece 14465 para birimi olarak hesaplanmaktadır.

Geliştirilmiş olan algoritma, MATLAB R2009a programında kodlanmış ve Archetti v.d.(2011b) tarafından geliştirilmiş olan test problemlerine uygulanmıştır. MA tarafından geliştirilmiş olan sonuçlar Archetti v.d.(2011b) tarafından geliştirilen sezgisel algoritma ve Adulyasak, Cordeau ve Jans (baskıda) tarafından geliştirilmiş optimizasyon temelli büyük komşu arama (optimization based adaptive large neighborhood search, (OPT-ALNS)) yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 5-3), A1 problem setinden seçilmiş olan 15 problemin MA ve diğer yöntemler ile çözümünden elde edilmiş olan ayrıntılı maliyetler verilmiştir. Buradaki P-I sütunundaki maliyetler sabit ve değişken üretim

maliyetleri ile stok elde bulundurma maliyetlerinin toplamını temsil ederken, T sütunundaki değerler taşımacılık maliyetleri temsil etmektedir. Problemin çözümünden elde edilen toplam üretim, stok ve dağıtım maliyetleri ise TC sütununda yer almaktadır.

Tablo 5-3 A1 Problem Setinden Çözülen Problemlere Ait Maliyet Değerleri

Prob.No.	OPTİMUM			SEZGİSEL	OPT-ALNS			MA		
	T	P-I	TC	TC	T	P-I	TC	T	P-I	TC
73,1	3074	23469	26543	26972	3478	23304	26782	3204	23514	26718**
73,2	3156	19536	22692	22971	3414	19386	22800	3180	19626	22806*
73,3	2701	17424	20125	20754	2723	17424	20147	2758	17520	20278*
73,4	3268	21138	24406	24475	3490	21138	24628	3295	21312	24607*
73,5	3242	19647	22889	23281	3517	19632	23149	3310	19677	22987**
74,1	3039	23940	26979	27300	3393	23871	27264	3059	24096	27155**
74,2	3559	19599	23158	23208	3987	19572	23559	3626	19629	23255*
74,3	2481	17709	20190	20866	2606	17676	20282	2575	17817	20392*
74,4	3205	21582	24787	24912	3753	21390	25143	3696	21411	25107*
74,5	3166	20100	23266	24042	3980	20100	24080	3629	20349	23978**
75,1	3496	25062	28558	28652	4424	25065	29489	4575	25588	30163
75,2	3489	20325	23814	23814	4517	20232	24749	3987	20559	24546*
75,3	2544	18219	20763	21267	2950	18240	21190	3298	18455	21753
75,4	-	-	-	25912	4571	22206	26777	3993	22515	26508*
75,5	4051	21039	25090	25466	4744	21039	25783	4596	21021	25617*
Ortalama			23804	24259			24388			24391

*Bir yöntemden daha iyi

**İki yöntemden de daha iyi

Tablo 5-3 'de görüldüğü üzere geliştirilmiş olan MA diğer yöntemlere göre bazı problemlerde, Archetti v.d.(2011b) tarafından geliştirilmiş sezgisel algoritma ve Adulyasak, Cordeau ve Jans (baskıda) tarafından geliştirilmiş olan OPT-ALNS yöntemlerinin her ikisinden de daha iyi sonuçlar üretirken, bazı problemlerde her iki yöntemden birisinden iyi sonuçlar üretmiştir. Tablo 5-4'de yer alan performans değerlendirmelerinden de görüleceği üzere geliştirilmiş olan algoritma optimum

sonuca 15 problemin ortalamasında yaklaşık % 2 değerinde yaklaşmış ve sezgisel ve OPT-ALNS yöntemlerine de sırasıyla % 0,01 ve % 0,54 oranında yaklaşmıştır.

Tablo 5-4 MA'nın A1 Problem Setinin Problemlerinde Diğer Yöntemlere Göre Performansı

Problem	Optimum	Sezgisel	Opt-ALNS
73,1	0,007	-0,009	-0,002
73,2	0,005	-0,007	0,000
73,3	0,008	-0,023	0,007
73,4	0,008	0,005	-0,001
73,5	0,004	-0,013	-0,007
74,1	0,007	-0,005	-0,004
74,2	0,004	0,002	-0,013
74,3	0,010	-0,023	0,005
74,4	0,013	0,008	-0,001
74,5	0,031	-0,003	-0,004
75,1	0,056	0,053	0,023
75,2	0,031	0,031	-0,008
75,3	0,048	0,023	0,027
75,4	---	0,023	-0,010
75,5	0,021	0,006	-0,006
Ortalama	0,0247	0,0001	0,0054

Küçük problemler üzerinde iyi bir performans gösteren MA, orta ölçekli A2 problem setinden seçilmiş olan 10 probleme uygulanarak, 50 müşteri ve çok araçlı sistemde algoritmanın performansı değerlendirilmiştir. Aşağıdaki tabloda (Tablo 5-5), MA'nın bu problemler için ürettiği maliyet değerleri ve literatürdeki diğer yöntemlerle elde edilmiş olan maliyet değerleri verilmiştir. Tablo 5-5 'den görüleceği üzere geliştirilmiş olan MA, genellikle problemlerin çözümünde en az bir yöntemden daha iyi sonuç üretmiştir.

Tablo 5-5 A2 Problem Setinden Çözülen Problemlere Ait Maliyet Değerleri

Problem	SEZGİSEL			OPT-ALNS			MA		
	P-I	T	TC	P-I	T	TC	P-I	T	TC
75,1	71343	10385	81728	69381	10808	80189	69657	11685	81342*
76,1	187400	7479	194879	183992	8427	192419	184992	8374	193366*
77,1	188232	8043	196275	183632	9604	193236	184888	9763	194651*
78,1	189592	10616	200208	183704	11427	195131	184984	12188	197172*
84,1	187552	21045	208597	183808	22402	206210	186088	24245	210333
86,1	674904	7995	682899	671505	8998	680503	671787	9467	681254*
87,1	673416	10345	683761	671283	11400	682683	671907	11600	683507
88,1	1799872	7611	1807483	1790408	8439	1798847	1791440	8395	1799835*
89,1	1800536	8402	1808938	1789984	9584	1799568	1791208	9763	1800971*
90,1	1795200	10729	1805929	1790024	11427	1801451	1791304	12046	1803350*
Ortalama			767069			763023			764578

Aşağıdaki tablo (Tablo 5-6), geliştirilmiş olan algoritmanın diğer algoritmalara göre vermiş olduğu sonuçların yüzdesel farklarını göstermektedir. Tablodan da görüleceği üzere, MA'nın performansı diğer algoritmalar ile karşılaştırıldığında iyi bir sonuç vermektedir. Ortalamada sezgisel yöntemden % 0,40 oranında daha iyi bir sonuç üretirken, literatürdeki şüana kadar ki en iyi sonuçları üretmiş olan OPT-ALNS metoduna %0,62 oranında yaklaşmıştır.

Tablo 5-6 MA'nın A2 Problem Setinin Problemlerinde Diğer Yöntemlere Göre Performansı

Problem	Sezgisel	OPT-ALNS
75,1	-0,47%	1,44%
76,1	-0,78%	0,49%
77,1	-0,83%	0,73%
78,1	-1,52%	1,05%
84,1	0,83%	2,00%
86,1	-0,24%	0,11%
87,1	-0,04%	0,12%
88,1	-0,42%	0,05%
89,1	-0,44%	0,08%
90,1	-0,14%	0,11%
Ortalama	-0,40%	0,62%

5.3. Bütünleşik Üretim, Stok, Dağıtım Rotalama Problemlerinin Damacana Su Sektörü Uygulaması

Bu bölümde, damaca su sektöründe öncü firmalardan birisi olan Hamidiye A.Ş. için toplam tedarik zinciri maliyetlerini en aza indigeyecek bütünleşik üretim, stok, dağıtım planı hazırlanmıştır. Öncelikle içme suyu sektörü hakkında genel bir bilgi verilmiş, daha sonra Hamidiye A.Ş. 'deki mevcut durum, geliştirilen yeni model ve bu model ile elde edilecek avantajlar tanımlanmıştır.

5.3.1. Türkiye'de Ambalajlı İçme Suyu Sektörü

Yaşam kaynağımız olan suyun, ilerleyen teknoloji ve şehirleşmeyle birlikte artan çevre kirliliği nedeniyle kaynaktan çıktığı şekilde tüketilememesi şişelenmiş temiz içecek suyu sektörünün gün geçtikçe büyümesine ve önem kazanmasına neden olmaktadır. Ülkemizin sahip olduğu doğal kaynak suları bakımından oldukça zengin

olması, içme suyu sektöründe gerek yurt içinde gerekse yurt dışında ilgi çekici bir pazar haline gelmesine neden olmaktadır.

Şehir halkına kaliteli içme suyu sağlamak amacıyla Sultan II. Abdülhamit tarafından 1902 yılında kurulmuş olan Hamidiye tesisleri, su sanayinin ülkemizde Cumhuriyet öncesi atılmış olan ilk adımıdır. Cumhuriyet döneminden sonraki gelişim ise 1930'lu yıllara dayanmaktadır. Günümüzdeki şişelenmiş içme suyu kavramına en yakın girişim yani kaynak suyunun el değmeden şişelenerek pazarlanması ise 1932 yılında Kocataş suyu tesislerinde yapılmıştır.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 (Tahmini)
Toplam Üretim (Milyar Litre)	8,1	8,7	9,0	9,5	9,9	10,3	10,5
Damacana(Milyar Litre)	6,0	6,3	6,3	6,4	6,5	6,5	6,4
PET Üretim(Milyar Litre)	2,1	2,4	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1
Pazar Büyüklüğü(Milyar TL)	2,5	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7	4,0
Kişi Başı Tüketim/Yıl	115	122	124	128	133	135	138
Büyüme %		7%	3%	6%	4,2%	3,1%	3%

Şekil 5-6 Türkiye'deki Ambalajlı Su Sektörünün Son 5 Yıllık Gelişimi (Çevrimiçi 4)

Yukarıdaki Şekil 5-7'den görülebileceği üzere, Türkiye'de su piyasası her yıl büyüyerek gelişimini sürdürmektedir. Ambalajlı su üreticileri derneğinin (SUDER) verilerine, göre son beş yıldır düzenli olarak büyümeye devam eden su sektöründe, 2012 yılında Türkiye'deki pazar hacmi 10,2 milyar litreye ulaşmıştır. Bu miktarın 6,45 milyar litresi gibi yarısından fazla miktarı damacana satış kanalından elde edilmiştir. Damacana su pazarı tonaj olarak toplam şişe su pazarının % 63'ünü oluştururken, diğer ambalajlı sular % 37'sini oluşturmuştur. Sektörde 2012 yılında elde edilen toplam ciro yaklaşık olarak 3,7 milyar TL'ye ulaşmıştır. 2013 yılında su sektöründe pazar hacminin 10,5 milyar litreye ulaşması ve sektördeki toplam cironun yaklaşık 4 milyar TL'ye ulaşması beklenmektedir.

Türkiye'de 86 lt olan yıllık kişi başı damacana şişe su tüketiminin her yıl giderek artması bu pazarı firmalar için çekici hale getirmektedir. Ayrıca ambalajlı su

sektöründe mevcut endüstriyel kapasitenin henüz % 40 'ı kullanıldığı düşünülürse, Türkiye'de ambalajlı su sektörü büyüyen pazar talebini karşılayabilecek potansiyele sahiptir (Çevrimiçi 4).

5.3.2. Hamidiye Kaynak Suları Sanayi, Turizm ve Ticaret A.Ş.

Hamidiye A.Ş. 1979 yılında İstanbul'un Kemerburgaz ilçesinde kurulmuş olan bir kamu kuruluşudur. İstanbul'da faaliyet gösteren bu firma, sağlıklı içme suyunun halka uygun koşullarda pazarlanması, yeni su kaynaklarının keşfi, İstanbul'da şebeke isale hattı bulunmayan bölgelere İSKİ adına şebeke suyunun ulaştırılması, su istasyonları ile halka doğrudan sağlıklı ve ucuz içme suyunun ulaştırılması görevlerini üstlenmiştir (Çevrimiçi 1). Hamidiye kaynak sularında, 125 ml., 180 ml., 250 ml. ve 330 ml. bardak su, florürlü bardak su, 19 ve 11 lt.' lik polikarbon ambalajlı su mamulleri üretilmektedir (Çevrimiçi 3).

Hamidiye A.Ş. 1994 yılından sonra yaptığı yatırımlarla çağın gerektirdiği modern tesislere ve firma anlayışına kavuşturmuştur. Yapılan yenilikçi çalışmalar ve atılımlar ile su sektöründe işletmecilik açısından lider kuruluş haline getirilmiştir. Hamidiye kaynak suları dünya sağlık örgütü tarafından 1. derecede koruyucu sağlık hizmeti olarak önerilen florürlü su üretimi ile rakiplerinden farklılaşmaktadır. (Çevrimiçi 3).

5.3.2.1. Hamidiye A.Ş. 19 lt. 'lik Polikarbon Ambalajlı Su Üretim ve Dağıtım

Amerika'da uzun yıllardır yaygın olarak kullanılan, son yıllarda Avrupa'da kullanılmaya başlanan dönüşümlü polikarbon ambalajlı su hakkında, Hamidiye A.Ş. Amerika, İngiltere ve İsveç'te yaptığı araştırmalar sonucunda dünya normlarında bir teknolojiyi Türkiye'de kurmuştur. Ülkemizde ilk kez polikarbon ambalajlı su üretimi, saatte 1200 ambalaj kapasiteli Amerikan teknolojisi üretim makinesi, otomatik ambalaj ve istifleme makineleri, lazer sistemli kodlama cihazları, konveyör bant sistemleri, laboratuvar ve ozonlama sistemlerinin de bulunduğu tesislerinde üretimini gerçekleştirmektedir (Çevrimiçi 3).

Hamidiye A.Ş. polikarbon ambalajlı su üretiminin 1. yılında dünya standartlarına ulaşan çalışmaları nedeniyle Türkiye’de ilke defa Uluslararası Şişelenmiş Su Birliği (IBWA) kalite belgesini almıştır. Su ve ambalajların dezenfeksiyonu için dünyadaki en modern dezenfeksiyon sistemi “ozonlama” kullanılmakta, bütün ürünler günlük laboratuvar kontrolünden geçmekte ve geniş bir dağıtım ağıyla halka ulaştırılmaktadır (Çevrimiçi 3).

Hamidiye A.Ş. ‘nin pazardaki misyonu bugün için polikarbon ambalajlı su piyasasının öncüsü konumuna gelerek sektördeki kalitenin artmasına katkıda bulunmanın yanı sıra, tüketicinin mağdur olamaması için fiyatları dengeleme görevi üstlenmektedir (Çevrimiçi 1).



Şekil 5-7 Hamidiye A.Ş. 19 lt Polikarbon Su Üretim ve Yükleme

Hamidiye A.Ş. ‘de iki adet polikarbon su dolum hattı (Şekil 5-8) bulunmaktadır. Hatların kapasitesi 1200 damacana/saattir. Her bir dolum hattında iki adet işçi çalışmaktadır. Bu işçilerden bir tanesi, dolumu yapılacak damacanelerin kontrolünü

yaparken, diğeri de dolumu tamamlanmış olan damacanelerin su seviyesini ve etiketlerini kontrol etmektedir. Günlük üretim saatinin 1 saati makine hazırlık süresine ayrılmaktadır. Dolum işlemi tamamlanmış olan damacaneler son kontrolden geçtikten sonra yukarıdaki şekilde (Şekil 5-7) görüldüğü gibi robot yardımıyla paletlere yerleştirilmekte ve forkliftler ile araçlara yerleştirilecekleri alanlara taşınmaktadır.



Şekil 5-8 Damacana Şişe Dolum

Dolumu tamamlanmış olan ürünler araç filosu yardımıyla, özellikle İstanbul'da taşımacılık için büyük problem teşkil eden trafik faktöründen etkilenmemek için %80 gece saatlerinde ve geri kalanı da gün içerisinde araçların trafiğe çıkış yasağı olmadığı saat 10:00 sonrasında tüketicilere ulaştırılmaktadır.

Üretim merkezinde stok elde bulundurulduğu durumlarda katlanılan maliyet birim başına 0,2 TL'dir. Bu maliyet fiziksel alan maliyeti, bidon ve palet yıpranma bedeli, fire maliyeti, elleçleme maliyeti, yönetim ve sigorta maliyetlerinin toplamının birim başına yansıyan miktarıdır.

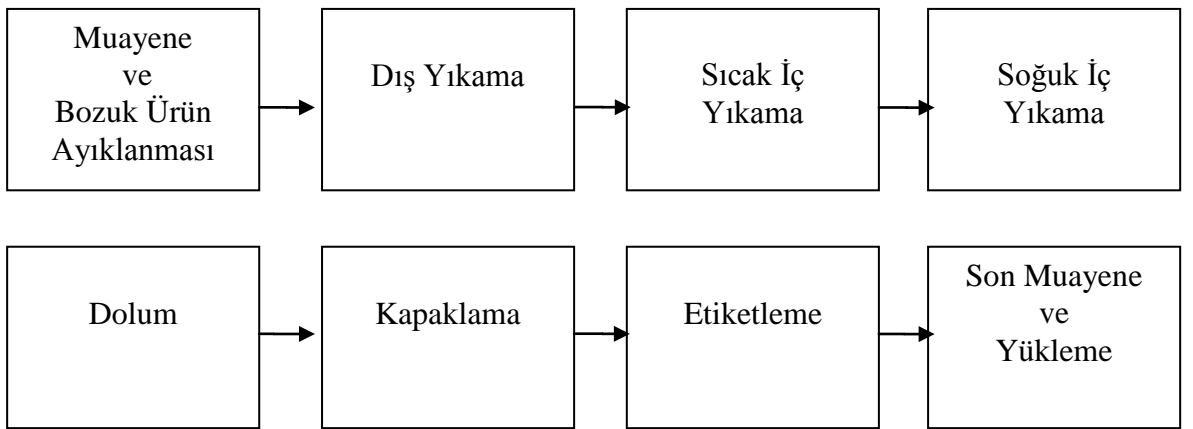
Birim başına değişken üretim maliyeti ise polikarbon şişe ve etiket maliyeti, kapak maliyeti, yıkama maliyeti, palet maliyeti, işçilik maliyeti, fire maliyeti ve GÜM

giderleri gibi maliyet kalemlerinin toplanmasından birim başına yansıyan miktar olarak 1,8 TL'dir.

Damacana üretim hattında üretime başlanılmadan önce belirli bir hazırlık süresine ihtiyaç vardır. Ve bu sürecin de önemli bir sabit maliyeti bulunmaktadır. Literatürde Boudia, Louly ve Prins (2008), üretim hazırlık maliyetini (set-up cost)'u, çiftlik hayvanları için yem üreten bir firmada her bir üretim günü için karıştırma makinelerinin (mixer) temizlenmesi ve yeniden ısıtılması için katlanılan maliyet olarak tanımlamışlardır. Bu tür operasyonlar üretim hattının her çalıştırılmasında katlanılan maliyetlerdir.

Hamidiye A.Ş.'deki damacana dolum hattının üretime başlayabilmesi için 1 saatlik bir hazırlık süresine katlanılmaktadır. Bu süre zarfında bir laboratuvar elemanı, kalite kontrol elemanı ve işçi çalışmaktadır. Bu aşamada üretim kararının alınmasıyla birlikte sabit bir maliyete katlanılmaktadır ve bu aşamadaki maliyet üretimin en pahalı maliyetidir. Her bir üretim hattı çalışma gününde yaklaşık 400 TL olan bu maliyetin içerisinde, elektrik, doğalgaz, işçilik, laboratuvar masrafları bulunmaktadır.

Hamidiye A.Ş Kemerburgaz tesislerinde üretimini tamamladığı damacana suları ana bayilerine ve bazı büyük bayilerine 5 adet TIR (960 adet damacana kapasiteli) ve 7 adet kamyon (576 adet damacana kapasiteli) ile taşımaktadır.



Şekil 5-9 Damacana Su Üretim Hattı

Şekil 5-9’da Hamidiye A.Ş.’deki damacana su üretim hattındaki iş akışı gösterilmektedir. Üretim hattındaki ilk iş tali bayilerden toplanarak getirilen damacanelerin tekrardan dolun için kullanılabilirliğinin bir işçi tarafından kontrol edilmesidir. Bu süreçteki kontrolde damacana çok fazla yıpranmış ise veya daha önceki kullanımda içerisinde su haricinde bir madde bulunmuş ise tekrardan üretime alınmaz ve imha edilir. İlk muayeneden geçen damacaneler, dış yıkama makinesinde basınçlı su ile yıkanır ve iç yıkama makinesine gönderilir. Burada 70 derece sıcaklığında dezenfekte iç yıkaması yapılan damacalar dolmaları üzere dolun makinesine gönderilir. Dolun odaları hijyenik dolun odasıyla birbirinden ayrılmıştır. Bu odalarda steril hava filtresi (hepa filtreler) bulunur. Dolunu yapılan damacana, sırasıyla kapaklama, tarih kodlama, emniyet bandı takma, emniyet bandı yapıştırma makinelerinden geçerek son muayene noktasına ulaşır. Burada gerçekleştirilen son muayenenin ardından robotlar yardımıyla protrack kasalara yüklemeler yapılarak forkliftler vasıtasıyla araçlara yükleme yapılır (Çevrimiçi1).

5.3.2.2 Hamidiye A.Ş için Memetik Algoritma ile Geliştirilen Bütünleşik Üretim-Dağıtım Planı

Hamidiye kaynak sularının 2 adet Anadolu yakasında ve 3 adet Avrupa yakasında olmak üzere toplam 5 adet dağıtım deposu bulunmaktadır. Şekil 5-10’daki haritada bu ana depoların lokasyonları yer almaktadır. Mevcut olan dağıtım sisteminde Hamidiye kaynak sularının Kemerburgaz’daki üretim tesislerinde üretimi tamamlanan damacana su şişeleri TIR’lar vasıtasıyla ilgili dağıtım depolarına taşınmakta ve buradan da tali bayiler tarafından kendi araçlarıyla teslim almaktadır.




Şekil 5-10 Hamidiye A.Ş. Ana Bayi Lokasyonları

Şekil 5-11 ve Şekil 5-12’de Hamidiye A.Ş.’nin Anadolu ve Avrupa bölgesindeki ana depolarına ait harita konumları ve GPS koordinatları verilmiştir.

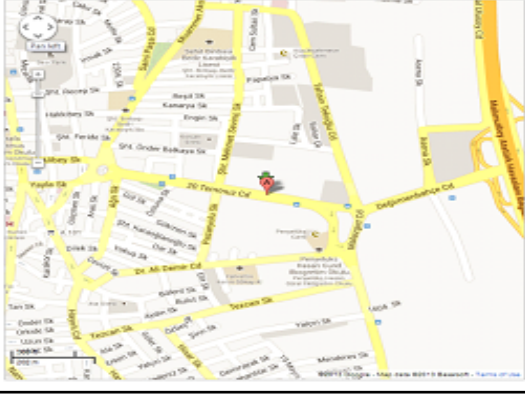
Ana Depo	Adres	GPS	
		X	Y
Süntaş	Aydınevler Mh.Kaptan Sk.No.7 KÜÇÜKYALI / İSTANBUL	40,926686	29,128799
Kardelen	Tepeören mah. Kıraztepe Cad. Odabaşı Sk. No.1 TUZLA/İSTANBUL	40,918312	29,377758

Şekil 5-11 Hamidiye A.Ş. Anadolu Bölgesi Ana Depolarının Harita Konumu

Ana Depo	Adres	GPS	
		X	Y
Aksu	Çakmaklı mah. 611 Sok. No:4 BÜYÜKÇEKMECE / İSTANBUL	41,033026	28,685194



Ana Depo	Adres	GPS	
		X	Y
Şahika	Tevfikbey Mah. 20 Temmuz Cad. No:42/B Sefaköy - K.Çekmece / İSTANBUL	41,00871	28,80579



Ana Depo	Adres	GPS	
		X	Y
Sena	Fatih Sultan Mehmet Bulvarı Baraj Yolu Üzeri Ağaç A.Ş. Yanı Alibeyköy / İSTANBUL	41,09048	28,9383320



Şekil 5-12 Hamidiye A.Ş. Anadolu Bölgesi Ana Depolarının Harita Konumu

Şekil 5-13 'den görülebileceği üzere, Anadolu bölgesindeki ana depolara bağlı olan bayi sayısı 47, Avrupa bölgesindeki ana depolara bağlı olan bayi sayısı 91 olmak üzere toplamda tali bayi sayısı 138 adettir.

AVRUPA BÖLGESİ	
Ana Depo Adı	Bağlı olan Tali Bayi Sayısı
Aksu İçme Suları	21
Sena	26
Şahika	44

ANADOLU BÖLGESİ	
Ana Depo Adı	Bağlı olan Tali Bayi Sayısı
Sümtaş	22
Kardelen	25

Şekil 5-13 Hamidiye A.Ş. Tali Bayi Dağılımı

Bayilerin ellerinde bulunan araçların kapasitesi 100 adet damacana taşıyabilecek büyüklüktedir. Bu sebeple bazı bayilerin günlük taleplerini karşılayabilmek için bölgesindeki ana depoyu günde birkaç kez ziyaret etmesi gerekmektedir. Bu araçların şehir içindeki ortalama yakıt tüketimi ise 100 km’de 11,5 litredir. Ve her bir tali bayinin sınırlı miktarda depolama alanı bulunmaktadır. Örneğin, Anadolu bölgesinde bulunan Sümtaş ana deposuna bağlı olan 22 tali bayi günlük taleplerini karşılayabilmek için toplamda 32 tur yapmakta ve bu araçların toplam günlük katettikleri mesafe 694,38 km’dir. Günlük bu bölgedeki yakıt gideri 347,19 TL ve haftalık yakıt gideri 2083,14 TL’dir. Aşağıdaki şekil 5-14 ‘de 5 ana depoya ait günlük teslimatları almaya giden araç sayısı, katledilen mesafe ve bu depolara ait günlük ve haftalık yakıt giderleri verilmiştir.

Ana bayi	Tur Sayısı	Günlük Katedilen Mesafe (km)	Günlük Maliyet(TL)	Haftalık Maliyet(TL)
Sümtaş	32	694,38	347,19	2083,14
Kardelen	31	950,81	475,405	2852,43
Şahika	81	1632,47	816,235	4897,41
Sena	40	566,69	283,345	1700,07
Aksu	39	1011,75	505,875	3035,25

Şekil 5-14 Mevcut Taşıma Maliyetleri

Hamidiye kaynak suları Kemerburgaz'daki üretim tesislerinde, saatte 1200 damacana şişe dolun kapasitesi ile haftanın 6 günü üretim yapmaktadır. Bu durumda her gün bir üretim hattı başına 400 TL olmak üzere toplamda 4800 TL haftalık hazırlık maliyetine katlanılmaktadır. Firmada üretimi yapılan ürünler ertesi günü sabahın ana depolara dağıtıldığı için herhangi bir stok elde bulundurma maliyeti bulunmamaktadır.

Geliştirilmiş olan MA ile Hamidiye kaynak sularına alternatif bir bütünleşik üretim-dağıtım planı hazırlanmıştır. Mevcut sistemde önemli bir maliyet unsuru olduğu tahmin edilen ve tali bayilerin sorumluluğunda olan talep teslim alma faaliyeti ile ilgili, her bir bölge ana bayisinden tali bayilere 576 damacana kapasiteli ve şehir içinde ortalama yakıt tüketimi 100 km'de 30,25 litre mazot olan kamyonlarla dağıtıldığı varsayılarak ana bölge bayisi için dağıtım rotası oluşturulmuştur. Bu dağıtım rotaları oluşturulurken tali bayilerin depolama alanı kısıtları göz önünde bulundurulmuş ve bu miktarı aşmayacak şekilde planlama yapılmıştır. Dağıtım rotaları oluşturulurken sistem bir bütün halinde ele alınmış ve tali bayilerin günlük taleplerinin aksamadan ve en az maliyetle karşılanabilmesi için bütünleşik üretim, stok ve dağıtım planı hazırlanmıştır.

Yapılmış olan üretim-dağıtım planına göre Anadolu bölgesindeki bayi talepleri 2 günlük üretimle karşılanabilirken, Avrupa bölgesindeki bayi talepleri 3 günlük üretimle karşılanabilmektedir. Böylece Hamidiye kaynak sularında toplamda 5 gün gerçekleştirilecek üretim ile bütün bölgelerin 6 günlük talepleri karşılanabilmektedir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 5-15), her bir ana deponun toplam 1 haftalık talebini karşılayabilmek için haftada kaç gün üretim yapıldığı ve bu gerçekleşen üretimlerde kaç adet ürün üretildiği yer almaktadır. Örneğin yeni plana göre, Avrupa bölgesinde bulunan Şahika adlı ana deponun 41856 adet haftalık talebi 3 gün, günde 13952 adet damacana dolunu yapılarak karşılanabilmektedir. Aynı şekilde Anadolu bölgesindeki Sümtaş adlı ana deponun 14010 adet damacana olan talebi haftada 2 kez, günlük 7005 adet üretim hacmi ile karşılanabilmektedir.

Ana Depo	Günlük Üretim Miktarı (birim)	Üretim Günü Sayısı
Şahika	13952	3
Sena	6832	3
Aksu	6746	3
Kardelen	6909	2
Sümtaş	7005	2

Şekil 5-15 Ana Depo için Üretilen Günlük Damacana ve Üretim Günü Sayısı

Bunun yanı sıra, yeni planda mevcut düzenden farklı olarak az da olsa belirli bir miktarda stok bulundurulmaktadır ve bu sayede üretim gün sayısı azaltılmıştır. Örneğin Anadolu bölgesindeki tali bayilerin günlük talep değeri araç kapasitesine çok yakın olan yüksek talepli olanları haricine sadece 2 gün ziyaret gerçekleştirilmektedir. Bu sayede üretim yapılan günlerde büyük oranda dağıtım tamamlandığı için stok elde bulundurma maliyeti oldukça az olmaktadır. Buradaki dağıtım miktarları belirlenirken tali bayilerin depo kapasiteleri göz önünde bulundurulmuştur. Ek I ve Ek II 'de her bir ana bayiye ait dağıtım rotaları ve üretim-dağıtım planı yer almaktadır.

Ana Bayi	Tur Sayısı	Haftalık Katedilen Mesafe (km)	Haftalık Maliyet(TL)
Sümtaş	16	735,39	956,007
Kardelen	14	956,61	1243,593
Şahika	26	1903	2473,9
Sena	14	758,72	986,336
Aksu	11	1379,96	1793,948

Şekil 5-16 Yeni Durum Taşımacılık Maliyetleri

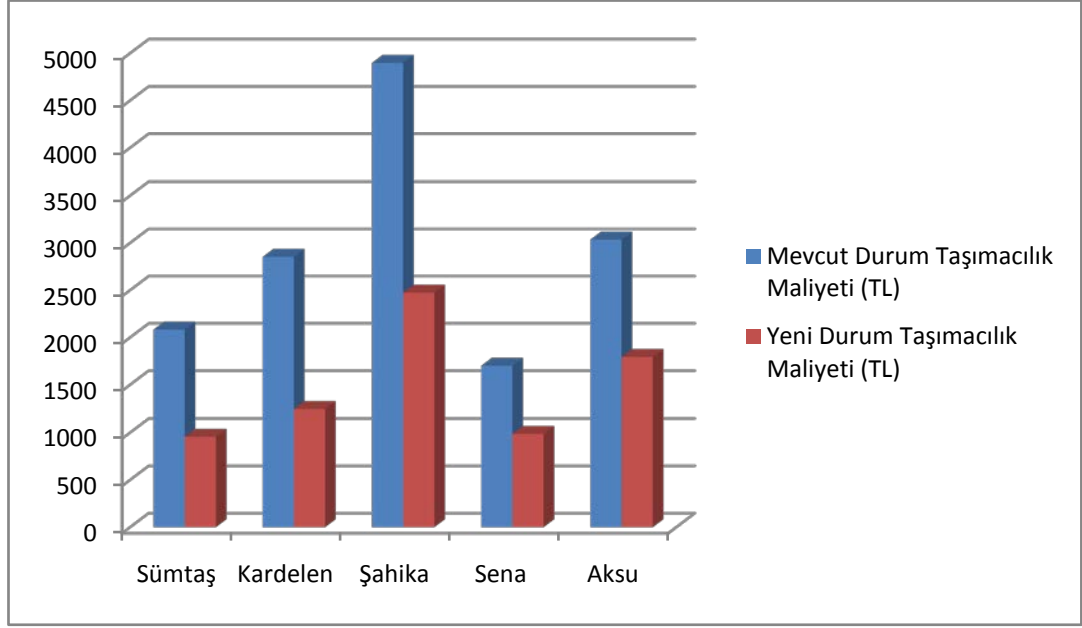
Şekil 5-16'de geliştirilmiş olan yeni sistemde uygulandığında her bir ana depodaki haftalık katledilen mesafeler ve ortalama yakıt tüketimi 100 km'de 30,25 litre mazot

olan kamyonlar ile taşımacılığın yapıldığı durumlardaki haftalık taşımacılık maliyetleri yer almaktadır.

Ana Bayi	Yeni Haftalık Maliyet(TL)	Eski Haftalık Maliyet(TL)	Maliyet Tasarrufu
Sümtaş	956,007	2083,14	0,54
Kardelen	1243,593	2852,43	0,56
Şahika	2473,9	4897,41	0,49
Sena	986,336	1700,07	0,41
Aksu	1793,948	3035,25	0,40
Toplam	7453.784	14568.3	0,49

Şekil 5-17 Taşımacılık Maliyetlerinden Elde Edilen Maliyet Tasarrufu

Yukarıdaki Şekil 5-17'den görüleceği üzere, yapılmış olan yeni bütünleşik plan sayesinde taşımacılık maliyetleri yaklaşık %50 oranında azaltılmıştır. Ayrıca ana depoya bayiler tarafından yapılan tur sayısı da önemli derecede azaltılmıştır. Bu yeni plan sayesinde haftada 5 gün üretim yapan Hamidiye kaynak sularının üretim gün sayısı azaltılmış ve toplam haftalık hazırlık maliyeti $400 \times 5 = 2000$ üretim hattı başına ve toplamda 4000 TL olmuştur.



Şekil 5-18 Ana Depolara ait Taşımacılık Maliyetleri

Şekil 5-18’de 5 ana bayi için taşımacılık maliyetlerinden elde edilen tasarruflara ait grafik yer almaktadır. Burada her bir ana bayiye ait mevcut durumdaki haftalık taşıma giderleri ve geliştirilmiş olan algoritma ile önerilmiş olan yeni durumdaki haftalık taşımacılık maliyetleri karşılaştırılmıştır.

Aşağıdaki şekilde yeni geliştirilen bütünlük üretim-dağıtım planı sayesinde toplam sistem maliyetlerinde sağlanan tasarruflar görülmektedir.

Maliyetler	Eski Sistem	Yeni Sistem	Tasarruflar
Taşımacılık	14568,3	7453,784	0,49
Üretim Hazırlık Maliyeti	4800	4000	0,17
Stok Maliyeti		2173	
Toplam Maliyet	19368,3	13626,784	0,30

Şekil 5-19 Toplam Maliyet Tasarrufları

Memetik algoritma ile geliştirilmiş olan bütünleşik üretim-dağıtım planı sayesinde Hamidiye kaynak sularındaki taşımacılık maliyetleri önemli derecede azaltılmıştır. Eski sistemde stok bulundurulmazken burada bazı günler belirli miktarda stok bulundurularak sabit hazırlık maliyeti veya taşımacılık maliyetinden tasarruf elde edilmiştir. Toplam maliyetler, eski sistemde yaklaşık 19369 TL civarındayken yeni geliştirilmiş olan üretim-dağıtım planı sayesinde 13627 TL'ye düşmüştür. Bu sistem sayesinde Hamidiye A.Ş. tedarik zincirinde satıcı yöneticili stok sistemi kullanarak tali bayilerinin stok düzeylerini kontrol edebilmekte ve kendisi için maliyet avantajı yaratabilecek bir dağıtım planı ile tali bayilerin taleplerini karşılayabilmektedir. Bütünleşik üretim-dağıtım planı sayesinde haftalık taşımacılık, üretim hazırlık maliyeti ve stok maliyetinde %30 oranında düşüş elde edilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde firmalar için başarılı bir tedarik zinciri yönetimi oldukça önemli bir olgu haline gelmiştir. Artan rekabet koşulları ve globalleşen ekonomi, firmaları ucuz hammadde ve işçilik amacıyla buldukları ülkelerden veya bölgelerden öteye gitmeye zorlamıştır. Gelişen internet teknolojisiyle birlikte ticaret koşulları değişmiş ve müşteri beklentileri artmıştır. Bu koşullar altında firmalar başarılı olabilmek için tedarik zincirleriyle rekabete dahil olmaktadır. Firmalar, pazarda varlıklarını sürdürmek ve başarı elde edebilmek için toplam tedarik zinciri maliyetlerini azaltmak ve ürün teslimat sürelerini kısaltmak amacıyla tedarik zinciri yönetimi stratejilerini belirlerler.

Tedarik zinciri yönetiminden maksimum fayda elde etmek tedarik zinciri üyelerinin ortak amaç etrafında toplanarak genel tedarik zinciri başarısı için faaliyetlerde bulunmasıyla mümkün olabilmektedir. Bütünleşik tedarik zinciri yönetimi olarak ifade edilen bu yönetim stratejisinde tedarik zinciri elemanlarının çelişen amaçlarının ortak bir hedef etrafında birleştirilerek nihai müşterilerin beklentilerinin maksimum oranda karşılanması amaçlanmaktadır. Tedarik zinciri elemanları arasında doğru ve tam zamanlı bilgi akışı, bütünleşik tedarik zinciri yönetiminin başlıca gereksinimlerindedir. İyi bir bilgi akışı ile bütünleştirilmiş tedarik zinciri yapısında bu süreçte alınan kararların birbirleriyle koordinasyon halinde olması genel tedarik zinciri maliyetlerinin azalmasına ve elde edilen faydanın artmasına neden olur. Üretim, stok ve dağıtım kararlarının birbirleriyle uyumlu ve eş zamanlı olarak alınmasının tedarik zinciri maliyetlerini düşürmekte önemli bir etkisi vardır. Bir tedarik zincirinde bir üründen bir dönemde ne kadar üretileceği ve hangi müşterilere ne miktarda ve nasıl dağıtılacağı ve ne kadar miktarda stok bulundurulacağı kararlarının birlikte alınması stok ve dağıtım maliyetlerini önemli ölçüde düşürebilmektedir. İlk defa Chandra ve Fisher (1994) tarafından yapılmış olan çalışmada bu koordinasyon sayesinde operasyon maliyetlerinde %3-20 arasında düşüş meydana geldiği kanıtlanmıştır. Literatürde bütünleşik üretim-dağıtım problemi (Chandra ve Fisher 1994, Fumero ve Vercellis 1999, Boudia ve Prins 2009, Armentano, Shiguemoto ve Lokkentangen 2011), bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama problemi (Bard ve Nananukul 2009, 2010, Lei v.d. 2006), üretim rotalama

problemi (Ruokokoski v.d. 2010, Adulyasak, Cordeau ve Jans baskıda) gibi değişik adlar almış olan bu problem bu çalışmada bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama (BSDR) problemi olarak ele alınmıştır.

Genel olarak bir üretim tesisi ve belirli bir coğrafi alana yayılmış bir grup müşteriden oluşan iki kademeli bir tedarik zinciri yapısında ele alınan bu problemde amaç, belirli bir dönemde üretilmesi gereken ürün miktarını, elde bulundurulması gereken stok miktarını ve ürünlerin hangi müşterilere hangi rota ile dağıtılacağının belirlenmesidir. Literatürdeki çalışmalarda genellikle ilgili sistemde tek bir ürün çeşidinin olduğu ve homojen araçlar ile dağıtım yapıldığı varsayılmıştır. Boudia, Louly ve Prins (2007) alışmalarında, gerçek hayatta fabrikalarda tek bir ürün üretilmesi sık rastlanan bir durum olmamasına rağmen buradaki tek ürün varsayımı, belirli bir üretim hattında seri rimi yapılan ve diğer ürünler ile ortak kaynak kullanımı bulunmayan ürünler için geçerli olabileceğini açıklamıştır. Ayrıca rnlerin araçlara yerleştirilmesinde karışacak olan ürünler eşit büyüklüklerdeki paket veya paletler ile taşındığında bu ürünleri tek bir ürün olarak varsaymanın mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Son zamanlarda popülerleşen satıcı iradeli stok politikasının uygulandığı bu problemlerde, üretim, stok ve dağıtım kararları üst tedarik zinciri akış elemanı tarafından kontrol edilmektedir. Böylece tedarik zincirinde ara kademelerde fazla stok birikmesi veya nihai müşterinin talebinin karşılanamaması gibi durumlar engellenmektedir.

Karmaşık yapısı sebebiyle literatürde çok fazla çalışılmamış olan bu problemler alt problem olarak NP-zor araç rotalama problemlerini yapılarında barındırdığı için NP-zor problemler sınıfında yer almaktadır. Yapılan araştırmalara göre problemde bulunan müşteri ve periyot sayısının artmasıyla birlikte karmaşıklık derecesi artan problemlerin polinomial zaman diliminde kesin yöntemlerle çözümü mümkün değildir. Bu problemin basitleştirilmiş versiyonları olan ARP ve PARP gibi problemlerin bile çözümünde kesin yöntemlerin yetersiz kalması bu problemin kesin metotlarla zlememesini açıklamaktadır (Boudia v.d.,2007: 3406). Ayrıca bir üretim noktasından, birbirine çeşitli uzaklıklarda yer alan müşterilere uygun ürünleri dağıtarak genel tedarik zinciri maliyetlerinin minimizasyonu hedeflenen bu problem

tedarik zinciri karar süreçlerinden taktiksel süreç kapsamında incelenmektedir (Sarmiento ve Nagi, 1999: 1068). Bütünleşik üretim, stok, dağıtım rotalama problemleri işletmelerin taktiksel karar verme süreçlerinde karşılaşılan ve her gün çözülmesi beklenmeyen bir problem olduğu için, çözüm yönteminin çalışma süresinin uzun olması kabul edilebilir bir özelliktir.

Bu çalışmada küçük ve orta ölçekli problemlerin çözümünde kullanılmak üzere meta-sezgisel bir yöntem olan memetik algoritma (MA) geliştirilmiştir. Literatürdeki diğer çözüm yöntemleri ile karşılaştırıldığında küçük ve orta ölçekli problemlerin çözümünde iyi bir performans gösteren bu algoritma literatürdeki yöntemlere iyi bir alternatif olabilecek ve üretim, stok, dağıtım rotalama probleminin çözümünde kullanılabilecek yeni bir algoritmadır. Bu problem için geliştirilmiş olan kromozom yapısı daha sonraki araştırmalarda kullanılabilecek etkin ve özgün yeni bir yapıdır.

Problemin gerçek hayat uygulaması, üretim maliyetlerinden daha çok, dağıtım maliyetlerinin tüketiciye yansıdığı bir ürün olan ve herkesin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için ihtiyaç duyduğu şişe su üretim sektöründe yapılmıştır. Günümüzde artan petrol fiyatlarıyla doğru orantılı olarak şişe su endüstrisinde taşımacılık ve ambalaj fiyatlarında da artış olmaktadır. Bunun sonucu olarak dağıtım ve taşımacılık maliyetleri ve paketleme maliyetleri gün geçtikçe artan bu endüstride firmaların başarılı olabilmeleri için stratejik tedarik zinciri yönetimine diğer firmalardan daha çok ihtiyaçları vardır (Çoban, 2012: 57).

Günümüzde şebeke sularının kirli olması nedeniyle büyük şehirlerde yaşayan bireylerin bir çoğu su ihtiyaçlarını 19 litrelik damacana su ile karşılamaktadır. Bu nedenle son yıllarda özellikle gelişme gösteren bu sektör her geçen gün daha da büyümeye devam etmektedir. Ancak su gibi doğal kaynaklardan elde edilebilen ve neredeyse bedava denilebilecek kadar ucuz bir ürün tüketicilere ulaştırılırken taşımacılık ve depolama gibi önemli maliyet unsurlarının eklenmesiyle çok da ekonomik olmayan bir ürün haline gelmektedir. Bu çalışmada, ilgili maliyet unsurlarının minimizasyonu ile yaşam kaynağımız olan suyun evlere daha ucuz ulaştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla Hamidiye kaynak sularındaki tedarik zinciri sistemi incelenmiş ve mevcut sistem maliyetleriyle geliştirilmiş olan bütünleşik

Üretim-dağıtım planı maliyetleri karşılaştırılmıştır. Yapılmış olan çalışma sonuçlarına göre bütünleşik sistem sayesinde Hamidiye kaynak sularının taşımacılık maliyetleri önemli derecede azaltılmış ve sınırlı olan üretim kapasitesi daha etkin olarak kullanılabilir hale gelmiştir. Önerilen yeni sistemde satıcı iradeli stok yönetimi sayesinde tali bayilerin stok kapasiteleri yeterli olduğu sürece Hamidiye kaynak suları tarafından bayiler sadece belirli günlerde ziyaret edilmiş ve daha büyük araçlarla daha az sayıda yapılan ziyaretler sayesinde hem maliyetler azaltılmış hem de çevreye yayılan karbon gazı miktarı azaltılmıştır.

Gelecek çalışmalarda, geliştirilmiş olan algoritmanın performansı üzerinde çalışmalar yapılarak periyot ve müşteri sayısının çok daha büyük olduğu problemler üzerinde etkinlik sağlanabilir. Literatürdeki problemlerde sabit olan talep yapısı gerçek hayat problemlerine daha yaklaşması amacıyla olasılıklı stok yapısını ele alan problemler üzerinde çalışılabilir. Aynı şekilde ürün çeşitliliğinin arttırılması, araç filosundaki araçların çeşitlendirilmesi, tedarik zinciri kademelerinin eklenmesi gibi değişikliklerle problemler geliştirilebilir. Problemin alt problemlerinden biri olan klasik kapasite araç rotalama problemi yerine zaman kısıtının yer aldığı veya dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemlerinin yer aldığı daha karmaşık problemler çalışılarak problemin farklı sektördeki uygulamaları üzerinde çalışmalar yapmak mümkündür.

KAYNAKÇA

- Abdelmaguid, T.F., 2004 : *Heuristic Approaches for the Integrated Inventory Distribution Problem*, Doktora Tezi, University of Southern California, Los Angeles.
- Abdelmaguid, T.F. ve Dessouky, M.M., 2006 : “A Genetic Algorithm to The Integrated Inventory-Distribution Problem”, **International Journal of Production Research**, C:44, No:21, s.4445-4464.
- Abdelmaguid, T.F., Dessouky, M.M. ve Ordonez, F., 2008 : “A Constructive Heuristic for the Integrated Inventory-Distribution Problem”, **9th Cairo University International Conference on Mechanical Design and Production**, Cairo, Egypt, Ocak, 8-10.
- Abdelmaguid, T.F., Dessouky, M.M. ve Ordonez, F., 2009 : “Heuristic Approaches for The Inventory-Routing Problem with Backlogging”, **Computers & Industrial Engineering**, C: 56, No:4, s. 1519-1534.
- Adulyasak, Y., Cordeau, J. F. ve Jans R., baskıda : “Optimization-Based Adaptive Large Neighborhood Search for the Production Routing Problem”, **Transportation Science**.

- Aghezzaf, E.H., Raa, B. ve Landeghem, H., 2006 : “Modeling Inventory Routing Problems in Supply Chains of High Consumption Products”, **European Journal of Operational Research**, C:169, No: 3, s. 1048- 1063.
- Al-Khayyal, F. ve Hwang, S.J., 2007 : “Inventory Constrained Maritime Routing and Scheduling for Multi-commodity Liquid Bulk, part I: Applications and Model”, **European Journal of Operational Research**, C:176, No:1, s. 106-130.
- Andersson, H., Hoff, A., Christiansen, M., Hasle, G. ve Lokkentangen, A., 2010 : “Industrial Aspects and Literature Survey: Combined Inventory Management and Routing”, **Computers & Operations Research**, C:37, s. 1515-1536.
- Angelelli, E. ve Speranza, M. G., 2002 : “The Periodic Vehicle Routing Problem with Intermediate Facilities”, **European Journal of Operational Research**, C:137, s. 233-247.
- Archetti, C., Bertazzi, L., Laporte, G. ve Speranza, M.G., 2007 : “A Branch-and-Cut Algorithm for a Vendor-managed Inventory-Routing Problem”, **Transportation Science**, C:41, No:3, s. 382-391.

- Archetti, C., Bertazzi L., Hertz A., ve Speranza M.G., 2011a : “A Hybrid Heuristic for an Inventory Routing Problem”, **INFORMS Journal on Computing**, No: 24, s. 101-116.
- Archetti, C., Bertazzi L., Paletta G. ve Speranza M.G., 2011b : “Analysis of the Maximum Level Policy in a Production-Distribution System”, **Computers& Operations Research**, C:38, s.1731-1746.
- Armentano, V.A., Shiguemoto, A.L. ve Lokkentangen, A., 2011. : “Tabu Search with Path Relinking for an Integrated Production-Distribution Problem”, **Computers and Operations Research**, No: 38, s. 1199-1209.
- Armstrong, R., Gao, S. ve Lei, L., 2008. : “A Zero-inventory Production and Distribution Problem with a Fixed Customer Sequence”, **Annals of Operations Research**, No: 159, s. 395–414.
- Axsater, S., 2006 : **Inventory Control**, Springer Science, New York, 2.Basım.
- Baita, F., Ukovich, W., Pesenti, R. ve Favaretto, D., 1998 : “Dynamic Routing and Inventory Problems: A Review”, **Transportation Research**, C: 32, s.585-598.

- Baldacci, R., Battarra, M. ve Vigo, D., 2008 “Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles.” , s. 3-27, Der. Golden B., Raghavan, S. ve Wasil, E., **The Vehicle Routing Problem: Last Advances and New Challenges**, Springer Science+Business Media, New York.
- Baptista, S., Oliveira R. ve Zúquete, E., 2002 “A Period Vehicle Routing Case Study”, **European Journal of Operational Research**, C:139, No: 2, s. 220–229.
- Bard, J., Huang, L., Jaillet, P. ve Dror, M., 1998 : “A Decomposition Approach to The Inventory Routing Problem with Satellite Facilities”, **Transportation Science**, C:32, No:2, s.189-203.
- Bard, J.F. ve Nananukul, N., 2009a. : “The Integrated Production–Inventory –Distribution –Routing problem”, **Journal of Scheduling**, C: 12, No:3, s. 257–280.
- Bard, J.F. ve Nananukul, N., 2009b : “Heuristics for a Multiperiod Inventory Routing Problem with Production Decisions”, **Computers and Industrial Engineering**, C: 57, No:3, s. 713–723.
- Bard, J.F. ve Nananukul, N., 2010 “A Branch-and-Price Algorithm for an Integrated Production and Inventory Routing Problem”, **Computers & Operations Research**, C:37, s.2202-2217

- Baker, M. B. ve Ayechev, M.A., 2003 : "A Genetic Algorithm for Vehicle Routing Problem", **Computers& Operations Research**, C:30, No:5, s. 787-800.
- Bertazzi, L., Savelsbergh, M. ve Speranza, M. G.. 2008 : "Inventory Routing." , s.49-72, Der. Golden, B., Raghavan, S. ve Wasil E., **The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges**, Springer Science+Business Media LLC, New York.
- Bell, W.J., Dalberto, L.M., Fisher, M.L. ve Greenfield, A.J., 1983 "Improving the Distribution of Industrial Gases with an On-line Computerized Routing and Scheduling Optimizer, **Interfaces**, C:13, s.4-23.
- Bertazzi, L., Paletta, G. ve Speranza, M.G., 2002 : "Deterministic Order-up-to Level Policies in an Inventory Routing Problem", **Transportation Science**, C:36, No:1, s.119-132.
- Bertazzi, L., Paletta, G. ve Speranza, M.G., 2005 : "Minimizing the Total Cost in an Integrated Vendor-Managed Inventory System", **Journal of Heuristics**, C:11, No:5, s.393-419.
- Bilgen, B. ve Günther, H.O, 2010 "Integrated Production and Distribution Planning in the Fast Moving Consumer Goods Industry: A Block Planning Application", **OR Spectrum**, C:32, No:4, s. 927-955.

- Boudia, M., Louly, M.A.O. ve Prins, C., 2005 : “Global Optimization of Production and Distribution”, **International Conference on Industrial Engineering and Systems Management IESM**, 16-19 Mayıs, Marrakech
- Boudia, M., Louly, M.A.O. ve Prins, C., 2007 : “A Reactive GRASP and Path Relinking for a Combined Production-Distribution Problem”, **Computers & Operations Research**, C: 34, No:11, s. 3402-3419.
- Boudia, M. ve Prins, C., 2009 : “A Memetic Algorithm with Dynamic Population Management for an Integrated Production–Distribution Problem”, **European Journal of Operational Research**, C: 195, No:3, s. 703–715.
- Bramel, J. ve Simchi-Levi, D., 1995 : “A Location Based Heuristic for General Routing Problems”, **Operations Research**, C:43, No:4, s. 649-660.
- Cacchiani, V., Hemmelmayr, V.C. ve Tricoire, F., baskıda : “A Set-covering Based Heuristic Algorithm for the Periodic Vehicle Routing Problem”, **Discrete Applied Mathematics**.

- Campbell, A., Savelsbergh, M.W.P., : "The Inventory Routing Problem", **Fleet**
 Clarke, L. ve Kleywegt, A., 1998 **Management and Logistics**, s. 95-112, Der.
 Crainic, T. G. ve Laporte, G., Kluwer Academic
 Publishers, Massachusetts.
- Campbell, A. ve : "A Decomposition Approach for The Inventory-
 Savelsbergh, M.W.P., 2004 Routing Problem", **Transportation Science**, C: 38,
 No:4, s. 488-502.
- Chan, C. ve Lee, H.W.J., 2005 : **Successful Strategies in Supply Chain**
Management, Idea Group Inc., London.
- Chandra, P., 1993 : "A Dynamic Distribution Model with Warehouse
 and Customer Replenishment Requirements",
Journal of the Operational Research Society,
 C:44, No:7, s. 681-692.
- Chandra, P. ve Fisher, M.L., 1994 : "Coordination of Production and Distribution
 Planning", **European Journal of Operational**
Research, C: 72, No:3, s. 503-517.

- Chen, Z., 2004 : “Integrated Production and Distribution Operations: Taxonomy, Models and Review”, C.17, s. 711-747, Der. Shimci-Levi, D., Wu, S.D., Shen, Z.J.(Max), **Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis : Modeling in the E-business Era**, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Chen, J. F. ve Wu, T. H, 2006 : “Vehicle Routing Problems with Simultaneous Deliveries and Pickups”, **Journal of the Operational Research Society**, C: 57,s. 579-587.
- Chen, J. M. ve Chen, T. H., 2007 : “The Profit Maximization Model for a Multi-item Distribution Channel”, **Transportation Research**, C:43, No:4, s.338-354,
- Chopra, S. ve Meindl, P., 2010 : **Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation**, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 4.basım.
- Christopher, M., 1994 : **Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks**, Pitman Publishing, London, 3.basım.

- Christopher, M., 1992 : **Logistics: The Strategic Issues**, Chapman&Hall, New York.
- Clarke, G. ve Wright, J., 1964 : “Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points”, **Operations Research**, Vol:12, No:4, s. 568–581.
- Clausen, J., 1999 "Branch and Bound Algorithms-Principles and Examples", Teknik Rapor, Department of Computer Science, University of Copenhagen, s.1-30.
- Coene, S., Arnout, A. ve Spieksma, F., 2008 : “The Periodic Vehicle Routing problem: A Case Study”, Katholieke Universiteit Leuven, Operations Research Group, Naamsestraat 69, Leuven, Belgium.
- Cordeau, J-F., Desaulniers, G., Desrosiers, J., Solomon, M.M. ve Soumis F., 2002 : “VRP with Time Windows”, C.7, s.157-193, Der. Toth P. ve Vigo D., **The Vehicle Routing Problem**, SIAM, Philadelphia.
- Cordeau, J-F., Gendreau, M. ve Laporte, G., 1997 “A Tabu Search Heuristic for Periodic and Multi-Depot Vehicle Routing Problems”, **Networks**, C:30, No:2, s. 105-119.

- Crandall, R.E., Crandall, W. R.C. ve Chen, C. C.C., 2010 : **Principles of Supply Chain Management**, Taylor & Francis Group, Florida.
- Çetinkaya, S., Üster, H., Easwaran, G. ve Keskin, B.B., 2009 : “An Integrated Outbound Logistics Model for Frito-Lay: Coordinating Aggregate-Level Production and Distribution Decisions”, **Interfaces**, C: 39, No:5, s. 460–475.
- Dakin, R.J., 1965 : “A Tree Search Algorithm for Mixed Integer Programming Problems”, **Computer Journal**, C: 8, No:3, s. 250-255.
- Digalakis, J. ve Margaritis, K., 2004 : “Performance Comparison of Memetic Algorithms”, **Applied Mathematics and Computation**, s. 237-252.
- Dror, M., Ball, M. ve Golden, B., 1985 : “A Computational Comparison of Algorithms for the Inventory Routing Problem”, **Annals of Operations Research**, No:4, s. 3-23.
- Dreo, J., Siarry, P., Petrowski, A. ve Taillard, E., 2006 : **Metaheuristics for Hard Optimization: Methods and Case Studies**, Springer-Verlag, Berlin.

- Elmas Çetin, 2007 : **Yapay Zeka Uygulamaları**, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Fahimnia, B., Luong, L. ve Marian, R., 2012 : “Genetic Algorithm Optimization of an Integrated Aggregate Production-Distribution Plan in Supply Chains”, **International Journal of Production Research**, C:50, No:1, s. 81-96,
- Feo, T.A ve Resende, M.G.C., 1995 : “Greedy Randomized Adaptive Search Procedures”, **Journal of Global Optimization**, No: 6, s.109-134.
- Fox, M.S., Chionglo, J.F. ve Barbuceanu, M., 1993 : *The Integrated Supply Chain Management System*, Teknik Rapor, Department of Industrial Engineering, University of Toronto.
- Francis, P. M., Smilowitz, K. R. ve Tzur, M., 2006 : “The Period Vehicle Routing Problem with Service Choice”, **Transportation Science**, C:40, No:4, s. 439–454.

- Francis, P., Smilowitz, K. ve Tzur, M., 2008 : “The Period Vehicle Routing Problem and Its Extensions.” , s. 73-102, Der. Golden B., Raghavan, S. ve Wasil, E., **The Vehicle Routing Problem: Last Advances and New Challenges**, Springer Science+Business Media, New York.
- Fumero, F. ve Vercellis, C. , 1999 : “Synchronized Development of Production, Inventory and Distribution Schedules”, **Transportation Science**, C: 33, No:3, s. 330–340.
- Ganeshan, R. ve Harrison, T.P., 1995 : An Introduction to Supply Chain Management, Penn State University, The United States.
- Gendreau, M. ve Potvin, J.V., 2005 “Tabu Search”, C.6, s: 165-186, Der. Burke, E.K. ve Kendall, G., **Search Methodologies**, Springer, New York.
- Geismar, H.N., Laporte, G., Lei, L. ve Sriskandarajah, C., 2008 : “The Integrated Production and Transportation Scheduling Problem for a Product with a Short Lifespan”, **INFORMS Journal on Computing**, C:20, No:1, s. 21–33.

- Glover, F., Taillard E. ve Werra D., 1993 : “A User’s Guide to Tabu Search”, **Annals of Operations Research**, C:41, No:1-4, s.3-28
- Glover, F.W. ve Kochenberger, G.A., 2003 : **Handbook of Metaheuristics**: International Series in Operations Resarch & Management Science, Kluwer Academic Publishers, New York.
- Han, C. ve Damrongwongsiri, M., 2005 : “Stochastic Modeling of a Two-echelon Multiple Sourcing Supply Chain System with Genetic Algorithm”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, C:16, No:1,s. 87-108.
- Heizer, J. ve Render, B., 2008 : **Operations Management**, Pearson Education Inc., New Jersey.
- Hillier, F.S. ve Lieberman, G.J., 2001 : **Introduction to Operations Research**, McGraw-Hill Higher Education, Singapore.
- Javid, A. A. ve Azad, N., 2010 : “Incorporating Location, Routing and Inventory Decisions in Supply Chain Network Design”, **Transportation Research Part E**, C:46, No:5, s.582-597.

- Jensen, P.A. ve Bard, J.F., 2003 : **Operations Research Models and Methods**, John Willey& Sons,Inc., New Jersey.
- Jha, J.K. ve Shanker K., 2013 : “A Coordinated Two-Phase Approach for Operational Decisions with Vehicle Routing in a Single-Vendor Multi-Buyer System”, **International Journal of Production Research**, C:51, No:5, s.1426-1450
- Jonsson, P., 2008 : **Logistics and Supply Chain Management**, McGraw-Hill Education, Berkshire.
- Karaboğa Derviş, 2004 : **Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları**, Nobel Basımevi, Ankara.
- Keskintürk, T. ve Er, Ş.,2007 “A Genetic Algorithm Approach to Determine Stratum Boundaries and Sample Sizes of Each Stratum in Stratified Sampling”, **Computational Statistics & Data Analysis**, C:52, s.53-67.
- Keskintürk T. ve Yıldırım M.B., 2011 “A Genetic Algorithm Metaheuristic for Bakery Distribution Vehicle Routing Problem with Load Balancing”, **Innovations in Intelligent Systems and Applications**, Istanbul, Haziran, 15- 18.

- Kim, J.U. ve Kim, Y.D., 2000 : “A Lagrangian Relaxation Approach to Multi-period Inventory/Distribution Planning”, **Journal of the Operational Research Society**, C: 51, No:3, s. 364-370.
- Kılıç Ulaş, 2006 *Memetik Optimizasyon ile Geniş Band Mikrodalga Kuvvetlendirici Tasarımı*, Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Elektronik-Haberleşme Mühendisliği, Isparta.
- Klose, A., Speranza, M.G. ve Wassenhove, L.N.V., 2002 : **Quantative Approaches to Distribution Logistics and Supply Chain Management**, Siproinger-Verlag, New York.
- Kotzab, H., Seuring, S., Muller, M. ve Reiner G., 2005 : **Research Methodologies in Supply Chain Management**, Physica- Verlag Heidelberg, New York.
- Krasnogor, N. ve Smith, J., 2005 “A Tutorial for Competent Memetic Algorithms: Model, Taxonomy, and Design Issues, **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, C:9, No:5, s.474-488.
- Krasnogor, N., Aregon, A. ve Pacheco, J., 2006 "Memetic Algorithm, **Metaheuristic Procedures for Training Neural Networks**, s. 225-248, Der. Alba, E. ve Marti, F., Springer Science+Business Media Inc., New York.
- Lambert, D.M. ve Cooper, M.C., 2000 : “Issues in Supply Chain Management”, **Industrial Marketing Management**, C:29, No:1, s. 65-83.

- Lan, Y. ve Unhelkar, B., 2005 : **Global Integrated Supply Chain Systems**, Idea Group Publishing, Hershey..
- Land, A.H. ve Doig, A.G., 1960 : “An Automatic Method of Solving Discrete Programming Problems”, **Econometrica**, C: 28, No:3, s. 297-520.
- Langley, C.J., Coyle, J.J., Gibson, B.J., Novack ,R.A. ve Bardi, E.J., 2008 : **Managing Supply Chains: A Logistics Approach**, South-Westerns Cengage Learning, Kanada.
- Laporte, G., 1992 : “The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms”, **European Journal of Operational Research**, C:59, No:3, s. 345-358.
- Lau, H.C.W., Wong, C.W.Y., Pun, K.F. ve Chin, K.S., 2003 : “Virtual Agent Modeling of an Agile Supply Chain Infrastructure”, **Management Decision**, C: 41, No:7, s. 625-634.
- Lee, H. ve Billington, C., 1995 : “The Evolution of Supply-Chain-Integration Models in Practice at Hewlett-Packard”, **Interfaces**, C:36, No: 5, s. 42-6.

- Lei, L., Liu, S., Ruszczyński, A. ve Park, S., 2006 : “On the Integrated Production, Inventory and Distribution Routing Problem”, **IIE Transactions**, C: 38, No: 11, s. 955–970.
- Lysgaard, J., 1997 : “Clarke and Wright Savings Algorithm”, The Aarhus School of Business, Department of Management Science and Logistics, s.1-7
- Malone, R.A., 2007 : **Chain Reaction: How Today’s Best Companies Manage Their Supply Chains for Superior Performance**, Kaplan Publishing, New York.
- Martel, A., 2005 : "The Design of Production-Distribution Networks: A mathematical Programming Approach", **Supply Chain Optimization**, s. 265-306, Der. Geunes, J. ve Pardalos, P.M., Springer Science+Business Media Inc., New York.
- Mathers, J., 26.02.2013 : “Smart Moves: Creative Supply Chain Strategies are Cutting Transport Costs and Emissions”, (Çevrimiçi)
http://business.edf.org/sites/business.edf.org/files/smartmoves_07_screen.pdf
- Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D. ve Zacharia, Z.G., 2001 : “Defining Supply Chain Management”, **Journal of Business Logistics**, Cilt: 22, No:2, s.1-25

- Mitchell, M., 1998 : **An Introduction to Genetic Algorithms**, First MIT Press paperback edition, Massachusetts.
- Moin, N.H., Salhi, S. ve Aziz, N.A.B, 2011 “An Efficient Hybrid Genetic Algorithm for the Multi-Product-Period Inventory Routing Problem”, **International Journal of Production Economics**, Cilt:133, s. 334-343
- Moscato, P., Cotta, C. ve Mendes, A., 2004 “Memetic Algorithms”, **New Optimization Techniques in Engineering**, C:3, s. 53-85, Der. Onwubolu G.C. vd., Springer-Verlag, Berlin.
- Nagurney, A., 2006 : **Supply Chain Network Economics**, Edward Elgar Publishing, Massachusetts.
- National Research Council Staff, 2000 **Surviving Supply Chain Integration: Strategies for Small Manufacturers**, National Academies Press, Washington, D.C.

- Nearchou, A.C., 2004 : **“The Effect of Various Operators on the Genetic Search for Large Scheduling Problems”**, International Journal of Production Economics, Cilt:88, s.191-203.
- NEVEM-Working group, 1989 : **Performance Indicators in Logistics**, IFS Publications/Springer-Verlag, New York.
- Oppen, J., Lokkentangen, A. ve Desrosiers, J., 2010 : **“Solving a Rich Vehicle Routing and Inventory Problem Using Column Generation”**, **Computers & Operations Research**, C: 37, No: 7, s.1308-1317.
- Pereira, F.B., Tavares, J., Machado, P. ve Costa E., 2002 : **“GVR: A New Genetic Representation for the Vehicle Routing Problem”**, **Artificial Intelligence and Cognitive Science, Lecture notes in Computer Science**, C: 2464, s. 95-102.
- Pichpibul, T. ve Kawtummachai, R., 2012 : **“New Enhancement for Clarke-Wright Savings Algorithm to Optimize the Capacitated Vehicle Routing Problem”**, **European Journal of Scientific Research**, C: 78, No:1, s. 119-134.

- Poirier, C.C. ve Reiter, S.E., 1996 : **Supply Chain Optimization: Building the Strongest Total Business Network**, Berret-Koehler Publishers, San Francisco.
- Power, D., 2005 “Supply Chain Integration and Implementation: A Literature Review, Supply Chain Management”, **An International Journal**, C: 10, No: 4, s.252-263.
- Pishvaei, M.S., Farahani, R.Z. ve Dullaert, W., 2010 : “A Memetic Algorithm for Bi-objective Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design”, **Computers and Operations Research**, C: 37, No:6, s. 1100–1112.
- Radcliffe, N.J. ve Surry, P.D., 1994 “Formal Memetic Algorithms”, s: 1-16, Der. Fogarty T, **Evolutionary Computing: AISB Workshop Lecture Notes in Computer Science**, Springer-Verlag, Berlin
- Ramkumar, N., Subramanian, P. ve Narendran, T.T., 2011 “A Hybrid Heuristic for Inventory Routing Problem”, **International Journal of Electronic Transport**, C: 1, No:1, s.45-63.

- Reeves, C.,2003 : “Genetic Algorithms”, C.3, s: 55-82, Der. Glover, F.W. ve Kochenberger, G.A., **Handbook of Metaheuristics**:International Series in Operations Resarch & Management Science, Kluwer Academic Publishers, New York.
- Roberson, J.F. ve Copacino, W.C., 1994 **The Logistics Handbook**, Macmillan Inc., New York.
- Ruokokoski, M., Solyalı, O., Cordeau, J-F., Jans R. ve Süral, H., 2010 “Efficient Formulations and a Branch-and-Cut Algorithm for a Production-Routing Problem”, **GERAD Teknik Rapor**, HEC Montreal, Kanada.
- Rusdiansyah, A. ve Tsao, D., 2005 : “An Integrated Model for the Periodic Delivery Problems for Vending-Machine Supply Chains”, **Journal of Food Engineering**, C:70, No: 3, s.421-434.
- Sarmiento, A.M. ve Nagi, R., 1999 : “A Review of Integrated Analysis of Production-Distribution Systems”, **IIE Trans**, C: 31, No:11, s.1061-1074.

- Savelsbergh, M., 1997 : “A Branch-and-Price Algorithm for the Generalized Assignment Problem”, **Operations Research**, C:45, No:6, s. 831-841
- Schmid, V., Doerner, K.F. ve Laporte, G., 2013 : “Rich Routing Problems Arising in Supply Chain Management”, **European Journal of Operational Research**, C: 224, No:3, s. 435-448.
- Schönsleben, P., 2000 : **Integral Logistics Management: Planning and Control of Comprehensive Business Processes**, The St. Lucie Press/ APICS Series on Resource Management, Florida
- Shapiro, J.F., 2007 **Modeling the Supply Chain**, Thomson Books/Cole, 2.basım, Kanada.
- Shiguemoto, A. L. ve Armentano, V.A., 2010 : “A Tabu Search Procedure for Coordinating Production, Inventory and Distribution Routing Problems”, **International Transactions in Operational Research**, C: 17, s.179-195.

Shimci-Levi, D. ,Wu, S.D. ve Shen, Z.J.(Max), 2004 : **Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-business Era**, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Shimci-Levi, D., Chen, X. ve Bramel, J., 2005 : **The Logic of Logistics: Theory, Algorithms, and Applications for Logistics and Supply Chain Management**, Springer, 2.basım, New York.

Simatupang, T.M. ve Sridharan, R., 2002 : “The Collaborative Supply Chain”, **The International Journal of Logistics Management**, C:13, No:1, s.15-30.

Sivanandam, S.N. ve Deepa, S.N., 2008 **Introduction to Genetic Algorithms**, Springer, New York

Song, J. ve Yao, D., 2002 **Supply Chain Structures: Coordination, Information and Optimization**, Kluwer Academic Publishers, Boston.

- Stadtler, H. ve Kilger, C., 2008 : **Supply Chain Management and Advanced Planning**, Springer, 4.basım, Berlin.
- Stevenson, W. J., 2009 : **Operations Management**, McGraw-Hill Irwin, 10.basım, New York.
- Stock, J.R. ve Lambert, D.M., 2001 : **Strategic Logistics Management**, McGraw-Hill International Edition, 4.basım, Singapore.
- Suarez, J. G. ve Anticono, M.T., 2010 : “Two GRASP Metaheuristic for the Capacitated Vehicle Routing Problem Considering Split Delivery and Solving the Three Dimensional Bin Packing Problem”, **AISS**, C: 2, s.42-50
- Taarit, N.B., Mansouri, F.Z. ve Alouane, A.B.H., 6-9 Temmuz 2009 : “A Lagrangian Heuristic Approach for the Inventory Routing Problem”, [Computers & Industrial Engineering International Conference](#), Tunus.

- Tan, C.C.R ve Beasley J.E., 1984 : “A Heuristic Algorithm for the Period Vehicle Routing Problem”, **OMEGA International Journal of Management Science**, C:12, No:5, s. 497-504.
- Tang, S.C., Teo, C. ve Wei, K.K., 2008 : **Supply Chain Analysis: A Handbook on the Interaction of Information, System and Optimization**, Springer Science+Business Media, New York.
- Thomas, D.,J. ve Griffin, P.M., 1996 : “Coordinated Supply Chain Management”, **European Journal of Operational Research**, C: 94, s. 1-15.
- Toth, P. ve Vigo, D., 1998 : “Exact Solution of the Vehicle Routing Problem”, **Fleet Management and Logistics**, s. 1-31, Der. Crainic, T. G. ve Laporte, G., Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Toth, P. ve Vigo, D., 2002 : **The Vehicle Routing Problem**, SIAM, Philadelphia.

- Tummala, V.M.R., Phillips, C.L.M. ve Johnson, M., 2006 “Assesing Supply Chain Management Success Factors: A Case Study”, **An International Journal**, C: 11, s. 179-192.
- Vianna, D.S., Ochi, L.S. ve Drummond, L.M.A., 1999 “A Parallel Hybrid Evolutionary Metaheuristic for the Period Vehicle Routing Problem”, **Parallel and Distributed Processing: Lecture Notes in Computer Science**, C: 1586, s. 183-191.
- Wassan, N. A., Nagy, G. ve Ahmadi S., 2008 : “A Heuristic Method for The Vehicle Routing Problem with Mixed Deliveries and Pickups”, **Journal of Scheduling**, C:11,s. 149–161,
- Yugang, Y., Haoxun, C.ve Feng, C., 2008 : “A New Model and Hybrid Approach for Large Scale Inventory Routing Problems”, **European Journal of Operational Research**, C: 189, No: 3, s. 1022-1040.
- Zhao, Q., Chen, S. ve Zang, C., 2008 : “Model and Algorithm for Inventory/Routing Decision in a Three-echelon Logistics System”, **European Journal of Operational Research**, C:191, s. 623-635.

Çevrimiçi 1

<http://www.hamidiye.com.tr/index.php/ueretim/dam-acana-temizleme> 14.06.2013

Çevrimiçi 2

http://www.turkiyeturizm.com/news_print.php?id=41526 04.06.2013

Çevrimiçi 3

<http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Birimler/HamidiyeAS/Documents/hakkinda.pdf> 04.06.2013

Çevrimiçi 4

<http://www.suder.org.tr/sector.html> 04.06.2013

Ek-1: Avrupa Bölgesi Ana Depoları İçin Oluşturulan Rotalar

ŞAHİKA															
ROTA NO	GÜNLERE AİT ROTALAR														
	1.gün			2.gün		3.gün			4.gün		5.gün			6.gün	
1	19	21	20	20	21	19	21	27	21	27	19	21	26	21	26
2	13	17	18	4		20	17	18	4		20	17	18	4	
3	8	10		32		23	13	16	32		23	13	16	32	
4	14	16		33		8	10	0	33		8	10		33	
5	12	15		37		22	14	15	37		22	14	15	37	
6	9	22				29	24	25			29	24	25		
7	23	24	25			9	11				9	11			
8	7	29				12	41				12	41			
9	11	41				1	5				7	27			
10	1	5				7	26				1	5			
11	28	26	27			28	37				28	37			
12	37	40				38	40				38	40			
13	3	32				3	32				3	32			
14	2	33				2	33				2	33			
15	4					4					4				
16	6					6					6				
17	30					30					30				
18	31					31					31				
19	34					34					34				
20	35					35					35				
21	36					36					36				
22	38					39					39				
23	39					42					42				
24	42					43					43				
25	43					44					44				
26	44														

SENA						
ROTA NO	GÜNLERE AİT ROTALAR					
	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün
1	18 17 20 16	11	18 17 20 16	11	18 17 20 16	11
2	10 4 5 7		10 4 5 7		10 4 5 7	
3	19 6 8		19 6 8		19 6 8	
4	2 3		2 3		2 3	
5	15 1 14		15 1 14		15 1 14	
6	9 12		9 12		9 12	
7	11		11		11	
8	13		13		13	
9	21		21		21	
10	22		22		22	
11	23		23		23	
12	24		24		24	
13	25		25		25	
14	26		26		26	

AKSU						
ROTA NO	GÜNLERE AİT ROTALAR					
	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün
1	19 20	10 17	19 20	6 12	19 20	9 10
2	16 1 5	6	16 1 5	10	16 1 5	6
3	15 2 4	14	12 2 4	14	15 2 4	14
4	8 9		8 9		9 10	
5	3 10		3 10		3 8	
6	17 13 18		15 13 18		13 18	
7	6 12		6 17		6 12	
8	7		7		7	
9	11		11		11	
10	14		14		14	
11	21		21		17	
12					21	

Ek-2: Anadolu Bölgesi Ana Depoları İçin Oluşturulan Rotalar

KARDELEN								
ROTA NO	GÜNLERE AİT ROTALAR							
	1.gün			2.gün	4.gün			5.gün
1	14	15	17	6	14	15	17	6
2	16	21			16	21		
3	3	23			3	23		
4	2	24			2	24		
5	5	22			5	22		
6	1	4			1	4		
7	9	10			9	10		
8	12	11	25		12	11	25	
9	13	19			13	19		
10	6				6			
11	7				7			
12	8				8			
13	18				18			
14	20				20			

SÜMTAŞ				
ROTA NO	GÜNLERE AİT ROTALAR			
	1.gün		4.gün	
1	13	14	13	14
2	19	21	19	21
3	20	22	20	22
4	4	5	4	5
5	6	15	6	15
6	16	18	16	18
7	1		1	
8	2		2	
9	3		3	
10	7		7	
11	8		8	
12	9		9	
13	10		10	
14	11		11	
15	12		12	
16	17		17	

Ek-3: Hamidiye A.Ş. için Geliştirilmiş olan Ana Depo Üretim-Dağıtım Planı

SÜMTAŞ																							
Günler	Üretim Kararı	Tali Bayiler																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1	330	375	360	285	255	285	435	450	330	390	375	435	300	255	285	300	330	270	300	255	210	195
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	330	375	360	285	255	285	435	450	330	390	375	435	300	255	285	300	330	270	300	255	210	195
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

KARDELEN																										
Günler	Üretim Kararı	Tali Bayiler																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1	285	180	195	180	195	420	555	429	255	180	165	195	300	150	195	225	180	180	255	480	285	375	300	345	195
2	0	0	0	0	0	0	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	285	180	195	180	195	420	555	429	255	180	165	195	300	150	195	225	180	180	255	480	285	375	300	345	195
5	0	0	0	0	0	0	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AKSU																						
Günler	Üretim Kararı	Tali Bayiler																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1	200	210	210	200	230	325	500	214	336	325	442	210	196	450	160	110	109	196	300	230	384
2	0	0	0	0	0	0	325	0	0	0	325	0	0	0	450	0	0	109	0	0	0	0
3	1	200	210	210	200	230	325	500	214	336	325	442	105	196	450	160	110	218	196	300	230	384
4	0	0	0	0	0	0	325	0	0	0	325	0	105	0	450	0	0	0	0	0	0	0
5	1	200	210	210	200	230	325	500	214	168	325	442	210	196	450	160	110	218	196	300	230	384
6	0	0	0	0	0	0	325	0	0	168	325	0	0	0	450	0	0	0	0	0	0	0

SENA																											
Günler	Üretim Planı	Tali Bayiler																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	1	190	290	160	150	170	210	110	204	196	132	430	236	400	154	220	104	230	116	120	114	404	410	402	400	440	410
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	190	290	160	150	170	210	110	204	196	132	430	236	400	154	220	104	230	116	120	114	404	410	402	400	440	410
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	190	290	160	150	170	210	110	204	196	132	430	236	400	154	220	104	230	116	120	114	404	410	402	400	440	410
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Günler	Üretim Kararı	ŞAHİKA																					
		Tali Bayiler																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1	236	210	216	519	222	300	406	272	258	204	300	320	180	200	180	252	154	180	160	100	300	190
2	0	0	0	0	519	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	300	0
3	1	236	210	216	519	222	300	406	272	258	204	300	320	180	200	180	252	154	180	160	200	300	190
4	0	0	0	0	519	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	0
5	1	236	210	216	519	222	300	406	272	258	204	300	320	180	200	180	252	154	180	160	200	300	190
6	0	0	0	0	519	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	0

Günler	Üretim Kararı	ŞAHİKA																					
		Tali Bayiler																					
		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1	1	130	204	190	130	130	250	170	380	550	315	300	540	410	400	315	290	420	170	180	430	430	410
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	315	300	0	0	0	315	0	0	0	0	0	0	0
3	1	130	204	190	130	65	250	170	380	550	315	300	540	410	400	315	290	420	170	180	430	430	410
4	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	315	300	0	0	0	315	0	0	0	0	0	0	0
5	1	130	204	190	65	130	250	170	380	550	315	300	540	410	400	315	290	420	170	180	430	430	410
6	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	315	300	0	0	0	315	0	0	0	0	0	0	0

ÖZGEÇMİŞ

Nihan KABADAYI, 1982 yılında İstanbul’da doğmuştur. Lise eğitimini 2000 yılında Haydarpaşa Lisesi’nde tamamlayarak üniversite eğitimine İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesinde başlamıştır. 2004 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Üretim anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamış ve aynı yıl İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi araştırma görevlisi kadrosuna atanmıştır. Yüksek lisans eğitimini “Tedarik Zincirinde Temel-Stok Seviyelerinin Genetik Algoritma ile Belirlenmesi” isimli tez çalışması ile 2007 yılında tamamlamıştır. Aynı sene İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Üretim anabilim dalında doktora eğitimine başlamıştır. Nihan KABADAYI halen İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesinde araştırma görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.