

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANA BİLİM DALI

ÜRETİM BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOK PERİYOTLU ARAÇ ROTALAMA

HAZIRLAYAN

Ayfer Uysal

2501070850

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Necdet Özçakar

İstanbul – 2011



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MÜDÜRLÜĞÜ



TEZ ONAYI

Enstitümüz **ÜRETİM** Bilim Dalında ders dönemindeki Eğitim - Öğretim Programını başarı ile tamamlayan **2501070850** numaralı **AYFER UYSAL**'ın hazırladığı "**ÇOK PERİYOTLU ARAÇ ROTALAMA**" konulu **YÜKSEK LİSANS/ DOKTORA TEZİ** ile ilgili **TEZ SAVUNMA SINAVI**, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 15.Maddesi uyarınca **23.03.2011 Çarşamba** günü saat **13.00'te** yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin**KABUL**.....'ne* **OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞUYLA** karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ(*)	İMZA
PROF.DR.NECDET ÖZÇAKAR	Kabul	
DOÇ.DR.ALP BARAY	Kabul	
DOÇ.DR.MEHPARE TİMOR	Kabul	
YRD.DOÇ.DR.FAİK BAŞARAN	Kabul	
YRD.DOÇ.DR.SEYHAN SİPAHİ	Kabul	

ÇOK PERİYOTLU ARAÇ ROTALAMA

Ayfer Uysal

ÖZ

Lojistik servis tedarikçilerinin karşılaştığı problem; değişken talep noktaları, dolayısıyla değişken periyotlu ve değişken kapasiteli araçlar ve personel planlaması gerektiren çok periyotlu araç rotalamasını oluşturmaktır. Bu çalışmanın ana amacı, bu problemleri en iyileyen yöntemi bulmaktır. Bu amaç çerçevesinde, öncelikle konuyla ilgili temel kavramlar, konunun önemi ve daha önce yapılmış benzer araştırmalar üzerinde durulmuş; sonrasında ise, çalışmanın ilk üç bölümünde yer alan teorik bilgiler kullanılarak bir model yaratılmıştır. Bu modeli kullanarak, bir ticaret firmasında uygulama yapılmış ve modelin maliyetleri minimumlaştırma ile üzerindeki etkileri açıklanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Tedarik Zinciri Yönetimi, Araç Rotalama, Genetik Algoritma, Tabu Arama Algoritması

MULTI-PERIOD VEHICLE ROUTING

Ayfer Uysal

ABSTRACT

One of the problem of logistics service providers are preparing; fluctuating volume with time windows for the demand points, variable vehicle capacities and personnel planning and including outsourcing decisions for tours and drivers. The main purpose of this study is to show the importance of information sharing in a supply chain partnership. First, basic concepts concerned with the topic, the importance of the topic and similar researches that had been conducted are represented; then a model is transformed using the theoretical information in the first two parts of the study. Using this model, an application has been conducted in a trade company and effects of the model over the inventory holding costs been explained.

KEY WORDS: Supply Chain Management, Vehicle Routing, Genetic Algorithm, Tabu Search Algorithm

ÖNSÖZ

“Çok Periyotlu Araç Rotalama” konulu bu çalışma, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Fakültesi Üretim Bilim Dalı Yüksek Lisans programına Yüksek Lisans tezi olarak sunulmuştur.

Bu çalışmada, lojistik tedarikçilerinin, araç rotalama problemi oluştuğunda, hangi metodlarla iyileştirme sağlanabileceği ve işletme üzerinde ne tür etkileri olabileceği incelenmiş, ayrıca örnek bir uygulama yapılarak modelin başarısı test edilmiştir.

Bu tezin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyerek araştırmamda büyük pay sahibi olan danışman hocam Sayın Prof.Dr. Necdet Özçakar’a, uygulamam boyunca desteklerini esirgemeyen Muhammet Balcılar’a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Yalnızca bu çalışma süresince değil, yüksek lisans çalışmalarımın başlangıcından itibaren gösterdikleri sonsuz sabır, destek ve ilgilerinden dolayı değerli aileme ve İhsan Sabri Aktürk’e en büyük ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayfer Uysal
İstanbul, 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	III
ABSTRACT.....	IV
ÖNSÖZ.....	V
TABLO LİSTESİ.....	VIII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XI
GİRİŞ.....	1
1.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ	2
1.1.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ KAVRAMI, YAPISI, GELİŞİMİ VE MODERN UYGULAMALARI	2
1.2.İŞLETME LOJİSTİĞİ TEMEL KAVRAMLAR	15
1.3.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE LOJİSTİK İLİŞKİSİ.....	32
2.ROTALAMA PROBLEMİ	41
2.1.ROTALAMA PROBLEMİNE GİRİŞ.....	41
2.1.1.ARK ROTALAMA PROBLEMİ(ARC ROUTING PROBLEMS).....	42
2.1.1.1.KIRSAL POSTACI PROBLEMİ (THE RURAL POSTMAN PROBLEM)	42
2.1.1.2. ÇİNLİ POSTACI PROBLEMİ (THE CHINESE POSTMAN PROBLEM)	43
2.1.2.DÜĞÜM ROTALAMA PROBLEMİ (JOINT ROUTING PROBLEM)	44
2.1.2.1.GEZGİN SATICI PROBLEMİ (THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM)	44
2.2.ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ VE SINIFLARI (VEHICLE ROUTING PROBLEMS).....	46
2.2.1.ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN FORMÜLASYONU	48
2.2.2.TEK DEPOLU, DAĞITIM, TALEP BELİRLİ, ROTA ZAMANI KISITLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	54
2.2.3.TEK DEPO, DAĞITIM, BELİRSİZ TALEPLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	54
2.2.4.TEK DEPO, DAĞITIM VE TOPLAMA, TALEP BELİRLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	54
2.2.5.TEK DEPO, DAĞITIM, TALEP BELİRLİ, ZAMAN PENCERELİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	55
2.2.6.TEK DEPO, BÖLÜNEBİLİR DAĞITIM, TALEP BELİRLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	56

2.2.7.ÇOK DEPO, DAĞITIM, TALEP BELİRLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	56
2.2.8.ÇOK DEPO, DAĞITIM, BELİRSİZ TALEPLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	57
2.3.ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI	58
2.4.ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI	61
2.5.MODERN BULGUSAL YAKLAŞIMLAR (METASEZGİSEL YÖNTEMLER)	74
2.6.LOJİSTİKTE DIŞ KAYNAK KULLANIMI VE TARAFLAR	77
2.6.1.DIŞ KAYNAK KULLANIMININ YARARLARI VE SORUNLARI	78
2.7.ÇOK PERİYOTLU ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNE GENEL BAKIŞ	82
2.7.1.PROBLEMİN TANIMI	82
2.7.2.DEĞİŞKENLER	84
2.7.3.GRUPLAR	86
2.7.4.KISITLAR	88
2.7.5.ÇÖZÜM KONSEPTİ	95
3.UYGULAMA	94
3.1.X DAĞITIM FİRMASI VE İŞLEYİŞİ	94
3.2.KULLANILAN METASEZGİSELLER	95
3.3.BAŞLANGIÇ ALGORİTMASI-SOLOMON II ÖNSEZGİSELİ - INITIALIZATION-SOLOMON II HEURISTIC	96
3.4.ZAMAN PERİYOTLU ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNDE KULLANILAN OPERATÖRLER .	97
3.4.1.GENETİK OPERATÖR: MUTASYON(MUTATION)	98
3.4.2.GENETİK OPERATÖR: ÇAPRAZLAMA OPERATÖRÜ (CROSSOVER OPERATOR)- ROUTE CROSSOVER ROUTEX	100
3.4.3.GENETİK OPERATÖR: SEÇİM OPERATÖRÜ(SELECTION OPERATOR)-RULET TEKERLEĞİ SEÇİMİ (ROULETTE WHEEL SELECTION)	101
3.4.4.GENETİK OPERATÖR: SIRALAMA ALGORİTMASI (RANK OPERATOR)	101
3.4.5.PERSONEL ATAMA PROBLEMİ (PERSONEL ASSIGNMENT PROBLEM)	102
3.4.6.GENETİK ALGORİTMANIN KOD TASLAĞI	103
3.4.7.TABU ARAMA KOD TASLAĞI	106
3.5.SONUÇ VE ÖNERİLER	124
KAYNAKÇA	127

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1:Araç Rotalama Çözüm Yöntemlerinin Tarihi Gelişimi.....	62
Tablo 3.1:X Dağıtım Firması Verileri.....	94
Tablo 3.2:Sürücü/Rota Tablosu örneği.....	102
Tablo.3.3:Genetik Algoritması Çözüm Parametreleri.....	108
Tablo.3.4:Tabu Arama Algoritması Çözüm Parametreleri.....	109
Tablo.3.5:Genetik Algoritması Personel Çizelgeleme.....	110
Tablo.3.6:Genetik Algoritması Ön-Posta Taşıma Tur Zamanları.....	111
Tablo.3.7:Tabu Arama Algoritması Personel Çizelgeleme.....	111
Tablo.3.8:Tabu Arama Algoritması Ön-Posta Taşıma Tur Zamanları.....	112

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1:Tedarik Zinciri Yönetimi.....	3
Şekil 1.2:Tedarik Zinciri Yönetimi.....	4
Şekil 2.1:Grafikte Düğüm ve Kenarlar.....	44
Şekil 2.2:Süpürme Algoritmasının Gösterimi.....	70
Şekil 3.1:X Firmasının Bir Günlük Ön Taşıma ve Posta Taşımı.....	93
Şekil 3.2: Tabu Arama Algoritması Pazartesi Ön Taşıma Rotası.....	113
Şekil 3.3::Genetik Algoritması Pazartesi Ön Taşıma Rotası.....	113
Şekil 3.4: Tabu Arama Salı Ön Taşıma Rotası.....	114
Şekil 3.5: Genetik Algoritması Salı Ön Taşıma Rotası.....	114
Şekil 3.6: Tabu Arama Çarşamba Ön taşıma Rotası.....	115
Şekil 3.7: Genetik Algoritması Çarşamba Ön Taşıma Rotası.....	115
Şekil 3.8: Tabu Arama Perşembe Ön Taşıma Rotası.....	116
Şekil 3.9: Genetik Algoritması Perşembe Ön Taşıma Rotası.....	116
Şekil 3.10: Tabu Arama Cuma Ön Taşıma Rotası.....	117
Şekil 3.11: Genetik Algoritması Cuma Ön Taşıma Rotası.....	117
Şekil 3.12: Tabu Arama Cumartesi Ön taşıma Rotası.....	118
Şekil 3.13: Genetik Algoritması Cumartesi Ön Taşıma Rotası.....	118
Şekil 3.14: Tabu Arama Pazartesi Posta Taşıma Rotası	119
Şekil 3.15: Genetik Algoritması Pazartesi Posta Taşıma Rotası.....	119
Şekil 3.16: Tabu Arama Salı Posta Taşıma Rotası.....	120
Şekil 3.17: Genetik Algoritması Salı Posta Taşıma Rotası.....	120
Şekil 3.18: Tabu Arama Çarşamba Posta Taşıma Rotası.....	121
Şekil 3.19: Genetik Algoritması Çarşamba Posta Taşıma Rotası.....	121

Şekil 3.20: Tabu Arama Perşembe Posta Taşıma Rotası.....	122
Şekil 3.21: Genetik Algoritması Perşembe Posta Taşıma Rotası.....	122
Şekil 3.22: Tabu Arama Cuma Posta Taşıma Rotası.....	123
Şekil 3.23: Genetik Algoritması Cuma Posta Taşıma Rotası.....	123

KISALTMALAR LİSTESİ

ARP	: Araç Rotalama Problemi
CLM	: The Council of Logistics Management
CSCMP	: Supply Chain Management Professionals
ÇPP	: Çinli Postacı Problemi
GA	: Genetik Algoritma
GSP	: Gezgin Satıcı Problemi
ERP	: Enterprise Resource Planning
JIT	: Just In Time
KARP	: Kapasiteli Araç Rotalama Problemi
MRP	: Merchandise Resource Planning
MRP-II	: Manufacturing Resource Planning
NP-hard	: Non- Deterministic Polynomial-Time Hard
QR	: Quick Response
TA	: Tabu Arama Algoritması

GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz çağın çeşitli özellikleri arasında lojistik ve tedarik zinciri yönetiminin gelişimine ve buna bağlı olarak vazgeçilmezliğini öncelikle vurgulayabiliriz. Ürün ve hizmetin nihai müşteriye doğru zamanda, doğru yere, doğru fiyat ve kalitede ulaştırılabilmesi ile işletmenin sürekliliğinin sağlanması doğru orantılı olarak gelişmektedir. Aksi takdirde ise işletmenin maliyetlerinde bir kontrolsüzlük baş gösterecek ve piyasadaki kalıcılığına engel olabilecektir. İşletmelerin tedarik ve lojistik aşamasında, işletme ortamının oluşturduğu kısıtlar nedeniyle ürettikleri ürün ve hizmeti ulaştırmada bir takım problemler oluşmaktadır. Bu çalışmanın amacı, işletmelerin gelişimini engelleyen bu problemde "araç rotalama problemi" nin neden oluştuğunu, hangi yöntemle problemin çözümlenebileceğinin yöntemlerini araştırmaktır. Bunun için, öncelikle, kütüphane araştırması yapılarak mevcut literatür araştırılmış ve Tedarik Zinciri Yönetimi, Lojistik ve Araç Rotalama ile ilgili teorik yapı incelenmiştir. Çalışmamızın bu teorik kısımları İngilizce ve Türkçe kaynaklara dayanmaktadır. Teorik çalışmanın yanı sıra, bölüm 3'de konuyla ilgili bir uygulama yapılmıştır.

Çalışmamız üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, tedarik zinciri, tedarik zinciri yönetimi, lojistik ve birbirleriyle ilişkileri ile ilgili temel kavramlar gibi konular incelenmiştir.

İkinci bölümde, rotalama problemi, uygulama alanı, çeşitleri, gelişimi, çözüm yaklaşımı, modern bulgusal yöntemleri grafik ve tablolarla gösterilmiştir.

Üçüncü bölümde, ilk iki bölümde anlatılanlar ışığında bir uygulamaya yer verilmiştir.

1.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

1.1.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ KAVRAMI, YAPISI, GELİŞİMİ VE MODERN UYGULAMALARI

Tedarik zinciri yönetimini kavrayabilmek, tedarik zinciri yönetimindeki tedarik ve tedarik zinciri kavramlarını anlamaya çalışmaktan başlar. Bu amaçla öncelikle tedarik kavramını tanımlayalım. Tedarik kelimesinin sözlük anlamı, araştırıp bulma, elde etmedir. İşletmeler açısından tedarik kavramı, üretim sürecinde gerekli olan hammadde, yardımcı madde ve sermaye mallarının araştırılarak bulunması ve satın alınarak elde edilmesi için yapılan faaliyetlerdir.¹ Tedarik zinciri ise, bir mamulün hammaddeden son müşteriye kadar geçirdiği aşamalardaki tüm faaliyetleri içerir. Bu faaliyetler; hammadde ve malzeme tedariği, üretim ve montaj, depolama ve stok izleme, sipariş girişi ve sipariş yönetimi, dağıtım, müşteriye teslimat ve bu faaliyetlerin tümünü gözlemlemek ve denetlemek için gerekli tüm bilgi sistemlerini içerir.

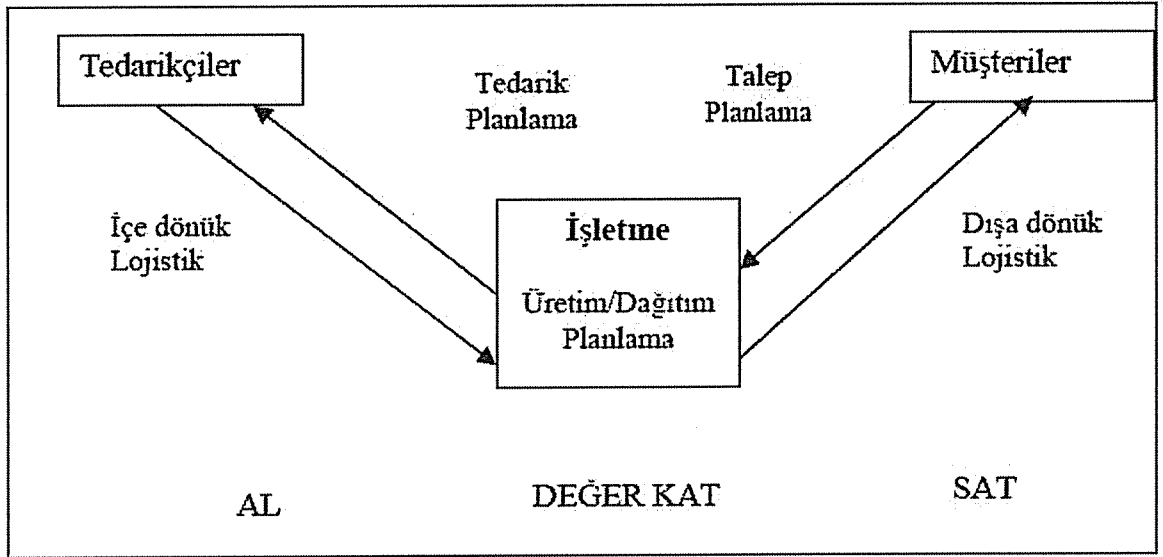
Tedarik zinciri için literatürdeki önemli tanımlamalar ise şu şekildedir. Lee ve Billington'un tanımına göre tedarik zinciri, hammadde temini yapan, onları ara mal ve nihai ürünlere çeviren ve nihai ürünleri müşterilere dağıtan, üretici ve dağıtıcıların oluşturduğu bir ağıdır.² Kopczak'ın tanımı ise, tedarik zinciri; tedarikçileri, lojistik hizmet sağlayıcılarını, üreticileri, dağıtıcıları ve perakendecileri içine alan ve bunlar arasında malzeme, ürün ve bilgi akışı olan bir elemanlar kümesi olarak tanımlamaktadır.³ Lee ve Billington'un bahsettiği bu ağda; malzemeler, bu ağın başlangıç noktasından nihai müşterilere akarken tedarik zincirinde, farklı aşamalardan geçmektedir. Bu süreçte malzemeye değer katılmaktadır. Tedarik zincirinde amaç, bu değer en büyüklenmesi olmaktadır.⁴ Zincir, hammaddenin yeryüzünden çıkarılmasından başlar ve ürün kullanıldığında veya atıldığında sona-

¹B.Türker Palamutçuoğlu, "Çevrimiçi", http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf 23.Ocak.2011.

²Hau L. Lee, Corey Billington, "Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls And Opportunities", *Sloan Management Review*, Vol: 33, No: 3,1992, s.65.

³L.R. Kopczak, "Logistics Partnership And Supply Chain Restructing Survey Results From The Us Computer Industry" *Production And Operations Management*, Vol: 6, No: 3,1997,s.227.

erer.⁵ Tedarik Zinciri Konseyi'ne göre, Tedarik Zinciri kavramı son ürünün üretilmesi ve dağıtımı (tedarikçinin tedarikçisinden müşterinin müşterisine kadar) ile ilgili bütün çabaları kapsar. Bu çabalar plan, (tedarik ve talebin yönetimi), kaynak (hammadde ve yarı mamullerin temini), üretim (imalat ve montaj), teslim (depolama ve stok takibi, siparis alımı ve yönetimi, bütün kanal boyunca dağıtım ve müşteriye teslim) olmak üzere dört temel süreçten oluşur. Tedarik zinciri, şekil 1.2'de de görüleceği üzere tedarikçi firmalar, üreticiler, dağıtım servisleri ve müşterilerden oluşan, ileriye doğru malzeme ve geriye doğru bilgilerin akışı ile birbirlerine bağlandıkları bir sistemdir. Hammadde kaynaklarının belirlenmesi, hammaddenin tedarik edilmesi, üretimin yapılması ve ürünlerin müşteriye ulaştırılması alt süreçlerini kapsayan bir süreç kastedilir.⁶



Şekil 1.1: Tedarik zinciri yönetimi⁷

Tedarik zinciri yönetimi kavramı ise, şekil 1 ve 2 de görüleceği üzere; işletme içinde yer alan tüm bölümleri oluşturan iç ortakları ve tedarikçileri, imalatçıları,

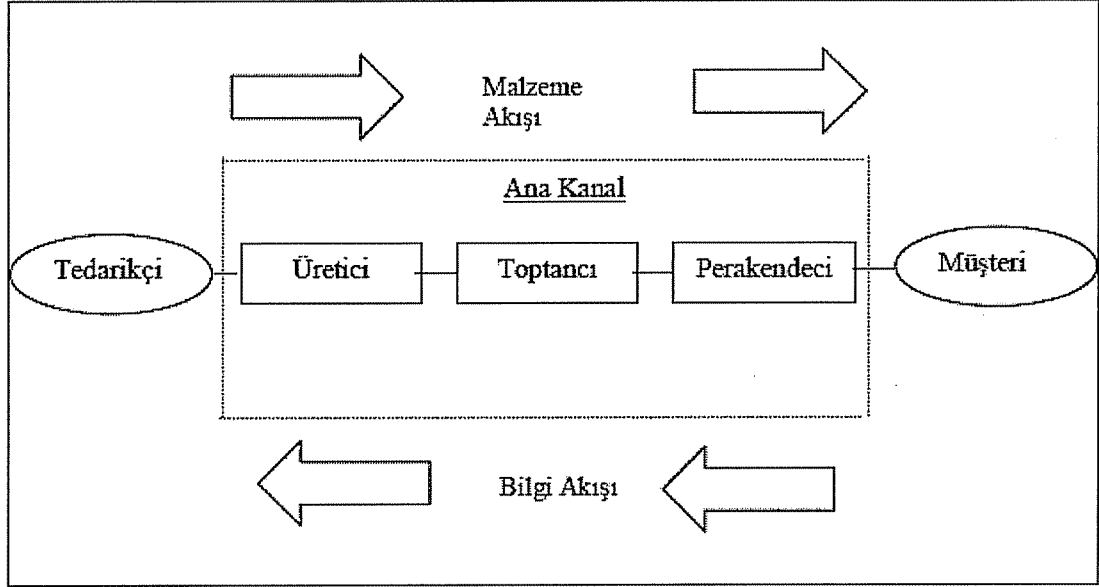
⁴ Sunil Chopra, Peter Meindl, "Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation" Prentice Hall, New Jersey, 2001, s.3.

⁵ Ali Özdemir, "Tedarikçi Seçiminde Karar Modelleri Ve Bir Uygulama Denemesi", Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2007, s.4.

⁶ B.Türker Palamutcuoğlu, "Çevrimiçi", http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf 23.Ocak.2011.

⁷ Ming Ling Chuang, Wade H.Shaw, "Distinguishing The Critical Success Factors Between E-Commerce, Enterprise Resource Planning And Supply Chain Management" **Proceeding Of Int. Engineering Manag. Conference**, 2000, New Mexico, s.150.

depoları, mağazaları, taşıyıcıları, üçüncü kişi firmalarını ve bilgi sistem sağlayıcılarını içeren dış ortakları etkin bir şekilde bütünleştirerek, malların doğru miktarda, doğru yerlere, doğru zamanda ulaştırmak koşulu ile tüm sistemin maliyetlerinin en aza indirilmesi ve aynı zamanda hizmet düzeyi ihtiyaçlarının karşılanması için kullanılan yaklaşımlar bütünüdür.⁸



Şekil 1.2:Tedarik zinciri yönetimi⁹

Literatürdeki tedarik zinciri yönetiminin belirtildiği üzere yazında farklı tanımlamaları bulunmaktadır. Bu tanımlar içinde en kapsamlı olanlardan biri şu şekildedir: Tedarik zinciri yönetimi, malzeme ve ürünlerin, temel hammadde arzından nihai ürün aşamasına kadar (olası geri dönüşüm ve yeniden kullanım dahil) yönetimini kapsayan; firmaların tedarikçilerinin proseslerinden, rekabet avantajlarını destekleyecek teknoloji ve yeteneklerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve geleneksel işletme içi faaliyetleri, optimizasyon ve etkinlik ortak gayesi ile ticari ortaklıklar kurarak yayan bir yönetim felsefesidir.¹⁰ Tedarik zinciri yönetimi

⁸Christoph Schneeweiss, "Distributed Decision Making In Supply Chain Management", *International Journal Of Production Economics*, Vol:84, Issue:1, 2003, s.71.

⁹Ming Ling Chuang,Wade H.Shaw, "Distinguishing The Critical Success Factors Between E-Commerce, Enterprise Resource Planning And Supply Chain Management" *Proceeding Of Int. Engineering Manag. Conference*, 2000, New Mexico, s.150.

¹⁰Keah Choon Tan,V.Kannan, R.B Handfield, "Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance",*International Journal of Purchasing and Material Management*,1998,Vol.34, No.3, s.2.

yalnızca işletme tedarikçilerinin yönetiminin farklı bir adı olarak düşünülmemelidir, tedarik zincirinin ve sözkonusu zincir içinde yer alan tüm işletmelerin uzun vadeli verimlerini arttırmak amacıyla, tedarik zinciri üzerindeki işletmelere ait işletme işlev ve planlarının, tüm işletmeleri kapsayacak şekilde sistematik ve stratejik yönetimi olarak düşünülmalıdır. İşletmenin ilk tedarikçisinden nihai kullanıcıya kadar olan en önemli süreçlerin bütünleştirilmesidir. Birden fazla işletmeyi içine alan tedarik zinciri yönetimi yapısı; tedarik zincirinde bulunan işletmelerin tek bir işletme gibi davranarak kaynaklarının ortak kullanımı sayesinde görevdeşlik oluşturarak, ürün ve hizmetlerin kalitesinin istenen düzeyde olmasına, maliyetlerin düşmesine, planlanan sürede hedef kitleye sunulmasına ve müşteri memnuniyetinin arttırılmasına olanak sağlayacaktır.¹¹

Genel olarak, Tedarik Zinciri Yönetimi, hammadde temininden, üretime ve dağıtımla nihai müşteriye kadar bir malın ulaşabilmesi için bir değer zincirinde yer alan tedarikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci ve müşteriler arasında malzeme/ürün, para ve bilginin dönüşüm ve hareketleri ile ilgili tüm faaliyetlerin eşgüdümünün sağlanması ve bütünleştirilmesi ve yönetilmesi demektir. Tedarik zinciri içinde yer alan tedarikçi, üretici ve müşteri başta olmak üzere tüm şirketlerin uzun vadeli performanslarını arttırmak amacıyla, söz konusu şirketlere ait işletme fonksiyonlarının, süreçlerin ve planların, zincirdeki tüm şirketleri kapsayacak şekilde, stratejik ve sistematik yönetimidir. Şekil 2'de görüldüğü gibi bu zincir, birbiriyle ilişkili pek çok firmanın varlığından oluşur. Bunlar sırasıyla;

- Hammadde tedarikçisi,
- Yan sanayi ürünleri tedarikçileri,
- Alt montaj tedarikçileri,
- Mamül ve hizmet üreticileri,
- Lojistik hizmeti veren kuruluşlar
- Distribütörler
- Toptancılar
- Bayiler

¹¹Çağatan Taşkın,Gül Gökay Emel, **Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler**,Bursa, Alfa Akademi,2009,s.5.

-Perakendeciler

-Son kullanıcı (müşteri)

Dikey Tedarik Zincirinde; bir firma içerisinde olduğunda iş süreçlerinin yönetimi tamamen firmanın kontrolündedir. Buna örnek olarak Burger King' i verebiliriz. Yatay Tedarik Zincirinde ise şirketler arası tedarik zinciri (yatay), her firma kendi davranışlarını tedarik zinciri yönetimi yaklaşımı çerçevesinde kontrol etmekle yükümlüdür.¹²

Tedarik zinciri yönetiminin başlangıcı, tekstil endüstrisindeki "QR" (Quick Response/Hızlı Yanıt) programına dayanır. Tekstil endüstrisindeki yoğun rekabetten dolayı, sektörün önde gelen firmaları tedarik zinciri analizinin yapılmasının gerektiğini düşünerek, bu konuda analiz yapmaya karar vermişlerdir. Yapılan analiz sonucunda mamulün hammadde halinden son tüketiciye tamamlanmış mamul olarak ulaşmasına kadar geçen sürenin 66 hafta olduğu bilgisi elde edilmiştir. Bu sürenin 40 haftasının depolarda bekleme ve taşıma süresi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda QR adı verilen bir strateji geliştirilmiştir. Bu program, tüketici gereksinimlerini daha hızlı karşılayabilmek amacıyla, perakendeci ve tedarikçilerin birlikte çalıştığı bir ortaklıktır. Satış bilgilerinin dağıtıcılara ve üreticilere anında ulaşmasını sağlamak amacıyla perakendeciler, satış noktası tarama sistemleri kurmuşlardır. Böylece stoğun karlılığının artması amaçlanmıştır.¹³ Başlangıç noktası tekstil endüstrisi olan tedarik zinciri yönetimi giderek tüm sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin vazgeçilmez ve yaşamsal bir parçası haline gelmiştir.¹⁴

1950'lerden sonraki dönemde, çoğu üreticiler birim üretim maliyetlerini minimize etmek amacıyla, temel operasyonel strateji olarak çok az ürün ve süreç esnekliği ile kitle üretim sistemleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bu dönemde, yeni ürün geliştirme yavaş ve tamamen firma içi teknoloji ve kapasiteye bağlı idi. Darboğaz faaliyetleri, dengeli bir hat akışını devam ettirebilmek için stoklarla karşılanmakta ve bu da sonuçta yarı mamul stoklarına büyük yatırımlar yapılması

¹² B.Türker Palamutçuoğlu, "Çevrimiçi", http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf 23.Ocak.2011.

¹³ Rhonda R. Lummus, Dennis W. Krumwiede, Robert J. Vokurka, "The Relationship Of Logistics To Supply Chain Management: Developing A Common Industry Definition", **Industrial Management&Data Systems**, Vol:8, Issue:101, 2001, s.427.

¹⁴ Çağatan Taşkın, Gül Gökay Emel, **Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler**, Bursa, Alfa Akademi, 2009, s.5.

sonucunu ortaya çıkarmaktaydı. Bu dönemde teknoloji ve uzmanlığın müşterilerle veya tedarikçilerle paylaşılması çok riskli ve kabul edilemez olarak görülüyordu. Aynı şekilde, işletmeler arası işbirliği ve alıcı-tedarikçi ortaklığı üzerine ilginin de çok az olduğu görülmekte idi¹⁵.

Tedarik zinciri yönetiminin kökleri 1960'lara kadar uzanmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminin ilk aşaması olarak kabul edilen fiziksel dağıtım aşaması ile ilgili ilk vurgu Bowersox tarafından yapılmıştır. Bu konunun önemini işaret eden, önde gelen araştırmacılardan biri olan Bowersox fiziksel dağıtım ile ilgili akışları gözlemlemiş ve dağıtım işlevinin işletme dışında, kanal-içi bütünleşme yoluyla rekabetçi bir avantaj sağlayacağını ileri sürmüştür. 1970'li yıllarda "Malzeme İhtiyaç Planlaması" sisteminin tanıtılmasından sonra işletme yöneticileri; süreç içi çalışmaların, üretim maliyeti, kalite, yeni ürün geliştirme ve teslimde tedarik zamanları üzerine olan önemli etkisini daha iyi anlamışlardır. Bu dönemde, işletmeler kendi içlerinde pazarlama, üretim ve finansman ile ilgili dağıtım faaliyetlerini yürütecek merkezi bir fiziksel dağıtım bölümü oluşturmuşlar ve her bir faaliyetin lojistiğini ayrı ayrı en iyilemek yerine bütün sistemin lojistik yönetimini birleştirmek gerekliliği ortaya çıkmıştır. Böylece, her bir operasyonun maliyetini azaltmak yerine, bütün sistemin maliyetini bir bütün olarak ele alan tüm lojistik hizmetleri maliyeti yaklaşımı geliştirilmiştir. Bunun sonucunda, farklı depolar arası, depolama ve taşıma fonksiyonları ve müşteri hizmet seviyeleri bütünleştirilmiş ve tedarik zinciri yönetimi gelişiminin ilk safhası olarak adlandırılan 'fiziksel dağıtım yönetimi' aşamasına gelinmiştir. Bu dönem, 'malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım aşaması'olarak da adlandırılmaktadır. 1980'li yıllarda ise küresel rekabetin artması tüm dünyadaki işletmeleri; daha düşük maliyetli, yüksek kaliteli ve daha çok tasarım esnekliği içeren güvenilir ürünler sunmaya zorlamıştır. 1980'li yıllarda şirketler, maliyetleri düşürmelerini ve farklı pazarlarda daha iyi rekabet edebilmelerini sağlayan yeni imalat teknolojileri ve stratejileri keşfettiler. Tam zamanında üretim, kanban, yalın üretim, toplam kalite yönetimi ve diğer stratejiler çok yaygınlaştı ve bu stratejileri uygulamak için büyük kaynaklar harcandı. Bu dönemde artık tedarik zinciri yönteminin ikinci aşaması olarak da adlandırılan 'lojistik aşaması'na geçilmiştir. ¹⁶

¹⁵Keah Choon Tan, "A Framework Of Supply Chain Management Literature",*European Journal Of Purchasing&Supply Management*,Vol:7,2001,s.39.

¹⁶Çağatan Taşkın,Gül Gökay Emel, *Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler*,Bursa, Alfa Akademi,2009,s.7.

Bu aşama Ross tarafından lojistiğin entegrasyonu olarak ifade edilmektedir.¹⁷ Houlihan, firmanın stratejik kararları ile lojistik odaklılığı birleştirerek, tedarik zincirini tek bir olgu olarak ele alan güçlü bir durum geliştirmiştir. Böylece, Houlihan literatürde ilk defa bu sistem için tedarik zinciri terimini kullanmıştır.¹⁸ Geleceğin model işletmeleri, firmalar arası süreçleri düzenli kontrol eden, yeni yaklaşımlar geliştirebilen kurumlardır. Onlar etkinlikten süper etkinliğe sıçrama yapabilen firmalardır.¹⁹

Tedarik zinciri yönetiminin yararları ise bir hayli fazladır. İşletmenin içinde bulunduğu tedarik zincirinin etkinliğini arttırmak amacıyla çeşitli örgütsel amaçları birleştiren bir strateji olarak da düşünülebilen tedarik zinciri yönetiminin işletmeler arası işbirliği sonucunda sağladığı bilgi paylaşımları yardımı ile kaynakların gereksiz kullanımı ve zaman israfından kaçınılması gibi yararları başta olmak üzere oldukça fazla yararından bahsetmek mümkündür. İşletmelere bazı yararları öz olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir.²⁰

- Tedarik faaliyetlerinde rekabet avantajı sağlaması
- Ürün kalitesinin sürekliliğine imkân vermesi
- Tedarik zinciri üzerindeki işletmelerin maliyetlerini düşürmesi
- Hizmet kalitesini arttırması
- Bilgi akışını güçlendirmesi
- İşlem hızını arttırması
- Sürdürülebilir rekabetçilik açısından bir farklılık oluşturmada yardımcı olması
- İşletmeler arasındaki etkin bir iletişim kurarak esnekliği arttırması
- Stokların azalması

¹⁷David Frederick Ross, *Competing Through Supply Chain Management:Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*, **Kluwer Academic Publishers**,Boston,1998,s.67.

¹⁸J.B. Houlihan, " International Supply Chain Management", *International Journal of Physica Distribution and Logistics Management*,15, 1985,s.22.

¹⁹Micheal Hammer , "The Superefficient Company", *Harvard Business Review*, Vol:79, No:9, 2001, s.84.

²⁰Süleyman Barutçu, "İnternet Tabanlı Tedarik Zinciri Yönetimi: Denizli Tekstil İşletmelerinin İnternet Tabanlı Tedarik Zinciri Yönetiminden Yararlanma Durumuna Yönelik Bir Araştırma" *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı:18,2007,s.134-135.

- Çevrim süresinin kısalması
- Tahmin doğruluğunun artması
- Zincir boyunca verimliliğin artması
- Kapasite gerçekleşme oranının artması

Bu yararlar ve daha fazlası aynı zincirde yer alan firmaların (tedarikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci vb.) arasında iletişimin tam olarak kurulması, zincir boyunca faaliyetlerin birlikte koordinasyonu ve kontrolü sayesinde ortak amaç olarak belirlenen zincirin bütününde maliyetlerin azaltılması, verimliliğin artırılması, karlılık ve müşteri tatmini gibi amaçlara ulaşmak üzere elde edilebilir. Tedarik zinciri içindeki firmalar arasında koordinasyon ve bilgi paylaşımı sayesinde talepteki belirsizlikler azalır, böylece zincirdeki firmaların stoklara fazla yatırım yapması gerekmez. Bu durum planlamalarda kolaylık ve maliyetlerde azalmayı beraberinde getirecektir. Ayrıca firmalar arasında tesis edilecek olan güven ve işbirliği sonucunda risklerin paylaşımı, firmalar arasındaki bariyerlerin azaltılması ve esnekliğin artırılması yoluyla yeni ürün geliştirme ve pazara sunma süreleri kısalarak rakiplere karşı büyük avantajlar sağlanabilir. Bu sayede müşteri ihtiyaçlarının karşılanabilmesi yolu ile müşterilerin tatmin düzeylerinde artışlar sağlanabilir. Bütün bunların parasal karşılığı olarak da zincir boyunca nakit akışları düzenli bir hal alır ve firmaların maliyetleri düşerek karlılıklarında artış olur.²¹

Tanımı yapılan tedarik zinciri yönetimi ile birlikte bizi birkaç amacı yapmaya itmektedir. Birincisi, tedarik zinciri yönetimi maliyet üzerinde etkisi olan ve ürünün müşteri ihtiyaçlarına uymasında rol oynayan her tesisi dikkate alır. Tedarikçilerden ve imalat tesislerinden tutun da depo, dağıtım merkezleri, perakendeci ve müşterilere kadar, tüm zincir bileşenleri tedarik zinciri yönetiminin ilgi alanı içerisinde. Dahası, bazı tedarik zinciri analizlerinde tedarikçilerin tedarikçileri bile, tedarik zinciri performansı üzerinde etkisi nedeniyle göz önünde bulundurulmak zorundadır. İkinci gözlem ise, tedarik zinciri yönetiminin amacı, tüm sistem için etkin ve düşük maliyetli olmaktır; ulaşım ve dağıtım maliyetlerinden hammadde, yarı mamul, son mamul stoklarına kadar tüm maliyetler minimize edilmelidir. Dolayısı ile tedarik zinciri yönetiminde temel amaç sadece ulaşım ya da stok maliyetlerini

²¹A.İhsan Özdemir, "Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi,Süreçleri ve Yararları", Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 23, Temmuz-Aralık 2004, s. 93.

azaltmak değildir. Tedarik zinciri yönetimine sistem yaklaşımını uygulamaktır. Tanımda gözlemlememiz gereken üçüncü nokta ise şudur: Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerin, imalatçıların depoların ve mağazaların bütünleştirilmesine dayandığı için bir şirketin stratejik, taktik ve operasyonel düzeydeki birçok faaliyetini kapsar. Tedarik zinciri yönetimi niçin zordur? Bu nedenler iki temel gözleme dayandırılabilir. Birincisi tüm sistem maliyetlerinin minimize edildiği ve aynı zamanda sistemin hizmet düzeyinin korunduğu bir tedarik zinciri tasarlamak ve yönetmek çok zordur. Bırakın tüm bir sistemi, bir tek tesisin bile maliyetleri minimize edilecek ve var olan hizmet düzeyinin korunabilecek şekilde yönetilmesi zordur. Bu zorluk tüm bir sistem göz önüne alındığında üstel olarak artmaktadır. İkincisi ise her tedarik zincirinin doğasında belirsizlik vardır. Müşteri talebi hiçbir zaman kesin olarak bilinemez, taşıma zamanları hiçbir zaman kesin değildir, makineler ve kamyonlar öngörülemez şekilde bozulabilir. Dolayısı ile tedarik zincirleri, var olan belirsizlikleri azaltacak ve kalan belirsizliklerin etkisinin mümkün olan en az düzeye indirilecek şekilde tasarlanmalıdır.²²

Literatürde tedarik zinciri yönetimini oluşturan süreçlerin geniş biçimde tanımına her yerde rastlamak mümkün olmasa da Global Tedarik Zinciri Forumu (The Global Supply Chain Forum) üyelerinin tanımladığı sekiz süreç genel kabul görmüştür. Bu süreçler aşağıdaki gibidir:²³

- Müşteri İlişkileri Yönetimi (Customer Relationship Management)
- Müşteri Hizmet Yönetimi (Customer Service Management)
- Talep Yönetimi (Demand Management)
- Sipariş İşleme (Order Fulfillment)
- İmalat Akış Yönetimi (Manufacturing Flow Management)
- Satın alma (Procurement)
- Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme (Product Development and Commercialization)

²²Tedarik Zinciri ve Tedarik Zinciri Yönetimi Nedir? 'çevrimiçi'
http://www.lojistiktr.net/tedarik_zinciri_ve_tedarik_zinciri_yonetimi_nedir_tedarik_zinciri-t76.0.html
10Kasım2010

²³K.L. Croxton,S.J. Garcia Dastugue,D.M Lambert. v.d., "The Supply Chain Management Process",
The International Journal of Logistics Management, Vol:12,No:2,2001,s.13.

- İadeler (Returns)

Forumun yapmış olduğu bu sınıflamada satın alma süreci tedarikçilerle olan ilişkilerle ilgili olduğundan bu sürece Tedarikçi İlişki Yönetimi (Supplier Relationship Management) adı verilmektedir.²⁴ Müşteri İlişkileri Yönetimi Süreci, müşterilerle ilişkilerin nasıl geliştirilebileceğini ve sürdürülebileceğini ele alan bir yapıdır. Yönetim, firma misyonunun bir parçası olarak hedef seçilecek müşterileri ve müşteri gruplarını belirler. Müşteri yönetimi hedef seçilen ve diğer müşterilerin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde “ürün ve hizmet anlaşmaları” hazırlar.²⁵ Müşteri yöneticileri süreçleri geliştirmek, talepteki değişkenliği ve katma değeri olmayan faaliyetleri azaltmak için belirlenen önemli müşterilerle birlikte çalışırlar. Ayrıca bu süreci yöneten bölüm tarafından tek tek müşterilerin karlılıklarını ve aynı zamanda firmanın bu müşteriler üzerindeki finansal etkilerini ölçmek üzere performans raporları hazırlanır. Müşteri Hizmet Yönetimi firmanın müşteri ile yüz yüze olduğu süreçtir. Bu süreç ürünün elde edilebilirliği, yükleme zamanı ve siparişin durumu gibi konularda müşterileri bilgilendirmede birincil bilgi kaynağı olma hizmetini sağlar. Müşteriye sağlanan tam zamanlı gerçek bilgiler, firmanın imalat ve lojistik gibi süreçleri ile ortak bağlantılarla oluşturulan ara yüzler sayesinde sağlanır. Aynı zamanda müşteri hizmet yönetimi müşterilerle yapılan ürün ve hizmet anlaşmasının yürütülmesinden sorumludur. Talep Yönetimi Süreci, müşterilerin ihtiyaçları ile firmanın arz imkânlarını dengelemeye çalışır. Talep yönetimi süreci, talep tahmini ve bu tahminle üretim, satın alma ve dağıtım uyumlaştırmayı kapsamaktadır. Bu süreç aynı zamanda faaliyetlerin durduğu beklenmedik durumlara dönük alternatif planlar geliştirmek ve bu planları yönetmekle de ilgilenir. Etkin bir tedarik zinciri yönetiminde kilit rol oynayan unsur, siparişleri yerine getirme bakımından müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmektir. Etkin bir sipariş işleme süreci de firmanın imalat, lojistik ve pazarlama planlarını bütünleştirmesini gerektirir. Firma müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek ve müşteriye toplam teslim maliyetini azaltabilmek için, tedarik zincirindeki önemli üyelerle ortaklıklarını geliştirmelidir. Ancak bütün bunlar yapıldığında firmanın yer aldığı tedarik zinciri içinde etkin bir sipariş işleme sürecinden söz etmek mümkün olur. İmalat Akış Yönetimi Süreci, ürünleri yapmak ve hedef pazara en iyi hizmet edecek şekilde gerekli olan imalat esnekliğini tesis etmekle ilgilenir. İmalat akış yönetimi süreci, imalat faaliyetleri ve ürünün elde edilmesi, esnekliğin uygulaması ve yönetilmesi ile ilgili ürün akış yönetimi için gerekli

²⁴A.e. s.14.

²⁵Patricia B. Seybold, "Get Inside The Lives Of Your Customers", **Harvard Business Review**, Vol:78,No:5,2001,s.83.

olan bütün faaliyetleri kapsar. Tedarikçi İlişkileri Yönetimi, firmanın tedarikçileri ile nasıl ilişkiler geliştireceğini tanımlayan bir süreçtir. İsminden de anlaşılacağı üzere bu süreç müşteri ilişkileri yönetiminin bir yansımasıdır. Firmaların müşterileri ile olan ilişkilerini geliştirmeleri gibi tedarikçileri ile olan ilişkilerini de geliştirmesi gerekir. Bu süreçte firma, tedarikçilerinden önemli gördüğü bir alt grup ile ileri derecede yakın bir ilişki içine girmeli ve diğerleri ile daha sıradan bir ilişki sürdürmelidir. Her bir tedarikçi ile ilişkinin kurallarının tanımlandığı bir ürün ve hizmet anlaşması yapılmalıdır. Tedarikçilerin yapılan bu anlaşmaya uymaları zorunlu olmalıdır. Bu süreci yöneten tedarikçi ilişkileri yönetimi bu ürün ve hizmet anlaşmasının tanımlanması ve yürütülmesinden sorumludur. Ürün geliştirme süreci firmanın başarısını sürdürebilmesi için kritik öneme sahiptir. Yeni ürünleri hızla geliştirip etkin bir yolla onları pazara sunmak işletme başarısının en önemli bileşenidir. Bu sürecin kritik amacı pazara zamanında girmektir. Tedarik zinciri yönetimi, pazara yeni ürünü sunma süresini azaltmak amacıyla ürün geliştirme sürecine müşterilerin ve tedarikçilerin de dâhil edilmesini kapsamaktadır. Ürün yaşam eğrilerinin kısa olması nedeni ile firmaların rekabetçi kalabilmeleri için doğru ürünleri geliştirmeleri ve kısa zaman dilimleri içinde başarıyla pazara sunmaları gerekmektedir. Etkin bir iade yönetimi tedarik zinciri yönetiminin kritik bir kısmıdır.²⁶ Bir çok firmanın iade sürecini, yöneticilerinin bu sürecin önemsizliğine inanması nedeni ile, ihmal etmesine rağmen bu süreç firmaya sürdürülebilir bir rekabetçi avantaj sağlamasında yardımcı olabilir. Etkin bir iade yönetimi süreci, firmalara verimliliklerini artırma yollarını bulamalarında ve projelerini gerçekleştirmelerinde yardımcı olabilir.²⁷

"Gelişen teknoloji ile birlikte lojistik uygulamaları da şekillenmektedir. Bunlar günümüzde sıkça kullanılan lojistik uygulamalarından Tam Zamanında (Just In Time-JIT), Malzeme İhtiyaç Planlaması (Merchandise Resource Planning-MRP) ve Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning-ERP) uygulamalarıdır. Tam zamanında üretim; "Yalın üretim"in bir ögesi olarak bilenen "Just In Time (JIT-Tam Zamanında) Üretim" bir ürünü gereksinim duyulduğu zamanda, gereksinim duyulduğu miktarda, minimum malzeme, ekipman, işgücü ve alan kullanarak üretme tekniğidir. JIT, fiziksel kaynakların temini, depolanması, bakım ve onarım gibi faaliyetlerin tasarımının yanında mühendislik tasarımı, verimliliğin sağlanması ve etkin bir satış sisteminin yapılması çalışmalarının koordinasyonunu da içerir. Dolayısıyla, JIT bir kurumda hem zaman hem kaynak kaybının engellenerek verimliliğin sürekli olarak iyileştirilmesini amaçlar. JIT, daha çok üretim sektörleri ile ilişkilendirilse de hastaneler JIT kavramının temellerini alıp, stoksuzluk yaklaşımını geliştirmişlerdir. Stoksuzluk, malzemeleri küçük paketler halinde düşük miktarlarda, ihtiyaç anından kısa süre önce ihtiyaç duyulan

²⁶A.İhsan Özdemir, "Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları", **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı: 23, Temmuz-Aralık 2004, s. 91.

²⁷Dale S. Rogers,Ronald Tıbben-Lembke,"An Examination Of Reverse Logistics Practices", **Journal of Business Logistics**, Vol:22,No:2,2001,s.133.

departmana iletmeye hazır halde temin etmek demektir. Stoksuz sistemlerde, depo hizmetleri tedarikçi tarafından sunulduğundan hastane deposu bulunmaz. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP I) ve Üretim Kaynakları Planlaması (MRP II) MRP I üretim planlama ve kontrol sisteminde ikinci aşamada yer alan bir sistemdir. Amaç doğru parçayı doğru zamanda ve doğru miktarda temin etmektir. Talebin değişken olduğunu varsayar, stok boşalmasını ortadan kaldırmaya çalışır. Sistemin işleyebilmesi için her ürüne ait gerçekçi talep tahminlerinin yapılması ve her ürün ve alt montajın ürün ağaçlarının hazırlanması gerekir. Kitle üretimi yapan ve montaj hatları bulunan işletmelerde iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. MRP II malzemeler dışındaki diğer üretim kaynaklarını da içerecek şekilde MRP I'in geliştirilmesi ile oluşmuştur. Yani kapasite planlama ve maliyet planlama modüllerinin eklenmesi gerekir. MRP II sisteminde iki aşamada ihtiyaç çizelgeleri değerlendirilir. İlk aşamada ana üretim planı, darboğaz üretim alanları bazında kaba kapasite analizine tabi tutulur. Uyumsuzluk varsa planda düzeltmeler yapılır. İkinci aşamada malzeme ihtiyaç çizelgeleri, kapasite ihtiyaç planlaması olarak tanımlanan modülde detaylı kapasite analizine tutulur. Uyumsuzluk halinde düzeltmeler yapılacaktır. Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning / ERP) sistemleri, bir işletmenin iş süreçlerine ilişkin işlem bazındaki kayıtlarını tutan ve farklı fonksiyonlar arasındaki bütünleşmeyi ortak bir platformda sağlayan, ticari yazılım paketleridir. ERP sistemi muhasebe, finans, satış-dağıtım, üretim planlama, stok yönetimi, satın alma, üretim, pazarlama, kalite yönetimi, bakım-onarım, insan kaynakları yönetimi gibi fonksiyonları bütünleşik bir tarzda ele almaktadır. Hatta bu yazılımlar sadece işletme içinde gerçekleştirilen faaliyetleri takip etmekle kalmayıp, işletmenin diğer işletmelerle, tedarik zincirleriyle bütünleşmesine olanak tanımaktadır. Bu sistemler, işletmenin verimliliği, sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. ERP, işletmenin stratejik amaç ve hedefleri doğrultusunda müşteri taleplerini en uygun şekilde karşılayabilmek için farklı coğrafi bölgelerde bulunan tedarik, üretim ve dağıtım kanallarının en etkin ve verimli bir şekilde planlanması, koordinasyonu ve kontrol edilmesi fonksiyonlarını barındıran bir sistemdir. 1960'lı yıllarda üretim sistemleri envanter kontrolüne odaklanırken, genelde kuruma özgü geliştirilen çoğu yazılım paketi, geleneksel envanter kavramlarına dayanarak envanter kayıtlarının tutulmasını sağlamıştır. 1970'li yıllarda ise malzeme gereksinimlerini hesaplayan malzeme ihtiyaç planlaması (MRP) yazılımları gündeme gelmiştir. Malzeme gereksinimlerini, ana üretim planı ve kapasiteyi de göz önüne alarak zaman içinde malzeme akışlarında oluşabilecek ve değişikliklerle güncelleyen, daha dinamik bir planlama için kapalı-döngü MRP tekniği geliştirilmiştir. 1980'li yıllarda MRP'ye finans, satın alma ve üretim planlama gibi fonksiyonların eklenmesi ile Üretim Kaynakları Planlaması (MRP II) yaklaşımına geçilmiştir. MRP II etkin bir üretim planlama aracı olmakla birlikte firmalar, karlılık ve müşteri memnuniyeti gibi amaçların sadece üretimi değil, tüm kurumu ilgilendiren kavramlar olduğunu fark etmiştir. 90'lı yılların başından günümüze, bu kavramların tamamını kapsayan bütünleşik kurumsal bir çözüm olarak, Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) yazılımları gündeme gelmiştir. ERP yalnız, üretim değil hizmet dâhil tüm sektörlerde hizmet vermektedir. ERP sisteminin önemli özelliklerinden biri şirketin coğrafi olarak farklı bölgelerde bulunan birimlerini, bunların tüm fonksiyonlarını, merkezi olarak ve eş zamanlı yönetmeye olanak tanımasıdır.²⁸

İşletmeler günümüz pazar şartlarında pazar paylarını arttırmak ve korumak için; tüketicilere hızlı yanıt vermek, tedarik zincirini küreselleştirmek ve ürün servis kapsamalarını arttırmak gibi rekabetçiliğin anahtar kavramları olarak sayılan bir takım

²⁸B.Türker Palamutçuoğlu, "Çevrimiçi", http://www2.bayaz.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf 23.Ocak.2011.

fonksiyonları yerine getirmek durumundadır.²⁹ Bu anahtar kavramların temelini ise iyi yapılandırılmış bir tedarik zinciri oluşturmaktadır. Tedarik zincirinin oluşturulduktan sonra yönetimi ise işletme açısından bir başka yaşamsal ana fonksiyondur.

“Günümüzün küresel pazarlarında giderek kısalan ürün ömür çevrimleri ve artan müşteri beklentileri işletmeleri dikkatlerini kullandıkları tedarik zincirlerine yöneltmeye ve bu tedarik zincirlerine yatırım yapmaya zorlamaktadır. Bu ve gelişen iletişim ve ulaşım teknolojilerindeki sürekli gelişim, tedarik zincirlerinin ve zincirleri yönetmekte kullanılan tekniklerin sürekli biçimde gelişmesine yol açmaktadır. Tipik bir tedarik zincirinde hammaddeler ve ürünler bir veya daha fazla fabrikada üretilmekte, geçici olarak depolanmak üzere depolara sevk edilmekte ve daha sonra perakendecilere ve müşterilere sevk edilmektedir. Bu nedenle, etkin bir tedarik zinciri yönetimi için tedarik zincirinin farklı düzeylerindeki etkileşimleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Tedarik zinciri tedarikçilerden, imalat merkezlerinden, depolardan ve tesisler arasında akan hammaddelerden, ara mamullerden ve nihai mamullerden oluşmaktadır.”³⁰

Günümüzde gelişmiş ülkelerdeki işletmelerde uygulanması gerekliliği iyice anlaşılan ve firma için hayati önem taşıyan e-iş sistemlerinden biri olarak kabul edilen tedarik zinciri yönetimi sisteminin ülkemizdeki işletmelerce de öneminin ve yararlarının anlaşılması gereklidir. Gelişen bilgi ve haberleşme teknolojilerinin de yardımı ile işletmeler arası bütünleşmeler ve işbirliğinin değer yaratıcı biçimde yayıldığı görülmektedir. Artık günümüz dünyasında işletmelerin tek tek rekabetçi olmaları kavramı yerine yer aldıkları tedarik zincirlerinin bütününün oluşturduğu rekabet ortamı oluşmaktadır. Bu ortamda ülkemizdeki işletmelerin de rekabetçi kalabilmeleri ve gelecek kuşaklara işlerini aktarabilmeleri için birlikte çalıştıkları tedarikçileri ve müşterileri ile işbirliği yollarını daha da ileri götürerek iş ortaklığı prensibi ile hareket etmeleri, güven ortamı oluşturmaları ve iş süreçlerini birbirlerine açmaları gerekmektedir. Böylece tedarik zinciri içinde sınırların ortadan kalkması ile oluşturulacak bir zincir yönetiminin koordinasyonu ile işletmelerin tek tek amaçlarını en iyilemek yerine zincirin bütününde en iyileme yolu sayesinde bütün zincir üyeleri için daha çok yarar elde etme imkanı doğacaktır.³¹

²⁹Çağatan Taşkın,Ömer Akat, Uluslararası Pazarlama Kapsamında Reel Tekstil Sektöründeki Kobi'lerin Pazarlama Sorunları ve Bir Çözüm Önerisi: E-Ticaret, **İşletmelerde Çağdaş Yaklaşımlar**, Ezgi Kitabevi, Bursa, 2002,s.186

³⁰Tedarik Zinciri ve Tedarik Zinciri Yönetimi Nedir?'çevrimiçi' http://www.lojistiktr.net/tedarik_zinciri_ve_tedarik_zinciri_yonetimi_nedir_tedarik_zinciri-t76.0.html 10Kasım2010

³¹A.İhsan Özdemir, "Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi,Süreçleri ve Yararları", **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı: 23, Temmuz-Aralık 2004, s. 91.

1.2.İŞLETME LOJİSTİĞİ TEMEL KAVRAMLAR

Lojistik Yunanca 'Logistikos' kelimesinden mantık ve statics (istatistik) kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmiştir ki, sözlük anlamı "mantıklı istatistik (hesap)"tır. 'Hesap kitap yapma bilimi', 'hesapta becerikli' anlamına gelmektedir ve Türk Dil Kurumu tarafından hazırlanan Türkçe sözlüğün altıncı baskısında lojistik savaşta ya da askeri yürüyüşte yol, haberleşme, sağlık, ikmal gibi hizmetleri sağlayan strateji bölümü; lojistik (mantık) olarak tanımlanmıştır.³² Lojistiğin günümüzdeki kabul gören en geçerli tanımı The Council of Management (CLM)Lojistik Yönetim Konseyi kuruluşu, yeni adı ile Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri (Supply Chain Management Professionals-CSCMP) tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre: "Lojistik, müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürün, servis hizmeti ve bilgi akışının başlangıç noktasından (kaynağından), tüketildiği son noktaya (nihai tüketici) kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkili ve verimli bir biçimde planlanması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulması hizmetidir."³³ Ülkemizde lojistik şirketlerinin geçmişte taşımacılık sektöründe faaliyet göstermeleri ve insanların yeterli derecede bilgilendirilmemesinden dolayı lojistik, taşımacılık olarak değerlendirilmektedir.³⁴ Tanımlamalardan anlaşılacağı üzere lojistik, taşımacılığın yanında betimlemesi yapılan diğer faaliyetleri de içermektedir. Bu tanımlamalar işletmeler tarafından iyi anlaşıldığı takdirde, planlanan hedefler doğru hesaba dayalı malzeme, personel ve bilgi akışı ile desteklenerek gerçekleştirilebilir. CSCMP'in tanımı son tanım değildir. Teknolojinin gelişmesi, iş olanaklarının artması, küreselleşme ve gelişim, her şeyi değiştirdiği gibi tanımlamaları da değiştirmektedir. İleride yeni tanımların gelmesi, mevcut tanımlara, bilgi iletişimin web tabanlı olması yani internet üzerinden haberleşme eklenecektir.³⁵

Mısır piramitlerinin yapımı (M.Ö. 2575-M.Ö.2465) sivil alanda lojistiğin kullanımı açısından en eski büyük proje sayılır. Askeri lojistik açısından başarılı uygulamalar; M.Ö. 216 yılında Kartaca'lı General Anibal'ın 30000 kişilik ordusunu atlar ve fillerle Alpler üzerinden Fransa'dan İtalya'ya geçirmesi, Büyük İskender'in zaferleri, daha

³²İ.Figen Gülenç, Bihter Karagöz, "E-Lojistik Ve Türkiye'de E-Lojistik Uygulamaları" Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:15, Sayı:1, 2008, s.75.

³³Lojistik, 'çevrimiçi' <http://www.cscmp.org> 10.Şubat.2011.

³⁴Fatih Konya, Lojistik Sektörünün Engellenemez Yükselişi, 'çevrimiçi', http://www.elektrikport.com/_yazar-yazisi-oku/lojistik-sektorunun-engellenemez-yukselisi8230/fatih-konya/48,13Ekim2010.

³⁵Atilla Yıldıztekin, "Lojistik veya Tedarik Zinciri Yönetimi", Dünya Gazetesi, 26Eylül2002,s.8.

yakın tarihte Osmanlı Seferleridir. Yirminci yüzyılın başlangıcında lojistiğin büyük bir önemi olmamış ve 2. Dünya Savaşı'na kadar iş alanında kullanılmamıştır. Bilgi sistemleri ve iletişim teknolojisinde yaşanan hızlı gelişmeler; nakliyedeki değişimler sonucu fiyat esnekliği oluşmuştur. Lojistik şirketlerinin müşterilerine sağladıkları hizmetler günden güne artar hale gelmiştir.³⁶

Endüstriyel devrim ile meydana gelen kitlesel üretim ve kitlesel tüketim ekonomisi, sanayileşmiş ülkelerde bereberinde kitlesel dağıtım anlayışını da ortaya çıkarmıştır. Çağımızda, küresel pazarların yarattığı yoğun rekabet ortamında bir işletmenin başarılı olması, üretilen malların istenilen miktarda, istenilen yerde ve zamanda hazır bulundurulmasına bağlı hale gelmiştir.³⁷ Günümüzde sadece üretim yapmak yeterli değildir, aynı zamanda üretilen ürünü alıcıya istediği zamanda ve yerde ulaştırmak da gerekmektedir. Bundan dolayı lojistik fonksiyonu işletmeler için giderek daha da önem kazanmaya başlamıştır. Lojistik, günümüz iş dünyasında gittikçe daha fazla kullanılmasına ihtiyaç duyulan karmaşık enformasyon, iletişim ve kontrol sistemlerin içinde yer aldığı, mal, hizmet, bilgi ve sermaye akımının iş planlama çerçevesi olarak tanımlanmaktadır. Bu bilgiler ışığında yukarıdaki tanımlar günümüz koşullarına uyarlanmış hali; "Lojistik, mal ve hizmet tedarikine yönelik planlama, organizasyon, nakliye ve yönetim faaliyetlerinin bütünüdür."³⁸ Lojistik, kisanın detaylandırılmış tanımı ise ham maddeden tüketiciye kadar bir zincirde, doğru ürünün, doğru miktarda, doğru biçimde, doğru kaynaktan, doğru yolla ve doğru fiyata doğru malzemenin doğru zamanda, doğru şekilde, bulundurulmasını sağlayan faaliyetlerin tümüdür. Bazı yerlerde lojistik hizmetler bir bütün olarak algılanırken bazı yerlerde de henüz bu tanımın içi doldurulmaya çalışılıyor. Ülkemizde de lojistiği çağdaş tanımı ile buluşturma konusunda çalışmalar yapan birçok dernek ve kurum bulunuyor. Sektörde faaliyet gösteren şirketler, önceki dönemlerde sadece malların hareketini izlerken, son dönemde depolamanın içine girdiği çalışma şekilleri ile lojistiğin asıl boyutuna doğru taşınmaya başladığı görülüyor. Lojistik genel olarak dağıtım gerektiren, pahalı zincir mağazalara ulaşan, paletle taşınan ve raflanabilen ürünler için daha popüler olan bir hizmettir.³⁹

³⁶David Frederick Ross, *Competing Through Supply Chain Management:Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*, **Kluwer Academic Publishers**,Boston,1998,s.68.

³⁷"Lojistik", 'çevrimiçi', <http://www.skyred.net/lojistik-t16573.0.html;wap2=>, 13Kasım2010.

³⁸Y.Selim Bakırcı, *Lojistik İşletmelerde Filo Yönetimi Temel İş Süreçleri ve Filo Yönetimi Organizasyon Yapısı*, 'çevrimiçi', <http://lib.beykoz.edu.tr/wp-content/uploads/2010/06/YAVUZ-SEL%C4%B0M-BAKIRCI.pdf>, 20Aralık2010.

³⁹Ömür Kanalcı, *Türkiye ve Lojistik*, 'çevrimiçi', http://www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/7475BDA1-95B7-4855-B351-9ADCE4362AFE/5400/omur_lojistik.pdf, 10Aralık2010.

Lojistik insanlığın varoluşundan beri hayatın bir parçası olsa da kavramsal olarak ortaya çıkışı 20. yüzyılda gerçekleşmiştir. İlk olarak silahlı kuvvetler tarafından kullanılmıştır. Tarih boyunca lojistik yeterlilikler ile savaşların kazanılması ya da yetersizlikler ile savaşların kaybedilmesi lojistiğin önemini gözler önüne sermiştir.⁴⁰ Tahminen M.Ö.5.yüzyılda yaşayan Çinli General Sun Tzu, "Savaş Sanatı" adlı eserinin bazı yerlerinde lojistik faaliyetlerinden ve öneminden söz eder. Sun Tzu söz konusu eserinde stratejilerden söz ederken, aşağıdaki faktörlerin bir general tarafından çok iyi bilinmesi ve bu çerçevede ilgili eylemlerin gerçekleştirilmesi durumunda hiçbir savaşın kaybedilmeyeceğini vurgular. Çinli General Sun Tzu'ya göre bir savaş kuramcısı ve uygulayıcısının şu olguları çok iyi bilmesi ve irdelemesi gerekir. Bunlar; düşmanını bil, kendini bil, savaş alanını bil'dir. Bir komutan düşmanını bilmesi ve kendi güçlerinin imkân ile yeteneklerini tanıması gerekliliği kolayca anlaşılabilir. Acaba savaş alanının bilinmesi niçin bu kadar önemlidir? Bu sorunun yanıtı savaş stratejisinin geliştirilmesi ve bu stratejiye göre lojistik eylemlerin gerçekleştirilmesinde yatmaktadır. Diğer bir ifade ile nitelikli, kalabalık ve güçlü bir ordunun varlığı zaferin garantisi değildir. Zaferin garantisi, bu ordunun savaş stratejisine ve alanına uygun bir yerde uygun bir güçle ve savaş gereçlerini sürekli faal tutabileceği bir koşulda bulundurulabilmesi ve gerektiğinde kullanılabilmesidir. Kontrolsüz güç, güç değildir. İşte tüm bu koşullar ancak lojistik koordinasyon ve eylemlerle mümkündür.⁴¹

Konuya pazarlama açısından bakılırsa; Sun Tzu'nun General kavramı işletmenin CEO'su (Chief Executive Officer), düşman kavramı rakip, kendinin bilinmesi işletmenin bilinmesi, savaş alanının bilinmesi de pazarın bilinmesi olarak algılanabilir. O halde askeri yaklaşımlarda lojistik kavramı ne kadar önemliyse, pazarlama eylemlerinde de lojistik kavramı o kadar önemlidir.⁴² Askerlerin konak yeri, hesap ve mantık kavramlarının birleşimiyle elde edilen lojistik kavramının 1905 yılında Albay Chauncey B.Baker tarafından "malzeme ve personelin taşıma, tedarik, bakım ve yenilenmesi" şeklinde askeri bir işlevi tanımlamak amacı ile kullanıldığı bilinmektedir. Lojistiğin askeri anlamda, "savaşın unsurlara strateji ve taktiklere uygun ve gerekli olan ikmal malzemeleri ile hizmet desteğini sağlamak için yapılan

⁴⁰B.Türker Palamutçuoğlu, "Çevrimiçi", http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf 23Ocak2011.

⁴¹Çağatan Taşkın,Gül Gökay Emel, **Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler**,Bursa, Alfa Akademi,2009,s.18.

⁴²Murat Canitez, **Uluslararası Pazarlamada Lojistik Ve Uygulamalar**, Gazi Kitabevi, Ankara, 2009,s.36-37

faaliyetler” anlamına gelmekte ve “orduların erzak ve mühimmat desteğinin düşünülerek hareket ettirilmesi sanatı” olarak da ifade edilmesi mümkündür.⁴³

Dünyada doğal kaynakların eşit dağılmamış olması, insanların başka ülkeleri görme isteği ve günlük hayatımızda bir yerlere gitme çabası sonucu ulaştırma ortaya çıkmıştır. Zamanla doğru orantılı olarak tüketici talepleri artmaktadır. Bu talepleri karşılamak isteyen işletmelerin ulaştırmaya bakış açıları rekabetlerinin yoğunlaşmasıyla zenginleşerek farklı bir boyut kazanmıştır. The council of logistics management (CLP) kuruluşu tarafından yapılan tanımda açıklanması gereken iki unsur var. Bunlar; müşteri ve tedarik zinciridir. Lojistikçiler için müşteri her türlü teslim noktalarıdır; son kullanıcıdır yani tüketicidir. Tedarik zinciri; tedarikçilerden, üreticilerden, dağıtıcılardan, toptancılardan ve perakendecilerden meydana gelir. Lojistikçiler tedarik zinciri içinde malzeme ve bilgi akışını sağlayarak tedarikçi ve müşteri arasında köprü görevi üstlenir.⁴⁴

2. Dünya Savaşında müttefik güçlerin Avrupa'yı istilası literatürde birçok kaynakta lojistik açıdan önemli bir olay olduğu yazılmıştır. 1991 yılında Körfez Savaşında A.B.D. ve müttefikleri yarım milyon insan ve yarım milyondan fazla malzemeyi 12000 kilometrelik hava yolu ve 2.3 milyon ton ekipmanı da deniz yolu ile kısa bir sürede taşımayı başarmıştır.⁴⁵ Türkiye'nin önde gelen bir lojistik firması, lojistik aşamasına geçiş sürecini şu şekilde tanımlamaktadır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra küreselleşmenin etkisinin artmasıyla işletmeler daha fazla ithalat ve ihracat yapmaya başlamışlardır. İşletmeler için hem maliyet açısından hem de zamanında pazarda yer alma isteğinden dolayı lojistik önemli bir faktör haline gelmiştir. Bu sebeplerden dolayı işletmeler rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmek için ulaştırmaya önem vermişlerdir. Fakat mesafelerin uzunluğu ve zamanın önemli bir rekabet unsuru olması çeşitli ulaşım sistemlerini entegre ederek hareket etmelerini gerektirmiştir. 1960'a kadar kullanılan tek seçenekli taşıma sistemi olarak tanımlanabilen 'unimodal sistem'den, en az iki seçenekli taşıma sistemi olan 'multimodal sistem'e geçilmiştir. Bu durumda işletmelerin ulaşım sistemlerinin kontrolü giderek zorlaşmaya başlamıştır. Bununla birlikte ulaşım sistemlerinin birleştirilmesi işletmenin faaliyetlerine hız katmasına rağmen, maliyetlerinin artmasına sebep olmuştur. İşletmeler hem faaliyetlerindeki hızlarını

⁴³Mehmet Tanyaş, “Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi”, *Otomasyon Dergisi*, Sayı 136, 2003.

⁴⁴LojistikYönetimi,
“çevrimiçi”,http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/840UH0012.pdf,08Kasım2010.

⁴⁵Özge Eker, Lojistik yönetimi ve tedarik lojistiği sürecinde performansın artırılması, “Çevrimiçi”,
<http://www.belgeler.com/blg/1dz4/lojistik-yonetimi-ve-tedarik-lojistigi-surecinde-performansin-arttirilmasi-logistics-management-and-increase-in-performance-of-inbound-logistics> process,
10.11.2010.

korumak hem de bunun sayesinde içinde bulundukları pazarı kaybetmemek adına ulaştırmacılığı stratejik olarak daha önemli görmüşler ve böylece maliyetlerini düşürmeyi hedeflemişlerdir. Ulaştırma işlemlerinin yerine getirilmesini sağlayacak bütün aşamaları içinde barındıran 'lojistik' ortaya çıkmıştır.⁴⁶

İşletmeler açısından bakıldığında ise lojistik malzemelerin, yarı mamullerin ve mamullerin üretim noktasından tüketim noktasına kadar, planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi sürecidir. Lojistiğin amacı ise doğru ürünün doğru yerde, doğru zamanda ve doğru miktarda bulunmasını sağlamaktır. 1898 yılında yazılan bir makaleye göre lojistik şöyle tanımlanmaktadır.⁴⁷ "Strateji, askeri kuvvetlerin savaş sahnesinde yönetimi sanatıdır, taktikler kuvvetlerin çarpışma alanında yönetimi sanatıdır. Lojistik ise askeri kuvvetlerin bir konumdan diğerine hareket ettirilmesi ve bölümlere ayrılması sanatıdır." Özellikle ikinci dünya savaşında lojistiğin önemi daha iyi anlaşılmıştır. Luttwak (1971) "A Dictionary Of Modern War" adlı kitabında lojistiği şöyle tanımlamaktadır. Lojistik, askeri organizasyonların gereksinimleriyle ilgili tüm faaliyet ve yöntemleri içerir. Bu faaliyetler içine genel olarak depolama, taşıma ve dağıtım girmektedir. Modern şartlarda askeri kuvvetlere ait çeşitli ve oldukça ekipman mevcut olduğundan dolayı, lojistik aynı zamanda önemli bir planlama ve hesaplama faaliyetini de gerektirmektedir. Amaç ise, her askeri kuvvet birimine optimum miktarda ekipman sağlamaktır.⁴⁸ Rushton'a göre Lojistik = Tedarik + Malzeme Yönetimi + Dağıtım.⁴⁹ Ballou'ya göre lojistik; planlama ve verimi kontrol edebilme, maliyetleri düşürebilme, hammadde, yarı mamul ve mamullerin stoklanması gibi süreçlerin müşterilerin gereksinimlerine göre yönetilmesidir.⁵⁰ Russell'e göre Seven Rs" olarak geçmiş olan "Yedi Doğru" tanımıdır. Doğru ürünün, doğru şartlarda, doğru miktarda, doğru yerde, doğru zamanda, doğru maliyetle, doğru müşteri için kullanılabilirliğini sağlamaktır.⁵¹ Zaman içinde lojistik uygulamaları işletme alanına kaymıştır. Önceleri, işletmelerde taşıma veya trafik bölüm ve yönetimleri bulunmaktaydı. Bunların en zor görevi, başka ülkelere yapılan taşımalar

⁴⁶Lojistik Nedir?, "çevrimiçi", <http://www.dortlertasimacilik.com/?sayfa=lojistik>, 18Eylül2010.

⁴⁷John Simpson,Edmund Weiner, The Oxford English Dictionary,2.Baskı, Oxford University Press, Oxford,1989.

⁴⁸Çağatan Taşkın, "Araç Rotalama Problemlerine Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Bir Uygulama", Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 2003,s.3.

⁴⁹Alan Rushton, Phil Croucher,Peter Baker, **Handbook Of Logistics And Distribution Management**, 3rd Edition,2006,s.4.

⁵⁰Ronald H. Ballou, **Business Logistics Management Planning,Organizing And Controlling The Supply Chain**, London:Prentice Hall International,1999,s.6.

⁵¹Stephan Hay Russell, Growing World Of Logistics, Air Force Journal Of Logistics,"çevrimiçi", http://findarticles.com/p/articles/mi_m0lBO/is_4_24/ai_74582445/,20.11.2010.

için düzenleme ve gümrüklerle ilgili çalışmaları yapmaktı. Daha sonraları, fiziksel dağıtım kavramı bu kavramların yerini almıştır. Fiziksel dağıtımın amacı işletmelerin dağıtım sisteminde yer alan kanallardan işletme amaçlarını gerçekleştirecek şekilde akışları sağlamaktır. Bu kavram daha da genişleyerek, üretime doğru olan akışları da içine almış ve daha sonra da yerini lojistik kavramına bırakmıştır. Günümüzde ise küresel işletmelerin ortaya çıkışı, bilgi teknolojisindeki ve ulaşım araçlarındaki gelişmeler, tedarik, üretim ve dağıtım faaliyetlerini içine alan bilgi teknolojisi tabanlı bütünleşik bir yönetim süreci oluşturmuştur.⁵² Tedarik zinciri veya lojistik ağı olarak adlandırılan bu süreç, kaynaklama, dış kaynaklama, tedarikçi seçimi, satın alma, sipariş gerçekleştirme, üretim planlama ve çizelgeleme, lojistik (taşıma, dağıtım, depolama) gibi birçok süreci bütünleştirmiştir. İşletme biliminde lojistik; malzemelerin, yarı mamullerin, parçaların, gereçlerin ve tamamlanmış mamullerin, işletme dışından işletmeye gelişlerini, işletme içindeki hareketlerini ve işletmeden işletmenin dışındaki noktalara ulaştırılmalarını sağlayan akış ve depolama faaliyetleridir. Lojistik yönetimi ise müşteri gereksinimlerini yerine getirmek üzere lojistik faaliyetlerini ve bu faaliyetlerle ilgili bilgileri maliyet etkin olarak planlama, yerine getirme ve kontrol etme sürecidir.⁵³

İşletme lojistiği; hammadde, malzeme, yedek parça ve bitmiş mamullerin yer ve zaman faydası sağlamak için satıcılardan tüketici, kullanıcı ve veya alıcılara kadar hareketlerini kolaylaştıran bütün faaliyetlerin yönetim sürecidir. Aynı zamanda işletme lojistiği hizmet edilen her pazarda kullanılacak depoların kuruluş yerinin sayısının, miktarının, zamanının ve stok edilecek ürün ve hizmetlerin, seçimi ve dağıtım kanalı ile tedarik kaynaklarından tüketicilere doğru hareket etmesiyle ilgili her türlü faaliyetleri kapsar.⁵⁴ Yapılan açıklamaların ışığında, işletmelerde lojistiğin içerdiği faaliyetler üç ana başlık altında toplanmaktadır. Ürünlerde maliyet, kalite ve servis boyutlarının önem kazanmasıyla mevcut sistemlerden daha etkin lojistik sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. İşletmeler için büyük önem arz eden bir lojistik sistemi birbiri ile ilişkili 3 tane alt sistemden oluşmaktadır. Bunlar şu şekildedir.⁵⁵

⁵² Çağatan Taşkın, Gül Gökay Emel, **Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler**, Bursa, Alfa Akademi, 2009, s.7.

⁵³ Gül Gökay Emel, Çağatan Taşkın, Gökhan Deniz, "Tedarik Zinciri Yönetimi: Bir Araç Rotalama Uygulaması", **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Öneri Dergisi**, Cilt:6, Sayı:21, 2004, s.59.

⁵⁴ A.e.s.60.

⁵⁵ Necdet Timur, **Sanayi İşletmelerinde Lojistik Faaliyetlerinin Organizasyonu**, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 1988, s.3.

- Tedarik sistemi
- İmalat sistemi
- Fiziksel dağıtım sistemi

" Tedarik sistemi ile işletmelerdeki tedarik süreci ve lojistik işlemlerinin optimizasyonu hedeflenmiştir. İşletmeye hammadde, yarı mamul, mamul ve hizmet vermeye hammadde, yarı mamul, mamul ve hizmet sağlayan firmalarla ilişkilerin düzenlenmesi ve imalatta ihtiyaç duyulan girdilerin zamanında hazır bulundurulması bu sistemin görevini oluşturmaktadır.

İmalat sistemi, gelen malzeme ve parçaların mamule dönüştürülmesi esnasında yapılan taşıma ve depolama işlemlerini içerir. Bu sistemdeki lojistik faaliyetler malzeme taşıma adı altında tamamen işletme içi bir fonksiyon olarak düşünülür.

Fiziksel dağıtım sistemi, mamulün ambara gönderilmesinden tüketiciye ulaşıncaya kadar geçirdiği depolama ve taşıma işlemlerinden oluşur. Fiziksel dağıtım yönetimi süreci, ürünlerin müşterilere doğru olan fiziksel hareketleri ile ilgilidir. Lojistik sisteminin son aşaması olan dağıtım sistemi, müşteri ile irtibat kurulan aşama olmasından dolayı oldukça önemlidir. Bu ana başlıklar ayrıca yazında malzeme yönetimi, malzeme taşıma ve fiziksel dağıtım olarak da tanımlanmaktadır. Bu faaliyetlerden fiziksel dağıtım, üretim yeri veya depolardan müşteriye siparişleri ulaştırmak için gerekli çalışmaları kapsar. Taşıma, rota planlama ve çizelgeleme, yük birleştirme-bölme işlemleri fiziksel dağıtım içindedir. Malzeme taşıma, fabrika içi akışlarla ilgilenir. Akışların sağlanması, süreç içi envanterler, taşıma ekipmanları seçimi, taşıma stratejileri çalışma kapsamına girer. Malzeme yönetimi ise, üretim yeri ile üretim kaynakları arasındaki ilişkileri yürüten çalışmaları kapsar. Sipariş işlemleri, tam zamanında üretim(JIT), itme-çekme sistemleri gibi konuları içermektedir." ⁵⁶

Lojistik, "tedarik lojistiği" ve "pazarlama lojistiği" olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Fiziksel dağıtım veya yazında geçen diğer bir adıyla pazarlama lojistiği iki temel fonksiyonu içermektedir. Bunlar depolama ve taşıma fonksiyonlarıdır. Tedarik edilen hammadde, malzeme ve parçaların ayrıca yarı mamul ve tamamlanmış mamullerin uygun şartlar altında saklanması ve korunması lojistik yönetiminin önemli alt fonksiyonlarından birisidir. Depolamanın yapılabilmesi için gereksinim duyulan depolar, tedarik edilen üretim girdilerinin ve üretim çıktılarının kullanımına kadar muhafaza edildiği alanlar olarak tanımlanabilir. Depolama fonksiyonu malzeme depolama yaparak üretimin kesintisiz olmasına ve mamul depolama yaparak müşteri memnuniyetinin sağlanmasına olanak

⁵⁶Robert B. Handfield, E.L. Nichols, **Introduction To Supply Chain Management**,Prentice-Hall,New Jersey,1999,s.95.

tanımlanmaktadır. Ancak, depolama maliyetleri optimum seviyede olmak durumundadır.⁵⁷

Taşıma fonksiyonu bir diğer kritik alt fonksiyondur. Maliyet açısından bakıldığında taşıma fonksiyonu lojistik maliyetlerinin yaklaşık "1/3 ile 2/3'üne" karşılık gelmektedir. Taşıma maliyetlerinin toplam lojistik maliyetleri içinde önemli bir orana sahip olmasından dolayı taşıma araç ve personelinin maksimum maliyet ile kullanılması sorunu lojistikte en temel problem olarak göze çarpmaktadır. Taşıma maliyetlerini düşürmek ve aynı zamanda müşteriye sunulan hizmeti iyileştirmek için taşıma araçlarının, gerek hammadde ve malzemeleri tedarik merkezlerinden üretim noktalarına gerekse de tamamlanmış mamulleri üretim noktalarından müşterilere ulaştırmasında izleyecekleri rotalardan optimum olan rotaların bulunması gerekmektedir.⁵⁸

Lojistiğin kavramsal tanımı yapıldıktan sonra gerek üretim sektöründe, gerek askeri alanda, gerekse diğer lojistik sektörlerde uygulanan lojistik faaliyetlerin literatürde genelde aynı olduğu belirtilen prensiplerine değinmek gerekir. Lojistik prensipler lojistik faaliyetlerin planlaması ve icrası için rehber olarak kullanılmalıdır. Bunlar şu şekildedir.⁵⁹ Standartlık; desteklenen sistemlerde kullanılan lojistik hizmetlerin standart olması önemlidir. Malzemede, hizmetlerde ve usullerde standartlık sağlanmalıdır. Lojistikle ilgili uygulamalarda uluslararası standartların kullanılması önemlidir. Demir yolları, konteynerler, elleçleme ekipmanı, bilişim teknolojisi gibi temel lojistik unsurların standart olması küreselleşme sürecindeki lojistik aktörler için önem taşımaktadır. Standartlık konusunda müşterek çalışabilme, kullanılabilirlik, yönetilebilirlik asgari hedefler olmalıdır. Ekonomik olma; ekonomide ifade edildiği gibi kaynaklar kıt ihtiyaçlar sonsuzdur. Ekonomi prensibi en az masrafla maliyet-etkin bir şekilde lojistik desteğin sağlanmasıdır. Kaynaklar ihtiyaçların tamamını karşılamak için yetersiz olduğundan kaynakların tahsis edilmesi ve önceliklerin belirlenmesinde ekonomi faktörüne gerek maliyet gerekse zaman açısından dikkat edilmelidir. Yeterlilik; yeterli desteğin sağlanamaması lojistik operasyonlar için hayati öneme sahiptir. Lojistik kaynakların yeterlilik seviyesinde belli oranlar yakalanmalıdır. Yeterlilik prensibinde fazla stoktan yerine sürdürülebilirlik ve karşılanabilirlik esas alınmalıdır. Elastikiyet; lojistik teşkilat ve

⁵⁷James F. Robeson, Robert G.House, **The Distribution Handbook**, Collier Macmillan Publishers, London, 1985,s.127

⁵⁸Ronald H. Ballou, "Business Logistics –A Vital Subject", **Business Logistics Management**, Prentice Hall,USA,1992,s.191.

⁵⁹M.Hakan Keskin, **Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi**, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2009, s. 34.

usuller değişen durumlara, görevlere, konseptlere ve kavramlara uyum sağlayabilecek bir yapılanma içinde olmalıdır. Sadelik; kompleks oluşumlar yerine hem planlamada hem de icrada lojistiğin tüm alanlarında sadelik esas alınmalıdır. Sadelik etkinliği artırır. Sadeliğin sağlanması neticesinde kaynakların etkin kullanımı sağlanır. İzlenebilirlik; elektronik imknlarla bilgi işlem teknolojisi kullanımı ile tüm operasyonların miktar, durum, zaman ve yer itibariyle en gerçekçi biçimde gerçek zamanlı izlenebilmesi; sorunların önceden veya en erken seviyede çözülmesi adına gereklidir. Koordinasyon; lojistik desteğin etkinliğinin sağlanması koordinasyon sağlanması şartına bağlıdır. Lojistik planlamacılar ile icracılar ve müşteriler arasında mutlaka koordinasyon sağlanmalıdır. Planlama; lojistikte amaç sürecin önceden planlanması ve plan ile fiil uygulama arasındaki farkın belirlenerek süreci iyileştirmesi yapılmasıdır. İşletme lojistiği faaliyetleri daha detaylı şekilde, "temel faaliyetler" ve "yardımcı faaliyetleri" olmak üzere ikiye ayrılabilir. Bunlar şu şekildedir.⁶⁰

- Temel Faaliyetler

A.Taşıma

- a)Taşıma yolunun ve aracılarn seçimini yapmak
- b)Yük bölme-birleştirme işlemlerini yürütmek
- c)Rota planlama ve çizelgeleme yapmak
- d)Ekipman seçimine karar vermek
- e)Taşıma maliyet kararlarını almak

B.Sipariş İşleme

- a)Sipariş verme şekillerini belirlemek
- b)Sipariş iletişimini sağlamak ve geliştirmek
- c)Sipariş giriş işlemlerini yürütmek
- d)Sipariş izlemeyi gerçekleştirmek
- e)Sipariş tamamlama aşamalarını gerçekleştirmek

⁶⁰ Ronald H. Ballou,"Business Logistics –A Vital Subject",**Business Logistics Management**, Prentice Hall,USA,1992,s.195.

C. Müşteri Servis Standartları Belirleme

- a) Müşteri istek ve gereksinimleri belirlemek
- b) Geri besleme bilgisi sağlamak
- c) Servis seviyelerini oluşturmak

D. Malzeme ve envanter yönetimi

- a) Kısa dönemli talep tahminleri yapmak
- b) Hammadde ve ürün stok politikaları belirlemek
- c) Stok noktalarında ürün karmalarını oluşturmak
- d) Stok noktalarının sayı, boyut ve konumlarını belirlemek
- e) Tam zamanında üretim, itme-çekme sistem kararları vermek

- Yardımcı Faaliyetler

A. Depolama

- a) Alan gereksinimlerini belirlemek
- b) Depo ve yerleşim tasarımlarını yapmak
- c) Depolama işlemlerini yürütmek
- d) Stok hareketlerini düzenlemek

B. Malzeme Taşıma ve Kontrolü

- a) Ekipman seçimi yapmak
- b) Ekipman değişim politikalarına karar vermek
- c) Malzeme taşıma prosedürleri uygulamak
- d) Stok değerlendirme ve kontrollerini yapmak

C. Satınalma

- a) Tedarikçi seçimini yapmak
- b) Tedarik zamanlamasını planlamak

c) Sipariş miktarlarını belirlemek

D. Koruyucu Paketleme

a) Malzeme eleçleme sistemlerine uygun paketleme yapmak

b) Depolamaya uygun paketleme yapmak

c) Taşıma esnasında hasardan koruyucu paketleme yapmak

E. Veri Kontrolü

a) Veri toplamak, depolamak ve işlemi

b) Veri analizleri yapmak

c) Verileri kontrol etmek

F. Üretim Planlama İşbirliği

a) Toplu planlamada miktarların belirlenmesi

b) Üretim çizelgelemelerinin belirlenmesi

c) Gereksinimler ve tedarik konusunda iletişim sağlanması

Temel faaliyetler, bir hizmet veya ürünün fiziki teslimatı ile doğrudan ilgili olup, işletmenin etkinlik ve etkilerini artıran destekleyici işlemler ile bağlantılıdır. Temel faaliyetler girdilere doğrudan katma değer kazandırma ve onları müşteriler tarafından istenilen ürün ve hizmetlere dönüştürme ile ilişkilidir. Konu ile ilgili yazında yer alan bir diğer sınıflamaya göre temel faaliyetler beş ana başlık altında da toplanmaktadır. Söz konusu ana başlıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir.⁶¹

-Tedarik lojistiği

-İşlemler

-Pazarlama lojistiği

-Pazarlama ve satış

-Hizmetler

⁶¹İ. Hakkı Eraslan, Aslı Deniz Helvacıoğlu Kuyucu, İsmail Bakan, "Değer Zinciri Yöntemi İle Türk Tekstil Ve Hazırgiyim Sektörünün Değerlendirilmesi", Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt:10, Sayı:2, 2008, s.310-311.

Lojistiğin unsurları, lojistiğin uygulandığı döneme ve sektöre göre farklılık gösterebilmektedir. Lojistik gereksinimler farklılaştıkça lojistik unsurlarda zaman içinde değişmiş, bazı yeni lojistik unsurlar eklenirken, bazıları ise günümüzde kullanılmaz hâle gelmiştir. Ancak genel olarak kabul gören ve tüm lojistik uygulamalarda görülmese bile çoğu için geçerli olabileceği değerlendirilen unsurlar⁶²

- Proje yönetim faaliyetleri (araştırma, tasarım, geliştirme, üretim süreci)
- Temin ve tedarik faaliyetleri (yedek parça, ihtiyaçların tespiti ve kaynaklarının planlaması)
- Ulaştırma faaliyetleri,
- Kalite faaliyetleri (kalite güvencesinin sağlanması, kontrolünün temini, emniyet standartları, deneme testleri),
- Kodlandırma faaliyetleri (dokümantasyon ve kodlandırma),
- Son işlem faaliyetleri (ambalajlama, yükleme, depolama, nakliye ve dağıtım, muayene, test, kabul, teslim ve tesellüm faaliyetleri),
- İşletme desteği faaliyetleri (sistem, malzeme, katalog, fon, tedarik ve kontrat yönetimi),
- İşletme idame desteği faaliyetleri (bakım-onanm, yenileştirme faaliyeti ve destek personeli ile bakım tesisleri),
- Sağlık yönetimi faaliyetleri (sıhhi tahliye ve tedavi),
- İnşaat-emlak faaliyetleri (istihkâm, inşaat-emlak),
- Eğitim faaliyetleri (lojistik eğitim faaliyetleri ve eğitim desteği),
- Çevresel faaliyetler (çevrenin korunması ve atıkların ekonomiye kazandırılması ÇED),
- Bilişim faaliyetleri (bilgisayar benzeri bilişim teknolojisi ürünleri veri tabanları) olarak sıralanabilir.

⁶²Metin Çancı,Murat Erdal, **Lojistik Yönetimi**, UTİKAD Yayınları, İstanbul, 2003.s.29.

Yukarıda sıralanan unsurlar arasında bulunan sağlık yönetimi ve inşaat-emlak faaliyetleri yakın geçmişe kadar pek lojistik faaliyetler arasında değerlendirilmemekteydi. Günümüzde birçok modern ordunun teşkilat yapısında, istihkâm ve sağlık faaliyetleri hala lojistik sistemin dışında kalacak şekilde düzenlenmiştir. Lojistik iş süreçlerinin başarısında kilit nokta, müşteri siparişlerinin yerinde ve zamanında, müşteriye tatmin edecek bir sonuçla teslim edilmesidir. Bu sürecin en doğru teknik ve yöntemler ile yönetilmesi önemlidir.

Lojistik bilgi sistemi temelde "siparişin yönetimi"dir. Pazarlama-satış ile sipariş yönetimi arasındaki iletişime bağlı olarak döngünün tamamlanması söz konusudur. Aksi durumda yapılacak öngörüm ile stok seviyeleri arasında dengesizlik oluşacak ve işletme karlılığı olumsuz yönde etkilenecektir. Örneğin planlanmadan yapılan bir tutundurma faaliyetinin stok seviyesini, üretim, satın alma sistemini ne kadar olumsuz etkileyeceği açıktır.⁶³ Sipariş yönetimi ise; müşteri hizmet kalitesinin göstergesi olarak görülmektedir. Bu noktada hedeflenen en üstün hizmeti sunma ise; bunun için, siparişlerin planlanması, alınması, aktarılması, işlenmesi, hazırlanması ve yollanması sırasında bilginin, envanterin ve dokümantasyonun eksiksiz yapılması ve süreçlerin hızlı bir şekilde takibi ile teslim süresinde önemli bir kısalma sağlanabilmektedir. Bunun için işlemlerdeki etkinliği artırabilmek üzere, kuralların ve iletişim standartlarının belirlenmesi, üniteler arası iletişimin eksiksiz sağlanması, ortalama işlem hacminin bilinmesi ve günlük faaliyetlerin planlanması gereklidir.⁶⁴ Müşterinin talep ettiği ürünü, istenen miktarda, istenen kalite ve çeşitlerde, doğru zamanda doğru fiyatla ve doğru yerde karşılama gücü ve esnekliği etkin talep yönetimiyle sağlanabilmektedir. Bu nedenle talep yönetimi, bilgiye bağlı olarak talebin maksimum düzeyde karşılanmasını, buna karşın gecikme süresinin, giderlerin maliyet ve envanterlerin en küçüklenmesini sağlamayı amaçlar. Etkin bir talep yönetimi bilgi iletişimini gerektirir. Bu nedenle karmaşık ilişkiler zincirinin ve bu zincir içindeki halkalar arasındaki bilgi iletişimi iyi yönetilmelidir. İlişkilerin iyi yönetilebilmesi ve talebin etkin biçimde karşılanabilmesi için ise sağlıklı talep öngörümü yanında esnek üretim becerisine sahip olmak gerekir. Kısaca esnek üretim ve talep öngörümü etkin talep yönetiminin temel iki girdisidir.⁶⁵ Taşıma dar anlamda bir nesnenin (eşya, ürün, yük veya mal) bir yerden başka bir yere nakli olarak belirtilebilir. Taşıma hareketinin başlangıcını, bu noktada zincir halkaları

⁶³ İTO, Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi, İstanbul: İTO Yayın No: 2006-14.

⁶⁴ Murat Erdal, Metin Çancı, **Lojistik Yönetimi**, UTİKAD Yayınları, İstanbul, 2003.s.30.

⁶⁵ İTO, Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi, İstanbul: İTO Yayın No: 2006-15.

arasında doğru yönetilen bilgi iletişimi ile talebin tahmini üretim bölgeleri, bitimini ise tüketim bölgeleri oluşturmaktadır. Geniş anlamda taşıma faaliyeti ise; müşteri ihtiyaçlarının giderilmesi amacı ile üretilen malların ihtiyaç duyulan bölge ve merkezlere zamanında ulaştırılmasıdır. Burada amaç sadece malın bir noktadan diğerine iletilmesi değil, bu işlemin en doğru şekilde, en hızlı, en güvenli ve en ekonomik yöntem ile gerçekleştirilerek, uluslararası iktisadi ve sosyal gelişmede lokomotif güç olma niteliğinin yerine getirilmesidir. Bu yönü ile taşımacılık, ulaştırma fonksiyonunun yanı sıra, yükün taşınması için gerekli evrakların hazırlanmasından, malın, eşyanın müşteri deposuna teslimine kadar, çeşitli hizmetleri de içeren kapsamlı ve karmaşık bir dizi faaliyet alanı olarak görülmektedir. Tedarik zincirinin en önemli halkalarından ve fiziksel dağıtımın gerçekleşmesinde de önemli noktalardan biridir. Taşıma, müşteri memnuniyetine ve firmaların maliyet yapılarına etkilerinden dolayı, lojistik yönetiminin en önemli alanıdır. Eğer bir firma trafik fonksiyonunu etkili yönetebilirse, kazancında ve etkililiğinde önemli gelişmeler elde eder.⁶⁶ Depolar; ham madde, yarı tamamlanmış ve tamamlanmış mamullerin bekletildiği ve bulundurulduğu yerlerdir. Depolama işlevinin temel amacı, bir taraftan üretim için gerekli tüm girdi kaynaklarının üretim sahalarına, diğer yandan ise büyük miktarlarda ve müşteri siparişlerine göre düzenlenmiş nihai ürünlerin pazara olan hareketine kolaylık sağlamaktır. Uluslararası lojistik faaliyetlerin yürütülmesi sırasında gönderenden müşteriye mal sevkiyatında; malların birleştirilmesi, konsolidasyonu vb. faaliyetleri için ara nokta ve terminaller olarak “depolar ve antrepolar” önemli rol üstlenmişlerdir. Antrepolar ise, mal ve eşyaların miktar, kalite ve özelliklerinin incelenip, kıymet tespitinin yapıldığı ve uygun şartlarda korunmalarının gerçekleştirildiği, gümrüklü sahalarda kurulan, Gümrük Kanunu ve Gümrük Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen özellikleri taşıyan yerler olarak uluslararası lojistik iş akışında ara noktalardan biridir.⁶⁷ Antrepo hizmetlerinin de günümüzde lojistik firmaları tarafından üstlenildiği görülmektedir. Geçici depolanan eşyanın görünüş ve teknik özelliklerinin değiştirilmemesi koşuluyla, aynı durumda muhafazalarını sağlamak üzere gümrük idaresinin izni ve denetlemesi altında bazı işlemlere tabi tutulabilir. Bu işlemlere “elleçleme” adı verilir. Kapların tamiri veya sağlamlaştırılması, kapların yenilenmesi, eşyanın havalandırılması, kalburlama, büyük kaplardan küçük kaplara boşaltma veya kapların birleştirilmesi, karıştırma, yeni kap çeşitleri yapma, kaplardan örnek veya numune alma gibi işlemleri

⁶⁶J.R. Stock, D.M. Lambert, **Strategic Logistics Management**, 4.Baskı, McGraw Hill Irwin, Boston, 2001,s.500.

⁶⁷Metin Çancı,Murat Erdal, **Lojistik Yönetimi**, UTİKAD Yayınları, İstanbul, 2003.s.31.

kapsamaktadır.⁶⁸ Elleçleme işlemi; ürünlerin taşınması, depolanması ve yüklenmesi sırasında yapılmakta ve bu işlem süreçlerin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Ürünün değerinde değişiklik yaratmayan, katma değer sağlamayan, ancak doğru yapılmadığında ürünün değerinde kayba neden olan bir işlemdir.⁶⁹ Ürünlerin üreticiden tüketiciye kadar uzanan dağıtım zincirinde güvenli ve hasarsız ulaşımının sağlanabilmesi için kullanılan koruyucu araçların tümüdür. Ambalaj, ürünün tüm yaşam süresince ekonomik ve çevreye duyarlı olarak, korunmasını, kontrol altına alınmasını, barınmasını, sunumunu, tanıtımını ve taşımayı kolaylaştırmayı sağlamalıdır. Ambalajlama son dönemde lojistik firmalarının üstlendikleri bir işlem süreci ve işletmelere sunulan önemli bir hizmet hâline gelmiştir. Paketleme dış ticarete iş akışının başarısında doğrudan etkisi olan bir işlemdir. Ürünün kalitesinin fiziki açıdan olduğu kadar üretim ve tüketim koşullarının korunması açısından da paketleme konusunda dikkatli olmak gereklidir.⁷⁰

Dış ticarete konu olan malların taraflar arasındaki anlaşma hükümleri gereğince sigortalanması gerekmektedir. Sigortası yapılmamış malların taşınması söz konusu olamayacağı gibi, banka ve gümrük işlemlerinin gerçekleşmesi de zordur. O nedenle dış ticarete konu malların sigortalanması ve belirli risk unsurlarına karşı güvence altına alınması, bir yandan hukuki yönü ile zorunluluk iken, diğer yandan da taraflar arasındaki güven ortamının doğması ve taşınan malların ortaya çıkabilecek risk unsurlarına karşı en azından değerlerinin korunması açısından önemli görülmektedir. Sigortalamaya ilişkin işlemler ithalatçı ya da ihracatçı tarafından yerine getirilirken, tarafların aralarında uzlaştıkları teslim şekilleri bu noktada belirleyici olmaktadır. Sigorta sorumluluğunu üstlenen tarafın diğer lojistik faaliyetleri için anlaşmış olduğu lojistik hizmet sağlayıcı firmalar, günümüzde lojistik firmalarının hizmet anlayışındaki gelişmenin de uzantısı olarak, sigortalama hizmetlerini de verebilmektedirler. Gümrükleme lojistik faaliyetler içinde katalizör rol oynayan, tamamlayıcı ve destek hizmetlerden biri olarak görülmektedir. Dış kaynak kullanımının ilk uygulamaları, gümrük alanında görülmüştür. Ulusal sınırların dışına ya da ulusal sınırlar dışından yapılacak her türlü mal ve hizmet satışı ve alışında gümrük mevzuatı ile şekillenen gümrükleme işlemleri bir süreç olarak önemli olup, bu sürecin doğru yönetilmesi gereklidir. Gümrük işlemlerinin yürütülmesinde ortaya çıkabilecek hataların, eksikliklerin, işletmeleri ekonomik kayıplara uğratması

⁶⁸Emine Koban, H.Y. Keser, **Dış Ticarete Lojistik**, Ekin Yayınları, Bursa,2007,s.37.

⁶⁹ A.e.

⁷⁰Mert Topoyan, Lojistik Yönetimi, "çevrimiçi", 'http://kisi.deu.edu.tr/mert.topoyan/dosyalar/tzy3.pdf, 22Ekim2010.

kaçınılmaz olmaktadır. Özellikle ithal ve ihraç konusu ürüne ve ticari ilişkide bulunulan ülkeye göre farklılaşan ve sık değişen yasal düzenlemelerin takip edilmesi ve hazırlanması gereken belgelerde hata yapılmaması gereklidir. Özellikle çok küçük hataların, büyük işletmeleri dahi gümrük kaçakçısı ya da vergi kaçıran işletme konumuna sokabildiği düşünüldüğünde, bu hizmetin konunun uzmanların tarafından yerine getirilmesinin gerekliliği açıktır.⁷¹

Servis desteği, yerleşim, geri dönen malların değerlendirilmesi, mal kurtarma ve müşteri şikayet ve taleplerinin değerlendirilmesi lojistik iş akışında destek hizmetler arasında yer almaktadır.⁷² Envanter; üretimi istenen düzeyde tutmak, teslim ve satışı istenen özelliklere göre gerçekleştirmek amacıyla, malzeme, materyal, yarı işlenmiş ve tamamlanmış ürün mevcudunun elde bulundurulmasıdır. Envanter yönetimiyle pazara doğru mal akışında, hangi noktalarda, hangi miktarda ürünün bulundurulacağı önemli bir sorun olmaktadır. Envanterin fazla olması yanında, azlığı ya da gereken koşullarda saklanamaması da ek maliyet unsuru olmaktadır. Günümüzün en önemli işletme sorunlarından biri de envanterin istenen düzeyde tutulmasıdır. Envanterin maliyetler üzerine olan etkisi dikkate alındığında; konu lojistik içinde de önemli iş süreçlerinden biri olarak görülmektedir.⁷³

Sonuç olarak lojistik faaliyetin cinsine göre sektörlerde de farklı tanımlamalarla karşılaşmak mümkündür. Örneğin; savunma sektörü, askeri ihtiyaçların karşılanması için yapılan faaliyetleri; "istenilen yer ve zamanda, yeteri kadar ve kesintisiz olarak personel, hizmet ve kolaylık sağlamak suretiyle barışta, krizde ve savaşta askeri kabiliyetin oluşturulması, idamesi ve geliştirilmesi için yapılan, her türlü silah, araç, gereç ve malzemenin temin, tedarik, depolama, ulaştırma, dağıtım, bakım, onarım, eğitim, tahliye ve malzemenin hizmet dışı bırakılması ile inşaat- emlak, sağlık ve tesellüm faaliyetlerini ihtiva eden işlemlerin tümüdür" şeklinde tanımlanmıştır. Üretim sektöründe lojistik için yapılan tanım ise; "müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için ham maddenin etkin maliyetle akışı, depolanması, işlenmesi ile tamamlanmış ürün elde edilmesi ile ilgili bilginin kaynak noktasından, seçim noktasına kadar ulaşmasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden işlem şeklindedir."⁷⁴ Daha pratik bir anlamda lojistik, bir ürün veya ham maddenin

⁷¹Ulaştırma Hizmetleri Lojistik Yönetimi, "çevrimiçi", http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/840UH0012.pdf, 24Ağustos2010.

⁷²Emine Koban, H.Y. Keser, **Dış Ticarete Lojistik**, Ekin Yayınları, Bursa, 2007, s.37.

⁷³Metin Çancı, Murat Erdal, **Lojistik Yönetimi**, UTİKAD Yayınları, İstanbul, 2003, s.32.

başlangıç noktasından tüketiciye ulaşıncaya kadar hareketindeki yarar sağlayan çeşitli faaliyetlerin sistematik yönetimidir. Buradaki yarar genellikle, imal edilmesi ve kullanıcısına ulaştırılması gereken elle tutulabilir bir madde şeklindedir. Bazen de bu yarar, elle tutulabilme özelliği olmayan ve hizmet olarak nitelendirilen bir şekilde karşımıza çıkar. Hizmet de üretilmeli ve nihai tüketiciye sunulmalıdır. Ancak lojistiğin sadece maddelerin bir yerden başka bir yere ulaştırılmasından çok daha geniş bir anlamı vardır. Yarar kavramı, mal ve hizmet dışındaki zamanlama, miktar, destek sistemleri, planlama, kontrol, optimizasyon yer ve maliyet gibi unsurları da içerir.

Böylece lojistiğin temel tanımı yapılmaya çalışılırsa, lojistik, müşteri ihtiyaçlarını tatmin edebilmek için doğru yararların doğru müşteri için, bu müşteri tarafından arzu edilen miktar ve koşullarda, müşterinin bunları istediği yer ve zamanda ve bunlar için ödemeyi kabul ettiği fiyatla sunan sürekli bir prosestir. Bu kavramlar katma değer yaratmak ve kar amaçlı organizasyonlara uygun olduğu gibi kâr amacı olmayan organizasyonlar için de geçerlidir (örneğin, askeri organizasyonlar). Hiçbir iş süreci lojistiğin karmaşıklığını ve coğrafik uzunluğunu içermemektedir. Lojistik; dünyanın her tarafında, günün yirmi dört saati, haftanın yedi günü, yılın elli iki haftası, ürün ve hizmetlerin ihtiyaç duyuldukları anda hazır bulunmalarını konu edinir. Lojistik olmadan; pazarlama, üretim ve uluslararası ticarete başarılı olmak zordur. Gelişmiş endüstriyel toplumlarda lojistik yeterlilik büyük önem taşır; tüketiciler satın aldıkları ürünleri, söz verildiği gibi teslim edilmesini bekler.⁷⁵ Dünyadaki benzer uygulamalara paralel biçimde hizmetleri çeşitlendiren ve uzmanlaştıran Türkiye’de yerleşik lojistik sektörü, 2000 yılının başına gelindiğinde, emekleme devresini geride bırakarak, yerli ve uluslararası şirketlerde işbirliğine giden, yurtdışı bürolar açan hizmetlerinin kalitesini sürekli artıran, dinamik bir sektör haline gelmiştir.⁷⁶

Lojistikle ilintili tüm kavramların neyi ifade ettiği tam olarak bilinmeden günlük hayatın modern lojistik destek sistemlerini tam olarak anlayabilmek ve uygulamak pek mümkün değildir. “Temin tedarik lojistiği” kavramı, lojistiği iki ana bölümde inceleyerek yeni bir yaklaşım getirenlerin kullandığı bir kavramdır. “Üretim lojistiği” olarak da kullanılmaktadır. Bu kavramla ifade edilen bir lojistik faaliyet sonucu elde edilen ürünün imalatının tamamlanıp tüketici veya kullanıcıya verilinceye kadar

⁷⁴Samsun Lojistik Gelişme Raporu, "çevrimiçi", http://www.sabek.com.tr/SAMSUN__Lojistik_Raporu.pdf, 20Ağustos2010.

⁷⁵Donald J. Bowersox, David J. Closs, M. Bixby Cooper, **Supply Chain Logistics Management**, International Edition, McGraw-Hill Boston, 2002, s.31.

⁷⁶Türkiye’de Forwarding ve Lojistik Sektörü, "çevrimiçi" <http://www.utikad.org.tr/sayfalar.asp?page=13>, 05 Ocak 2011.

geçen süreçtir. Bu süreçte araştırma, tasarım, geliştirme faaliyetleri de dahil edilmektedir. İhtiyaçların tespiti, kaynak planlaması, proje yönetimi, entegre lojistik destek planının hazırlanması, teknik ve idari şartnamelerin hazırlanması, araştırma, tasarım, geliştirme ve üretim, kalite güvencesi ve kontrolünün temini, güvenilirlik ve hata analizlerinin yapılması, emniyet standartlarının belirlenmesi, deneme ve testlerin icra edilmesi, dokümantasyon faaliyeti, kodifikasyon, konfigürasyon kontrolü ve modifikasyon, muayene, test, kabul, teslim ve tesellüm faaliyetleri gibi konuları içerir. Askeri açıdan yapılan bir tanıma göre, tedarik lojistiği yeni bir silah sistemi için personel ve malzeme lojistik desteği için gerekenlerin tümüdür. "Hava kuvvetlerinin sistem, alt sistem ve ekipmanları için gerekli olan malzemelerin tedariği süresince lojistik destek kabiliyet ihtiyaçlarını sistemli olarak tanımlama, belirleme, dizayn etme, geliştirme, üretme, satın alma, dağıtma, yükleme ve geliştirme sürecidir." şeklindedir. Lojistiği iki ana bölümde inceleyerek yeni bir yaklaşım getirenlerin kullandığı ikinci bir kavramdır. "Tüketim lojistiği" olarak da bilinir. Bu kavramla ifade edilmek istenen bir lojistik faaliyet sonucu elde edilen ürünün imalatının tamamlanıp tüketici veya kullanıcıya verildikten sonra başlayan ve elden çıkarılıncaya kadar geçen süreçtir. İhtiyaç duyulan malzemenin depolanması, dağıtımı, nakledilmesi, bakımı, kullanılması ve envanterden çıkarılması, sistem yönetimi, malzeme yönetimi, teknik yönetim, katalog yönetimi, fon yönetimi, tedarik ve kontrat yönetimi, onarım, modernizasyon ve yenileştirme, sıhhi tahliye ve tedavi, istihkam, inşaat- emlak, lojistik eğitim faaliyetleri, güvenilirlik ve hata rapor sisteminin çalıştırılması, çevrenin korunması, kirliliğinin önlenmesi ve atık maddelerin ekonomiye kazandırılması gibi konuları kapsar.⁷⁷

1.3.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE LOJİSTİK İLİŞKİSİ

Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerden son kullanıcılara kadar müşteriler için katma değer yaratan mamulleri, hizmetleri ve bilgiyi sağlayan iş süreçlerinin bütünleştirilmesini içermektedir. Tedarik zinciri yönetimi lojistiğin diğer bir adı değildir. Çünkü tedarik zinciri yönetimi kavramının içinde, bütünleşik bilgi sistemleri, planlama ve kontrol faaliyetlerinin koordinasyonu gibi lojistik tanımının içinde tam olarak yer almayan faaliyetler mevcuttur.⁷⁸ Tedarik zinciri, bir mamulün

⁷⁷Ulaştırma Hizmetleri Lojistik Yönetimi, "çevrimiçi", http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/840UH0012.pdf, 24Ağustos2010.

hammadeden son müşteriye kadar geçirdiği aşamalardaki tüm faaliyetleri içerir. Bu faaliyetler; hammadde ve malzeme tedariki, üretim ve montaj, depolama ve stok izleme, sipariş girişi ve sipariş yönetimi, dağıtım, müşteriye teslimat ve bu bilgi sistemleridir. Tedarik zinciri yönetimi, işletme içinde yer alan tüm bölümleri oluşturan iç ortakları ve tedarikçileri, taşıyıcıları, üçüncü kişi firmalarını ve bilgi sistem sağlayıcılarını içeren dış ortakları birbirine bağlamaktadır.⁷⁹ Tedarik zinciri yönetimi tanımlarından hareketle tedarik zinciri yönetiminin hem işletme içindeki hem de kanal sistemi içindeki ortak amacı sürekli bir pazar liderliği olan işletmelerin çok özel yeteneklerinin bütünleştirilmesi olduğu söylenebilir. Bu noktada tedarik zinciri yönetiminin en önemli noktalarından birinin ilişkiler olduğu söylenebilir. Tedarik zinciri yönetiminin ortaya çıkışı ile lojistik kavramının tanımı da gelişmiştir. Lojistik Yönetimi Konseyi tarafından yapılan yeni lojistik tanımına göre lojistik; tedarik zinciri sürecinin, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak üzere, ürün, hizmet ve bunlarla ilgili bilginin kaynağından tüketimine kadar olan stokunu ve akışını planlayan, uygulayan ve kontrol eden kısmıdır. Bu tanımlar çerçevesinde literatürde tedarik zinciri yönetimi ile lojistiğin ilişkisi hakkında gerek uygulamacıların gerekse akademisyenlerin fikir birliği tam söz konusu değildir.⁸⁰ Bununla beraber, tedarik zinciri yönetimi ile lojistik ilişkisi hakkında ilgili yazında yer alan dört yaklaşım aşağıda açıklanmaktadır.⁸¹

-Gelenekselciler: Bu yaklaşıma göre tedarik zinciri yönetimi lojistiğin içinde konumlanır ve tedarik zinciri yönetiminin lojistiğin bir parçası olduğu kabul edilir. Tedarik zinciri yönetimi işletme dışındaki lojistik olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda tedarik zinciri yönetimi, bir dış veya organizasyonlar arası özel bir tür lojistik olarak kabul edilebilir.

⁷⁸Rhonda R.Lumms, Dennis W.Krumwiede,Robert J.Vokurka, "The Relationship of Logistics To Supply Chain Management: Developing A Common Industry Definition", **Industrial Management&Data Systems**, Vol:8,Issue:101,2001,s.427.

⁷⁹William D. Presutti,JR.&John M.Lanasa, "Supply Mangement And E-Procurement: Creating Value Added In The Supply Chain", **Industrial Marketing Management**, Vol:32,Issue:3,2003,s.219-220.

⁸⁰Çağatan Taşkın,Gül Gökay Emel, **Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler**,Bursa, Alfa Akademi,2009,s.7.

⁸¹Sonay Zeki Aydın, "Tedarik Zinciri Yönetiminde Stratejik İttifak Olarak Üçüncü Parti Lojistik", Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,Yayınlanmamış Doktora Tezi,Isparta,2005.

- Yeniden adlandıranlar: Bu yaklaşıma göre lojistik yeniden adlandırılır ve eski lojistik tanımı şimdi tedarik zinciri yönetimi olarak kabul edilir. Lojistik ağ ile tedarik zinciri, tedarik zinciri yönetimi ile de bütünleşik lojistik terimi sık sık kullanılmaktadır.

-Birleştirenler: Bu yaklaşıma göre de lojistik tedarik zinciri yönetiminin bir parçası olarak görülmektedir. Bu durumda tedarik zinciri yönetimi sadece lojistiği değil aynı zamanda pazarlama, operasyon yönetimi ve satın almayı da içermektedir. Tedarik zinciri yönetiminin bileşenleri olarak da; lojistik (envanter, depolama, ambalajlama, dağıtım, taşıma, üretim planlama ve talep tahmini) , stratejik planlama, bilgi ve iletişim teknolojileri, pazarlama ve satış kabul edilmektedir.

-Kesiştirenler: Tedarik zinciri yönetimi lojistiğin bir kısmı değildir, ancak lojistik ile hem işletme içinde hem de kanal içindeki işletme süreçleri dolayısıyla kesişen bir kavramdır. Bu yaklaşıma göre tedarik zinciri yönetimi lojistik, pazarlama, operasyon yönetimi, satın alma ve diğer fonksiyonel alanların birleşimi değildir; tüm bu disiplinlerin stratejik ve bütünleştirici elemanlarını içerir.

Çoğu uygulamada lojistik kavramı; tedarik zinciri yönetimi kavramı yerine kullanılmaktadır. Oysa iki kavram birbirinden farklıdır. Tedarik zinciri, bir ürünün hammadde olarak var oluşundan, malın tüketiciye ulaştırılmasından sonraki faaliyetlerine kadar hareket ettiği zincirdeki tedarikçi, imalatçı, nakliye, depolama, satış, satış sonrası hizmet dahil tüm işletmeleri kapsamaktadır. Bu zincirdeki işleyişin, bağımlılık anlayışı içersinde ve ilişki yönetimiyle düzenlenmesi "Tedarik Zinciri Yönetimi" adını alır. Lojistik ise, ürünlerin bir tedarik zinciri boyunca hareket etmesi, ya da durması için yapılması gerekli tüm işleri ve bu zincir boyunca ürünle birlikte akış halinde bulunan bilgi ve riskin yönetimini kapsamaktadır. Dolayısıyla, lojistik yönetimi de bu işlerin sağlıklı bir şekilde ve planlandığı gibi yapılmasını sağlamakla yükümlüdür. Lojistik, 1990'lı yılların ortalarına kadar nakliyecilikle eş anlamda kullanılmıştır. Uluslararası rekabetin yaşandığı, teknoloji ve varlıkların değer kazandığı, hızın çok önemli olduğu günümüz iş dünyasında, yepyeni bir boyuta taşınmıştır. Günümüzde lojistik, satın alma, nakliye, gümrük, sigorta, depolama, tedarik, talep tahminleri, envanter yönetimi, lojistik bilgi sistemi, yedek parça desteği, dağıtım, iade işlemleri, etiketleme, paketleme, müşteri taleplerine göre ürün hazırlama, rota planlaması ve araç optimizasyonu gibi pek çok faaliyeti de kapsamaktadır.⁸² Taşımacılık lojistiğin merkezinde yer alan bir faaliyettir, ancak lojistik; taşımacılık, depolama, sipariş yönetimi, tedarik, stok kontrol, paketleme, dış

⁸² B.Türker Palamutcuoğlu, "Çevrimiçi",
http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf 23.Ocak.2011.

ticaret, gümrük, sigorta, iadeler ve diğer ürün/yüklerin akışı ve depolanmaları ile ilgili diğer faaliyetleri de kapsar. Bir firmanın "lojistik şirketi" ünvanını alabilmesi için söz konusu faaliyetlerden en az üçünü entegre olarak gerçekleştirmesi gerekmektedir. Lojistik faaliyetleri üç ana grup altında toplanabilir: tedarik lojistiği, materyal yönetimi ve fiziksel dağıtım. Ayrıca bazı kaynaklarda dört ana grupta da toplanmaktadır. Dördüncü grup ise Tersine Lojistik'tir.⁸³ Tedarik lojistiği; hammadde, yardımcı malzeme vb. girdilerin tedarik kaynaklarından üretim noktalarına kadar akışıyla ilgilenirken, fiziksel dağıtım yönetimi, bitmiş ürünlerin, üretim 4 noktalarından son alıcı veya tüketicilere kadar götürülmesiyle ilgili etkinlikleri kapsamaktadır. Özetle ihtiyaç duyulan malzemeler, işletme idame malzemeleri, sefer stoklarının konsepte dayalı ihtiyaçlar sistemine göre temin ve tedarikine ait faaliyetlerdir.⁸⁴ Fiziksel dağıtım sistemi, üreticileri dağıtım kanalı içerisinde yer alan toptancı ve perakendeciler ile birleştirirken "ürün elverişliliğini" hedefleyerek işletmenin rekabetçi üstünlüğünün önemli bir unsuru olmaya çalışmaktadır. Son zamanlarda hacimli katı maddeler (boraks, fosfat v.b.) ile küçük hacimli katı maddelerin (pnömomatik) taşınması konusunda uygulamalar gelişmeye başlamıştır. Boru yolundaki fiks tesisler; borular, pompalama istasyonları, depolama tankları ve arazilerdir. Boru hatlarıyla taşımacılık, ABD gibi gelişmiş bazı ülkeler ile bazı eski sosyalist ülkeler dışında yakın zamanlara kadar üzerinde fazla durulmayan konulardan biridir. Bu taşımacılık türü makro lojistik ya da fiziksel dağıtım sistemi içinde önemli bir taşımacılık modu olarak yer alır. Dağıtım planlaması en iyi yapılabilecek, uzmanlık gerektiren bir lojistik taşıma yöntemi olan boru hattı taşımacılığının tek sakıncası boru hatlarının hırsızlık ve sabotaja karşı korunmasındaki güçlülüdür ki bu da alınabilecek bazı önlemlerle büyük ölçüde çözümlenebilir.⁸⁵ Materyal yönetimi ise üretim noktası içerisinde gerçekleştirilen tüm lojistik faaliyetler ile ilgilenmektedir. Bu faaliyetler çoğunlukla hammadde, yarı mamul ve bitmiş ürünleri işletme içindeki hareketleri ve depolanması ile ilgilidir. Depolamada gereksiz fiziksel hareketlerin çoğu elimine edilmelidir. Materyal yönetimi sürecinin her bir iş istasyonunda yığınlarca stok birikir, işlenir ve dağıtılır. İş istasyonu, materyal proses veya hareketlerinin meydana geldiği

⁸³Hüseyin Çakırlar, İşletmelerin Lojistik Faaliyetlerinde Dış Kaynak Kullanımı: Trakya Bölgesinde Faaliyet Gösteren İşletmeler Üzerinde Bir İnceleme, "çevrimiçi", <http://www.193.255.140.18/Tez/0075347/METIN.pdf>.08Aralık2010.

⁸⁴Osman Z. Orhan, *Dünyada ve Türkiye'de Lojistik Sektörünün Gelişimi*, ITO Yayın, İstanbul, 2003,s.39.

⁸⁵Ömer Baybars Tek, *Pazarlama İlkeleri: Global Yönetimsel Yaklaşım: Türkiye Uygulamaları*, Beta Yayınları, İstanbul,1999,s.340.

noktalardır. Örneğin, depo içinde paketleme noktası böyle bir istasyondur.⁸⁶ Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Derneği (CSCMP) lojistik yönetimini şu şekilde tanımlamaktadır: “Müşteri gereksinimlerini karşılamak üzere üretim noktası ve tüketim noktaları arasındaki mal, hizmet ve ilgili bilgilerin ileri ve geri yöndeki akışları ile depolanmalarının etkin ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolünü kapsayan tedarik zinciri süreci aşamasıdır.”⁸⁷ Lojistik yönetimi bir anlamda siparişin üretilmesi, siparişin alınması, siparişin yerine getirilmesi ve ürünün, hizmetin veya bilginin dağıtımının koordinasyonunun sağlanmasıdır.⁸⁸

Lojistik yönetimi kavramı ile ifade edilen faaliyetler içerisinde, nakliye, depolama, envanter yönetimi, elleçleme, sipariş işleme, ambalajlama, satın alma, enformasyon yönetimi yer almaktadır. Bu faaliyetler tedarik kaynaklarından tüketim noktasına kadar uzanan zincir içerisinde defalarca tekrarlanmaktadır. Lojistik yönetimiyle, hammaddelerin temini veya bitirilen ürünlerin dünyada herhangi bir yere gönderimi sağlanır. Merkezci, yerel yönetim ile global işletme ve yönetim stratejisi benimsenir. Anında ve zamanında bilgi paylaşımı ile toplam tedarik zincirinin görülebilirliği sağlanır. Bilginin sadece işletme dahilinde değil endüstrinin genelinde yönetimi sağlanır. Tedarik zinciri organizasyonunun, yüksek performans sağlayacak takımlar halindeyeniden organizasyonu sağlanır. Tedarik zinciri ile bilişim sistemi oluşturulması ile maliyet ve ölçüm standartlarına ulaşılır.⁸⁹ Lojistik Yönetimi Konseyi'ne göre Tedarik Zinciri Yönetimi; müşteri gereksinimlerini karşılamak amacıyla hammaddelerin, süreçteki stokların, nihai ürünlerin ve başlangıçtan tüketime kadar ilişkili bilgilerin maliyet etkin akışının ve depolanmasının planlanması, uygulanması ve kontrolü sürecidir.

Inbound olarak isimlendirilen tedarik lojistiği, şirketin tedarikçileri ile ilgili olarak hammadde ve/veya yarı mamulleri konusundaki rota seçimi, araç, kargo takibi, taşıma, stok muhafazası, teslim alma, sipariş, tedarik, depolama gibi faaliyetleri içerir. Tedarik lojistiği süreci, tamamen üretim öncesi gerçekleştirilen ve kaynakların

⁸⁶ Hüseyin Çakırlar, İşletmelerin Lojistik Faaliyetlerinde Dış Kaynak Kullanımı: Trakya Bölgesinde Faaliyet Gösteren İşletmeler Üzerinde Bir İnceleme, “Çevrimiçi”, <http://www.193.255.140.18/Tez/0075347/METIN.pdf>.08Aralık2010.

⁸⁷ B.Türker Palamutçuoğlu, “Çevrimiçi”, http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf 23.Ocak.2011..

⁸⁸ Özge Eker, Lojistik yönetimi ve tedarik lojistiği sürecinde performansın artırılması, “Çevrimiçi”, <http://www.belgeler.com/blg/1dz4/lojistik-yonetimi-ve-tedarik-lojistigi-surecinde-performansin-arttirilmesi-logistics-management-and-increase-in-performance-of-inbound-logistics-process,10.11.2010>.

⁸⁹ A.e.

Üretim hattına taşınmasına hizmet eden bir süreçtir.⁹⁰ Lojistik süreç içerisinde hammaddelerin firma adına daha ucuz bir şekilde temin edilerek üretim hattına kadar getirilmesini sağlar. "Tedarik lojistiği" işlemleri; tedarikçilerden ürün teslimi, depolama, dışardan temin edilen bu ürünleri saklama ve girdi maddelerinin envanterini çıkarma işlemlerini içermektedir. İşletmeye değer katan temel işlevleri içermektedir. Satınalma, materyallerin tedarikçiden üreticiye, depo veya perakende ambarlarınakesintisiz girişinin planlanması ve ürün akışının sağlanması tedarik zincirierevesinde düzenleyen faaliyetler bütünüdür. Bu tamamen üretim öncesi gerçekleştirilen ve kaynakların üretim hattına taşınmasına hizmet eden bir süreçtir.⁹¹ Burada işletmenin tedarikçilerinden gelen ürünler teslim alınarak, üretimde veya montaj hattında gereksinim olana dek bekletilmektedir. "İşlemler", hammaddeleri ve mamlleri imalat süreci sonucunda nihai ürünlere dönüştüren ve onlara değer kazandırma süreci olarak ifade edilebilir. Bu süreç üretimi içermektedir. Ürünün retim hattında ilerlemeye başlaması ile değer kazanma başlamaktadır. rnler üretimden ardından dağıtım merkezlerine, toptan satış noktalarına, perakendecilere ve müşterilere gönderilmeye hazır hale gelirler. Üretim kaynaklarının uygun bir şekilde bir araya getirilmesinde işletmenin diğer bölümleri ile iletişim ve eşgüdüm halinde olmanın önemi büyüktür. Örneğin, hammadde satın alma veya makine yenileme gibi konularda muhasebe bölümü ile bitmiş ürün sevkiyatı, imalat içi taşıma sistemleri, stoklama ve stok eritme politikaları gibi konularda da pazarlama ve lojistik bölümleri ile sürekli bilgi alışverişi ve işbirliğinde bulunmak gereklidir.⁹² "Pazarlama lojistiği" işlemleri ise nihai ürünün depolama da dâhil olmak üzere, sipariş işlemlerinin tamamlanması, teslimat araçlarının yönetimi, sipariş alma ve düzenleme gibi ürünün nihai tüketicie ulaştırılmasına yönelik bir süreç olarak tanımlanabilir.⁹³

"Pazarlama ve satış" , pazar gereksinimlerini ve müşteri taleplerini analiz Sbilgi sahibi olmasını, tanımasını sağlamaktadır. Pazarlama ve satış, alıcıların ürünleri satın almalarını sağlamak ile ilişkilidir. Bu bağlamda kanal seçimi, reklam verme, fiyatlandırma, promosyon, satış gücü, kotalar ve kanal ilişkileri de bu başlık altında incelenmektedir. "Hizmetler" , bir ürünün değerinin müşteri detsek ve bakım

⁹⁰ Murat Erdal, Metin ancı, " Kıtanın Geçiş Noktası: Türkiye, Lojistik Fırsatlar ve Sorunlar", UTA Lojistik, Uluslararası Taşımacılık Haber Araştırma Dergisi, Eylül 2002, Yıl:8, Sayı:9, s.44.

⁹¹ Emine Koban, H.Y. Keser, Dış Ticarete Lojistik, Ekin Yayınları, Bursa, 2007, s.39.

⁹² Bülent Sezen, Cengiz Yılmaz, Güzide Gezgn, "Lojistik İşlevinin Pazarlama ve retim Birimleri Arasındaki Bağlayıcı Rolü ve İşletme Performansı zerinde Etkileri" Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F.Dergisi, Cilt:17, S:2, 2002, s.134.

⁹³ B.Türker Palamutçuoğlu, "evrimii", http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf 23.Ocak.2011.

hizmetleri ile arttırılmasına yönelik eylemleri içermektedir. Tamir, satış sonrası destek hizmetleri, şikâyetlerin toplanması ve değerlendirilerek hesaplanması, satış sonrası eğitimler, garantiler ve yedek parça temini bu kapsamda yer almaktadır. Bütün lojistik faaliyetlerinde olduğu gibi tedarik lojistik operasyonlarında bütün sürecin kontrol altında tutulmasına imkân veren karşılıklı bilgi akışı mevcuttur. Hizmet sağlayıcının seçimi, yük akışının birleşmesi ve stok yönetimi bu operasyon içinde yer almaktadır. Ayrıca malın fiziki akışı diğer bir operasyondur. Bu operasyonda hizmet alan firma, hizmeti sağlayacak olan firmadan hammaddeye konu mala ilişkin stok yönetimini gerçekleştirmesini, girdilerin temini, bazı özellikli ürünlerin üretimi sırasında ihtiyaç duyulan gerçek zamanlı tedarik ihtiyacı dolayısıyla üretim hattına yakın depolama faaliyetinin yapılması veya doğrudan üretim zincirine dağıtımın yapılması ve bazı durumlarda üretimin hemen öncesinde ürünlerin hazırlanması gibi işlemlerin gerçekleştirilmesini talep etmektedir. Bütün bu süreç tedarik lojistiği faaliyetini yansıtmaktadır.⁹⁴ Şirketler artık dikkatlerini üretim öncesi yani tedarik lojistiğine vermektedir ve ciddi miktarda paranın göz ardı edildiğinin farkına varmaktadır.⁹⁵

Tedarik lojistiği süreci şirketlere üretim öncesi masraflarında önemli avantajlar sağlamaktadır. Bir işletme hizmet sağlayıcısını doğru seçmek, stok yönetimini iyi yapmak ve hammadde sağlayıcılarla devamlı iletişimi korumak ve yük akışının kombinasyonunu en uygun hale getirmek suretiyle az sayıdaki stoklarla üretim faaliyetlerini sürdürme imkânına kavuşabilmektedir. Bu durum üretim öncesi için maliyet avantajı sağlamaktadır. İmalat öncesi lojistiği yönetmek, hem tedarikçi hem de müşteri için bir meydan okumadır. Lojistik hizmeti veren firmalar, imalat yapan müşterilerinin bir yandan değişen ve beklenmeyen talebi karşılayabilecek kadar hammaddeye sahip olmasını garanti ederken aynı zamanda envantere en az parayı bağlamasını nasıl sağlanması gerektiğini bulmaya çalışmaktadır.

Envanteri azaltmak, işletme sermayesi ihtiyacını önemli miktarda azaltmanın en hızlı yollarından biridir. Ama bugünün Tam Zamanlı Üretim (JIT) kültüründe imalatçıların karşılaştığı ana sorun müşteri taleplerine, sipariştan sevkiate kadar geçen süreci kısaltarak daha hızlı bir şekilde cevap verebilmektir. Eskiden imalatçıların yüksek miktarda hammadde stoklama lüksü vardı, bugün ise çok fazla envanter, yapılan işle ilgili satışlar ve operasyonların planlanmasında yetersizlik,

⁹⁴M.Holweg, J.Miemczyk, "Building Cars To Customer Order-What Does It Mean For Inbound Logistics Operations", *Journal Of Business Logistics*, Vol:25, No:2, s171.

⁹⁵ A.e.

başarısız öngörüler veya yetersiz üretim planlama gibi ciddi ve maliyetli sorunlara neden olabilmektedir. Başarılı üreticiler stoktaki değil imalattaki malzemeye, ürünleri zaman açısından mümkün olan en verimli biçimde belirlemeye ve dağıtım odaklanmalıdır. Hangi depo yönetim sistemi yada başka bir çözüm kullanılıyor olsa da, tedarik lojistik operasyonlarını daha verimli yapabilmek için belirli basit yöntemler vardır. Stokların büyük bir kısmı bitmiş ürün olarak değil, düzenleme ve imalat talimatını bekleyen yarı mamul olarak tutulmalıdır. Stok, mümkün olan en az çıkış noktasında tutulmalı ve stoğun yenilenmesi gerçek satış ve kullanım bilgisiyle olmalıdır. Malzeme tedariği, sevkiyat kalitesi ve performansına güvenilebilen az sayıda imalatçıdan yapılmalıdır. Ancak bu ana hatlar belirlendikten sonra doğru teknolojinin tedarik zinciri ağına entegrasyonu etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir.⁹⁶

Tedarik yönetiminin amacı lojistikte olduğu gibi 7 doğrunun sağlanmasıdır. Doğru ürünün, doğru miktarda, doğru biçimde, doğru zamanda, doğru kaynaktan, doğru yolla, doğru fiyata sağlanmasıdır.⁹⁷ Tedarik yönetiminin 9 farklı hedefi vardır. Bu hedefler sağlandığı zaman, tedarik zinciri yönetiminizin veya outsource ettiğiniz lojistik hizmetlerinizin başarılı bir şekilde uygulanması söz konusu olacaktır.⁹⁸ Üretimi düzenli şekilde gerçekleştirecek kesintisiz malzeme, servis ve bilgi akışını gerçekleştirmek, envanter maliyetlerini ve kayıpları minimize etmek, ürünün kalitesini korumak, güvenilir tedarikçiler bulmak ve korumak, temin edilen materyalleri ve servisi standart hale getirmek, gerekli olan materyalleri ve hizmetleri en düşük maliyetle sağlamak, kurumun pazarlık ve rekabetçi gücünü yükseltmek, kurum içindeki diğer gruplarla iyi ilişki kurmak, minimum idari giderlerle çalışmak hedeflerdir. Tedarik yönetimi, şirketin hammadde ve/veya yarı mamulleri konusundaki rota seçimi, araç, kargo takibi, taşıma, stok muhafazası, teslim alma, sipariş, tedarik, depolama gibi faaliyetleri içerir. Tedarik lojistiği süreci, tamamen üretim öncesi gerçekleştirilen ve kaynakların üretim hattına taşınmasına hizmet eden faaliyetleri kapsar.⁹⁹

⁹⁶Romany Qureshi, "Inward Bound", **Works Management**, Vol.56, Issue:1, 2003,s.40.

⁹⁷Atilla Yıldıztekin, "Lojistiğin Yedi Doğrusu", Mayıs2007 <<http://www.atillayildiztekin.com/?p=365>>, 08.10.2010

⁹⁸B.Türker Palamutçuoğlu, "Çevrimiçi", http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf 23.Ocak.2011.

⁹⁹ A.e.

2.ROTALAMA PROBLEMİ

2.1.ROTALAMA PROBLEMİNE GİRİŞ

Lojistik problemlerinin başında gelen ve aynı zamanda birleşti optimizasyon problemi olan rotalama problemleri, düğüm rotalama problemleri ve ark rotalama problemleri olmak üzere ikiye ayrılır.¹ Bu problem tiplerinden ilki bir grafiğin düğümlerini, ikinci ise arklarını ele alır. Ark rotalama problemlerinin amacı, bir grafik üzerinde yer alan tüm kenarlardan geçerek başlangıç noktasına dönen en kısa rota veya rotaları belirlemektir.² Bu tip problemler gerçek hayatta; mektup dağıtımı, yol bakımı, atık veya çöp toplama işlemleri, kar temizleme çalışmaları, elektrik sayaçlarının okunması, polis devriye araçlarının rotalarının belirlenmesi ve otobüs çizelgelemesi gibi geniş uygulama alanlarına sahiptir.³ Ark rotalama problemleri de, kırsal postacı problemi ve Çinli postacı problemi (ÇPP) olmak üzere ikiye ayrılabilir. Kırsal postacı probleminde bir grafik üzerinde yer alan belirli arklardan en az bir kez geçilerek, Çinli postacı probleminde ise grafikteki her arktan en az bir kez geçilerek en kısa turun oluşturulması istenir. ÇPP, birleşti optimizasyonun yine temel problemlerinden biri olan gezgin satıcı problemine (GSP) benzerlik göstermesine rağmen farklılıklara sahiptir. ÇPP ve GSP arasındaki temel farklılık; ÇPP’nde bir grafiğin noktaları yerine bu noktaları birbirine bağlayan arklarından geçilmesi ve bunun da en az bir kez gerçekleşmesi şartıdır.⁴ Düğüm rotalama problemleri ise çeşitli kısıtlar altındaki araç rotalama problemlerini içerir. Bu problemlerden en bilineni gezgin satıcı problemidir. Gezgin satıcı problemi tüm taleplerin bir tek araçla karşılanabildiği bir araç rotalama problem çeşididir.⁵

¹Gül Gökay Emel, Çağatan Taşkın, Emtullah Dinç, "Yönsüz Çinli Postacı Problemi: Polis Devriye Araçları İçin Bir Uygulama", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:3,No:1,2003,s.122.

²Çağatan Taşkın,Gül Gökay Emel, *Rotalamada Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler*,Bursa, Alfa Akademi,2009,s.57.

³Laporte,Gilbert, "Modelling And Solving Several Classes Of Arc Routing Problems As Traveling Salesman Problems", *Computers&Operations Research*, Vol:11,Issue:24,1997,s.1057.

⁴Greistorfer,Peter, "A Tabu Scatter Metaheuristic For The Arc Routing Problem", *Computers&Industrial Engineering*, Vol:44,Issue:2,s.249-250.

⁵Çağatan Taşkın,Gül Gökay Emel, *Rotalamada Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler*,Bursa, Alfa Akademi,2009,s.57.

2.1.1.ARK ROTALAMA PROBLEMİ(ARC ROUTING PROBLEMS)

Bir grafik üzerinde geçilmesi gereken arklar için en kısa rotaları belirlemeyi amaçlayan ark rotalama problemleri, kırsal postacı problemi ve Çinli postacı problemi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.⁶ Kırsal postacı probleminde, bir çizge üzerinde yer alan belirli ayrıtlardan en az bir kez geçilerek, Çinli postacı probleminde ise çizgedeki her ayrıttan en az bir kez geçilerek en kısa turun oluşturulması istenir.⁷

2.1.1.1.KIRSAL POSTACI PROBLEMİ (THE RURAL POSTMAN PROBLEM)

Kırsal postacı problemi; bir grafikteki yalnızca geçilmesi istenilen arklardan, en az bir kez geçen en kısa rotanın bulunması problemidir. Bu problem tipi, genellikle kırsal bölgelerdeki mektup dağıtımıyla açıklanabilmektedir. Postacı, birçok köydeki her bir sokağa uğrayarak hizmet sunmak durumundadır. Ancak köyler arasındaki yollardan geçerken hizmet sunması gerekmemektedir. Bu yollar sadece bir köyden bir köye ulaşmak için kullanılmaktadır. Bu şekilde bir ayırım yapılmasının sebebi ise, bir yoldan hizmet sunarak geçişin hizmet sunmadan geçişe göre daha maliyetli olmasındandır. Kırsal postacı problemlerinde, her bir sokağa hizmet sunulması gerekmemektedir. İstisnasız her sokağa hizmet sunulursa bu problem Çinli postacı problemine dönüşmektedir.⁸ Genel olarak KPP, grafikteki arkların yönlerine bağlı olarak yönlendirilmiş, yönlendirilmemiş ve karma KPP olarak adlandırılır. Bu üç problem tipi de NP-zor sınıfına aittir ve bunların çözümünde kullanılan bulgusal yaklaşımlar mevcuttur. Yönlendirilmiş kırsal postacı probleminde, yönlendirilmiş bir grafik üzerindeki geçilmesi istenen arklardan en az bir kez geçerek ve başlanılan noktaya dönülerek en kısa yol bulunur. Problem tamsayılı doğrusal programlamayla çözülebilmektedir. Yönlendirilmemiş kırsal postacı probleminde ise, yönlendirilmemiş bir grafik üzerindeki geçilmesi istenen belirli arklardan en az bir kez geçilerek yine başlanılan noktaya en kısa yolla dönülmesi istenmektedir. Yönlendirilmiş kırsal postacı probleminde olduğu gibi bir problem, tamsayılı doğrusal programlamayla formülize edildikten sonra dal ve sınır yöntemiyle çözülebilmektedir.

⁶ A.e.

⁷Angel Corberan,Rafael Marti,Eulalia Martinez,David Soler, "The Rural Postman Problem On Mixed Graphs With Turn Penalties", **Computers&Operations Research**,Vol:29,Issue:7,2002,s.122.

⁸ A.e.

Bu çözüm yaklaşımı, simetrik gezgin satıcı probleminin çözümünde de başvuru bir yaklaşımdır.⁹

Karma kırsal postacı problemi ise, yönlendirilmemiş ve yönlendirilmiş arklardan oluşan bir grafik üzerinde belirli arklardan en kısa rotanın bulunmasını gerektirir. Karma kırsal postacı probleminin çözümüne yönelik kesin ve bulgusal yöntemler mevcuttur. Karma kırsal postacı probleminin özel bir haline istifleme vinci problemi denmektedir. Bu problem türünde, yönlendirilmiş ve yönlendirilmemiş arklardan oluşan bir grafik üzerindeki yönlendirilmiş belirli arklardan geçmeyi mümkün kılan en kısa rota bulunmaya çalışılmaktadır. Bu problem tipi için kesin çözüm veren bir algoritma mevcut değildir. Ancak problemin çözümünde Largearcs ve Smalarcs olmak üzere iki yaklaşıma rastlanmaktadır.¹⁰

2.1.1.2. ÇİNLİ POSTACI PROBLEMİ (THE CHINESE POSTMAN PROBLEM)

Çinli postacı problemi belirli bir başlangıç noktasından başlayarak grafikteki her bir arktan en az bir kez geçmek koşuluyla en kısa turun oluşturulmasıdır. Çinli postacı problemi, ilk olarak 1962 yılında Çinli bir matematikçi olan Mei-Ko Kwantarafından incelenmiştir. Çinli postacı probleminin pek çok uygulama alanı vardır. Özellikle, araç rotalarının belirlenmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır. İşletmeler araçlarının hareket maliyetlerini, araç duraklarını düğüm, yolları da ark olarak alan grafik teorisini kullanarak minimize etmeye çalışmaktadırlar. Böylece araçların hareket maliyetlerini minimize eden, her yoldan en az bir kez geçen ve başlanılan noktaya geri dönen en uygun rotaları belirleyebilmektedirler.¹¹

Çinli postacı problemi; mektupların dağıtımı, çöplerin toplanması, cadde ve otobanlardaki kar ve buz kontrolleri, tuzlama, kar temizleme ve sokakların temizlenmesi çalışmaları, okul servisleri ve polis devriye araçları rotalarının çizelgelenmesi, süt ve gazete dağıtımı, etkili web sitesi kullanılabilirliğinin tespiti ve tesis içi planlama gibi birçok alanda kullanılabilmektedir.¹² Literatüre bakıldığında

⁹Çağatan Taşkın,Gül Gökay Emel, *Rotalamada Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler*,Bursa, Alfa Akademi,2009,s.59.

¹⁰W.L. Pearn, T.C. Wu, "Algorithms For The Rural Postman Problem", *Computers&Operations Research*, Vol:22,I:8,1995,S.824.

¹¹R.K. Ahuja , T.L. Magnanti ,J.B. Orlin, *Network Flows: Theory,Algorithms and Applications*, Prentice Hall,USA,1993,s.169.

Çinli postacı problemi temel olarak, grafikteki arkların yönlerine bağlı olarak yönlendirilmiş, yönlendirilmemiş ve karma Çinli postacı problemi olarak üçe ayrılmaktadır. Yönlendirilmiş ve yönlendirilmemiş Çinli postacı problemleri polinomial algoritmalar ile çözülebilmektedirler. Bu nedenle P sınıfına aittirler. Karma Çinli postacı problemindeki yolların bazıları yönlendirilmiş, bazıları ise yönlendirilmemiştir ve bu problem NP-zor problem sınıfına aittir. Yönlendirilmemiş, yönlendirilmiş ve karma Çinli postacı problemlerine başka kısıtların eklenmesi suretiyle yeni Çinli postacı problemleri ortaya çıkmıştır. Bunlar arasında, yönlendirilmemiş Çinli postacı problemi, yönlendirilmiş Çinli postacı problemi, karma Çinli postacı problemi, k-Çinli postacı problemi, min-max k-Çinli postacı problemi, hızlı Çinli postacı problemi, hiyerarşik Çinli postacı problemi ve kapasite kısıtlı Çinli postacı problemi sayılabilir.¹³

2.1.2.DÜĞÜM ROTALAMA PROBLEMİ (JOINT ROUTING PROBLEM)

Düğüm rotalama problemleri kenar rotalama problemlerinden farklı olarak düğüm noktalarından geçilmesi şartını taşırlar. Düğüm rotalama problemleri çalışmada, gezgin satıcı problemi ve araç rotalama problemi başlıkları altında incelenmektedir.¹⁴

2.1.2.1.GEZGİN SATICI PROBLEMİ (THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM)

Gezgin satıcı problemi, yöneylem araştırması ve teorik bilgisayar bilimi alanlarında incelenen bir "kombinatorik optimizasyon" problemidir.¹⁵

Düğüm sayısı arttıkça zorluk derecesi üssel olarak artmaktadır. Çözümüne yönelik birçok yöntem geliştirilmiştir. Özellikle sezgisel yöntemlerle daha iyi sonuçlar

¹² H.A Eiselt, Micheal Gendreau, Gilbert Laporte, "Arc Routing Problems, Part1: The Chinese Postman Problem", *Operations Research*, Vol:43, I:2, 1995, s.233.

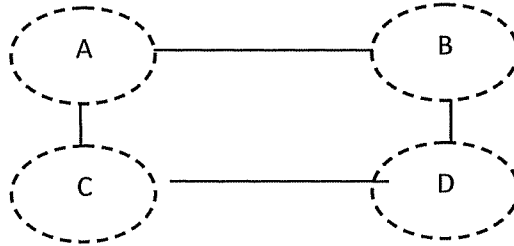
¹³ Gül Gökay Emel, Çağatan Taşkın, Emtullah Dinç, "Yönsüz Çinli Postacı Problemi: Polis Devriye Araçları İçin Bir Uygulama", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:3, No:1, 2003, s.122

¹⁴ Çağatan Taşkın, Gül Gökay Emel, *Rotalamada Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler*, Bursa, Alfa Akademi, 2009, s.59.

¹⁵ Gezgin Satıcı Problemi, "çevrimiçi", http://tr.wikipedia.org/wiki/Seyyar_sat%C4%B1c%C4%B1,08Ağustos2010.

alınmaya çalışılmıştır.¹⁶ Başlama noktasına geri dönmek koşuluyla tüm noktalara yalnızca bir defa uğramak koşuluyla oluşturulan minimum maliyetli çevrimin bulunmasıdır. Bu problem, bir matematiksel problem olarak 1930'lu yıllarda formüle edilmiştir. Gezgin satıcı problemi grafik teorisindeki temel problemlerden biridir ve grafik teorisi kavramları ile ifade edilir. Bundan dolayı öncelikle grafik teorisi ve ilgili bazı kavramlar açıklanacaktır. Grafik teorisindeki ilk resmi sonuç Euler tarafından çözülen "Königsberg'in Köprüleri" problemidir. Bu problemde Königsberg şehrinde bulunan yedi köprüden yalnızca birer kez geçilerek, şehrin tamamının dolaşılıp dolaşılamayacağı çözümlenmeye çalışılmıştır. Grafik teorisinde birçok klasik problem mevcuttur. Bunlardan bazıları, akış ve bağlanabilirlik, atama, Eulerian Yürüyüşü ve Hamiltonian Yürüyüşü problemleridir.¹⁷

Bir grafiğin matematiksel gösterimi $G=(V,E)$ şeklindedir. Kenarların her biri bir çift düğümü birbirine bağlar. Grafik tanımında V düğümler kümesini, E ise kenarlar kümesini tanımlar. Ayrıca bu gösterime bazen C harfi de eklenerek ($G=(V,E,C)$ şeklinde) düğümler arası maliyetler de gösterilmektedir. Grafikte her kenara ait pozitif bir gerçek sayı değeri mevcutsa grafik ağırlıklandırılmış grafik olarak adlandırılır. Bu pozitif gerçek sayılar, düğümler arası yolculuk maliyetlerine veya mesafelere karşılık gelir. Bir G grafiğinde biri Eulerian ve diğeri de Hamiltonian olmak üzere iki temel çevrim söz konusudur. Bunlardan Eulerian çevrim, G grafiğinin tüm kenarlarından yalnızca bir defa geçen bir çevrimdir. Hamiltonian çevrim ise, G grafiğindeki tüm düğümlerden yalnızca bir defa geçen bir çevrimdir. Şekil 2'de bir G grafiği verilmiştir. Bu grafikte A,B,C,D düğümleri, A-B, A-D, A-C, B-D, C-D ise kenarları göstermektedir.¹⁸



Şekil 2.1. Grafikte Düğüm ve Kenarlar¹⁹

¹⁶Timur Keskindür, "Gezgin Satıcı Probleminin Diferansiyel Gelişim Algoritması İle Çözümü", VI. Uluslararası Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Kültür Üniversitesi, 22.Ekim.2006,s.1.

¹⁷Frank Harary, "Some Historical and Intuitive Aspects of Graph Theory", **Siam Review**, Vol:2, Issue:2, s.125.

¹⁸ M. Avriel, B. Golany, **Mathematical Programming For Industrial Engineers**, Marcel Dekker Inc.,New York,1996,p.82.

Gezgin satıcı problemi verilen $G=(V,E,C)$ grafiğinde minimum toplam maliyetle G 'nin bir Hamiltonian çevriminin bulunmasıdır. Burada $C=(C_{ij})$ maliyetler matrisidir. C_{ij} , i düğümünde j düğüme yolculuk yapmanın maliyetidir. C_{ij} matrisi maliyet olarak alınabildiği gibi düğümler arası mesafeler olarak da ifade edilebilmektedir. Gezgin satıcı probleminde düğümler şehirlere, kenarlar ise şehirler arasındaki yollara karşılık gelmektedir. Burada önemli bir diğer kavram ise simetriklik kavramıdır. Simetrik olma durumu, iki şehir arasında yolculuk yapmanın maliyetinin yolculuğun yönüne bağlı olmamasıdır. Bu tip gezgin satıcı problemlerine simetrik gezgin satıcı problemi denmektedir. Ters durumda problem asimetriktr.²⁰

2.2.ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ VE SINIFLARI (VEHICLE ROUTING PROBLEMS)

Günümüzde bilişim teknolojilerinin hızlı bir şekilde gelişmesi ile birlikte işletmelerin bu gelişmelere ayak uydurabilmeleri ve ayakta kalabilmeleri için kendilerini yenilemeleri gerekmektedir. Bu açıdan müşteri taleplerinin zamanında ve en az maliyetle karşılanması da önem kazanmıştır. Bunu sağlamak için kullanılan Araç Rotalama Problemi (ARP) bu tür problemlerin kullanılan karmaşık bir optimizasyon problemidir. Araç rotalama problemi, merkezi bir depodan coğrafi olarak dağılmış çeşitli talep noktalarına ya da başka bir deyişle düğüm noktalarına(şehir, hedef, vs.), dağıtım veya toplama rotalarının, araç filosunun kat ettiği toplam mesafeyi en kısa süre veya en düşük maliyetle en az sayıda araç ile uğranılmasını eniyileyen problem çeşitidir. Bir noktadan başka bir noktaya giderken en kısa yolun tercih edilmesi maliyetin azaltılmasını amaçlayan bir yaklaşımdır Bu tür problemler, literatürde düğüm sayısı arttıkça çözüm süresi üssel olarak arttığından NP-sıkı olarak adlandırılmaktadır. Farklı çalışmalarda önerilen birçok yöntemde kesin algoritmaların kullanılamaması sebebiyle sezgisel veya meta sezgisel metotlar kullanılarak geliştirilen çok çeşitli çözüm tekniği bulunmaktadır.

Meta sezgisel metotlardan olan GA yöntemi, doğada geçerli olan en iyinin hayatta kalması kuralına dayanarak, daha iyi çözümler bulmayı hedefleyen doğa esin bir yöntemdir. GA problemlere tek bir çözüm üretmek yerine farklı çözümlerden

¹⁹A.e.

²⁰Micheal Florian, *Transportation Planning Models*, North Holland,1984,s.384.

oluşan bir çözüm kümesi bulur. Böylelikle, arama uzayında aynı anda birçok nokta değerlendirilmekte ve sonuçta bütünsel çözüme ulaşma olasılığı yükselmektedir.

ARP dağıtım yönetiminin kalbidir. ARP'nin en basit şekline genel ARP denir.²¹ Birçok büyük üretici, perakendecinin ve dağıtım firmasının genelde çeşitli bölgelerde kurulmuş depoları ve araç filoları mevcuttur. Her depo belirli bir bölgede belirli sınırlar altında müşterilere tedarik hizmet vermekle sorumludur. Bir depodan ürünlerin tedariki, boyut ve kapasite olarak değişen araç filoları ile sağlanmaktadır. Ana problem, değişken miktarlardaki malzeme ve ürünleri olabildiğince etkin talep noktalarına ulaştırmaktır. Burada etkinlik kavramı birçok anlama gelebilir. Fakat genellikle müşterilere uygun bir servis sunmak ile kabul edilebilir maliyet arasındaki dengeyi sağlamak olarak kabul edilmektedir. Kısaca araç rotalama problemleri servis ve maliyet arasındaki dengeyi bulmakla ilgilidir. Bunun dışında problemin içeriğine göre birçok kısıt da göz önüne alınmaktadır.²² Araç rotalama problemi bundan önce değinilen gezgin satıcı probleminden çeşitli yönlerde farklılıklar içermektedir.

Gezgin satıcı problemine ek olarak, araç rotalama problemlerinde araç kapasitesi (gezgin satıcı probleminde bir araç tüm talepleri karşılayabilmektedir) müşteri talepleri gibi ek kısıtlar probleme dâhil olmaktadır. Araç rotalama problemlerinin uygulamalarında karşılaşılan temel kısıtlar alt başlıklar altında açıklanmaktadır.²³

Araçlara ilişkin kısıtlar:

-Kapasite

-Çalışma süreleri

-Maliyet

-Tur sayısı

²¹Mehmet Eryavuz,Cevriye Gencer, "Araç Rotalama Problemine Ait Bir Uygulama", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi**, C.6, S.1,2001, s.139.

²²Alan Rushton, John Oxley, **Handbook of Logistics and Distribution Management**, Kogan Page,London,1991,s.199.

²³Gianpaolo Ghiani, Francesca Guerriero, Gilbert Laporte, Roberto Musmanno, "Real-Time Vehicle Routing: Solutions Concepts,Algorithms And Parallel Computing Strategies", **European Journal Of Operational Research**,Vol:151,Issue:1,2003,s.1-2

Müşterilere ilişkin kısıtlar:

- Kullanılacak araç tipi
- Talebin niteliği
- Zaman
- Mamülün birden fazla araca bölüştürülmesi durumu

Araç rotalama problemleri, çeşitli kısıtlar altında müşteri taleplerini karşılayacak minimum maliyetli rotalar bulmak olarak tanımlanır. Ancak araç rotalama problemlerinde önemli bir konu da amacın belirlenmesidir.²⁴ Bir araç rotalama probleminde hedef olarak seçilebilecek amaçlardan bazıları şunlardır.²⁵

- Araç veya araçların kullanım zamanını maksimize etmek
- Araç veya araçların kapasie kullanım oranını maksimize etmek
- Yolculuk mesafesini minimize etmek
- Kullanılan araç sayısını minimize etmek

2.2.1.ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN FORMÜLASYONU

Araç rotalama problemleri çeşitli kısıtlar göz önüne alınarak sınıflara ayrılmaktadır. Bu bölümde, ilgili yazında klasik araç rotalama problemi olarak da bilinen basit veya temel araç rotalama probleminin formülasyonu verilmektedir. Formülasyondan da görüleceği üzere klasik araç rotalama problemi gezgin satıcı probleminin genişletilmiş halidir.Klasik araç rotalama probleminin temel özellikleri şöyle özetlenebilir.²⁶

²⁴Çağatan Taşkın,Gül Gökay Emel, *Rotalamada Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler*,Bursa, Alfa Akademi,2009,s.69.

²⁵Alan Rushton, John Oxley, *Handbook of Logistics and Distribution Management*, Kogan Page,London,1991,s.200.

- Dağıtım sözkonusudur.
- Talep bilinmektedir.
- Talebin bölünmesi yoktur.
- Araçlar özdeşdir yani aynı kapasiteye sahiptir.
- Tek merkezi bir depo vardır.
- Araçlar için kapasite kısıtlamaları vardır.
- Amaç toplam maliyeti minimize etmektir.
- Tüm araçlar merkezi depodan yola çıkıp, merkezi depoya geri döner.
- Her talep noktası bir kere ziyaret edilir.
- Rota sayısı ve konfigürasyon ile ilgili kısıtlar vardır. Bu açıklanan kısıtlar haricindeki kısıtlar problemin özelliğine bağlı olarak değişmektedir.

ARP literatüründe çok çeşitli optimizasyon kriterleri mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanları, rota sayısı, toplam rota uzunluğu, rota süresi, müşteri memnuniyeti, yük dengeleme şeklinde sıralanabilir. Amaç toplam maliyeti minimize etmektir. Toplam maliyetin içerisinde rota sayısı, uzunluğu ve yolculuk zamanı gibi birimler vardır. Bu kriterlerden rota sayısı ve toplam rota uzunluğu ARP amaç fonksiyonunda en yaygın olarak kullanılandır. Laporte ve Nohert, ARP için çeşitli optimum metot algoritmaları geliştirmişlerdir.²⁷ Optimum çözüm algoritmaları; doğrudan ağaç arama (Direct tree search), Dinamik programlama ve tamsayılı doğrusal programlama olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir.²⁸ Magnanti, 1981 yılında yaptığı çalışmada tamsayılı doğrusal programlama formülasyonunu; küme bölme formülasyonu, araç akış formülasyonu ve malzeme/eşya akış formülasyonu şeklinde üç alt kategoriye ayırarak incelemiştir.²⁹ ARP hizmet sunulan müşteri sayısı ve coğrafi alan olarak

²⁶Teodor Crainic, Gilbert Laporte, Fleet Management And Logistics, Kluwer Academic Publishers,USA,1998,s.1

²⁷ Mehmet Eryavuz,Cevriye Gencer, "Araç Rotalama Problemine Ait Bir Uygulama", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, C.6, S.1,2001, s.141.

²⁸Gilbert Laporte, Y. Nohert, S. Taillefer, "Solving a Family of Multi-Depot Vehicle Routing and Location Routing Problems", Chaier du Gerad G-87-10, Ecole des Haltes Etudes Commerciase de Montreal, 1987.

büyük ölçekli bir problemdir. Müşteri sayısı arttıkça alternatif rota sayısı artmakta ve hesaplama zorlaşmaktadır. Bu nedenle ARP çözümünde sezgisel algoritmalar ön plana çıkmaktadır. ARP sezgisel algoritmaları genel olarak üç ana sınıfa ayrılır:³⁰

- a.Tur kurucu sezgiler
- b.Tur geliştirici sezgiler
- c.İki aşamalı metotlar

Tur kurucu sezgiseller mümkün olmayan atamalarla çözüme başlar, her defasında iki düğüm arasına bir dal ekleyerek mümkün çözüme ulaşırlar. Dal eklenirken ara kapasite kısıtına uyulup uyulmadığı kontrol edilir. Eklenecek dal, bazı maliyet tasarruflarına göre seçilir. Tur kurucu metotlar arasında en çok tercih edileni, Clarke ve Wright'ın Dantzig ve Ramser'in çalışmasından esinlenerek geliştirdikleri Tasarruf Algoritması'dır. Tasarruf algoritmasının temel konsepti değiştirilmeden sayısız algoritmalar geliştirilmiştir.³¹

Tur geliştirici sezgiseller bir mümkün çözümü başlangıç çözümü olarak alır ve o çözümü geliştirirler. Her bir iterasyonda dal kombinasyonları değiştirilir ve değişimin mümkün çözüme ulaştırıp ulaştırmadığı, maliyeti düşürüp düşürmediği kontrol edilir. Tur geliştirme sezgiselleri Lin ve Lenstra ve Rinnooykan'un Seyyar Satıcı Problemi (SSP) sezgiseline dayanır.³²

İki aşamalı metotların birinci aşamasında, düğümler araçlara kapasiteyi aşmayacak şekilde atanır. İkinci aşamada ise her bir araç için SSP sezgiselleri kullanılarak rota oluşturulur. Önce grupta-sonra rotalama tipindeki algoritmalar, iki aşamalı metotlara örnek olarak verebilir. Gillet ve Miller'ın 1974 yılında geliştirdikleri Süpürme(Sweep) algoritması, Fisher ve Jaikumar'ın 1981 geliştirdikleri algoritma, Christofides, Mingozzi ve Toth'un 1980 yılında geliştirdikleri algoritma iki aşamalı algoritmalara örnek verilebilir.³³

²⁹T. L. Magnanti,, "Combinatorial Opt. And Vehicle Fleet Planning: Perspectives and Prospects", **Networks 11** , 1981.

³⁰M. L. Fisher, R. Jaikumar, "A Generalised Assignment Heuristic for Vehicle Routing", **Networks 11**, 1981.

³¹Mehmet Eryavuz,Cevriye Gencer, "Araç Rotalama Problemine Ait Bir Uygulama", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi**, C.6, S.1,2001, s.141.

³² A.e.

³³ A.e.s.142.

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

a)Talep Yapısı: ARP problemlerinde talep statik veya dinamik olabilir. Statik talep durumunda talep önceden bilinir. Dinamik durumda ise bazı düğümlerdeki talep bilinmekte bazıları ise araç rotasında devam ederken belirli olmaktadır.³⁴

b)Malzeme Tipi: Araçlarla çok çeşitli malzemeler taşınır. Tehlikeli maddeler gıda maddeleri, gazete dağıtımı, çöp toplama bütün bunlar basit paketler olarak adlandırılır ve probleme ilave bir karmaşıklık getirmezler.³⁵ Diğer taraftan öğrenci servisleri; güvenlik, etkinlik, eşitlik gibi ilave bazı amaçlardan ötürü daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Tehlikeli maddeleri taşıyan araçların rotalarının belirlenmesinde ise coğrafi özellikler büyük önem kazanır.³⁶

c)Dağıtım/Toplama noktaları: Birçok ARP'in de, dağıtım noktaları müşterilerin bulunduğu yer, toplama noktaları ise depodur. Tüketim mallarının fabrikalardan toptancılara dağıtımı buna iyi bir örnektir. Depo, genellikle aracın rotasına başladığı ve geri döndüğü noktadır. Depo sayısına göre problem, tek depolu ve çok depolu diye adlandırılabilir. Çok depolu problemlerde, depoların her biri kendi araçlarıyla işlerini yürütebilir, bu durumda problem birkaç bağımsız tek depolu ARP'ne dönüşür. Araç bir depodan çıkıp, başka bir depoda yükleme/boşaltma yapabilir. Bu durumda problem bir bütün olarak ele alınmalıdır. Dağıtım noktaları sabit ve önceden biliniyorsa hangi noktalara, hangi araçların hizmet vereceği belirlenmelidir. Diğer durumda dağıtım noktaları potansiyel yerler arasından seçileceği için ilave bir yerleştirme kararı gerekir. Bazı ARP'lerin dağıtım ve toplama noktaları aynıdır. Örneğin öğrenci servislerinde okul,gidişte dağıtım noktası, duraklar toplama noktası; öğrenciler evlerine dönerken ise okul depo,duraklar ise dağıtım noktalarıdır.³⁷

³⁴M. W. P. Savelsbergh, M. Sol, "The General Pick-up and Delivery Problem", *Transportation Science*, N:29, 1995,s.17.

³⁵R. Bowerman, B.H. , P.C. " A Multi-Objective Optimization Approach to Urban School Bus Routing: Formulation and Solution Method", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 29(2), 1995,s.107.

³⁶Mehmet Eryavuz,Cevriye Gencer, "Araç Rotalama Problemine Ait Bir Uygulama", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, C.6, S.1,2001, s.140.

³⁷A.e.

d)Araç Filosu: Bütün ARP'lerin de araçların kapasitesinin bilindiği ve çoğunlukla araçların homojen (aynı kapasitede)olduğu varsayılır. Filo heterojen ise filodaki araçların taşıma kapasiteleri farklıdır. Bu durum hangi araç tipininin, hangi rotaya hizmet vereceğinin belirlenmesi ilave bir kararı gerektirir. Araçların diğer özellikleri arasında hız, yakıt tüketimi, taşınacak malzemeye uygunluğu sayılabilir.Bu özelliklerin rotalama kararlarına doğrudan etkisi yoktur.³⁸

ARP ilk olarak 1959 yılında Dantzig ve Ramser tarafından literatüre kazandırılmıştır. Yazarlar bu çalışmalarında benzin istasyonlarına benzin dağıtımı problemi üzerinde durmuşlar ve problemin çözümü için ilk matematiksel programlama modelini kurmuşlardır.³⁹ Daha sonra 1964 yılında Clark ve Wright probleme sezgisel bir çözüm önermiş ancak bu çalışmadan sonra literatürde ARP'ye ilgi daha da artarak büyümüştür.⁴⁰ ARP şu ana kadar üzerinde en fazla yöntem geliştirilen optimizasyon problemlerinden birisidir. Solomon, ARP araştırmaları üzerinde zaman kısıtlarını konu alan çeşitli problemleri incelemiştir. Problemin bu tipinde, çizelgelemenin uzaysal anlayışıyla geçici anlayışı karşılaştırılmaktadır. Koskosidis, daha esnek çalışma zamanı kısıtlarına izin vermiştir. Koskosidis'e göre eğer araç çok geç ya da çok erken ulaşıyorsa bu ceza maliyeti gerektirir. Malakandri ve Daskin trafik sıklığı temelli, zaman bağımlı ARP algoritmaları üzerinde çalışmışlardır.⁴¹ Yöneylem Araştırması'nda ise en çok tanınan problemlerden biri "Atama" (Assignment) problemidir. Atama probleminde yapılması gereken (m) adet görev vardır. Bu görevleri yapmaları için de (m) ayrı kişi bulunmaktadır. Herhangi bir (i) kişinin (j) görevine verilmesi durumunda (cij) maliyeti doğar. Her göreve mutlaka bir kişinin verilmesi ve bir kişinin sadece tek bir göreve atanması koşuluyla en küçük toplam maliyetle bir görevlendirme planı yapılması istenir.⁴² Klasik araç rotalama probleminin matematiksel formülasyonu şöyle verilebilir.⁴³

³⁸A.e.s.141.

³⁹G.B. Dantzig, J.H. Ramser, The Truck Dispatching Problem, **Management Science**, 6, 1959,s.80.

⁴⁰Paolo Toth, Daniele Vigo, " A heuristic algorithm for the vehicle routing problem with backhauls", **Advanced Methods in Transportation Analysis**, vol.3,2002, s. 588.

⁴¹Baha Pakkan, Murat Ermiş, "İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflere Planlaması", **Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi**,Cilt:4,Sayı:3,2010,s.79.

⁴²Adalet Öner, Füsün Ülengin, "Atama Problemi için Yeni Bir Çözüm Yaklaşımı",**İtü Dergisi**,Cilt:2,Sayı:1,Şubat2003,s.75.

⁴³Çağatan Taşkın, "Araç Rotalama Problemlerine Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Bir Uygulama", **Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Bursa, 2003,s.34.

Parametreler:

K : araç sayısı

n : aracın uğrayacağı talep noktası sayısı (talep noktaları 1'den n 'e kadar indekslenmiştir ve 0 indeksi merkezi depoyu göstermektedir)

B_k : k aracının kapasitesi

a : i . talep noktasının talep miktarı

c_{ij} : i ve j noktaları arasındaki ulaşım maliyeti

Karar değişkenleri:

$Y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } k \text{ aracı } i \text{ nolu talep noktasına atanırsa} \\ 0, & \text{diğer türlü} \end{cases}$

$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } k \text{ aracı } i \text{ 'den } j \text{ 'ye direkt giderse} \\ 0, & \text{diğer türlü} \end{cases}$

$R(S)$: araç sayısı

$a(S)$: talep noktalarının toplam talebi,

$N = \{1, \dots, n\}$ gidilmesi gereken talep noktaları,

$N(0) = N \setminus \{0\}$,

$S \subseteq N, S = N(0) \cup \{0\}, S \subseteq N(0)$

Araç sayısı, $R(S) = \lceil a(S)/b \rceil = K$, $a(S) = \sum a_i$ formülü ile belirlenebilir. Böylece $i \in S$ olmak üzere bulunan K değeri bir üst sayıya yuvarlatılır.

$X = x_{01k}, x_{02k}, \dots, x_{0nk}, x_{12k}, \dots, x_{(n-1)nk}$

Araç rotalama problemleri çeşitli kısıtlara göre birçok sınıfa ayrılmaktadır. Her bir ek kısıt için her araç rotalama problemi farklılaşmaktadır. Bundan dolayı araç rotalama problem sınıflarını oluşturmak için yalnızca belirli bazı kriterler göz önüne alınmıştır. Bu kriterlerin başında, depo sayısı, talebin niteliği (belirli veya belirsiz olması), zaman gibi kriterler gelmektedir.

2.2.2.TEK DEPOLU, DAĞITIM, TALEP BELİRLİ, ROTA ZAMANI KISITLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Bu tip araç rotalama problemleri, klasik araç rotalama probleminin maksimum rota zamanı kısıtı eklenmiş halidir. Problem, özdeş araçlardan oluşan bir dağıtım filosunun merkezi bir depodan çeşitli talep noktalarına minimum maliyetle ulaşmasını ve geri dönmesini sağlayan rotaların bulunmasıdır. Araçların belirli yük kapasiteleri mevcuttur ve ayrıca bir turun oluşması için ek bir kısıt söz konusudur. Bu problemde bir turun tamamlanma süreci bellidir. Bu tip araç rotalama problemine örnek olarak gazete dağıtım filolarının rotalarının bulunması verilebilir.⁴⁴

2.2.3.TEK DEPO, DAĞITIM, BELİRSİZ TALEPLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Bu problemin, klasik araç rotalama probleminden farkı taleplerin kesin olarak bilinmemesidir. Fakat talepler belirli bir olasılık dağılımı yardımıyla tahmin edilmektedir. Örneğin i düğümünün talebi λ_i ortalamaya sahip poisson dağılımıyla tanımlanabilmektedir. Talep belirsiz araç rotalama probleminin temel özellikleri olarak şunlar söylenebilir.⁴⁵

-Müşteri talepleri, bilinen bir olasılık dağılımıyla birlikte rastsal bir değişken olarak kabul edilir

-Gerçek talep bilgisine ulaşılmadan önce araç rotaları belirlenmektedir.

-Amaç toplam maliyetin minimizasyonudur, fakat başka maliyetler de buna eklenebilmektedir.

2.2.4.TEK DEPO, DAĞITIM VE TOPLAMA, TALEP BELİRLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

⁴⁴Micheal Florian, *Transportation Planning Models*, North Holland,USA,1984,s.386-387.

⁴⁵Yupo Chan, W.B.Carter ,Micheal.D.Burnes, "A Multiple-Depot,Multiple-Vehicle,Location-Routing Problem With Stochastically Processed Demands",*Computers&Operations Research*,Vol:28,Issue:8,2001,s.804.

Dağıtım tipi açısından genişletilmiş bir klasik araç rotalama problemidir. Bu tip bir problemde belirli noktalara dağıtım söz konusudur. Aynı zamanda belirli noktalardan mamul toplanması ve merkezi depoya taşınması söz konusudur. Bu durumda iki tip müşteri mevcuttur. Bunlar, ileri tip müşteriler ve geri tip müşteriler olarak isimlendirilirler. Burada sözü edilen ileri tip müşteriler, klasik araç rotalama problemindeki müşterilerin aynısıdır. Yani belirli talepleri vardır. Depodan ayrılan özdeş araçlar önce talep noktalarına yani ileri tip müşterilere uğrayarak talepleri karşılarlar ve daha sonra da geri tip müşterilerden mamuller toplanarak merkezi depoya taşınırlar. Her araç yalnızca bir rota gerçekleştirir. Her rota için geri tip ve ileri tip müşterilerin toplam yükü, araç kapasitesini geçemez. Amaç toplam yolculuk mesafesini minimize etmektir. Bu tür problemlere örnek olarak sebze meyve endüstrisi verilebilir. Bu durumda, süper marketler ve manavlar ileri tip müşteriler ve market tedarikçileri de geri tip müşteriler olarak adlandırılabilir.⁴⁶

2.2.5.TEK DEPO, DAĞITIM, TALEP BELİRLİ, ZAMAN PENCERELİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Araç rotalama probleminin özel bir durumu olan zaman pencereci araç rotalama problemi, en erken ve en geç servis zamanlarını içeren bir karmaşıklığa sahiptir. Bu problemde istenilen, her müşterinin bir araca atanması ve her aracın ziyaret edeceği müşteri kümesinin sıralanmasıdır. Bunu yaparken, araç kapasite kısıtlarına ve zaman pencereleri kısıtlarına bağlı kalınmalıdır ve amaç maliyetin minimizasyonu olmalıdır.⁴⁷ Burada zaman penceresinin anlamı şöyle ifade edilebilir. Eğer bir araç bir müşteriye erken ulaşırsa, zaman penceresi "açılana " dek bekleyecektir. Ters bir durum olduğunda, bir başka ifade ile zaman penceresinin kapanış zamanından sonra geldi ise teslimatı yapamamış olacaktır. Bu problemde klasik araç rotalama parametrelerine ek olarak; t_{ij} : i müşterisinden j müşterisine yolculuk zamanı, s_i : i müşterisinde servis zamanı, e_i : teslimatın en erken başlama zamanı ve u_i : teslimatın en geç başlama zamanı parametreleri mevcuttur.⁴⁸ Zaman pencereci araç rotalama problemleri katı ve esnek olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sert zaman pencereci

⁴⁶Paolo Toth, Lucio Bianco, *Advanced Method In Transportation Analysis*, John Wiley&Sons Inc.,1996,s.585.

⁴⁷Dang Vu, Tung Anulark, " Vehicle Routing-Scheduling For Waste Collection In Hanoi" , *European Journal of Operational Research*, Vol:125, Issue:3,2000, s.451.

⁴⁸Marshall L. Fisher, Kurt O.Jörnsten, Oli.B.G.Madsen, "Vehicle Routing With Time Windows:Two Optimization Algorithms", *Operations Research*, Vol:45, No:3, 1997, s.488.

araç rotalama problemlerinde, dağıtıcı, dağıtımın kabul edildiği saatlerden önce gelirse bekler fakat belirlenen dağıtım zaman diliminden sonra gelirse dağıtım kabul edilmez. Esnek zaman pencereyi araç rotalama problemlerinde ise zaman sınırları bir maliyet karşılığında esnekleştirilebilir.⁴⁹

2.2.6.TEK DEPO, BÖLÜNEBİLİR DAĞITIM, TALEP BELİRLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Klasik araç rotalama probleminin farklı bir yönde genişletilmiş hali olan bu problem tipinde herhangi bir müşterinin talebi birden fazla araç tarafından karşılanabilmektedir. Araçlar özdeştir. Amaç, her araç için bir rota bulmaktır. Toplam maliyet minimizasyonu hedeflenirken, kapasite kısıtları göz önüne alınmalıdır ve tüm talepler karşılanmalıdır. Bölünebilir dağıtım içeren araç rotalama problemi, toplam mesafeyi minimize eden rotalar kümesini bulmadan oluşur. Her müşteri, en azından bir rotaya atanır. Her müşterinin talebi birden fazla araçla servis sunarak karşılanabilir. Her rota klasik araç rotalama probleminde olduğu gibi, depoda başlar, depoda sona erer ve en azından bir müşteri ziyaret eder. Herhangi bir aracın kapasitesi servis sunulacak müşterilerin taleplerinden daha az olmamalıdır. Daha önce de belirtildiği üzere gerçek uygulamalarda çeşitli ek kısıtlarla karşılaşılmaktadır. Bölünebilir dağıtım tipi araç rotalama problemi de uygulamada en sık karşılaşılan araç rotalama problemlerinden birisidir.⁵⁰

2.2.7.ÇOK DEPO, DAĞITIM, TALEP BELİRLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Çok depo, çok araçlı rotalama problemi, tek depo çok araçlı araç rotalama problemlerindeki araç filoları ile birden fazla depodan talep merkezlerine mal dağıtımını yapılması şeklindedir. Buna ek olarak, her bir araç ayrı depodan ayrılır ve ayrıldığı depoya geri döner.⁵¹

⁴⁹Nagraj Balakrishnan, "Simple Heuristics For The Vehicle Routing Problem With Soft Time Windows", *Journal Of The Operational Research Society*, Vol:44, No:3, 1993, s.279.

⁵⁰J.M. Belenguer, M.C. Martinez, E. Mota, "A Lower Bound For The Split Delivery Vehicle Routing Problem", *Operations Research*, Vol:48, No:5, 2000, s.801.

⁵¹Micheal Florian, *Transportation Planning Models*, North Holland, USA, 1984, s.386.

2.2.8.ÇOK DEPO, DAĞITIM, BELİRSİZ TALEPLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Tek depo, çok araçlı, belirsiz talepli araç rotalamadan farkı araçların farklı depolardan hareket ederek tur sonunda ayrıldıkları depolara geri dönmeleridir.⁵²

Yapılan sınıflamalardan görüldüğü üzere, çok çeşitli kısıtlar eklenerek farklı araç rotalama problem sınıfları yaratmak mümkündür. Tüm problem sınıflarında temel amaç mamul dağıtım sırasında taşıma maliyetini veya katedilecek mesafeyi minimum kılmaktır. Sınıflama girdi verilerinin zamana bağlı olup olmamasına göre de yapılabilmektedir. Buna göre araç rotalama problemleri statik ve dinamik araç rotalama problemleri olmak üzere ikiye ayrılabilir. Bu sınıflar ve özellikleri şöyle açıklanabilir.⁵³ Araç rotalama problemleri, girdi verileri zamana bağlı değilse statik, zamana bağlı ise dinamik araç rotalama problemleri olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca, araç rotalama probleminde araç rotaları oluşturulurken tüm girdi verileri biliniyorsa problem deterministik, bilinmiyorsa stokastik problem olarak da adlandırılır. Bir statik araç rotalama problemi deterministik ya da stokastik olabilir. Deterministik ve statik araç rotalama problemlerinde, tüm veriler bilinmekte ve zaman göz önüne alınmamaktadır. Stokastik ve statik araç rotalama problemlerinde, araç rotaları planlama evresinin başlangıcında, bir başka ifadeyle belirsiz verinin belirli hale gelmesinden önce oluşturulmaktadır. Belirsizlik, talebi, servis gelmesinden önce oluşturulmaktadır. Belirsizlik, talebi, servis zamanlarını veya yolculuk zamanlarını etkileyebilir. Girdi verisinin belirsiz olduğu durumlarda rastsal değişkenlerin tüm durumları için kısıtların sağlanması genellikle imkansız olur. Belirsizlik kısıtları etkiler ancak amaç fonksiyonu deterministik olursa, kısıtların verilen bir olasılık dâhilinde sağlanması istenebilir (şans kısıtlı programlama). Dinamik araç rotalama problemleri de aynı şekilde deterministik ve stokastik olabilir. Deterministik ve dinamik problemlerde tüm veriler bilinmektedir ve bilginin bazı unsurları zamana bağlıdır. Stokastik ve dinamik problemlerde (gerçek zamanlı

⁵²Yupo Chan, W.B.Carter ,Micheal.D.Burnes, "A Multiple-Depot,Multiple-Vehicle,Location-Routing Problem With Stochastically Processed Demands",*Computers&Operations Research*,Vol:28,Issue:8,2001,s.805.

⁵³Gianpaolo Ghiani, Francesca Guerriero, Gilbert Laporte, Roberto Musmanno, "Real-Time Vehicle Routing: Solutions Concepts,Algorithms And Parallel Computing Strategies", *European Journal Of Operational Research*,Vol:151,Issue:1,2003,s.11.

rotalama ve dağıtım problemleri adıyla da bilinmektedir) ise veriler belirsizdir ve stokastik süreçlerle temsil edilirler.⁵⁴

2.3.ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI

ARP'nin içinde değişmeyen üç tane unsur vardır. Bunlar araçlar, depolar (Araç çıkış noktası) ve müşterilerdir (Araç hedef noktaları). Problemi uygulamak için bu üç unsurun sisteme ilave edilmesi gerekir. Araçlar, depolar ve müşteriler şu temel özelliklere sahip olduğu varsayılmaktadır.⁵⁵

Araçlar;

- Hepsi aynı özelliklere sahiptir.
- Sınırlı Kapasiteleri vardır.
- Belirli hızlara sahiptir.
- Hepsi depodadır.

Depolar;

- Sınırsız ürün stokuna sahiptir.
- Araçların bulunduğu yerlerdir.
- Bir düğüm üzerinde konumlandırılmışlardır.

Müşteriler;

- Deponun bulunduğu düğüm dışında her düğüm bir müşteriye ifade etmektedir.
- Belirli miktarda ürün talebinde bulunabilirler.

⁵⁴Çağatan Taşkın,Gül Gökay Emel, **Rotalamada Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler**,Bursa, Alfa Akademi,2009,s.105.

Günümüzde birçok endüstride araç rotalama problemleri yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Yani işletmeler mal ve hizmet dağıtım fonksiyonunu etkin bir şekilde yerine getirmek amacıyla araç rotalama modelinden yararlanmaktadırlar. Bu yaklaşımı araç rotalarının tespitinde en kısa yol yaklaşımı olarak adlandırmak mümkündür. Bu yaklaşım sadece müşteri taleplerinin karşılanmasında değil aynı zamanda 112 acil servis araçlarının ve ambulansların hastanın bulunduğu noktaya ulaşmasında kullanacağı en uygun güzergâh ve hastaya ulaştıktan sonra hastaneye gitmek için kullanacağı en uygun güzergâhın tespitinde de kullanılır. Araç rotalama modeli kapsamına giren faaliyetlerin bir kısmı şöyle belirtilebilir:⁵⁶

-Satış sonrası servis hizmetlerinden yararlanmak isteyen müşterilerin gereksinimlerinin karşılanması için servis araçlarının gönderilmesinde, telefonla çağrılan taksilerde, toplu taşıma sisteminde, eve teslim hizmetlerinde araç rotalama problemlerinden yararlanılmaktadır.

-Öğrencilerin evlerinden okula gidişleri ve okuldan evlerine dönüşleri için kullanılan servis araçlarının, öğrencileri toplarken ve dağıtırken nasıl bir rota izleyeceklerinin belirlenmesinde araç rotalama problemi kullanılmaktadır. Servis aracı, gidiş ve dönüş olmak üzere aynı rotayı iki defa katedecektir. Bunu yaparken öğrencilerin serviste kalma süresini ve taşıma maliyetini minimum kılmak temel amaç olacaktır.

-Çöp toplama araçlarının rotalanmasında da rotalama problemi etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Çöp arabaları bir şehir içerisinde oluşturulan rotadaki her cadde üzerinde hareket edebilecek şekilde tahsis edilirler.

-Araç rotalama problemlerinin bir diğer uygulama alanı paket dağıtımında görülmektedir. Bunun en güzel örneğini; şehir içi ve şehir dışı kargolar oluşturmaktadırlar. Dağıtımda gidilecek mesafeyi ve taşıma maliyetini minimum kılmak amaçlanacaktır.

-Bir başka uygulama alanı toplu yiyecek ve içecek dağıtan araçların izleyeceği rotanın belirlenmesinde karşımıza çıkmaktadır. Birden fazla işyerine öğle yemeği

⁵⁵Bayzan Şahin, Meriç Çetin, Alper Uğur, Araç Rotalama Probleminde Araç Rotalarının Tespitinde En Kısa Yol Yaklaşımı: Denizli Örneği, "çevrimiçi", <http://ab.org.tr/ab06/bildiri/152.pdf>, 25.11.2010.

⁵⁶Cumhur Alper Geloğulları, "An Exact Algorithm For The Vehicle Routing Problem With Backhauls", Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2001, s.9-10.

dağıtacak olan bir aracın veya marketlere içecek dağıtan araçların takip edeceği rotaların belirlenmesinde araç rotalama problemleri kullanılabilir.

-Araç rotalama problemleri birçok fabrikada kullanılan otomatik güdümlü araçların (Automated Guided Vehicles/AGV's), üretim istasyonları arasında etkin bir şekilde hareket etmelerini sağlamak amacıyla da kullanılabilir.

Araç rotalama problemlerinin sonuçları bir maliyet değerlendirme aracı olarak stratejik amaçlarla kullanılabilir. Böyle bir çalışma için ilk önce müşteri talepleri ile ilgili önceden planlanmış bilgiler, maliyet bilgileri ve dağıtım işlemleri ile ilgili bilgiler elde edilir. Sonra bu bilgilere dayanarak senaryolar üretilip değerlendirilir. Böyle bir çalışmada kullanılacak bilgiler şöyle sıralanabilir:⁵⁷

-Deponun konumu: Yeni depo veya mevcut depoları da içeren bir depo kümesi için alternatif olabilecek konumlar değerlendirilir.

-Araç Filosunun Büyüklüğü ve Karması: Belirli bir depodan dağıtım yapacak araç filosunun ve bu filoyu oluşturan araçların büyüklükleri değerlendirilir.

-Değişik Fiyatlandırma: Talebi az ve uzakta olan müşteri bölgeleri için bağımsız yerel bir dağıtıcı kullanılabilir veya yapılacak ek hizmet karşılığında daha yüksek ücret talep edilebilir.

Araç rotalama problemlerinin çözümünde karşılaşılan çeşitli zorluklar mevcuttur. Bunlar şöyle açıklanabilir;⁵⁸

-Müşterilerin çalışma zamanı dilimleri: Müşterilerin gün içinde dağıtımları kabul edebilecekleri zaman dilimleridir (Bu durum zaman pencereli araç rotalama problemleri için geçerlidir). Eğer araç müşterinin belirlemiş olduğu süreden önce

⁵⁷ C.F.H. Vanrijin, *Logistics:Where Ends Have To Meet*,Pergamon Press,1988,s.42-43

⁵⁸ A.e.

gelirse müşteri talep merkezinde beklemek zorunda kalacaktır. Bu da merkez depo için bir maliyet yaratacaktır.

-Karma dağıtım veya toplama: Birçok durumda aynı araçlar hem malların dağıtımında hem de boş şişe, boş kasa v.b. malların depoya geri getirilmesinde kullanılabilir.

-Çoklu mal taşınması: Aynı araç ile birden fazla çeşit mal taşınacaksa bu malların genellikle farklı bölmelerde taşınması gerekir. Yani özel tip araçlara gereksinim duyulabilir.

-Müşteri-arac uyumsuzluğu: Bazı müşteriler giriş veya sınırlamalar gibi nedenlerle merkezden özel tip araç talep edebilirler.

-Araç-mal uyumsuzluğu: Bazı araçlar belirli tip malların taşınmasına uygun olmayabilir. Örneğin, sıvı nitelikteki malları üstü açık araçlarla taşımak mümkün değildir.

-Bir kaç günlük dağıtım/bir günde birkaç dağıtım: Araçların izleyeceği rotaların bir kısmında dağıtım birkaç gün sürebilir ve ya bir araç bir gün içerisinde aynı rota üzerinde birden fazla tur yapabilir.

-Malların uyumsuzluğu: Bazı malların bir arada taşınması malların cinsine göre lekeleme, birbirine karışma gibi sorunların meydana gelmesine neden olabilir.

2.4.ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

Araç rotalama problemleri için yöneylem araştırmacıları çeşitli yaklaşımlar ortaya koymuşlardır. Bunlar optimal (kesin) ve bulgusal(sezgisel) yaklaşımlar olarak adlandırılmışlardır. Araç rotalama NP-zor problem sınıfına dâhil olduğundan çözüme kesin yöntemlerle polinomial zaman içerisinde ulaşmak büyük (çok değişkene sahip) problemlerde oldukça zor ve hatta bazen imkânsız olmaktadır. NP, belirsiz Turing Makinesi ile çokterimli (polinomsal) zamanda çözülebilen karar problemlerini içeren karmaşıklık sınıfıdır.Turing makinesi, Karmaşık matematiksel hesapların belirli bir düzenek tarafından yapılmasını sağlayan hesap makinesidir. Karmaşık hesapların belirli bir düzenek tarafından yapıp yapılamayacağı 20.yy'ın başlarında

büyük bir tartışma konusu olmuştur. Öteden beri el ile veya zihinden yapılan hesaplamalar çok zaman almakla birlikte, birçok hatayı da beraberinde getiriyordu. Tüm bu tartışmalar sürerken, 1936 yılında, ünlü matematikçi Alan M. Turing "Saptama Problemi Hakkında Bir Uygulamayla Birlikte Hesaplanabilir Sayılar" (İngilizce On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem) isimli bir makalesini yayınlamıştır. Makalesinde teorik ve matematiksel temellere dayalı sanal bir makineden bahseden Turing, her türlü matematiksel hesabın bu sanal makineyle yapılabileceğini iddia etmiştir. Turing'in 1950 yılında yayınlanan "Hesaplama Mekanizması ve Zekâ" (İngilizce Computing Machinery and Intelligence) isimli ikinci makalesi ise, makineler ve zekâyla ilgili birçok tartışmalı konuya cevap niteliğindedir. İşte bu makalelerde sözü geçen sanal makine daha sonraları Turing Makinesi (İngilizce *The Turing Machine*) olarak isimlendirilmiştir. En az herbir NP problem kadar zor olan problemlerin bulunduğu sınıfa NP-Zor (NP-hard) denir.

Problemin kısıtları arttıkça problem daha da karmaşık hale gelmekte ve optimum sonuca ulaşmak daha da zorlaşmaktadır. Bu nedenle araç rotalama problemlerinin çözümünde genellikle optimuma yakın değerler veren ve kısa sürede çözümü sağlayan bulgusal yöntemler kullanılmaktadır. Araç rotalama problemlerinin gelişimine bakıldığında bu problemin çözümlerinin gezgin satıcı probleminden yola çıkarak oluşturulduğu görülmektedir. Araç rotalama problemleri 1950'li yıllardan beri önemli bir araştırma konusu olmuştur ve araştırmacılar tarafından çeşitli çözüm yöntemleri kullanılarak modellenmiştir. Fakat oluşturulan modellerin önemli bir kısmı çeşitli bulgusal yaklaşımlardan oluşmaktadır. Bu çözüm yöntemleri temel olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar optimal yaklaşımlar ve bulgusal yaklaşımlar olarak adlandırılırlar. Optimal yaklaşımlarda tüm olasılıklar göz önüne alınarak ve bazı özel çözüm yaklaşımları kullanılarak çözüme ulaşmak istenir. Bu yöntemler ile optimum sonuçlar bulunmaktadır ancak özellikle büyük problemlerde problem çözüm zamanı oldukça uzun olabilmektedir. Bulgusal yaklaşımlarda ise hedef optimum çözüm değil optimuma yakın kabul edilebilir bir çözümdür. Hedefin bu şekilde olmasının amacı hesaplama zamanını azaltmaktır.⁵⁹

⁵⁹Katta G. Murty, Philipp A. Djang, "The US Army National Guard's Mobile Training Simulators Location And Routing Problem", *Operations Research*, Volume:47, Number:2, 1999, s.179.

1960'lı ve 1970'li yıllarda, araç rotalama problemlerinin çözümü için, rota oluşturma, rota geliştirme ve iki aşamalı bulgusal yaklaşımlar üzerinde yoğunlaşmıştır. 1980'li yıllarda, matematiksel programlama tabanlı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar daha fazla hesaplama gücüne gereksinim duymakla beraber, yüksek kalitede çözümler üretmişlerdir. Bu 30 yıllık dönemin sonunda, yaklaşık 50 müşteriye kadar olan bazı problemler optimal olarak çözülebilmektedir. 1990'lı yıllarda, araştırmaların odağı modern bulgusal yaklaşımlara (buluşsallara) kaymıştır.⁶⁰ Tablo 1'de araç rotalama problemleri için seneler boyunca olan gelişmeler kısaca açıklanmaktadır.⁶¹ Marshall Fisher ise daha farklı bir sınıflama yaratarak araç rotalama problemleri için çözüm yaklaşımlarını üç kuşağa ayırmaktadır. Birinci kuşak, 1960 ve 1970'li yıllar arasında yerel arama tabanlı basit bulgusal yaklaşımlardır. İkinci kuşak, matematiksel programlama tabanlı bulgusal yaklaşımlardır. Genelleştirilmiş atama problemini ve küme ayrıştırma yöntemini içerirler. Bu yöntemlerle bulunan çözümler, basit bulgusal yaklaşımlara bulunanlara göre daha iyidir. Üçüncü kuşak ise, tam optimizasyon algoritmalarını ve yapay zeka yöntemlerini içermektedir. Optimal yaklaşımlardan en iyi sonuç verenler, K-ağaç ve Lagrangian yaklaşımıdır. Yapay zeka yöntemleri arasında ise, tavlama benzetimi, yasaklı arama (tabu arama algoritması) ve genetik algoritmalar sayılmaktadır.⁶² Bu çalışmada araç rotalama problemlerinin çözümü için önerilen yöntemler optimal ve bulgusal yaklaşımlar başlıkları altında verilmiştir.

⁶⁰ Çağatan Taşkın, Gül Gökay Emel, *Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler*, Bursa, Alfa Akademi, 2009, s.110.

⁶¹ Teodan G. Crainic, Gilbert Laporte, *Fleet Management And Logistics*, Kluwer Academic Publishers, USA, 1998, s.33-34.

⁶² Keah Choon Tan, L.H. Lee, Q.L. Zhu, K. Ou, "Heuristic Methods For Vehicle Routing Problems With Time Windows", *Artificial Intelligence in Engineering*, Vol:15, Issue:3, 2001, s.285.

Tablo 2.1 : Araç Rotalama Çözüm Yöntemlerinin tarihi gelişimi⁶³

Yıllar	Gelişmeler
1950'ler	Araç rotalama problemi bir tamsayı program olarak formül edilmiştir. Küçük çaplı bazı problemler (10-20 müşteri) çözülmüştür.
1960'lar	Tur oluşturma yaklaşımı (ör:Clarke ve Wright,1964)ortaya atılmıştır. 2-opt ve 3-opt tur geliştirme yöntemleri probleme uygulanmıştır.(Christofides ve Ellan,1969) 30 ile 100 arası müşterilere sahip bazı problemler çözülmüştür.
1970'ler	Birkaç 2-aşamalı yaklaşım önerilmiştir. (Gillett ve Miller,1974) Hesaplama etkinliği önemli bir olay haline gelmiştir. (Golden,Magnanti ve Nguyen) Büyük ölçekli bazı problemler çözülmüştür (100-1000 arası müşterileri olan). 25-30 arası müşterilerle bazı problemler, optimal yöntemler kullanılarak çözülebilmektedir.
1980'ler	Matematiksel programlama-tabanlı prosedürler önerilmiştir (Fisher ve Saikumar,1981). Bazı problemler optimal olarak 50 müşteriye kadar çözülebilmektedir.
1990'lar	Araç rotalama problemlerinin çözümü için buluşsallar yoğun olarak kullanılmaktadır. 50-100 müşteri arası bazı problemler optimal olarak çözülebilmektedir.(Fisher,1995)

Maimon ve Gershwin (1988)'de çalışmalarında, çizelgelemeden önce rotalamanın önemini vurgulamışlardır ve Kimemia ve Gershwin (1983)'in çalışmalarını genişleterek, gerçek zamanlı çizelgeleme ve gerçek zamanlı rota hesabını eklemişlerdir. Chen ve Chung (1991) yaptığı çalışmalarında, yükleme ve rotalamanın bölünebilir iki problem gibi olduğu, bu iki kararın birbiriyle yakın ilişkide bulunduğunu ileri sürmüşlerdir. Bastos (1988),kümeleme ve rotalama arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Kümeleme, rotalama, dağıtım ve sıralama olmak üzere dört

⁶³Teodar G. Crainic, Gilbert Laporte, **Fleet Management And Logistics**,Kluwer Academic Publishers,USA,1998,s.215.

işlemsel planlama fonksiyonu tanımlanmıştır. Rotalama ve kümeleme problemlerini detaylı olarak incelemiştir. İmalat sistemleri için etkin işlemin, rotalama sonuçlarına bağlı olduğuna karar vermiştir.⁶⁴

Araç rotalama problemleri karma tamsayılı modellerle ifade edilmektedir. Ancak günümüzde tamsayılı modelleri, doğrusal programlamada kullanılan simpleks yöntemi gibi verimli çözebilecek yöntemler mevcut değildir. Çözüm için genellikle şu yöntemler kullanılır. Bu yöntemlere optimal yaklaşımlar ya da kesin yöntemler denilmektedir.

-Dal-Sınır

-Kesim Düzlemi

-Dal-Kesim

Bu teknikler genel olarak karma tamsayılı veya tamsayılı modeller için kullanılabilecekleri gibi, özel düzlemlerle araç rotalama problemleri için daha etkin hala getirilebilir. Bu yöntemler kısaca şöyle açıklanabilir:⁶⁵

-Dal-Sınır Yöntemi: Bu yöntem, sayılamaya varmayacak şekilde tamsayı düğümlerinde alt ve üst sınırlar kullanılarak çözüm kümesini tarayan bir yöntemdir. Herhangi bir iterasyonda, bulunan düğümün alt ve üst sınırlarına bakılarak o düğümden dallanma yapılıp yapılamayacağına karar verilir. Problemler, dallanma yapmak üzere alt-problemlere ayrılırlar. Herhangi bir alt problemde, alt sınır bulmak için lineer programlama gevşetmesi çözülür. Lineer programlama gevşetmesi, değişkenler üzerindeki tamsayılı kısıtların kaldırılması ile elde edilmektedir. Üst sınır, problemde o ana kadar elde edilmiş en iyi çözümdür. Eğer düğümden elde edilen değer üst sınırdan daha iyi ise üst sınır değeri güncellenir. Üst sınır güncellendiğinde, alt sınırı üst sınıra eşit veya daha büyük olan alt-problemler dallanma kümesinden iptal edilir ve dallanma yapılmaz. Diğer alt-problemler için dallanma yapılarak elde edilen yeni düğümler dallanma kümesine eklenir. Dal-sınır algoritmasının tasarımında önemli bir nokta da dallandırmayı daha etkin sağlayacak uygun gevşetme yöntemlerinin seçimidir. Held ve Karp 1-ağaç gevşetmesini ve

⁶⁴ Serpil Erol, Ediz Atmaca, "Esnek Üretim Sistemlerinde Yükleme ve Rotalama Problemleri ile ilgili Literatür Araştırması", *Süleyman Demirel Üniversitesi Dergisi*, Cilt:7, Sayı:2, 2002, s.303.

⁶⁵ Paolo Toth, Daniele Vigo, "Models, Relaxations And Exact Approaches For The Capacitated Vehicle Routing Problem", *Discrete Applied Mathematics*, Vol:123, Issue:1-3, 2002, s.455.

Miller ve arkadaşları 2-eşleşme gevşetmesini kullanmışlardır. Bunların dışında n-yol, atama ve doğrusal programlama gevşetmeleri de mevcuttur.⁶⁶

-Kesim Düzlemi Yöntemi: Kesen düzlem yönteminde problemin lineer programlama gevşetmesi çözülürken tamsayılı çözüm elde edilmediği sürece probleme her aşamada mevcut gevşetmeyi biraz daha daraltan bir kısıt eklenerek devam edilir. Bunu yapmak için herhangi bir aşamada, Simplex tablosunda çözümdeki değişkenlerin tamsayı olmayanlarının kesirli kısmı en büyük olanına göre yeni bir satır oluşturulur. Kesim düzlemi yöntemi ile büyük kısıt sayısına sahip problemleri optimal olarak çözmeye karşılaşılan problemlerden dolayı, sert bileşi optimizasyon problemlerini çözmek için başka bir algoritmik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntem, Land ve Doig ve Dakin tarafından karışık tamsayılı optimizasyon problemlerinin çözümü için tasarlanmıştır.⁶⁷

-Dal-Kesim Yöntemi: Dal-kesme yöntemi, dal-sınır ve kesme-düzlem yöntemlerinin birleşimi olarak düşünülebilir. Dal-sınır algoritmasının aşamalarında yer alan yerel alt sınırlar kesim düzlemi algoritması ile hesaplanıyorsa, yöntem dal-kesim yöntemi haline dönüşmektedir.⁶⁸ Dallanma aşamasında tek gevşetme çözüleceğine, kesen-düzlem yöntemiyle kesirli çözüm tarafından ihlal edilen eşitsizlikler eklenerek bir dizi gevşetmeler çözülür.

Araç rotalama problemlerinin gerçek hayattaki uygulamaları genellikle zaman penceresi kavramını içermektedir. Bundan dolayı zaman pencereli araç rotalama problemlerinin optimal olarak çözümünde kullanılan yöntemler de bir sınıflamaya tabi tutularak kısaca açıklanmıştır. Literatürde yer alan bazı yazarlar (Marshall L.Fisher ve ark.) araç rotalama probleminin zaman penceresi kısıtı eklenmiş durumlarının optimal olarak çözümünde kullanılan yöntemleri temel olarak dört grupta toplamışlardır.⁶⁹

-Dinamik programlama tabanlı yaklaşımlar

⁶⁶Karla L. Hoffman, "Combinatorial Optimization:Current Successes And Directions For The Future", *Journal Of Computational And Applied Mathematics*, Vol:124, Issue:1-2, 2000, s.348

⁶⁷Micheal Jünger, G. Reinelt, S. Thienel, "Practical Problem Solving with Cutting Plane Algorithms in Combinatorial Optimization", Institut Für Informatik Universität Zu Köln, 1994.

⁶⁸Matteo Fischetti, Juan J.S., Paolo Toth, "A Branch-And-Cut Algorithm For The Symmetric Generalized Traveling Salesman Problem", *Operations Research*, Volume:45, Issue:3, 1997, s.385.

⁶⁹Marshall L. Fisher, Kurt O.Jörnsten, Oli.B.G.Madsen, "Vehicle Routing With Time Windows:Two Optimization Algorithms", *Operations Research*, Vol:45, No:3, 1997, s.490.

-Sütun yaratma tabanlı yaklaşımlar

-Lagrangian tabanlı yaklaşımlar

-K-ağaç tabanlı yaklaşımlar

Bu yaklaşımlardan sütun yaratma tabanlı yaklaşım ve K ağaç tabanlı yaklaşım oldukça iyi sonuçlar veren optimal yaklaşımlardır. Sütun yaratma tabanlı yaklaşımda problem, küme kapsama problemi olarak bilinen büyük ölçekli doğrusal tamsayı programı olarak rotalama probleminin formüle edilmesinden oluşmaktadır. Oluşturulan matematiksel program boyutu nedeniyle direkt olarak çözülememektedir. Bu zorluğun aşılması amacıyla küme kapsama formülasyonunun doğrusal programlama bölümü, standart bir sütun yaratma yaklaşımı ile çözülmekte ve sonra da tamsayı ve kesirli çözümler arasındaki aralığı kapatmak için dal ve sınır kuralı uygulanmaktadır. K-ağaç yaklaşımı ise, 1-ağaç yaklaşımının genişletilmiş halidir. Bu yaklaşımda her rotanın en azından iki müşteri içerdiği varsayılmaktadır. B problemde, $(n+1)$ istasyondan $(n+k)$ bağlantı ile oluşan gafiği tarayan bir K-ağaç tanımlanmaktadır. Bu araç rotalama probleminde araç kısıtları ve müşteri talepleri kısıtlar kısmında tanımlanır ve problem de amaç fonksiyonu $2K$ dereceli minimum bir K-ağacının bulunması olan bir problem şeklinde modellenir.⁷⁰

ARP, NP (nondeterministic polynomial) karmaşıklığına sahip ve çözülmesi zaman alan bir problemdir. Bu sebeple, farklı alanlarda kullanılabilen ve kesin çözüme ulaşan tek bir ARP yaklaşımı bulunmamaktadır ve problemin çözümü için kullanılan yaklaşımların çoğu sezgisel yaklaşımlardır. Sezgisel yaklaşımlar, probleme kesin bir çözüm bulmamakla beraber yaklaşık sonuç bulurlar.⁷¹ Problemin çözümü için Clark, Fisher, Taillard, Kidervater sezgisel temelli algoritmaları, Rochat, Xu, Tabu arama algoritmalarını, Shaw kısıtlamalı programlamayı, Toth Tanecikli Tabu arama algoritmasını, Gambardella Karınca kolonisi optimizasyonunu kullanmışlardır.

ARP'nin en genel versiyonu Kapasiteli Araç Rotalama Problemidir (KARP). Biçimsel olarak bu problem; merkezi bir depoda teslimat işini gerçekleştiren k tane K kapasiteli V hızına sahip araçların o coğrafi alanda düzgün bir şekilde farklı noktalara dağılmış n tane müşterinin taleplerini en az M maliyetle karşılaması için

⁷⁰Marshall L. Fisher, "Optimal Solution Of Vehicle Routing Problems Using Minimum K-Trees", **Operations Research**, Volume:42, Number:4, 1994, s.626.

⁷¹Bayzan Şahin, Meriç Çetin, Alper Uğur, Araç Rotalama Probleminde Araç Rotalarının Tespitinde En Kısa Yol Yaklaşımı: Denizli Örneği, "çevrimiçi", <http://ab.org.tr/ab06/bildiri/152.pdf>, 25.11.2010.

kullanması gereken en uygun R rotalarının bulunması olarak tanımlanır. Müşteriler arasındaki mesafeler karşılıklı gidiş-geliş şeklinde simetrik olarak varsayılmaktadır. Tüm araçların talepleri karşılamak için kullanılması durumunda k tane rota bulunur. Yolların açık ya da kapalı olması durumu göz önünde bulundurulmak istenirse kapalı olan yolları ifade eden kenarlar pasif duruma getirilerek o anki duruma göre rotalar belirlenebilir. Ayrıca yollar her ne kadar çift yönlü olduğu kabul edilse de tek yönlü olarak da ayarlanabilir. ARP'nin en önemli uzantılarından birisi zaman kısıtlamalı olanıdır. Bu tür kısıtlamalı problemlerde her müşteriye, verilen zaman aralığında servis yapılması şartı vardır. Dolayısıyla servise başlama zamanının, zaman kısıtının başladığı zamana eşit ya da ondan büyük olması gerekir. Ayrıca varış zamanı da zaman kısıtının sona erdiği zamandan küçük olmalıdır. Talep noktasına verilen süreden erken ulaşılması durumunda araç beklemek zorundadır.⁷²

Araç rotalama problemlerinin Np-zor tipi problemler olması değişken sayısı çok büyük olan problemlerde optimal sonuca ulaşma zamanının çok fazla olmasına sebep olmaktadır. Özellikle problemlerin kabul edilebilir zamanda çözülmek istenmesi, etkin işleyen bulgusal yöntemlerini bir gereklilik haline getirmiştir.⁷³ Bulgusal yöntemler literatürde sezgisel yöntemler olarak da geçmektedir. Araç rotalama problemleri için geliştirilmiş bulgusal çözüm yöntemleri klasik ve modern olmak üzere ikiye ayrılabilir. Klasik bulgusal yöntemler konusunda çok çeşitli çalışmalar bulunmakta ve bu çalışmalarla ilgili farklı kaynaklarda farklı sınıflamalara yer verilmektedir. Klasik bulgusal yöntemler aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

-Rota Oluşturma Yöntemleri: Rota oluşturma konusundaki yaklaşımlar kazançlar yerleştirme ve en yakın komşu başlıkları altında incelenmektedir.

-Kazançlar Yöntemi: Bu yöntem, kazanç kriteri kullanılarak mevcut rotaların birleştirilmesine dayanmaktadır.⁷⁴ Kazançlar yöntemine göre oluşturulmuş yaklaşımlarda, çözüm oluşturulurken sondan bir adımı da kapsayan her adımda, mevcut durum alternatif bir durumla karşılaştırılır. Karşılaştırmaya tabi tutulan alternatif durumda en fazla kazancı sağlama veya mevcut yapıda olmayan

⁷² A.e.

⁷³ Golany Avriel, **Mathematical Programming or Industrial Engineers**, Marcel Dekker Inc., New York, 1996, s.581.

⁷⁴ Gilbert Laporte, Micheal Gendreau, Jean-Yves Potvin, Frederic Semet, "Classical And Modern Heuristics for The Vehicle Routing Problem", **International Transactions in Operational Research**, Vol:7, Issue:4-4, 2000, s.285

fakat daha düşük maliyetli bir talebi içermeye özellikleri aranır. Bu prosedür uygun yapıya ulaşılmasıyla sonlanmaktadır. Clarke ve Wright, Golden ve ark. Norback ve Love, Golden ve Wong, Hinson ve Mulherkar bu prosedürlere örnek teşkil edecek çalışmalarda bulunmuşlardır.⁷⁵

Bu çalışmalar arasında en yaygın olarak bilinen Clark ve Wright'ın kazançlar yaklaşımı'dır. Bu yaklaşım araç sayısının çeşitlilik gösterdiği problemlere uygulanabilmekte, hem yönlendirilmiş hem de yönlendirilmemiş problemlerde aynı düzeyde iyi sonuç vermektedir. Kazançlar yaklaşımı, paralel ve sıralı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İki model arasındaki fark ikinci adımdan kaynaklanmaktadır. Paralel modelde ikinci adım en uygun çözüm bileşenin bulunmasını, sıralı modelde ise rota genişletmeyi içermektedir.⁷⁶ Bu yöntemin çözüm adımları aşağıdaki gibidir⁷⁷:

Adım1: Tüm talep yerlerine, merkezden birer araç tahsis edilebileceği varsayılır. Talebin bölünebilir olduğu durumlar için taşınması gereken yük miktarı maksimum kapasiteyi aşarsa yalnızca aşan kısmı dikkate alınır ve yükün tam kısmı için talep yerine bir kamyon tahsis edilir.

Adım2: Talep yerlerinin birbirinden uzaklıkları(d) belirlenerek bir mesafe matrisi oluşturulur.

Adım3: Bu adımda ise mesafeler matrisinden yararlanılarak kazançlar matrisi hazırlanır. Kazançlar matrisindeki en sol sütun, talep yerlerine veya yerlerinden taşınacak yük miktarlarını, bu sütunun hemen yanındaki sütun(Po), merkez ile talep yerleri (P1,...,Pn) arasındaki T0,y, daha sonraki sütunlar ise talep yerlerinin kendi aralarındaki Sy,z ,Ty,z ,dy,z değerlerini içerir. Kazanç değerlerini bulmak için kullanılan formül şu şekildedir.

$$S_{y,z} = d_{0,y} + d_{0,z} - d_{y,z}$$

Adım4: Rotalama işlemlerini yapabilmek için T değerleri kullanılarak kazançlar matrisine yazılır. T değerleri bir talep merkezinin bir rotaya atanıp atanmadığını

⁷⁵A.e.

⁷⁶ A.e.,s.287.

⁷⁷Ronalh H. Ballou, "Business Logistics –A Vital Subject", **Business Logistics Management**, Prentice-Hall,USA,1992,s.215.

belirtir. Oluşturulan kazançlar tablosunda en yüksek kazanç değerini veren hücreye bağlı talep merkezleri (P_y, P_z) bir rota üzerinde birleştirilmeye adaydır. Ancak birleşmenin gerçekleşmesi için aşağıda belirtilen şartların sağlanması gerekmektedir.⁷⁸

-y ve z ya yalnız başına bir nokta ya da bir rotanın depo ile bağlantısı olan bir noktası olmalıdır. Yani " $T_{0,y}=1$ veya 2" ve " $T_{0,z}=1$ veya 2" olmalıdır.

-y ve z talep noktalarının birleştirilmesi ile oluşacak toplam yük, aracın taşıyabileceği maksimum kapasiteyi aşmamalıdır.

-y ve z noktaları daha önceden birleştirilmiş olmamalıdır.

Eğer en yüksek kazanç değerine sahip hücre bu koşulları sağlıyorsa bu hücreden rotalama işlemine başlanılır. Rotalama işlemi şu şekilde yapılır:

- $T_{y,z}$ değeri , y ve z talep merkezlerinin atandığını göstermek için 1'e eşitlenir. $T_{y,z}=1$ olur.

- $T_{0,y}$ ve $T_{0,z}$ değerleri y ve z talep merkezlerinin aynı rotada birleştirildiklerini belirtmek amacıyla birer azaltılır, $T_{0,y}=T_{0,y}-1$ ve $T_{0,z}=T_{0,z}-1$ olur ve kazançlar matrisine yazılır.

-Bu çevrim eklenecek talep merkezi kalmayana kadar devam eder.

-Yerleştirme Yöntemi: Bu yöntemde yerleştirme maliyetleri kullanılarak talep merkezlerine araçlar atanmakta ve rotalar oluşturulmaktadır. Araç rotalama problemleri için iki kabul görmüş yerleştirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki Mole ve Jameson'a aittir(1976) ve her seferde bir rotayı genişleterek çözümü iletirmektedir. İkinci yöntem ise Christofides tarafından ortaya atılmıştır (1979) ve sıralı geliştirme yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemde ise aşamalı ve paralel rota kurma yordamları uygulanmaktadır. Bilgisayar sonuçları göstermektedir ki, bu algoritmalar en iyi yöntemlerle kıyaslanabilecek düzeyde değildir.⁷⁹

⁷⁸G. Clarke, J.W. Wright, "Scheduling Of Vehicles From A Central Depot To A Number Of Delivery Points", *Operations Research*, Vol:12, Issue:4, 1964, s.568-581.

⁷⁹Gilbert Laporte, Micheal Gendreau, Jean-Yves Potvin, Frederic Semet, "Classical And Modern Heuristics For The Vehicle Routing Problem", *International Transactions In Operational Research*, Vol:7, Issue:4-5, 2000, s.286-288.

-En Yakın Komşu Yöntemi: En yakın komşu yöntemi, ekleme yöntemi gibi noktaları birer birer ekleyen bir yöntemdir. Her seferinde son eklenen noktaya en yakın nokta seçilir. En yakın komşu yöntemi de seri ve paralel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Seri en yakın komşu yönteminde, her seferinde bir tek rotaya durak eklenmektedir. Diğer seri yöntemlerde olduğu gibi kapasite kullanımı yüksektir, ancak rota dağılımı yeteri kadar iyi değildir. Paralel en yakın komşu yönteminde ise, her seferinde tek rota yerine birden çok rota oluşturulmaktadır. Eklenecek durak ilgili kriterlere göre mevcut rotalardan birine eklenir.⁸⁰

-İki Aşamalı Yöntemler: İki aşamalı yöntemler, önce kümele-sonra rotala ve önce rotala-sonra kümele yöntemleri olma üzere iki başlık altında incelenmektedir.⁸¹

-Önce Küme-Sonra Rota Yöntemi: Bu yordamlarda öncelikle talep merkezleri gruplara ayrılır daha sonra her küme için minimum maliyetli rotalar oluşturma hedeflenir. Gillett ve Miller, Gillet ve Johnson, Chapleau ve ark. Karp bu fikirden yola çıkarak tek depolu klasik araç rotalama problemleri için çözüm yöntemleri oluşturmuşlardır.⁸² Bu prosedürlerle amaçlanan, kümeler oluşturularak problemin boyutunu küçültmek ve hesaplama süresini azaltmaktır. Bu yaklaşımlara örnek olarak süpürme algoritması ve genelleştirilmiş atama yöntemi gösterilebilir.

Gillet ve Miller'in 1974 yılında geliştirdikleri Süpürge algoritması (Sweep Algorithm), 250 düğüme kadar etkin çözüm sağlamaktadır.⁸³ Çözüm iki aşamada gerçekleşmektedir. Öncelikle düğümler araçlara atanır, sonrasında her aracın atandığı düğüme uğrayacağı şekilde bir sıralama oluşturulur. Her talep merkezi için polar koordinatlar hesaplanmaktadır. Rastsal olarak bir çekirdek düğüm seçilir. Merkez deponun etrafında, merkez depodan çekirdeğe giden hattı süpürme işlemine başlanır. Süpürülen talep noktaları bir rotaya eklenmiş olur. Şekil 2.2. bu prosedürü göstermektedir. Kapasite kısıtlarına göre açılı artırılarak rota ek bir talep noktasıyla genişletilir. Bu talep noktası, bir sonraki rota için çekirdek olacaktır. Rotaları elde ettiğimizde 3-opt bulgusal yaklaşımı gibi algoritmalar çözümün iyileştirilmesi için

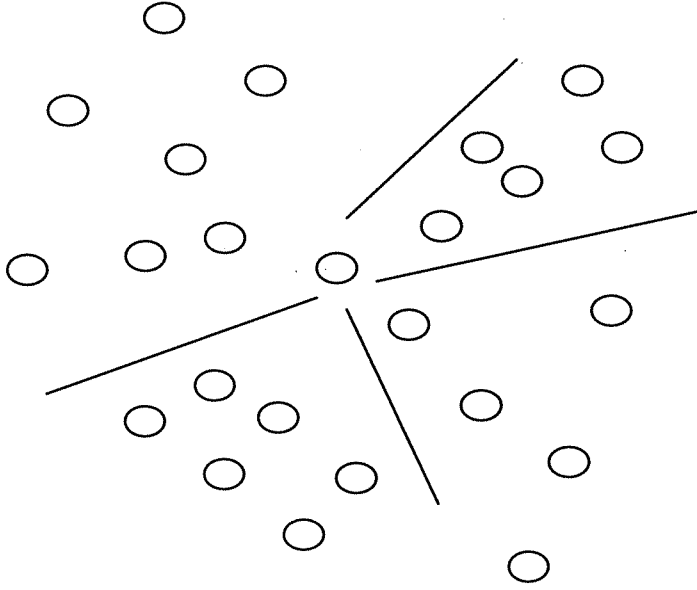
⁸⁰Alex Van Breedam, "A Parametric Analysis Of Heuristic For The Vehicle Routing Problem with Side-Constraints", **European Journal Of Operational Research**, Vol:137, Issue:2, 2002, s.351-352.

⁸¹Çağatan Taşkın, Gül Gökay Emel, **Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler**, Bursa, Alfa Akademi, 2009, s.110.

⁸²Micheal Florian, **Trasnportation Planning Models**, NorthHolland, USA, 1984, s.404.

⁸³B. Gillet, L. Miller, "A Heuristic Algorithm for the Vehicle Dispatching Problem", **Operations Research**, 22, 1974, s.349.

kullanılabilir. Ayrıca çekirdek değiştirilerek daha iyi bir sonuç da elde edilebilir. Bu tip yordamlar içeren ilk çalışmalara Wren tarafından yazılmış bir kitap (1971) ile Wren ve Holiday tarafından oluşturulan bir yazıda (1974) rastlanmıştır. Buna rağmen Süpürme Algoritması, yaygınlaşmasını sağlayan Gillett ve Miller'a (1974) ait sayılmaktadır.⁸⁴



Şekil 2.2: Süpürme Algoritmasının Gösterimi⁸⁵ (Sweep Algorithm)

Genelleştirilmiş atama yönteminde ise araç rotalama problemlerinin birbiriyle ilişkili iki bileşenin birleştirilmesi öngörülmektedir. Bu bileşenlerden ilk aşamada (gruplama) kullanılan genelleştirilmiş atama problemi, ikinci aşamada (rotalama) kullanılan ise gezgin satıcı problemidir.⁸⁶

-Önce Rota-Sonra Küme Yöntemi: Bu yordam öncekinin tersi sırada işlemektedir. Öncelikle bütün talep merkezlerini içeren, genellikle uygun çözüm alanı

⁸⁴ Gilbert Laporte, Micheal Gendreau, Jean-Yves Potvin, Frederic Semet, "Classical And Modern Heuristics For The Vehicle Routing Problem", *International Transactions In Operational Research*, Vol:7, Issue:4-5, 2000, s.288.

⁸⁵ Micheal Florian, *Trasnpotation Planning Models*, NorthHolland, USA, 1984, s.408.

⁸⁶ A.e.

dışında, büyük bir rota veya döngü oluşturulur. Bir sonraki adımda bu rota daha küçük ve uygun çözüm alanını sağlayan rotalara bölünür. Golden ve ark., bu yaklaşımı heterojen filo içeren araç rotalama problemlerine uygun hale getiren bir algoritma oluşturmuştur. Bodin ve Berman ise bu yaklaşımı bir okula hizmet veren servis araçlarının rotalanmasında kullanılmıştır.⁸⁷

-Rota İyileştirme Yöntemleri: Rota iyileştirme yöntemleri herhangi bir algoritma izlenerek oluşturulmuş turların optimal sonuca yakınlaştırılması amacıyla kullanılır. Bu sınıfa giren yordamlardan biri de dal değişim yöntemidir. İyileştirme yaklaşımlarından biri olan dal değişim yaklaşımı Lin ve Kernighan tarafından ortaya atılmış ve daha sonra Christifides, Eilon ve Russel tarafından geliştirilmiştir. Yöntemde uygun çözüm korunarak optimal çözüme ulaşılma amaçlanır. Her adımdaki uygun çözüm kümesi daha düşük toplam maliyetli başka bir çözüm kümesiyle değiştirilir. Bu yordam herhangi bir maliyet azaltması yapılamayacağı duruma kadar devam eder. Bodin ve Sexton, bu yaklaşımı geliştirerek "dial-a-ride" problemlerinde kullanmışlardır. Diğer bir iyileştirme yöntemi de Or-değişim (Or-opt.) tekniğidir. Bu teknikte, i adet nokta zinciri bulundukları yerden rota içindeki bir başka yere taşınırlar. Bu yapılırken 3 adet kenar değiştirilir⁸⁸. Klasik bulgusal yöntemlerin bir başka sınıflandırmasında yer alan Ceza ve M-Tur yaklaşımları şu şekildedir:

Ceza yaklaşımı, Stewart ve Golden tarafından ortaya atılmıştır. Bu yaklaşımda kapasite kısıtları amaç fonksiyonuna taşınmakta ve bir rotadaki talep kapasiteyi aştığında ceza yüklenmektedir. Ceza yükleme çarpan uygulanarak yapılmaktadır.⁸⁹ M-tur Yaklaşımı, Russel tarafından ortaya atılmıştır. Ceza algoritmasına benzerlik gösterdiği noktalar bulunmaktadır. Aralarındaki önemli fark, M-Tur yaklaşımında girdi olarak uygun bir çözüm kümesine ihtiyaç duyulmasıdır. M-Tur Yaklaşımı, genişletilmiş bir network üzerindeki gezgin satıcı turu olarak ifade edilmektedir. Daha sonra toplam maliyeti düşürmek amacıyla geliştirilmiş bir 3-opt. Yordamı veya başka bir geliştirme planı uygulanmaktadır. Karlı sonuç verecek bir

⁸⁷ A.e., s.409.

⁸⁸ Jean Portvin, Rousseau Yves, Marc Jean, "An Exchange Heuristic For Routeing Problems With Time Windows", *Journal Of The Operational Research Society*, Vol:46, No:12, 1995, s.1434

⁸⁹ Micheal Florian, *Trasnpotation Planning Models*, NorthHolland, USA, 1984, s.410.

tarama gerçekleştirilmeden önce uygulugu kontrol edilmelidir. Bu şekilde uygunluk bozulmadan iyileştirme sağlanmış olur.⁹⁰

2.5.MODERN BULGUSAL YAKLAŞIMLAR (METASEZGİSEL YÖNTEMLER)

Araç rotalama probleminin çözümü için geliştirilen modern bulgusal yaklaşımlar; tavlama benzetimi, yasaklı arama, karınca kolonileri ve genetik algoritmalar olarak sayılabilir. Bu yöntemler aşağıda kısaca açıklanmaktadır. Tez uygulamamın çözüm yöntemleri olan genetik algoritması ve yasaklı arama yöntemi (tabu arama algoritması) ise uygulamaları ile birlikte 3. bölümde geniş olarak açıklanmıştır.

-Tabu Arama Yöntemi(Tabu Search): Tabu arama yöntemi, Glover tarafından geliştirilmiş olup, sözlüklerde herhangi bir şeyin dini veya ahlaki sebeplerle yasaklanması olarak tanımlanır. Optimizasyon problemlerinde ise, optimum çözümü elde etmek için kullanılan yasaklar ve kısıtlamaları ifade etmektedir.⁹¹ Tabu arama algoritmasında ilk çözüm x_1 den başlar ve her iterasyon t 'ye hareket eder, x_1 den en iyi komşu x_{t+1} 'e durma kriteri ortaya çıkana kadar hareket devam eder. $F(x)$, x 'in maliyetini gösteriyorsa $f(x+1)$ 'in $f(x_t)$ 'den az olması gerekmez. Döngü oluşmasından kaçınmak için daha önce incelenen iterasyon yasaklıdır. Zaman ve hafıza gereksinimini azaltmak için çözümlerin kendisi yerine yasaklı çözümler kaydedilir. Son on yıldır tabu arama yöntemi araç rotalama problemlerine birçok araştırmacı tarafından uyarlanmıştır. İlk yasaklı arama uygulamalarının bazıları etkileyici sonuçla ortaya koymamıştır. Fakat takip eden uygulamalar daha başarılı sonuçlara ulaşmıştır. Bu uygulamalara örnek olarak Gendreau (1994), Taillard (1993), Kelly (1996) ile Rego ve Rucaill'in çalışmaları gösterilebilir. Bunlara ek olarak Roachat ve Taillard tarafından 1995'te ortaya atılan uyarlanabilir hafıza kavramı yasaklı arama tabanlı herhangi bir algoritmayı geliştirmede kullanılabilecek yararlı ve güçlü bir araçtır.⁹²

⁹⁰ A.e.,s.408.

⁹¹Özgür Değertekin, Mehmet Ülker, " Uzay Çelik Çerçevelerin Tabu Arama ve Genetik Algoritma Yöntemleriyle Optimum Tasarımı", *İmo Teknik Dergi*, 2006 , s.1.

⁹²Micheal Gendreau, Alain Hertz, Gilbert Laporte, "A Tabu Search Heuristic For The Vehicle Routing Problem", *Management Science*, Vol:40, Issue:10, 1994, s.1278-1279.

-Tavlama Benzetimi (Simulated Annealing): Tavlama Benzetimi, karesel optimizasyon problemleri için iyi çözümler veren olasılıklı karar verme yöntemi olarak görülebilir. Kontrol parametresi "sıcaklık"tır ve minimizasyon problemleri için çözümün daha iyi bir çözüme ulaşmasının kabulü olasılığını değerlendirir. "Tavlama Benzetimi" ismi, katıların fiziksel tavlama süreci ile olan benzerlikten ileri gelmektedir.⁹³ Tavlama benzetimi algoritması, birbirlerinden bağımsız olarak, Kirkpatrick, Gelatt ve Vecchi ve Cerny tarafından ortaya konmuştur. Günümüze kadar, bilgisayar tasarımı, görüntü işleme, moleküler fizik ve kimya, çizelgeleme gibi farklı alanlardaki bir çok optimizasyon problemine uygulanmıştır.⁹⁴ Tavlama benzetimi de bir başka türevden bağımsız optimizasyon metodudur. Hem sürekli hem de kesikli optimizasyon problemlerine uygun olduğundan yakın dönemde büyük ilgi görmüştür. Tavlama benzetimi ilk olarak ortaya atıldığında büyük ölçekli birleşik optimizasyon problemlerinde optimal sonuca en yakın sonucun bulunmasındaki etkinliğiyle tanınmıştır. Ayrıca son uygulamalar sürekli optimizasyon problemleri söz konusu olduğunda bu tip optimizasyon yaklaşımlarının diğer yaklaşımlarla rekabet edebileceğini ortaya koymuştur. Tavlama benzetimi yöntemi, metallerin kontrollü bir şekilde soğutulmasını örnek almaktadır. Isının yavaş yavaş düşmesi atomların düzgün bir yapı oluşturmaya fırsat vermekte ve ortaya yüksek yoğunlukta, düşük enerjili bir madde çıkarmaktadır. Tavlama benzetimi yönteminde, değerini minimuma indirmek istediğimiz fonksiyon termodinamik sistemdeki enerjiye benzetilmektedir.⁹⁵

-Karınca Kolonileri (Ant Algorithm): Endüstriyel problemlerin çözümünde kullanılan sezgisel yöntemlerin belirlenmesinde doğal süreçlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Çünkü çok sayıda basit bireyden oluşan bu sistemler, bir bütün olarak çok karmaşık bir yapı sergilemektedirler.⁹⁶ Karıncalar salgıladıkları 'pheromone' maddesini kullanarak bir yiyecek kaynağına giden en kısa yolu kendi

⁹³Orhan Yiğit, Vecihi Türkbey, "Tesis Yerleşim Problemlerine Sezgisel Metotlarla Yaklaşım", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:18, No:4, 2003.

⁹⁴Colin Reeves, *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*, John Wiley & Sons, New York, A.B.D., 1993.

⁹⁵J.S.R. Jang, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A computational Approach To Learning And Machine Intelligence*, Prentice Hall, USA, 1997, s.181.

⁹⁶Kemal Alaykır, E.O., "Karınca Kolonileri Sezgiseli ve Gezgin Satıcı Problemleri Üzerinde Bir Uygulama", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt :20, No:1, 2005.

kendilerine bulabilme özelliğine sahiptirler. Bu özellikleri sayesinde karmaşık bir optimizasyon problemiyle benzerlik gösteren yol bulma problemlerini çözmektedirler. Aynı zamanda kullandıkları bir yol kullanıma kapandığında veya daha kestirme bir yol alternatifi ortaya çıktığında yeni en kısa yolu hemen bulabilmektedirler. Doğadaki bu yapının farkedilmesiyle karınca kolonileri gözlemlenmiş ve optimizasyon problemlerinin çözümlerine yönelik bazı yapay sistemler oluşturulmuştur.⁹⁷

-Genetik Algoritmalar (Genetic Algorithm): Genetik algoritma (GA) rastlantısal arama tekniklerini kullanarak çözüm bulmaya çalışan, parametre kodlama esasına dayanan sezgisel bir arama tekniğidir.⁹⁸ Çözüm uzayında sıralı arama yapan tavlama benzetimi ve yasaklı arama yöntemlerinin tersine, genetik algoritmalar çözümlerden oluşan popülasyonlar ile çalışırlar ve "en iyinin yaşaması" prensibi ile arama yaparlar. Genetik algoritmaların diğer bir özelliği de türevden bağımsız arama ve optimizasyon yöntemleri olmalarıdır. Bu metodlar doğal seçim ve gelişme aşamalarını temel alır. Darwin'in "en iyi olan yaşar" prensibine dayalı olarak bir popülasyonu oluşturan bireylerin rekabet etmelerini ve rekabet sonucu elenmelerini sağlayan evrimsel süreci simüle eden Genetik Algoritmalar ilk olarak 1975 yılında Michigan Üniversitesinde John Holland tarafından ortaya atılmış ve araştırılmıştır.⁹⁹ Genel amaçlı bir optimizasyon aracı olan genetik algoritmalar akademik çalışmaların dışında da önemli uygulama alanlarında kendilerine yer bulmuştur. Bu kadar popüler olmaları fonksiyonel türevlerden bağımsız olmalarına bağlanmaktadır. Genetik algoritmaların özellikleri şöyle sıralanabilir:¹⁰⁰

-Paralel işlem gören makinelerin hızını arttırmak için kullanılan paralel arama yordamlarıdır.

-Hem sürekli hem de birleşti optimizasyon problemlerine uygulanabilmektedir.

-Yerel minimuma takılma ihtimali daha düşüktür

⁹⁷M Dorigo, V. Maniezzo, A. Colomi, Some Applications Of Distributed Intelligence-Ant Algorithms, "çevrimiçi", <http://www.ifi.unizh.ch/ailab/teaching/AL02/chap4.doc>, 03 Şubat 2011.

⁹⁸D.E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.

⁹⁹J.H. Holland, **Adaption In Natural and Artificial Systems**, Cambridge: MIT Press, 1975.

¹⁰⁰Emile Aarts, Jan Karel Lenstra, **Local Search In Combinatorial Optimization**, John Wiley & Sons, England, 1997, s.324.

-Sinir sistemleri gibi karmaşık modellerde genetik algoritmalar hem yapı hem de parametre tanımlamasını kolaylaştırmaktadır.

2.6.LOJİSTİKTE DIŞ KAYNAK KULLANIMI VE TARAFLAR

Küreselleşme süreci ile birlikte gelişen koşullar tüm lojistikçileri hizmetlerinde kaliteyi yükseltmeye ama bunun yanında daha ucuz ve daha çabuk çözümler üretmeye zorlamıştır. Farklı alanlarda birbirinden farklı sorumluluklar üstlenen lojistikçiler için, dış kaynak kullanımı önemli çözümlerden biri olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde her alanda üstünlük sağlayabilmek mümkün değildir. İşletmeler ve kurumlar, herhangi bir alanda işlevini istenilen seviye ve şartlarda yerine getiremiyorsa, bu işlevi çok iyi gerçekleştirebilen başka bir hizmet sunucuya veya üreticiye yaptırabilir. Lojistikte dış kaynak kullanımı, işletmelerin giderek kendilerine rekabet avantajı sağlayan yeteneklerine dayalı işleri yapmak istemeleri, buna karşın, öz yeteneklerini kullanılmadığı işleri, başka işletmelerden alma eğilimleri sonucu oluşmuştur. ¹⁰¹ Jim Davidson bir yazısında lojistik dış kaynak kullanımının önemini şu sözlerle dile getirmektedir. ¹⁰²

"Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi terimlerini basite indirgeyen ve Tedarik Zinciri Yönetimi alanında yönetici olmayanlar; nakliye ücretleri konusuna pek odaklanmamakta ve bu konuda pazarlığa girmemektedir. Gerçekte, çok az sayıdaki üretici, nakliye şirketleri ile ucuz fiyatlara anlaşarak rakipleri karşısında avantaj sağlamaktadır. Eğer şirketinizin iş stratejisi net ise, gerçek kazancınız, fiyatları belirleyecek pazarlık hizmetinize bağlıdır. Sevkiyat zincirini sağlamak için nakliye tedarikçileriyle çalışmak ya da yükleme miktarını ayarlamak, dağıtımçıların hizmet saatleriyle uyumlu yükleme veya dağıtım planlamaları yapmak pazarlık sonucu elde ettiğinizden çok daha fazla kârı size geri getirecektir. Fiyat düşürme ve Tedarik Zinciri Yönetimi konusunda göstereceğiniz duyarlılık, zaman kazanmanızı ve maliyetleri düşürmenizi sağlayabilir, bu da pazarda ciddi kazançlar elde etme kapasitenizi arttıracaktır."

Değişimlere uyum sağlayabilmek, dalgalanmalardan daha az etkilenmek, güncel ve en son teknolojilerden, bilgi birikiminden hızla yararlanabilmek amacıyla dış kaynak

¹⁰¹ Ulaştırma Hizmetleri Lojistik Yönetimi, "çevrimiçi", http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/840UH0012.pdf, 24Ağustos2010.

¹⁰² J. Davidson, CEO'nun Rekabet Avantajı: Tedarik Zinciri - Supply Chain: A CEO's Competitive Advantage, LQ Ideas for Leadership in Logistics, "çevrimiçi", http://www.ceoyazilim.com/izmir_web_tasarim.php?sayfa_id=904&kategori_id=902&id=43&k_id=936&lng=1, 10Ekim2010.

kullanımı (outsourcing) yöntemi artık tüm lojistikçiler tarafından yaygın olarak uygulanmaktadır.¹⁰³

2.6.1.DIŞ KAYNAK KULLANIMININ YARARLARI VE SORUNLARI

Lojistik sektörün profesyonelleşmesinin sembollerinden biri olan dış kaynak kullanımının birçok olumlu yönü olduğu kadar olumsuz yönleri de bulunmaktadır.¹⁰⁴ Dış kaynak kullanımı yapılacak alanların seçiminde aşağıda belirtilen fayda ve mahsurların çok detaylı biçimde değerlendirilmesi önem taşımaktadır.¹⁰⁵ Dış kaynak kullanımının sağladığı yararlar ise şu şekilde anlatılabilir.

- Ana işe odaklanmak, küreselleşme sürecinde yaşanan değişim, lojistik zincirini daha karmaşık hâle getirmiştir. Rekabet edebilme adına tüm imkânların yabancı kaynaklarda "core competency" olarak ifade edilen esas işe yönltilmemesi hâlinde pazar koşulları gereği rekabet yarışının gerisinde kalınması kaçınılmazdır. Sadece üretim sektöründe değil diğer sektörlerde de ana işe odaklanılamaması önemli sıkıntıları da beraberinde getirmektedir.¹⁰⁶ Önemli miktarlarda teslimat yapan bir deponun kullandığı forklift araçlarını kiralama yoluna gitmesi, depo personelinin bu parçaların bakım onarımı için depolama konusundan farklı bakım konusunda yetişmiş personeli istihdam etme zorunluluğundan kurtarmaktadır. Lojistik sektöründe dış kaynak kullanımı ile arzu edilen hizmet seviyesi yeterli olmakta, tüm sorumluluk dış kaynak kullanımı şirketine devredilmektedir. Hizmet alan firma zamanını ve kaynaklarını ana yetkinliğine yönelik daha verimli olarak kullanabilmektedir.¹⁰⁷ İlk maliyetlerin düşürülmesi: Elleçleme ekipmanın temini, otomasyon sistemlerinin kurulması, ağır tonajlı çok

¹⁰³M.Hakan Keskin, *Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi: Geçmişi, Değişimi, Bugünü,Geleceği*, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 2006s.71.

¹⁰⁴Hüseyin Çakırlar, *İşletmelerin Lojistik Faaliyetlerinde Dış Kaynak Kullanımı: Trakya Bölgesinde Faaliyet Gösteren İşletmeler Üzerinde Bir İnceleme, "çevrimiçi"*, <http://www.193.255.140.18/Tez/0075347/METIN.pdf>.08Aralık2010.s.62.

¹⁰⁵ M.Hakan Keskin, *Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi: Geçmişi, Değişimi, Bugünü,Geleceği*, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 2006.

¹⁰⁶ A.e.

¹⁰⁷Cengiz Önder, "Lojistik Sektörü ve Kargo Şirketlerinde Finansal Raporlama" Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007,s.33.

pahalı taşıyıcılar, teknik personel temini gibi çok farklı ve geniş yelpazede çeşitlendirilebilecek lojistik alt yapının oluşturulmasının maliyeti çok yüksektir. Ölçek büyüdükçe görece olarak daha az artan ilk maliyetin bu özelliğinden dış kaynak kullanımı hizmeti veren işletmeler faydalanmakta bu avantajlarını dış kaynak kullanan işletmelere yansıtabilmektedirler.

- İşletme maliyetin azaltılması ve sabitlenmesi: Dış kaynak hizmeti sunan kurumlar müşterilerinin herhangi birinin tek başına sahip olduğundan çok daha büyük bir ölçeğe sahiptirler.¹⁰⁸Örneğin, sabah ve akşam olmak üzere günde iki defa yapılacak personel taşıması için araç satın almak bu araçların işletme maliyetine katlanmak yerine, dış kaynak kullanımına giderek, personel taşıma maliyetlerinde önemli ölçüde tasarrufa gidilebilmektedir. Araçlarını dış kaynak kullanımına tahsis eden işletme ise artan zamanda araçlarını başka alanlarda kullanarak maliyet konusunda dış kaynak kullanarak önemli avantajlar yaratabilir.

- Öngörülebilir maliyetler: Her ne sebeple olursa olsun hizmet maliyetlerinde günün koşullarına göre önemli değişimler yaşanabilmektedir. Kaynak planlamasının çok büyük önem taşıdığı günümüzde, dış kaynak hizmeti sunan kurumlarla yapılan belli süreli sözleşmelerde tespit edilen giderlerin sabit olması çok önemli avantajlar sağlamakta işletmeleri ve kurumları ek kaynak tahsisi gerektirebilecek sürprizlerden korumaktadır.

- Hizmet standartları: Dış kaynak hizmeti sunan kurumlarla yapılan sözleşmelerde verilecek hizmetin asgari ve azami limitleri net olarak ifade edildiğinden dış kaynak kullanan şirketler alacakları hizmetin seviyesi ile sıkıntı yaşamayacakları güvencesi içindedirler.¹⁰⁹

- Çalışma koşulları: İşten ayrılma, hastalık, izin gibi insan kaynağı ile direkt ilintili konularda dış kaynak kullanımı çok önemli avantajlar sağlar. İş güvenliği işçi sağlığı gibi işletme ve kurumları yasal yönden sorumlu kılacak birçok konuda sorumluluk dış kaynak hizmeti sunan kurumlarla devredilmektedir.

¹⁰⁸ A.e.

¹⁰⁹ A.e.

- Teknoloji risklerinin azalması: İşletme ve kurumlar uygun olmayan veya çağ gerisinde kalmış teknolojilerin kullanılmak zorunda kalınması gibi hâllerde yaşanabilecek sorunların sonuçlarını dış kaynak hizmeti veren kurumlarla yüklemektedirler.

Gerçekte lojistik hizmetlerini alanında uzman, profesyonel bir şirkete devrederken yani bir bakıma taşeronlaştırken, birçok görünmeyen risk söz konusudur. Dışkaynak kullanımında yaşanan görünen ve görünmeyen sorunlar ise şu şekilde maddelenebilir.¹¹⁰

-Sözleşme hükümlerinin yerine getirilmemesi: Hizmet verecek işletmenin sözleşme hükümlerini, çeşitli nedenlerden dolayı yerine getirememesi riski mevcuttur. Alternatif seçeneklerin uygulamaya konulamayacağı veya telafi edilemeyecek durumlarda hizmet alan işletme ve kurumlar çok güç durumda kalabilir.¹¹¹

-Stratejik Risk: Kendi lojistik operasyonları ile rekabet avantajı elde eden bir firma, lojistik operasyonlarını üçüncü firmalara yaptırdığı takdirde bu avantajı yitirebilir. Lojistik hizmet sağlayıcı, ilk yatırım maliyetini kapatmak için aynı hizmeti imalatçı firmanın rakibine de sağlayabilir.

-Ticari Risk: Lojistik hizmet alan işletmenin imajı kaçınılmaz olarak üçüncü parti firması ile ilişkilendirilir. Üçüncü parti lojistik firmasının profesyonellik ve kalite düzeyi çoğu zaman müşteri firmayla aynı kapsam içerisinde değerlendirilir.

-Yönetim Riski: Hizmet kalitesi ve maliyet gibi stratejik faktörler hem müşteri hem de lojistik hizmet sağlayıcı tarafından denetlenebilir şekilde şeffaf olmalıdır.

-İşletme mahremiyeti ve teknoloji hırsızlığı: Dış kaynak kullanımında hizmet veren işletme ile çok yakın işbirliği sözleşme süresi sonrasında veya süresince işletmeler için önemli risk taşır. Uzun vadeli işbirliklerinin işletmelerin stratejik

¹¹⁰Metin Çancı,Murat Erdal, *Lojistik Yönetimi*, UTİKAD Yayınları, İstanbul, 2003.s.34-35.

hedefleri için tehlikeli olduğu bu yüzden çoğu işletmenin bu tür hizmetler için yaptıkları kontratlarda bir yıllık süreyi aşmadıkları gözlemlenir. Askerî birliklere, siyasi kurumlara yemek pişirme, personel taşıma gibi lojistik hizmetleri veren işletmeler için dış kaynak kullanımının güvenlik boyutunun öne çıkması doğaldır. Bu tip işletme veya kurumlarda "güvenliğin risk edilmesi boyutu" çok iyi değerlendirilmeden dış kaynak kullanımına gidilmesi sonradan telafi edilemeyecek sorunlar yaratabilir.

- Dış kaynak hizmeti veren kurum üzerinde etkiyi kaybetme: Uzun süreli olarak bir firmaya bağlanması hâlinde, dış kaynak kullanımında oluşabilecek alternatiflerin gerektiği gibi değerlendirilememesi söz konusu olabilir. Dış kaynak kullanımında hizmet veren işletmenin belli bir süre sonra tek alternatif olarak kalması kurum ve işletmeler için gerek fiyat pazarlığında gerekse piyasada tutunabilme adına önemli bir risktir.

-Çalışma huzurunun bozulabilme tehlikesi: Önceleri işletme veya kurumların kendi kadrolu personeli tarafından yapılan faaliyetler için dış kaynak kullanımına gidilmesi, bu faaliyetler için istihdam edilen personeli işinden olması, daha değişik bir sorumluluk alması veya bulunduğu il dışında bir bölgeye atama görmesi gibi değişikliklere neden olabilir. Etkilenecek personel sayısının artması ile daha da fazla olabileceği değerlendirilen bu etki dış kaynak kullanımının olumsuzlukları arasında sayılabilir.

Önceleri lojistikte ancak faaliyeti talep eden ve bu faaliyeti ona sunan iki taraftan bahsetmek mümkündü. Zamanla üçüncü ve dördüncü parti olarak adlandırılan iki yeni tarafın sektörde kendini göstermesi ile yeni açılımlar yaşandı. Böylece stratejik olarak ifade edilebilen işbirliği ile çok karmaşık zincirleme bir model ortaya çıktı. Bu işbirliklerinin teknolojik, ticari ve etik anlamda sorunları da beraberinde getirdiği görüldü. Üç farklı dış kaynak kullanımından bahsedilebilir:¹¹²

- Üretimde dış kaynak kullanımı,
- Katma değer yaratıcı lojistik,
- Ulaştırma, depolama ve dağıtımda dış kaynak kullanımı.

¹¹¹ A.e.

¹¹² Lojistik Yönetimi, "çevrimiçi", http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/840UH0012.pdf, 08 Kasım 2010.

Dış kaynak kullanımının ilk örnekleri diğer birçok alanda olduğu gibi askeri alanda olmuştur. Türkiye'de Silahlı Kuvvetler'in yaklaşık 15 yıl önce personel taşıma hizmeti ile başladığı süreç ardından yemek pişirme işini sivil firmalara dışkaynak edilmesi ile devam etmiş bugün çok daha ileri noktalara taşınmıştır. Pazar ekonomisine geçişle birlikte Türkiye'de serbest piyasada önemli rolleri olan yüksek ciro lu işletmeler, önce personel taşıma, çevre temizliği, araç kiralama gibi hizmetlerle başladıkları dış kaynak kullanımını bugün 4pl hizmetleri satın almaya kadar götürmüşlerdir. Otomobil üreten bir firma ürettiği otomobillerde kullandığı binin üzerinde muhtelif parçayı dış kaynak yolu ile temin ederken, beyaz eşya üreten bir firma, Manisa'daki beyaz eşya fabrikasında kullandığı forkliftleri kiralama yolunu tercih etmiştir. Sigara üreten bir firma üç farklı kağıt türü kullanarak ürettiği sigaralar için gereken kağıt ihtiyacına ilave olarak sağlamlığı ile nam yapmış karton kolilerini dış kaynak kullanarak temin etmektedir. Beyaz eşya sektörünün önderlerinden olan bir firma, yüzlerce farklı firmadan satın aldığı ve kendi üretmediği parçaları kullanarak üretim yapmaktadır. Güvenlik konusunda dış kaynak kullanmayan işletme yok gibidir. Bu örneklerin sayısı artırılabilir, ancak dış kaynak kullanımı yapmadan ait olduğu kulvarda rekabet edebilmenin imkânı olmadığının bilincine varan işletme ve kurumlar yukarıda bahsedilen dış kaynak kullanmanın faydalarını dikkate alarak artık çok daha fazla alanda dış kaynak kullanımını tercih etmektedirler.¹¹³

2.7.ÇOK PERİYOTLU ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNE GENEL BAKIŞ

2.7.1.PROBLEMİN TANIMI

Lojistik servis tedarikçileri çoğunlukla karmaşık kararları içeren planlama problemleri ile karşılaşır lar. Bu çalışma; literatürde karmaşık kararları içeren planlama problemleri ile alakalı yazılmış makaleler araştırılarak yapılmıştır. Bu makalelerde; verilerimizi ve kısıtlarımızı belirleyecek, bize yol çizecek bazı soruların cevapları aranmıştır. Bu sorular şu şekildedir.¹¹⁴

¹¹³ A.e.

a.Ön nakliye ne şekilde ele alınmalıdır? Ön nakliye sevkiyatları; farklı talep noktalarından, özel turlarla teslim almadır. (örneğin; posta ofislerinden) Seçilmiş bir nakliye aracı ile önceden planlanmış bir düzende talep noktaları ziyaret edilir. Ön nakliye bir tur depoda başlar, ayrı ayrı talep noktalarıyla genişler ve tekrar depoya dönüş ile son bulur. Depoda paketler varış noktasına göre ayrılır. Ön nakliyenin süresi zaman aralıkları ile belirlenir. Örneğin; ön nakliye için deponun açılış saatleri bir etkindir. Ayrıca; teslim alma düzeni de her talep noktası için zaman aralıkları ile belirlenir.

b.Posta taşımacılığı ne şekilde ele alınmalıdır? Posta taşımacılığı depoda ayrılan malların sevkiyatıdır. Depoda hazır bir şekilde ayrılmış mallar, belirlenmiş noktalara, zamanında teslim hazırdırlar. Posta taşımacılığında, hangi turların depodan talep noktasına, ve oradan da depoya yönlendirilmesi gerektiğine karar verilmelidir. Depo ve talep noktaları için zaman aralıklarına uyulmalıdır.

c. Farklı kapasiteli ve özel turlar için hangi özellikte araçlar kullanılmalıdır?

d. Firmanın sınırlı personeli hangi tur için ayrılmalıdır?

e.Firmanın kendi araçlarını kullanmak için kiralama şöfor ile anlaşılmalı mıdır?

f.Turlar başka bir firmadan hizmet alınarak mı yapılmalıdır? Hangi turlar bu şekilde planlanmalıdır?

1 ve 6.maddeler, zaman aralıkları ve değişken araç kapasiteleri ile oluşturulan planlama problemlerini anlatır. Ön taşıma ve posta taşımacılığı her gün için planlanır. Bir iş haftası, günün bir yarısında ön taşıma diğer yarısında posta taşımacılığını kapsar şekilde 11 adet yarım günlük planlama periyodu içerir. ($t=(1,2,3,...,11)$)11 adet yarım günlük periyot ;her gün için 2 periyot ve bir de Cumartesi için 1 periyottan oluşur.Hepsi periyottan periyota göre değişiklik gösteren ayrı ayrı miktarlardır.24 saatlik planlama periyodunun 1.si Pazartesi sabahı turları olan ön nakliye ile başlar (tur periyodu $t=1$). Posta taşımacılığı ile öğlen ($t=2$)olur ve planlanmış periyot 11 ön nakliyesi ile Cumartesi günü biter. Böylece, 24 saatlik planlanmış iş planı; 2 tur periyodu ile tanımlanmış olur($t,t+1$)Bu kararlar, personel dağıtım seçenekleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu seçenekler şu şekildedir:

¹¹⁴Gunther Zapfel, Micheal Bögl, "Multiperiod Vehicle Routing and Crew Scheduling With Outsourcing Options", **Production Economics**, N:113,2007,s.980.

- Firmanın kendi şoför portföyünden seçilmesi
- Kiralama şoför kullanımı
- Bu hizmeti dışarıdaki bir firmadan almak

Personel dağıtımı kısıtlara göre yapılmalıdır.

-Firma sürücülerinin sayısı kısıtlıdır. İş zamanı şu şekilde tanımlanabilir; Sürme zamanı+yükleme zamanı/indirme zamanı+depoda hazırlık zamanı

-Her sürücü için günlük sürüş zamanı kısıtlanmıştır. Örneğimizde 9 saattir.

-Maksimum iş süresini aşan sürücüye 11 saat dinlenme süresi verilir. Bu zaman aralığında, sürücü, ilgili tüm görevlerden uzak durmalıdır.

Turun sayısı ihtiyaç duyulan şoför sayısını belirler. Turun firma olanakları ile mi kiralama sürücü ile mi ya da dışarıdan hizmet alınarak mı yapılacağı, tur planlaması yapıldıktan sonra oluşturulabilir. Fazla mesai ödemesi yapılıp yapılmayacağına sürücünün 1 haftalık çizelgesine bakılarak karar verilir.

Hedef görev, uygun tur maliyetlerini, araç ve personel seçimine göre oluşturulan maliyeti yansıtmalıdır. Firmanın sürücüsü ile düzenlenen bir turun maliyeti, seyahat edilen mesafe, km başına maliyet ile oluşur. Bu da araç tipine göre değişmektedir.

Kiralama şoför ve firmanın kendi aracı ile düzenlene bir turda maliyet, araç maliyetleri ,şoför maliyetinden oluşur. Şoför maliyeti de turun süresi ve şoförün km başına maliyetinden oluşur.

Eğer tur, lojistik hizmeti veren farklı bir firma ile anlaşarak sözleşmeli düzenlenirse, zamanla ilişkili maliyetler hesaplanır. Örneğin turun süresi ile diğer maliyet faktörleri çarpılır.

2.7.2.DEĞİŞKENLER

Çok zamanlı araç rotalama probleminde, hedef optimizasyona ulaşmak için değişken periyotlu turlar ve farklı personel seçenekleri formülleştirilirken aşağıdaki semboller ve değişkenler kullanılmaktadır.

d_{it} Planlanan zaman periyodu t 'de, talep noktası i 'deki talep,

e_{ij} talep noktaları i ve j arasındaki mesafe,

Q^v v tipi araç için kapasite,

δ_j talep noktası j 'deki durma süresi,

t_{ij}^v araç tipi v 'ye bağlı olarak, i den j 'ye sürüş zamanı

c_v^1 firma araç tipi v ile birim mesafe maliyeti

c_v^2 araç tipi v ile sözleşmeli şoför için saatlik hız

c_d firma sürücüsü d için fazla mesai ücreti

ϑ sürücü için mola süresi

$x_{ijkv}^t = \{ 1 \text{ eğer } i\text{'den } j \text{ yönüne, } t \text{ zamanda, } k \text{ turu, } v \text{ tipi aracı kullanırsa,}$

olmazsa,

$z_{dkv}^t = \{ 1 \text{ eğer } a \text{ firması sürücüsü } d, t \text{ zamanda, } k \text{ turu ile } v \text{ tipi aracı kullanırsa,}$

0 olmazsa,

$I_{kv}^t = \{ 1 \text{ eğer } k \text{ turu için, } v \text{ tipi araç ile } t \text{ zamanda, bir kiralama sürücü kullanılırsa,}$

0 olmazsa,

$w_{kv}^t = \{ 1 \text{ eğer } k \text{ turu, } v \text{ tipi araç ile, } t \text{ zamanda, bir taşıyıcıya verilirse,}$

0 olmazsa,

$r_{jkv}^t = \{ 1 \text{ eğer } k \text{ turu } j \text{ yönüne } t \text{ zamanda, } v \text{ tipi araç ile sürüş zamanını geçer ise,}$

α belli öngörülmüş zaman,

0 olmazsa

$s_{ikv}^t \geq 0$: müşteri i'de (depoda) k turu ile t zamanda, v tipi araç ile başlangıç zamanı

$v_{kv}^t \geq 0$: k turu için v tipi araç ile t periyotta sürüş zamanı

$y_d^+ \geq 0$: firma sürücüsü d için fazla mesai saatlerinin sayısı

$u_d^{t,t+1}$: {1 eğer sürücü d; 24 saatlik planlanan periyotta iki tur devirleri ile t,t+1 birlikte maksimum sürüş zamanına ulaşırsa,

0 olmazsa,

$y_{kk'vv'}^{t,t+1}$: {1 eğer v,v' araçları için planlanan zamanlar t ve t+1 'de sonradan gelen turlar k,k' arasındaki zaman, 11 saatten fazla olursa,

0 olmazsa.

2.7.3.GRUPLAR

C {1,...,N} : Talep noktalarının grubu,

N CU{0,n+1} : başlangıç ve depo sonunu içeren talep noktalarının grubu,

V $U_v V_v$: araç tipi v araçlarının grubu,

K turların grupları,

D {1,2,...,P} firma sürücülerinin grubu

T planlanan periyotların grubu

Homberger ve Gehring 1998'de zaman pencereli araç rotalama çözümü için iki adet evrim stratejisi geliştirmişlerdir. Evrim stratejileri 100 den 417 arasında değişen müşteriler ve 2 den 54 e kadar değişen araçların bulunduğu 58 probleme uygulanmıştır. Kendi çözümlerini literatürde bilinen en iyi çözümler ile karşılaştırmışlardır. Homberger ve Gehring 1999 yılında genetik algoritmasında mutasyon ve crossover operatörleri iyileştirme algoritması üzerinde çalışmışlardır.¹¹⁵ Homberger ve Gehring'in 2005 yılı çalışmalarında; zaman periyotlu araç rotalama ile birincil amaç kullanılan araç sayısının minimizasyonu, ikincil amaç da toplam seyahat uzunluğunun minimizasyonu olmuştur. Birincil amacı genetik algoritması, ikincil amacı ise tabu arama algoritmasıyla çözen bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yaklaşım literatürdeki problemlerle denenmiş ve sonuçların diğer yöntemler ile rekabet edeceği görülmüştür.¹¹⁶ Problemden kullanılan Tabu Arama ve Genetik Algoritmalarından esinlenerek geliştirilen bu matematik model aşağıdaki semboller ile formüle edilmiştir.

Hedef fonksiyon

$$\sum_{t \in T} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} \sum_{d \in D} (c_{ij}^1 x_{ijkv}^t) z_{dkv}^t + \sum_d c_d y_d^+$$

$$t \in T \quad i \in N \quad j \in N \quad k \in K \quad v \in V \quad d \in D$$

$$+ \sum_{t \in T} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} (C_V^1 x_{ijkv}^t) l_{kv}^t$$

$$t \in T \quad i \in N \quad j \in N \quad k \in K \quad v \in V \quad d \in D$$

$$+ \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} C_V^2 (S_{n+1,kv}^T - s_{0kv}^t) l_{kv}^t$$

$$t \in T \quad k \in K \quad v \in V$$

$$+ \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} C_V^3 (S_{n+1,kv}^T - s_{0kv}^t) w_{kv}^t \rightarrow \min!$$

$$t \in T \quad k \in K \quad v \in V$$

(1)

(1) de problemin hedef fonksiyonu gösterilmektedir. Firma sürücüleri, kiralama sürücüleri, sözleşmeli araç ve personelin toplam maliyetlerinin minimize edilmesidir.

¹¹⁵J. Homberger, H. Gehring, "Two Evolutionary Metaheuristics For The Vehicle Routing Problem With Time Windows", *Infor*, 1998, s.297.

¹¹⁶J. Homberger, H. Gehring, "A two-Phase Hybrid Metaheuristic For The Vehicle Routing Problem with Time Windows", *European Journal of Operational Research*, 2005, s.237-238 .

2.7.4.KISITLAR

(1)Her talep noktasına, belirlenen turlar ile belirli bir zamanda araçlar ile servis yapılır.

$$\sum_{j \in N} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} x_{ijkv}^t = 1 \quad \forall i \in C; t \in T$$

$$j \in N \quad k \in K \quad v \in V$$

(2)Bir talep noktası için, belirli bir zamanda, araç ile, depodan çıkış yapılır.

$$\sum_{j \in N} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} x_{0ijkv}^t = 1 \quad \forall k \in K; v \in V; t \in T.$$

(3)Eğer bir araç, organize edilmiş güzergahdan başka bir güzergaha yönlendirilirse ve oradan da tekrar başka bir güzergaha yönlendirilirse aşağıdaki uygulanmalıdır.

$$\sum_{i \in N} x_{ihkv}^t - \sum_{j \in N} x_{jhkv}^t = 0 \quad \forall k \in K; v \in V;$$

$$i \in N \quad j \in N$$

$$h \in C \quad ; t \in T.$$

(4)Her araç, turunu tamamladıktan sonra deposuna varmış olmalıdır.

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} x_{i,n+1,k,v}^t = 1 \quad \forall k \in K; v \in V; t \in T.$$

(5)Araçların değişken kapasiteleri olabilir; örneğin birbiriyle değiştirilebilir gövdeli bir yük arabası, ya da römorklu bir tır kullanılabilir.

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} x_{ijkv}^t \leq Q^v \quad \forall k \in K; v \in V; t \in T.$$

(6)Her periyotta her tur için; aşağıdaki seçenekler mevcuttur:

-Firma aracı ile kendi sürücüsünü kullanma,

-Firma aracı ile kiralama sürücü kullanma,

-Şoför ve araçları tedarik eden firmalar ile sözleşme yaparak ihtiyaca göre temin etme.

Bu yüzden aşağıdaki formül eklenir;

$$\Sigma X_{i,n+1,k,v} = \Sigma z_{dkv}^t + I_{kv}^t + w_{kv}^t \quad \forall k \in K; t \in T; v \in V.$$

$$i \in N \quad d \in D$$

(7) Firma sürücüleri tüm turlara yerleştirilebilir;

$$\Sigma \quad \Sigma \quad \Sigma z_{dkv}^t \leq P \quad \forall t \in T.$$

$$k \in K \quad d \in D \quad v \in V$$

(8) Zaman koşullarına göre turlar belirlenir. Bir tur için toplam zaman; talep noktaları ile ayrı ayrı araç tiplerinin hızları, talep noktalarında bekleme süreleri (yükleme ve boşaltma) ne bağlı olarak, sürüş zamanını oluşturur.

$$v_{ikv}^t + t_{ij}^v - \tilde{C}(1 - x_{ijkv}^t) \leq v_{jkv}^t \leq v_{ikv}^t + t_{ij}^v + \tilde{C}(1 - x_{ijkv}^t)$$

$$\forall i, j \in N; k \in K, t \in T; v \in V.$$

$x_{ijkv}^t = 1$ durumunda, talep noktası j'ye, i talep noktasından sonra ulaşılması ile sürüş zamanı eşit olmaktadır. $v_{jkv}^t = v_{ikv}^t + t_{ij}^v$. Olmazsa $x_{ijkv}^t = 0$ eşitsizliği yeterli derecede büyük kısıtı $\tilde{C}$ için her zaman uygundur.

(9) Zaman periyotları ile belirlenmiş talep noktaları ve depo şu şekilde belirtilebilir:

$$ca_i^t \leq s_{ikv}^t \leq b_i^t \quad \forall i \in N; k \in K; v \in V; t \in T.$$

(10) Firma sürücüleri için belirlenen fazla mesai ücreti, haftalık 40 saat çalışma süresini aştığında ödenir:

$$y_d^+ \geq \Sigma \Sigma (s_{n+1,kv}^t - y_{0kv}^t) z_{dkv}^t - 2400 \quad \forall d \in D$$

$$k \quad v \quad t \in T$$

(11)Kiralanmış sürücü ile sözleşmeli sürücünün maksimum sürüş zaman, her gün için 540 dakikayı geçmemelidir. Her iş günü, iki periyottan meydana gelir. Bunlar t ve t+1'dir.

$$\sum_{k \in K} \sum_{v \in V} v_{kv}^t l_{kv}^t + \sum_{k' \in K} \sum_{v' \in V} v_{k'v'}^{t+1} l_{k'v'}^{t+1} \leq 540$$

$$k \in K \quad v \in V$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{v \in V} v_{kv}^t w_{kv}^t + \sum_{k' \in K} \sum_{v' \in V} v_{k'v'}^{t+1} w_{k'v'}^{t+1} \leq 540$$

$$k \in K \quad v \in V$$

$$\forall t \in (1, 3, 5, 7, \dots)$$

(12)Maksimum sürüş zamanı ve molalar firma sürücülerinin tur planına eklenmelidir.

Bir firma sürücüsü her 24 saatlik planlanan periyotta; maksimum sürüş zamanı 540 dk'ya ulaşınca, sürücünün gelecek turundan önce dinlenme hakkı olan 11sa(=660 dk)'ye geçilmelidir. Örneğin; sürücünün işle alakalı tüm görevlerden uzak olması gerekir. Aşağıdaki durum ile firma sürücüsü d'nin planlanan periyot (t,t+1)'de maksimum sürüş zamanına ulaşmış ulaşmadığı test edilebilir.

$$(12a) \sum_{k \in K} \sum_{v \in V} v_{kv}^t z_{dkv}^t + \sum_{k' \in K} \sum_{v' \in V} v_{k'v'}^{t+1} w_{dk'v'}^{t+1} - 540 \leq \bar{c} u_d^{t,t+1}$$

$$k \in K \quad v \in V \quad k' \in K \quad v' \in V$$

$$\forall d \in D; \quad t \in (1, 3, 5, 7, \dots)$$

Eğer sürücü d, planlanan periyot (t,t+1)'i de maksimum sürüş zamanını geçerse, ikili değişken $u_d^{t,t+1}=1$ olur.

Bir sürücünün sürebileceği, iki tur arasındaki boş zamana karar verebilmek için, sonradan gelen bitişik $t \in T$ periyotları dikkate almamız gerekir. Sonradan gelen turlar (k,v) ve (k',v') turları arasındaki zamanı (t+1,t+2)'de test edebilmek için, başka bir ikili $y_{kk'vv'}^{t+1,t+2}$ 'yi ortaya konur ve boş zaman olan 11 sa(=660dk)'in gerekliliği firma sürücüsü için tamamlanır:

$$(12b) (s_{0k'v}^{t+2} - s_{n+1,kv}^{t+1}) - 660 \geq \bar{C}(y_{kk'vv'}^{t+1,t+2} - 1)$$

$$\forall k, k' \in K; v, v' \in V; t \in (1, 3, 5, 7, \dots)$$

Eğer $k'v'$ turunun başlangıç zamanı $t+2(s_{0k'v}^{t+2})$ 'den k turunun bitiş zamanı çıkartılırsa; eşitsizlikler (12b); v' 'nin $t+1$ periyodunda $t + 1_{n+1,kv}^{t+1}$ 11 saatten büyük olduğunu gösterir ve böylelikle ikili değişken 1 olmalıdır, olmazsa 0 olmalıdır.

Eğer bir firma sürücüsü hali hazırda her iş günü için maksimum saatleri biriktirmişse $(t, t+1)$, bu sürücü sadece belirlenmiş zaman periyotlarına tekrar devredilebilir (örneğimiz 11 saattir). Bu durum eşitsizlikleri oluşturur. ($t+2$ ve t arasındaki zaman her zaman 11 saatten fazladır.)

$$(12c) z_{dkv}^{t+2} \leq 1 + \sum \sum z_{dkv}^{t+1} (y_{kk'vv'}^{t+1,t+2} - u_d^{t,t+1})$$

$$k \in K \quad v \in V$$

$$\forall d \in D; k' \in K; v' \in V; t \in (1, 3, 5, 7, \dots)$$

Örneğin; eğer d sürücüsü k turuna v' 'de $(t+1)$ tur periyodunda ($z_{dkv}^{t+1}=1$) devredilirse, d sürücüsü $k'v'$ turuna $t+2$ periyodunda devredilemez ve maksimum sürüş zamanına ulaşılır ($u_d^{t,t+1}=1$) ve 11 saat, iki tur arasındaki $y_{kk'vv'}^{t+1,t+2}=0$ süreyi geçemez. Bu durumda eşitsizlik (12c), $z_{dkv}^{t+2} \leq 0$ 'a götürür.

Geleneksel VRPTW modeli NP-zor olduğundan beri, bu doğrusal olmayan karışık tamsayı optimizasyon modeli de NP-Zor'dur. Eğer sadece bir periyot zamanı düşünülürse, geleneksel VRPTW modeli uzatılmış modelden türemektedir ($|T|=1$). Sadece türdeş araç tipleri ($|V|=1$) varolmaktadır, kısıtlar 10-12'nin daha detaylı düşünülmesi gereklidir. Turların hiçbir alternatif uygulaması (atama opsiyonları) yoktur ve hedef fonksiyon Gunther Zapfel ve Micheal Bögl tarafından 2007'de yayınladıkları bir makalede aşağıdaki gibi basitleştirilmiştir.¹¹⁷

¹¹⁷Gunther Zapfel, Micheal Bögl, "Multiperiod Vehicle Routing and Crew Scheduling With Outsourcing Options", *Production Economics*, N:113, 2007, s.985.

$$\min \sum \sum \sum c_{ij} e_{ij} x_{ijk}.$$

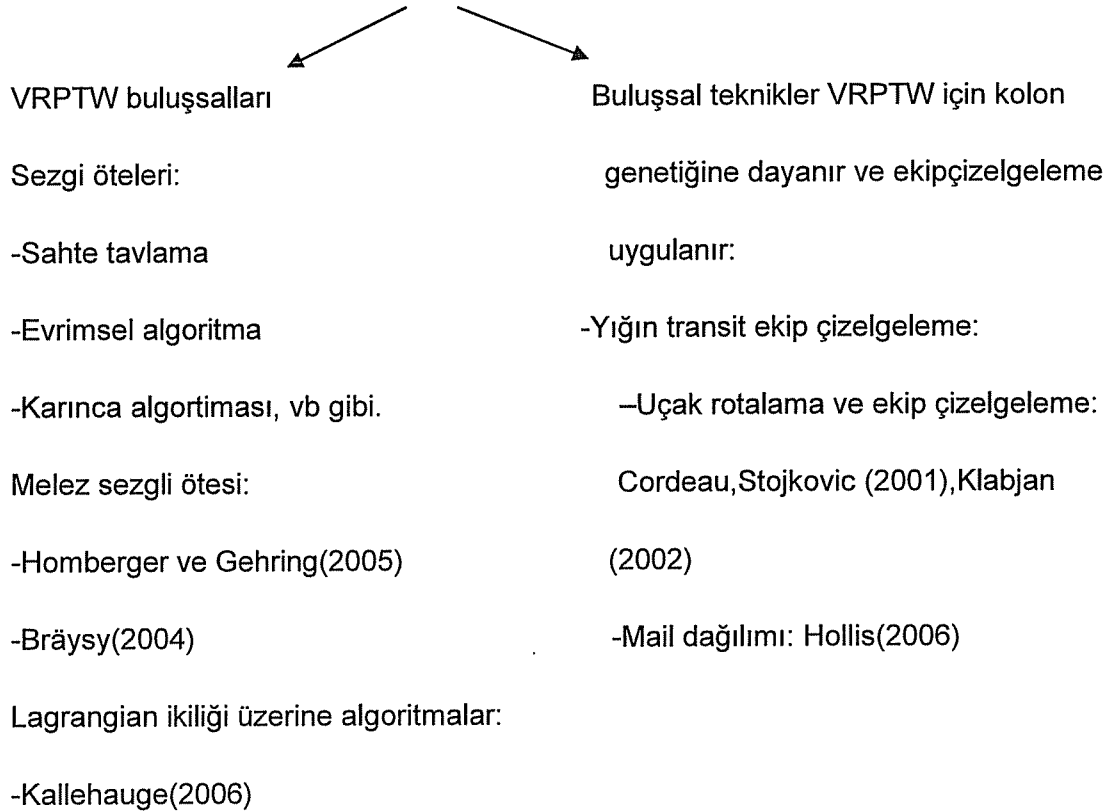
İki araştırma alanı uygulamanın konusunu oluşturur:

1 -Zaman pencereleri ile araç rotalama problemi için methodlar (VRPTW) (Vehicle routing problem with time windows),

2-Araç rotalama ve ekip çizelgeleme problemleri için birleştirilmiş metodlar.

VRPTW için bugüne kadar geliştirilmiş en başarılı 400 veya 1000 talep noktalı problemlerde en iyi kaliteyi veren yaklaşımlar; metasezgisellere; melez metasezgisellere; Lagrangian ikiliğine veya sütun nesil yöntemlerine dayanır.

Araç rotalama ve ekip çizelgeleme problemleri için seçilmiş uygun buluşsallar¹¹⁸



¹¹⁸ A.e.s.986.

VRPTW 'de metasezgisellerin başarılı yaklaşımları, Sahte Tavlama/ Tabu Arama(Tabu Search), Tavlama Benzetimi(Simulated Annealing)ve Evrimsel Algoritmaları(Evolutionary Algorithms) konularını içerir. Konu ile ilgili literatür çok geniştir. VRPTW'ye uygulanan yeni metasezgisel çalışmaları Cordeau ve diğerleri¹¹⁹ 2002 yılında ve Braysy ve Gendreau 2005¹²⁰ yılında, Potvin ve Bengio¹²¹ 1996 yılında ,Berger ve diğerleri 2003 yılında olmak üzere genetik algoritmayı VRPTW'ye uygulanan birden fazla çalışma vardır. VRPTW için Kallehauge'nin 2006 yılındaki çalışması ise karışık tamsayı optimizasyon modelinin Lagrangian relaxation-Lagrangian gevşeme ile uygulanmasıdır. VRPTW için Lagrangian Dal ve Kesme ve Ücret algoritması oluşturmuşlardır. Bu method ile 1000 talep noktasına sahip problemleri hesap sonuçlarını de göstererek uygulayabilmışlerdir. Problemimiz için diğer önemli araştırmalar kısmi ve toplu araç ve ekip çizelgeleme konularını içerir;

-Yığın transit ekip çizelgeleme: Haase (2001);Freling(2003);Huisman(2003)

-Uçak rotalama ve ekip çizelgeleme: Cordeau(2001);Klaban(2002)

-Mail dağılımı ve ekip çizelgeleme: Hollis v.d.(2006)

Bu problemlerde çözüme yaklaşarlarda ortak bir benzerlik vardır; bu da Lagrangian gevşemesi (Lagrangian relaxation) veya Kolon-genetik (Column Generation) methodlarının teorilerine bağlı çözüm yaklaşımları olmalarıdır.¹²²Hollis ve diğerleri tarafından 2006 yılında mail dağılımı (Mail distribution) ve ekip çizelgeleme problemleri için oluşturulan çözüm kavramı da buluşsal teknik katılım kolon genetiğine(heuristic technique incorporating column generation) dayanır. Öncelikle, uygun rotalar birinci ve ikinci sevkiyat olmak üzere sıralanır. Bu rotaların grupları, modelin doğrusal gevşemesi (linear relaxation) ile başlangıç çözümünü oluştururlar. Kolon genetik ikincil problemi ise fiyat değişikliklerinden planda olan rotalara kadar ikili değerleri kullanarak çözüm gerçekleştirilir. Bir kolon–genetik yinelemesi, plandaki rotaların tamamına, rota değişikliklerinin eklenmesi ile

¹¹⁹ J.F. Cordeau, G. Desaulniers, J Desrosiers, M.M. Solomon, F. Soumis, VRP With Time Windows ,In:Toth,P.,Vigo,D.,The Vehicle Routing Problem ,SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications ,Vol:9,s.157.

¹²⁰O. Braysy, M. Gendreau, Vehicle Routing Problem With Time Windows,Part 2:Metaheuristics, **Transportation Science** 2,2005,s.120.

¹²¹J. Potvin, S. Bengio, The Vehicle Routing Problem with Time Windows Part 2:Genetic Search, **Inform Journal Of Computing**,1996,s.165.

¹²²M. Desrochers, F. Soumis, "A Column Generation Approach to the Urban Transit Crew Scheduling Problem, **Transportation Science**,1989,p.p.5

tamamlanmış olur. Bunlardan sonra tek kolon–genetik yinelemesi tamamlanır. Kolon-genetik ikincil problemi, standard kaynaklı en kısa yol problemleri ile karşılaştırılabilir.¹²³ Hiçbir indirilmiş maliyet kolonları bulunamadığında veya sınır kriteri gözönüne alındığında, kolon genetiği sonlandırılır. Gerekli çözüm dal ve sınır yöntemi kullanılarak sonlandırılır. Yeni bir dağılım Raa ve Aghezzaf tarafından oluşturulmuştur. Tedarikçi kontrollü envanter yönetimi (Vendor Managed Inventory Problem) problemi konusu ile ilgilenmişlerdir. Bu problemde, dağıtıcı müşterilere düzenli olarak servis yapar. Müşterileri öncelikle araçlara, sonrasında turlara dağıtırlar. Her tur için ziyaret sıklığına karar verilir. Buna da dağıtıcı modeli denmektedir¹²⁴. Jin ve diğerleri, 2007 yılında teslimat bölmeli araç rotalama problemi (split delivery vehicle routing problem) için müşteri taleplerinin farklı araçlarla sevk edilebildiği bir çözüm göstermişlerdir. Çözümün hesaplanması iki aşamaya bölünür. Birinci aşamada, talebi karşılayabilen gruplar oluşturulur. İkinci aşamada TSP problemi her grup için çözülür. Her iki çözüm yaklaşımları da ekip çizelgelemeyi içermez. Wesner ve Zapfel 2004 yılında hem ağ hem de sürüş maliyetini hesaplama maliyetinin içine alan bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Toplam maliyeti minimize etmek için yapıya uygulamışlardır.¹²⁵ Bizim problemimiz Hollis ve diğerlerinin genişletilmiş bir modeli ile ilişkili olarak, ayrıca çeşitli depoların durumunun da ele alınmış hali olarak da görülebilir. Bizim problemimize ilaveten aşağıdaki maddeler de eklenmiştir.

1. Planlanan bir hafta içinde her planlanan periyot için çeşitli tur atamaları
2. Şoförleri, turlara tayin etmek için çeşitli alternatifler (kendi personeli, kiralama personel)
3. sözleşmeli tur ayarlama olanağı,
4. kendi sürücülerinin fazla mesai için karar alternatifleri
5. daha zengin doğrusal olmayan maliyete yönelik hedef görev

¹²³B. Hollis, M. Forbes, B.E. Douglas, "Vehicle Routing and Crew Scheduling For Metropolitan Mail Distribution At Australia Post", *European Journal Of Operational Research* ,173,2006,s.11

¹²⁴M. Jin, K. Liu, R.O.Bowden, "A Two-Stage Algorithm with Valid Inequalities for The Split Delivery Vehicle Routing Problem,"*International Journal Of Production Economics* ,No:105,2007,s.230.

¹²⁵M. Wesner, G.Zapfel, "An Integrated Multi-Depot Hub-Location Vehicle Routing Model For Network Planning of Parcel Service,"*International Journal Of Production Economics*,2004,s.410.

Sürücüler (ekip sürücüsü, kiralama sürücü ve sözleşmeli sürücü) tüm turlara tahsis edilebildiğinden bu yana bu kısıtlamalar, araç tiplerine göre ayrılamama problemini yaratırlar. Daha fazlası, ekip sürücülerinin fazla mesailerini ayarlamak için, aynı zamanda tüm periyotların dikkate alınması gerekir. Bundan dolayı da zaman periyotlarına göre ayırım yapılamaz. Böylece daha fazla karışık ikincil problemler sonuçlanır ve Hollis ve diğerlerinin çözümünün avantajı sorgulanmalıdır.¹²⁶ Zapfel ve Bögl önsezgiye dayalı, pratikte meydana gelen bu problemleri çözebilen yeni bir çözüm konsepti geliştirmişlerdir.

2.7.5.ÇÖZÜM KONSEPTİ

Genel çözüm çerçevesi, iki ana bölüme ayrılmıştır:

-başlangıç

-ana optimizasyon devri

İlk bölüm başlangıçtır. Bir veya birden çok uygun çözümler üretilir. Başlangıcın kendisi 3 bölüm içerir:

-1-5,8-9 ve 11 kısıtları ile uygun rota planına eklenir. Bu probleme burada Genelleştirilmiş Zaman Pencireli Araç Rotalama Problemi denilmektedir: (GVRPTW=Generalized Vehicle Routing Problem With Time Windows)

-6-7 ve 10-12 kısıtları ile birlikte personel seçimi rota planına göre yapılır. Buna da 'Personel Atama Problemi' denilmektedir.(Personnel Assignment Problem(PAP)

-Hedef fonksiyona göre bulunan çözümün değerlendirilmesi yapılır.

İkinci bölüm ana optimizasyon kısmıdır. Tekrar üç bölüme ayrılır. Bunlar GVRPTW, PAP, ve değerlendirme bölümleridir. GVRPTW operatörlerin kullanılması ile birlikte bir ya da birden fazla rota planı değişir. Eğer oluşan yeni rota planı 1-5,8-9 ve 11 kısıtlarına uygun ise, personel atama sezgiseli rota planına uygulanır. Eğer kısıtlara uygun olmazsa, işlem tekrarlanır. Eğer uygun rota planı oluşturulursa, personel atama sezgiseli ile sürücülerin rotalara göre dağılımı sağlanır. Sonuç

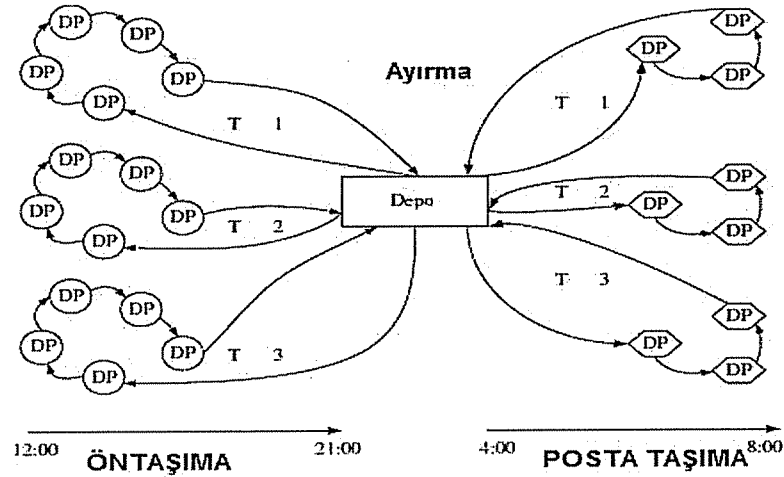
¹²⁶Gunther Zapfel, Micheal Bögl, "Multiperiod Vehicle Routing and Crew Scheduling With Outsourcing Options", *Production Economics*, N:113,2007,s.987.

olarak, çözüm kalitesi değerlendirilir. Giriş bölümündeki çözümün yapısını etkileyen, tamamlanmış çözüm değerlemesi, metasezgisel ile sağlanır ve yeni çözümleri seçerek ve değiştirerek ana optimizasyon bölümünde araştırma sürecine yol gösterir. Çözümlerin nasıl seçildiği ve değiştirildiği metasezgisele bağlıdır. İkincil problemlerin altında yatan iki durum (GVRPTW ve PAP)ardışık olarak çözümlenmiş olmasına rağmen, çözüme sadece maliyetler karşılaştırılarak karar verilir

3.UYGULAMA

3.1.X DAĞITIM FİRMASI VE İŞLEYİŞİ

X dağıtım firması; Şekil 3.1. deki gibi taşıma yapan üç firmanın verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Firmalara günde yaptığı taşıma sayıları sorulduğunda, pazar hariç 6 gün için, günde 150 ila 250 noktaya ön taşıma, hafta içi 5 günde 50 ila 100 noktaya posta taşıma yapıldığını söylemişlerdir. Taşıma taleplerinin servis noktalarına dağılımı, normal dağılıma uygun olabileceği ön görülmüştür. Görüşülen firmalar taşıma yaptıkları noktaların depodan ortalama olarak 10 km uzakta olduğunu belirttiklerinden dolayı ortalaması 10 olan normal dağılıma uygun konumlar üretilmiştir. Ön taşıma çalışma saat aralığı 12:00-21:00 olmak üzere 9 saat; posta taşıma çalışmanın ise 04:00-08:00 olmak üzere 4 saattir. Servis süresi 15 dakikadır. Kısıtlar Bölüm 2'de belirtilmiştir. Firmanın 3 adet şoförü ve 5 adet aynı tip aracı vardır. Uygulama haftalık veriler kullanılarak yapılmıştır. Turları belirlenmiş araçlar depodan çıkar, müşterilerini ziyaret edip, tekrar depoya dönerler. Depoda malzemeler gidecekleri güzergâhlara göre ayrılır. Belirlenen saat aralığı içinde ayrılmış mallar müşterilerine bırakılır ve tekrar depoya dönülür. Bu işleyiş günlük olarak gelen veriler doğrultusunda belli bir plana sokularak sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.1:X Firmasının bir günlük ön taşıma ve posta taşıması¹

Tablo 3.1:X Dağıtım Firması Verileri

¹Gunther Zapfel, Micheal Bögl, "Multiperiod Vehicle Routing and Crew Scheduling With Outsourcing Options", *Production Economics*, N:113,2007,s.981.

	PZT	SALI	ÇARŞ	PERŞ	CUMA	CTESİ
Ön taşıma talep noktası	200	190	220	180	250	150
Posta taşıma talep noktası	90	70	80	100	40	
Sahip olunan araç	5					
Sahip olunan şoför	3					
Öntaş. hız	50km/saat					
Post t. hız	85km/saat					
Km başına yakıt	0,50 TL					
Saatlik şoförün kirası	13,00 TL					
Saatlik şoför maliyeti	6,30 TL					
Saatlik şoförmesai ücr	9,45 TL					
Günlük kiralananacak araç maliyeti	80,00 TL					

3.2.KULLANILAN METASEZGİSELLER

İki farklı metasezgisel kullanılmıştır. Bunlar Genetik ve Tabu Araması Algoritmalarıdır. Bu iki algoritmanın çalışma sistemleri birbirinden farklıdır. Genetik algoritma doğadaki en iyinin yaşaması kuralına dayanarak sürekli iyileştirici çözümler üretir. İyinin seçimini yapabilmek için belirleyici bir fonksiyonu vardır. Bu fonksiyonun adı uygunluk fonksiyonudur (fitness function). Yeni çözümler üretebilmek için de mutasyon (mutation), kopyalama (recombination) gibi operatörleri kullanır. Genetik algoritmada bir grup çözümle uğraşıldığından çok sayıda çözümün içinden iyiler seçilip, kötüler elenir. Genetik algoritmanın bir diğer önemli özelliği seçme ile, iyi bireyin, çözümün uygunluğuna göre seçilme şansı yüksektir, fakat garanti değildir. Yeni üretilmiş nesil, eski nesille yer değiştirir.

Buna karşılık, Tabu arama algoritması, ilk çözümünden komşu çözümler(neighborhood solutions) grubu üretir. Bu çözümlerin içinden bir çözüm seçilerek gelecek iterasyonda kullanılır ve önceki çözüm tabu (yasaklı) listesine eklenir. Tabu listesi; eski çözümleri kapsar ve gelecek çözümlerde seçilmelerine izin verilmez. Uygulamada kullanılan uygunluk fonksiyonu kodlaması aşağıda belirtilmiştir.

```
function f=fit1(P,uz,messaat,maxsaat)
global nsofor narac prehiz posthiz yakıt mesuc soforkir arackir;
bsofor=nsofor;
barac=narac;
hiz=prehiz;
for i=1:length(P)
    m(i)=uz(end,P{i}(1))+uz(end,P{i}(end));
    for j=1:length(P{i})-1
        m(i)=m(i)+uz(P{i}(j),P{i}(j+1));
```

```

end
s(i)=m(i)/hiz+0.25*length(P{i});
end
kbsofor=min(bsofor,length(P));
kirsof=length(P)-kbsofor;
kbarac=min(barac,length(P));
kirar=length(P)-kbarac;
f=sum(m)*yakit+ sum((s(1:kbsofor)-min(s(1:kbsofor),messaat)))*mesuc+
sum(s(kbsofor+1:end))*soforkir+kirar*arackir;
f=f*(1+10*sum((s-min(s,maxsaat))));

```

3.3.BAŞLANGIÇ ALGORİTMASI-SOLOMON II ÖNSEZGİSELİ - INITIALIZATION-SOLOMON II HEURISTIC

Her iki algoritmanın uygulamasında, çözüm başlangıcı Solomon II önsezgiseline dayanır. Solomon II, VRPTW için sıralı yapı önsezgiselidir. Şoförlerin araçları ile ziyaret edecekleri müşteri sırasının belirlenmesidir. Bu problemlerde, zaman aralığı müşterilerin servisinin yapılabileceği en erken ve en geç zamanları tanımlamaktadır. Birinci müşteriyi eklemek için iki olasılık vardır. Ya depodan en uzak olanı ya da son teslim tarihine en yakın olanı eklenir. Yapılan uygulamada, başlangıç özsezgiseli olarak Solomon II önsezgiselinde, merkeze en uzak ilk düğüm seçilip sonrasında bu düğüme en yakın düğüme geçen algoritma kullanılmıştır. Bir çevrim bittiğinde diğer çevrimde ziyaret edilmemiş en uzak düğüm tekrar seçilir ve bu düğüme en yakın düğüm ile 2.ziyaret ve buradan da en yakın düğüme gidilerek 3.ziyaret gerçekleşmektedir. Bu seçimler, rotada ziyaret edilecek bir müşteri kalmayana ve günlük çalışma süresi dolana kadar devam etmektedir. Yapılan uygulamada, kullanılan her iki algoritmada başlangıç Solomon Önsezgiseline dayanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar tekrar optimize edilerek algoritma uygulamalarına geçilmiştir. Kullanılan giriş kodu aşağıda belirtilmiştir:

```

function Tur=solomoninit(uz,hiz,messaat,bekle)
U=uz;
N=size(uz,1)-1;
S=[];
sec=0;
tr=1;
while sec<N
[a b]=max(U(end,:));
S=[S b];
T=[b];
sec=sec+1;
U(end,b)=-1;
sure(tr)=a/hiz+0.25;
[c d]=min(U(b,1:end-1));
while length(S)<N & length(find(S==d))

```

```

        U(b,d)=inf;
        [c d]=min(U(b,1:end-1));
    end

    while sec<N & sure(tr)+0.25+c/hiz+U(end,d)/hiz<messaat

        S=[S d];
        T=[T d];
        U(end,d)=-1;
        sure(tr)=sure(tr)+0.25+c/hiz;
        sec=sec+1
        b=d;
        [c d]=min(U(b,1:end-1));
        while length(S)<N & length(find(S==d))
            U(b,d)=inf;
            [c d]=min(U(b,1:end-1));
        end
    end

    Tur{tr}=T;
    sure(tr)=sure(tr)+U(end,d)/hiz;
    tr=tr+1;
    T=[];
end
opt=gaoptimset('PopulationType','custom','PopulationSize',100,'CreationFcn',@create_permutations,'CrossoverFcn',@crossover_permutation,'MutationFcn',@mutate_permutation);
opt=gaoptimset(opt,'Generations',100,'TolFun',0);
global uz;
global P;
for i=1:length(Tur)
    P=Tur{i};
    if length(P)>1
        x=ga(@fit11,length(P),opt);
        % x={1:length(P)};
    else
        x={1};
    end
    %pause;
    Tur{i}=P(x{1});
end

```

3.4.ZAMAN PERİYOTLU ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNDE KULLANILAN OPERATÖRLER

Bu kısım problemin araç rotalama problemi için yeni çözümler üretmede kullanılan operatörleri açıklamaktadır. Kullanılan operatörler, varolan bireylerin üzerine uygulanan işlemlerdir. Bu işlemlerin amacı, daha iyi özelliğe sahip yeni bireyler üretmek ve arama algoritmasının alanını genişletmektir. Genetik

algoritmada; mutasyon operatörleri (mutation operators), Tabu Arama Algoritmasında ise komşu operatörleri (neighborhood operators) kullanılmıştır. Her iki algoritmada mutasyon operatörleri aynıdır. Aynı zamanda genetik algoritmada bir de çaprazlama operatörü de kullanılmıştır.

Rota planında ziyaretlerin sırası şu şekilde anlatılmaktadır. Örneğin;"0,i,j,0" rotasında 0 depoyu, i ve j ise ziyaret edilecek düğümleri gösterildiği varsayılırsa; araç depoyu terk eder, i müşterisini ve daha sonra j müşterisini ziyaret eder ve depoya geri döner. Çözüm kodlamasında bu sıralama kullanılmıştır. Operatörler sadece rota planını değiştirirler. Homberger ve Gehring'in 2005 yılında planlamış oldukları mutasyon operatörleri, yapılan uygulamada kalite ve zaman sonuçlarının başarılı olmasından dolayı kullanılmıştır.

3.4.1.GENETİK OPERATÖR: MUTASYON(MUTATION)

Bir genin mutasyona uğraması herhangi iki genin yer değiştirmesidir. Algoritmada kullanılan yöntemde, bir kromozomun birden fazla geni mutasyona uğrayabildiği gibi mutasyon yüzdesinden dolayı bir kromozom mutasyona uğramadan da yeni popülasyona eklenebilmektedir. Mutasyonun amacı optimum yolu bulmaya çalışırken popülasyondaki kromozom çeşitliliğini sağlayarak arama uzayını yaymak, genişletmektir. Örneğin;

Aile 1 : D A G T F C P O B M X

Mutasyon

Birey : D A B T F C P O G M X

Yapılan uygulamada kullanılan operatörler 3 çeşittir:

$-m_2$ -opt : R'nin rotaların tümünü kapsayan bir simge olduğu varsayılmıştır. Bu çözümden iki rota $(r_1, r_2 \in R)$ rasgele seçilir. Bunlardan $r_1 = (0, \dots, i, j, k, l, \dots, 0)$ ve $r_2 = (0, \dots, m, n, o, p, \dots, 0)$ şeklindedir. Bu rotalarla birlikte iki tur rasgele seçilmişlerdir. Bu turlardan her ikisinde de rasgele iki noktadan kesilir. Örnek üzerinden anlatmak gerekirse ; r_1 'i j düğümünden sonra , r_2 'yi n düğümünden sonra kesilir ,birinci turun ilk kısmı ile ikinci turun ikinci kısmı birleştirilir ;diğerinde ise kalan kısımlar birleştirilir (birinci turun ikinci kısmı ile ikinci turun birinci kısmı) ve yeni turlar oluşturulur. Yeni turlar $r_{1yeni} = (0, \dots, i, j, o, p, \dots, 0)$ ve $r_{2yeni} = (0, \dots, m, n, k, l, \dots, 0)$ şeklinde oluşturulmaktadır. Sonuç olarak, m_2 -opt sezgiseli, bir turdaki iki kenarı siler, böylece

algoritmada; mutasyon operatörleri (mutation operators), Tabu Arama Algoritmasında ise komşu operatörleri (neighborhood operators) kullanılmıştır. Her iki algoritmada mutasyon operatörleri aynıdır. Aynı zamanda genetik algoritmada bir de çaprazlama operatörü de kullanılmıştır.

Rota planında ziyaretlerin sırası şu şekilde anlatılmaktadır. Örneğin; "0,i,j,0" rotasında 0 depoyu, i ve j ise ziyaret edilecek düğümleri gösterildiği varsayılırsa; araç depoyu terk eder, i müşterisini ve daha sonra j müşterisini ziyaret eder ve depoya geri döner. Çözüm kodlamasında bu sıralama kullanılmıştır. Operatörler sadece rota planını değiştirirler. Homberger ve Gehring'in 2005 yılında planlamış oldukları mutasyon operatörleri, yapılan uygulamada kalite ve zaman sonuçlarının başarılı olmasından dolayı kullanılmıştır.

3.4.1.GENETİK OPERATÖR: MUTASYON(MUTATION)

Bir genin mutasyona uğraması herhangi iki genin yer değiştirmesidir. Algoritmada kullanılan yöntemde, bir kromozomun birden fazla geni mutasyona uğrayabildiği gibi mutasyon yüzdesinden dolayı bir kromozom mutasyona uğramadan da yeni popülasyona eklenebilmektedir. Mutasyonun amacı optimum yolu bulmaya çalışırken popülasyondaki kromozom çeşitliliğini sağlayarak arama uzayını yaymak, genişletmektir. Örneğin;

Aile 1 : D A G T F C P O B M X

Mutasyon

Birey : D A B T F C P O G M X

Yapılan uygulamada kullanılan operatörler 3 çeşittir:

$-m_2$ -opt : R'nin rotaların tümünü kapsayan bir simge olduğu varsayılmıştır. Bu çözümden iki rota $(r_1, r_2 \in R)$ rasgele seçilir. Bunlardan $r_1 = (0, \dots, i, j, k, l, \dots, 0)$ ve $r_2 = (0, \dots, m, n, o, p, \dots, 0)$ şeklindedir. Bu rotalarla birlikte iki tur rasgele seçilmişlerdir. Bu turlardan her ikisinde de rasgele iki noktadan kesilir. Örnek üzerinden anlatmak gerekirse ; r_1 'i j düğümünden sonra , r_2 'yi n düğümünden sonra kesilir ,birinci turun ilk kısmı ile ikinci turun ikinci kısmı birleştirilir ;diğerinde ise kalan kısımlar birleştirilir (birinci turun ikinci kısmı ile ikinci turun birinci kısmı) ve yeni turlar oluşturulur. Yeni turlar $r_{1yeni} = (0, \dots, i, j, o, p, \dots, 0)$ ve $r_{2yeni} = (0, \dots, m, n, k, l, \dots, 0)$ şeklinde oluşturulmaktadır. Sonuç olarak, m_2 -opt sezgiseli, bir turdaki iki kenarı siler, böylece

ture iki parçaya ayırır ve daha sonra bu parçaları ters çevirerek birleştirir . Böylece genetik algoritmanın yerel minimumlara takılma olasılığı büyük ölçüde azalır.²

-m_{insert}: Rasgele seçilmiş bir rotada, bir talep noktası rasgele seçilir. Başka bir rasgele rotaya rasgele bir pozisyonda eklenir.zm R rotalarını içermektedir.İki rota $(r_1, r_2 \in R)$ rasgele seçilir.Rasgele rotadan $r_1=(0,...,i,j,k,...,0)$ talep noktası j rasgele seçilir ve başka bir rota olan $r_2=(0,...,m,n,...,0)$ 'de m noktasından sonra rasgele bir noktaya eklenir.İki yeni rota oluşturulur; $r_{1yeni}=(0,...,i,k,...,0)$ ve $r_{2yeni}=(0,...,m,j,n,...,0)$. Ziyaret edilecek düğüm, r_1 rotasında azalırken, r_2 rotasında artmıştır.

-m_{interchange}: Farklı iki rotadan iki talep noktası seçilir ve birbiriyle değiştirilir. zm R rotalarını içermektedir. Çözümden iki rota $(r_1, r_2 \in R)$ seçilir.Rota $r_1=(0,...,i,j,k,...,0)$ 'dan talep noktası j rasgele seçilir, rota $r_2=(0,...,l,m,n,...,0)$ 'den talep noktası m rasgele seçilir. Talep noktaları birbiriyle değiştirilir. Yeni iki rota oluşur, bunlar, $r_{1yeni}=(0,...,i,m,k,...,0)$ ve $r_{2yeni}=(0,...,l,j,n,...,0)$ şeklindeedir.

Bu operatörlere ek olarak Homberger ve Gehring'in incelediği bir yerel optimizasyon operatörü daha vardır. Literatürde uygulamalarda sıkça kullanılan operatörün adı *m_{yerel arama}* 'dır.

Rotaların sayılarını minimize etmeye sağlayan bir çeşit operatördür. Her uygulandığında, rasgele periyotta en kısa rotayı seçer. rnek vermek gerekirse, çözümün R rotalarını içerdiğini varsayılırsa, bu rotalardan güzergahında en az ziyaret edilecek noktası olan tur seçilir (en az düğümlü). Bu tur çözümden çıkarılır. Çıkarılan bu turdaki uğranılması gereken düğümler, R çözümündeki diğer turlara atanır. Düğümler atanırken dikkat edilmesi gereken husus yerleştirilecekleri tur, kendilerine en yakın olan turlar olmalarıdır. Böylelikle R çözümündeki bir tur boşaltılmış olacaktır. Örneğin R çözümünde 12 tur var ise, yerel arama ile 11 e, sonrasında tekrar yerel arama ile 10 tura kadar inebilecektir. Burada mühim olan kısıtlara uygunluktur. Kısıtlara uygunluk sağlandığı müddetçe tur azaltımı devam

² Barış zkan,Utku Cevre,Aybars Uğur, "Melez Bir Eniyilem Yöntemi İle Rota Planlama", Akademik Bilişim, 2008,s.177.

etmektedir. GA'lar yerel arama sezgileri ile beraber kullanıldıklarında gerçekten kaliteli sonuçlar üretmektedirler. ³

Oluşturulan Matlab Programında $m_2\text{-opt}$, m_{insert} ve $m_{\text{interchange}}$ operatörleri tek tek seçilip çalışabilirliğinin yanı sıra aynı zamanda karma olarak da çözümlenebilmektedir. Yapılan uygulamada ilk 3 yöntemden birisi rasgele olarak seçilmekte ve ilgili nesil için seçilen bu operatör kullanılmaktadır. Bu şekilde daha hızlı ve iyi bir sonuç elde edilmiştir Böylece değişik nesiller için farklı mutasyon operatörleri kullanılmıştır.

3.4.2.GENETİK OPERATÖR: ÇAPRAZLAMA OPERATÖRÜ (CROSSOVER OPERATOR)-ROUTE CROSSOVER ROUTEX

Çaprazlama operatöründe iki bireyin birleştirilmesiyle yeni birey elde edilir. Uygulamada kullanılan çaprazlama operatörü route crossover routex'dir. Bir tura yeni bir tur eklemeyi sağlayan bu operatöre bir örnek vermek gerekirse;bir güne ait rasgele 2 tur planının seçildiğini varsayalım.

$$r_1=[(\underline{a},\underline{c},\underline{e});(\underline{f},\underline{k},\underline{g});(\underline{b},\underline{h},\underline{i})]$$

$$r_2=[(\underline{c},\underline{h},\underline{k});(\underline{a},\underline{g},\underline{e});(\underline{f},\underline{b},\underline{i})] \text{ şeklindedir.}$$

Bu tur planlarından ikincisinden rasgele bir tur seçilir. r_2 'den altı çizili turun seçildiğini düşünelim. Seçilen bu turdaki düğümler; r_1 tur planından tek tek silinir ve 4.tur olarak eklenir. Oluşan yeni tur şu şekil olur: $r_3=[(\underline{c});(\underline{f},\underline{k});(\underline{b},\underline{h},\underline{i});(\underline{a},\underline{g},\underline{e})]$ İlk etapta tur sayısını artırdığı için başarısız bir operatör gibi gözükse de çeşitliliği sağlaması sonuçları iyileştirmiştir. Crossover yöntemlerinden biri olan routex'in kodu aşağıda belirtilmiştir:

```
function T1=cross_routex(T1,T2)
%T1=P{i};
%T2=P{j};
p1=ceil(rand*length(T2));
tur=T2{p1};
durum=length(T1)+1;

for i=1:length(T1)
```

³ H.D. Nguyen, Yoshihara I, Yamamori K, Yasunaga M, "Implementation of an Effective Hybrid GA for Large-Scale Traveling Salesman Problems", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics, Vol. 37, 2007, s. 92.

```

tur1=T1{i};
for j=1:length(tur)
    yer=find(tur1==tur(j));
    if length(yer)==1
        tur1(yer)=[];
    end
end
if length(tur1)>0
    T1{i}=tur1;
else
    durum=i;
end
end
T1{i+1}=tur;

```

3.4.3.GENETİK OPERATÖR: SEÇİM OPERATÖRÜ(SELECTION OPERATOR)- RULET TEKERLEĞİ SEÇİMİ (ROULETTE WHEEL SELECTION)

Bireylerin eşlenmesi, bireylerin uygunluk değerlerine göre yapılır. Bu seçimi yapmak için rulet tekerleği seçimi (roulette wheel selection), *turnuva seçimi* (Tournament Selection) gibi seçme yöntemleri vardır. Uygulamamızda rulet tekerleği seçme yöntemi kullanılmıştır. GA tarafından üretilen bireylerin sayısını belirlemede birkaç yol vardır.

Birbirine yakın parametrelerden kaçınmak için uygun bir seçim metodu kullanılmalıdır. Tekrar üretme başlangıcında basit bir yöntem "roulette wheel selection" (rulet tekerleğiyle seçim)'e göre bireylerin uygunluk değerlerini bir rulet tekerleğinde hazırlar. Rasgele tekerleğin döndürülmesinden sonra, bireyin bir sonraki nesil için seçilmesi, tekerlek üzerinde kapladığı alanla doğrudan bağlantılıdır. Bu yöntem düşük uygunluğa sahip bireylere de seçilme hakkı verir. Kromozomlar ne kadar iyiye, seçilme şansları o kadar fazladır.

3.4.4.GENETİK OPERATÖR: SIRALAMA ALGORİTMASI (RANK OPERATOR)

Kromozomların uygunluğunun sıralaması rulet tekerleğinde çok önemlidir. Örneğin en iyi kromozom uygunluğu tüm rulet tekerleğinin %90'ı ise diğer kromozomların seçilme şansları çok az olacaktır. Bundan dolayı, bu genetik operatör önce popülasyonu sıralamakta ve daha sonra her kromozomun uygunluğu bu sıralamaya göre dikkate alınmaktadır. Bundan sonra her kromozomun seçilme

haklı olacaktır. Yapılan uygulamada en uygun birey 1.sırada olmak üzere diğer bireyler uygunluklarına göre sıralanmışlardır.

3.4.5.PERSONEL ATAMA PROBLEMİ (PERSONEL ASSIGNMENT PROBLEM)

Personel devirlerinde farklı sezgiseller mevcuttur. Sezgiseller (Heuristic) diğer bir anlamıyla; bir düğümden (node) başka bir düğüme olan en kısa yolun maliyetini hesaplayan fonksiyonlar olarak bilinir. Değişken sayısı fazla olan denklemlerde optimal çözüme en yakın sonucu bulmayı sağlarlar. Her rota için üç alternatif ve maliyet hesaplamaları bulunmaktadır. Yapılan uygulama üç çeşit personel atama durumu sözkonusudur.

-Kendi ekibin, kendi araçların ve maliyeti: Kendi sürücünün fazla mesaisi x fazla mesai saati başına maliyeti x km olarak rotanın uzunluğu x km başına maliyet

-Kiralanmış personel, kendi araçların ve maliyeti: Saatlerde çalışma zamanı x saat başına maliyet x km ile rotanın uzunluğu x km başına maliyet

-Sözleşmeli araç ve şoför kiralama maliyeti: Saatlerde çalışma zamanı x saat başına maliyet.

Her periyot için tüm ekip şoförleri ve rotaları ile bir tablo oluşturulur. (Örneğin tablo 3.2) Uygunluk bu basamakta kontrol edilir. Bu da her sürücü/ rota birleşimi için 6-7 ve 10-12 kısıtlarının doğrulandığını ifade eder. Herhangi bir kısıt çiğnenirse, sürücünün rotayı sürmesine izin verilmez ve girişi de geçersiz işaretlenir.

Tablo 3.2:Sürücü/rota tablosu örneği

Sürücü	Rota				
	1	2	3	...	j
1	c_{11}	c_{21}	c_{31}	...	c_{j1}
2	c_{12}	c_{22}	c_{32}	...	c_{j2}
3	c_{13}	c_{23}	c_{33}	...	c_{j3}
...	...	...	...	...	...
i	c_{1i}	c_{2i}	c_{3i}	...	c_{ji}

Şoför atama sezgiseli olarak kullanılabilen methodlar ;

-Greedy assignment heuristic(açgözlü atama sezgiseli): 1'den 11'e periyotlar devredilir. Her periyotta, bütün rotalara şoförler atanıncaya kadar, minimum maliyetlerdeki şoför/rota birleşimleri seçilir.

-Adaptive assignment heuristic: Her periyotta seçilmiş aday listesi oluşturulur. Bu liste geçerli şoför/rota birleşimlerini içerir. Seçilmiş aday listesi şu şekilde oluşturulur; Şoför/rota birleşiminde c_{max} en yüksek maliyet, c_{min} de en düşük maliyet olarak belirlenirse, şoför/rota birleşiminin maliyeti $[c_{min}, c_{min} + \alpha(c_{max} - c_{min})]$ aralığında ise, seçilmiş aday listesine eklenir. Bu liste ile birlikte giriş rasgele olarak seçilir. α t aralığından t+1 aralığına indirilir ve son periyotlarda $\alpha=0$ olur.

-Random assignment heuristic(rasgele atama sezgiseli): Periyotlar rasgele seçilir. Her periyotta şoför/rota birleşimlerinden minimum maliyetli olanlar seçilir.

Araç rotalama ve kısa zamanlı personel planlama problemlerinin birleştirilmesindeki amaç rotalar ve şoförlerin maliyetlerini minimize etmektir. Uygunluk, çözümün maliyetidir ve hedef fonksiyonudur. Dolayısıyla uygulamada kullanılan sezgisel, minimum maliyetli şoför/rota bileşimini seçerek atamalarını gerçekleştirmiştir.

3.4.6.GENETİK ALGORİTMANIN KOD TASLAĞI

Öncelikle giriş basamağı Solomon II sezgiseli ile bir popülasyon yaratılır ve yeterli bireyler üretilene kadar devam edilir. Birçok popülasyon kazanmak için giriş sezgiseli olan Solomon II'ye rasgele değerler verilir. Sonuç tekrar optimize edilir. Aileler rulet tekerleği operatörü ile seçilir ve çaprazlama operatörü routex uygulanır. Yerel arama operatörü, $m_{yerel\ arama}$, mutasyan edilmelerinden önce seçilmiş bireylere uygulanır. Daha sonrasında mutasyan uygulanır. Mutasyon operatörleri, Tabu arama komşu operatörleri ile aynıdır. (m_{2-opt} , m_{insert} , $m_{interchange}$) Yeterli sayıda birey üretildikten sonra tüm bireyler yerleştirilir. En iyi bireyin yeni nesile kopyalama metodu olan seçkincilik devreye girer. Genetik algoritmanın kodu:

```
function
gson=genetikfonk(iter,uz,npop,elit,cizim,hiz,messaat,maxsaat,bekle,mutrate,lokalara
p)
tn=npop*(npop+1)/2;
```

```

tn2=2*npop*(2*npop+1)/2;
W=[];
Tur=solomoninit(uz,hiz,messaat,bekle);
for i=1:npop
    pop{i}=Tur;
    F(i,1)=fit1(Tur,uz,messaat,maxsaat);
    F(i,2)=i;
end
FF=sortrows(F,1);
P=cumsum((npop:-1:1)/tn);
for i=1:iter
    i
    for j=1:npop
        rr=rand;
        k=1;
        while P(k)<rr
            k=k+1;
        end
        r1=FF(k,2);
        % r1=ceil(npop*rand);
        rr=rand;
        k=1;
        while P(k)<rr
            k=k+1;
        end
        r2=FF(k,2);

        p=cross_routex(pop{r1},pop{r2});
        %p=pop{r1};

        karar=rand;
        Q=length(p);
        if Q>1
            if karar<1/3*mutrate
                p1=ceil(rand*Q);
                p2=ceil(rand*Q);
                while(p1==p2)
                    p2=ceil(rand*Q);
                end
                yb=xoverm2(p,p1,p2);
            elseif karar<2/3*mutrate
                p1=ceil(rand*Q);
                p2=ceil(rand*Q);
                while(p1==p2)
                    p2=ceil(rand*Q);
                end
                yb=xovermins(p,p1,p2);
            elseif karar<mutrate
                p1=ceil(rand*Q);
                p2=ceil(rand*Q);
                while(p1==p2)
                    p2=ceil(rand*Q);
                end

                yb=xoverminter(p,p1,p2);
            end
        end
    end
end

```

```

        else
            yb=p;
        end
    else
        yb=p;
    end
    Y2=yb;
    % if rand<mutrate
    % %yb=mutasyon(yb);
    % yb=lokalara(yb,uz,messaat,maxsaat);
    % end
    Y3=yb;
    if rand<lokalarap

        if length(yb)>2
            ybb=localsil2(yb,uz);
        else
            ybb=yb;
        end

        while length(ybb)>2 &
fit1(ybb,uz,messaat,maxsaat)<fit1(yb,uz,messaat,maxsaat)
            yb=ybb;
            ybb=localsil2(yb,uz);
        end
    end

    %yb=lokalara(yb,uz);

    pop{j+npop}=yb;
    F(j+npop,1)=fit1(yb,uz,messaat,maxsaat);
    F(j+npop,2)=j+npop;

end
FF=sortrows(F,1);
P=cumsum((2*npop:-1:1)/tn2);
for j=1:elit
    ypop{j}=pop{FF(j,2)};
    yF(j,1)=F(FF(j,2));
    yF(j,2)=j;
end

for j=elit+1:npop
    rr=rand;
    k=1;
    while P(k)<rr
        k=k+1;
    end
    r1=FF(k,2);
    ypop{j}=pop{r1};
    yF(j,1)=F(r1,1);
    yF(j,2)=j;
end
pop=ypop;
F=yF;

```

```

FF=sortrows(F,1);
P=cumsum((npop:-1:1)/tn);
if cizim
    figure(1);
    W=[W FF(1,1)];
    plot(1:length(W),W,'r*');
    axis([0 100 min(W)-10 max(W)+10]);
    pause(0.01);
end

```

3.4.7.TABU ARAMA KOD TASLAĞI

Başlangıç basamağında bir çözüm üretilir. Bu çözüm uygun bir rota planı oluşturulmasını sağlayan Solomon II sezgiseli kullanılarak yapılır; sonrasında personel ataması uygulanır ve kalite değerlendirilir. Yerel optimizasyon operatörü *m_{yerel arama}* uygulanır. Sonrasında üç komşu operatörden üçü rasgele seçilir ve rota planına uygulanır. Üç operatör için de olasılık seçimi eşittir. Eğer sonuçlanan rota planı uygun değilse, elenir ve uygun bir rota planı üretilene kadar işlem tekrarlanır. Sonrasında personel atama sezgiseli yürütülür ve rota planına yol gösteren hareket tabu listesine eklenir. Son olarak da yeni çözümün maliyeti değerlendirilir. Araştırma yinlemede en iyi çözümü bulana kadar devam eder. Eğer adımlardan elde edilen sonuç, kendinden daha önceki adımlarda elde edilmiş en iyi sonuçtan daha iyi ise, referans kabul edilir; değil ise tabu listesine eklenir. Tabu arama algoritmasının kodu:

```

function
globalbest=tabufonk(iter,uz,npop,cizim,hiz,messaat,maxsaat,bekle,listeboy,lokaloran)
global index;
index=0;
tboy=listeboy;
TL=[];
Tur=solomoninit(uz,hiz,messaat,bekle);
s=Tur;
F=fit1(Tur,uz,messaat,maxsaat);
globalbest=s;
globalbestF=F;
iterbest=s;
iterbestF=F;

neighbor=npop;
G=[globalbestF];
if cizim
    figure;
    hold on;
end

```

```

for i=1:iter/neighbor

    s=iterbest;

F=iterbestF;
    for counter=1:neighbor

        ss=s;
        if rand<lokaloran
            if length(ss)>2
                sss=localsil2(ss,uz);
            else
                sss=ss;
            end
            while length(sss)>2 &
fit1(sss,uz,messaat,maxsaat)<fit1(ss,uz,messaat,maxsaat)
                ss=sss;
                sss=localsil2(ss,uz);
            end
        end

        sss=ss;
        k=1;
        while k<tboy & length(sss)>2 &
fit1(sss,uz,messaat,maxsaat) >= fit1(ss,uz,messaat,maxsaat)
            karar=rand;
            Q=length(ss);
            if Q>1
                if karar<1/3
                    p1=ceil(rand*Q);
                    p2=ceil(rand*Q);
                    while (p1==p2)
                        p2=ceil(rand*Q);
                    end
                    sss=xoverm2(ss,p1,p2);
                elseif karar<2/3
                    p1=ceil(rand*Q);
                    p2=ceil(rand*Q);
                    while (p1==p2)
                        p2=ceil(rand*Q);
                    end
                    sss=xovermins(ss,p1,p2);
                else
                    p1=ceil(rand*Q);
                    p2=ceil(rand*Q);
                    while (p1==p2)
                        p2=ceil(rand*Q);
                    end
                    sss=xoverminter(ss,p1,p2);
                end
            end
        else
            sss=ss;
        end
        k=k+1;
    end
end

```

```

TL=tabulistekle(sss,TL,tboy);
sssF=fit1(sss,uz,messaat,maxsaat);

if sssF<iterbestF
    iterbestF=sssF;
    iterbest=sss;

end

if sssF<globalbestF
    globalbestF=sssF;
    globalbest=sss;
end
G=[G globalbestF];
if cizim
    plot(1:length(G),G,'r*');
    axis([0 iter min(G)-10 max(G)+10]);
    pause(0.01);
end

```

Genetik algoritması ile oluşan çözüm parametreleri:

Tablo.3.3:Genetik Algoritması çözüm parametreleri

Çalışma sayısı	1	2	3	4
İterasyon	100	100	100	100
Populasyon	50	50	50	50
Myerelaramav	0.25	0.5	0.75	1
Mutasyon oranı	0.25	0.25	0.25	0.25
Çaprazlama operatörü	Routex	Routex	Routex	Routex
Seçim operatörü	Roulette	Roulette	Roulette	Roulette
Kalite	10664,142	10568,16	10622,755	10507,628
Çalışma sayısı	5	6	7	8
İterasyon	100	100	100	100
Populasyon	50	50	50	50
Myerelaramav	0.25	0.5	0.75	1
Mutasyon oranı	0.5	0.5	0.5	0.5
Çaprazlama operatörü	Routex	Routex	Routex	Routex
Seçim operatörü	Roulette	Roulette	Roulette	Roulette
Kalite	10456,545	10533,262	10534,973	10447,488
Çalışma sayısı	9	10	11	12
İterasyon	100	100	100	100
Populasyon	50	50	50	50

Myerel aramav	0.25	0.5	0.75	1
Mutasyon oranı	0.75	0.75	0.75	0.75
Çaprazlama operatörü	Routex	Routex	Routex	Routex
Seçim operatörü	Roulette	Roulette	Roulette	Roulette
Kalite	10424,291	10453,767	10435,614	<u>10409,139</u>

Çalışma sayısı	13	14	15	16
İterasyon	100	100	100	100
Populasyon	50	50	50	50
Myerel aramav	0.25	0.5	0.75	1
Mutasyon oranı	1	1	1	1
Çaprazlama operatörü	Routex	Routex	Routex	Routex
Seçim operatörü	Roulette	Roulette	Roulette	Roulette
Kalite	10432,618	10508,827	10430,956	10480,915

Tabu arama algoritması ile oluşan çözüm parametreleri:

Tablo.3.4:Tabu Arama Algoritması çözüm parametreleri

Çalışma sayısı	1	2	3	4
İterasyon	100	100	100	100
Tabu liste boyu	10	10	10	10
Komşu ölçü	5	5	5	5
Myerelarama	0.25	0.5	0.75	1
En Kötü Kalite	10583,638	10544,597	10522,424	10524,764
En İyi Kalite	10538,137	10445,816	10471,257	10511,309
Test sayısı	2	2	2	2
Ortalama kalite	10560,887	10495,206	10496,841	10518,037

Çalışma sayısı	5	6	7	8
İterasyon	100	100	100	100
Tabu liste boyu	10	10	10	10
Komşu ölçü	30	30	30	30
Myerelaramav	0.25	0.5	0.75	1
En Kötü Kalite	10559,490	10514,938	<u>10639,849</u>	10487,036
En İyi Kalite	10487,189	10415,140	10591,410	10380,426
Test sayısı	2	2	2	2
Ortalama kalite	10523,34006	10465,03967	10615,630	10433,731

Çalışma sayısı	9	10	11	12
İterasyon	100	100	100	100
Tabu liste boyu	20	20	20	20
Komşu ölçü	5	5	5	5
Myerelarama	0.25	0.5	0.75	1
En Kötü Kalite	10443,528	10392,743	10555,871	10513,659
En İyi Kalite	10432,766	10380,060	<u>10372,997</u>	10489,929
Test sayısı	2	2	2	2
Ortalama kalite	10438,147	<u>10386,401</u>	10464,43434	10501,794

Çalışma sayısı	13	14	15	16
----------------	----	----	----	----

İterasyon	100	100	100	100
Tabu liste boyu	20	20	20	20
Komşu ölçü	30	30	30	30
Myerelarama	0.25	0.5	0.75	1
En Kötü Kalite	10507,688	10501,840	10465,343	10462,606
En İyi Kalite	10460,251	10484,043	10379,086	10425,856
Test sayısı	2	2	2	2
Ortalama kalite	10483,969	10492,942	10422,215	10444,231

Genetik algoritmanın uygulamasında baz alınan parametreler; popülasyon 50, $m_{yerel\ arama}=1$, mutasyon 0.75, iterasyon 100 iken en iyi değeri vermiştir. Onaltı çalışmanın içinde en düşük haftalık maliyet 10.409TL'dir. Personel çizelgelemesi ise aşağıdaki gibidir.

Tablo.3.5: Genetik Algoritması personel çizelgeleme

	P	S	Ç	P	C	CT
Öntaşıma tur sayısı	8	9	7	10	6	6
Sontasıma tur sayısı	7	7	9	5	0	0
Kiralanacakşoför sayı	5	5	5	4	2	2
Kiralanacak arac&şoför sayı	3	4	4	5	1	1
Kiralıkşoför saat	357					
Toplam yol(km)	6706					

Genetik algoritma çözümüne göre firma personeline ek olarak Pazartesi 6 tane kiralama şoför, 3 adet sözleşmeli araç ve şoföre ihtiyaç vardır. Firmanın kendine ait 5 aracı ve 3 şoförü mevcuttur. Ön taşımada 8 tur olduğuna göre 3 adet araca daha ihtiyaç vardır. Üç adet sözleşmeli araç ve şoför temin edilmelidir. Firma araçlarına da 2 tane kiralama şoför gereklidir. Posta taşımada da 8 tur mevcuttur, bu turlarda da 4 adet kiralama şoför kullanılmıştır. Ön taşıma çalışma süresi 9 saat olduğundan firma personeline çalıştırmak, posta taşımada ise kiralama şoför kullanmak hem maliyeti düşürecek hem de firma personelinin daha verimli çalıştırılmasını sağlayacaktır. Toplam katedilen yol 6,706 kilometredir. Personelin verimli kullanımı, günlük çalışma saati olan sekiz saatle kıyaslanabilir. Firma personeli sekiz saati aştığında mesai ödendiği Bölüm 2'de belirtilmiştir. Fazla mesai ücreti, mesai ücretinin 1,5 katı olmasına rağmen firma personeline fazla mesai yaptırmak şoför kiralamaktan daha az maliyetli olmaktadır. Aşağıdaki sonuçlardan genetik algoritmanın Matlab ile çözümünde ön taşıma süresi olan 9 saat, posta taşıma

süresi olan 4 saatin aşılmadığı ve firma personeline fazla mesai verilmesinin tercih edildiği gözlemlenmektedir.

Tablo.3.6:Genetik Algoritması ön-posta taşıma tur zamanları

Tur zamanı-ön taşıma	P	7,99	8,613	8,64	8,62	8,4	8	7,87	7,22	0	0
	S	8	8,923	8,72	7,34	5,8	7	7,9	8,09	0	0
	Ç	7,94	7,908	7,71	7,68	8,7	7	7,55	6,64	8,58	0
	P	8,27	8,738	8,82	7,89	8,4	8	8,26	0	0	0
	C	7,97	8,032	7,96	7,84	8,4	8	7,47	8,98	8,29	7,4
	CT	8,61	8,051	8,31	7,99	7,4	7	0	0	0	0

Tur zamanı son taşıma	P	3,72	3,677	3,74	3,74	3,9	4	3,75	2,5	0
	S	3,91	3,687	3,95	3,82	3,7	4	0,55	0	0
	Ç	3,7	3,902	3,73	3,78	3,9	4	2,59	0	0
	P	3,66	3,862	3,64	3,8	3,8	4	3,75	3,81	2,17
	C	3,19	3,216	3,2	1,92	2,5	0	0	0	0

Tabu arama algoritmasının uygulamasında baz alınan parametreler; $m_{yerel\ arama} = 0,5$; komşu sayısı 5, tabu listesi 20; iterasyon 100 iken en iyi değeri vermiştir. Onaltı çalışmanın içinde en düşük haftalık ortalama maliyet 10.386TL'dir. Personel çizelgelemesi ise aşağıdaki gibidir.

Tablo.3.7:Tabu Arama Algoritması personel çizelgeleme

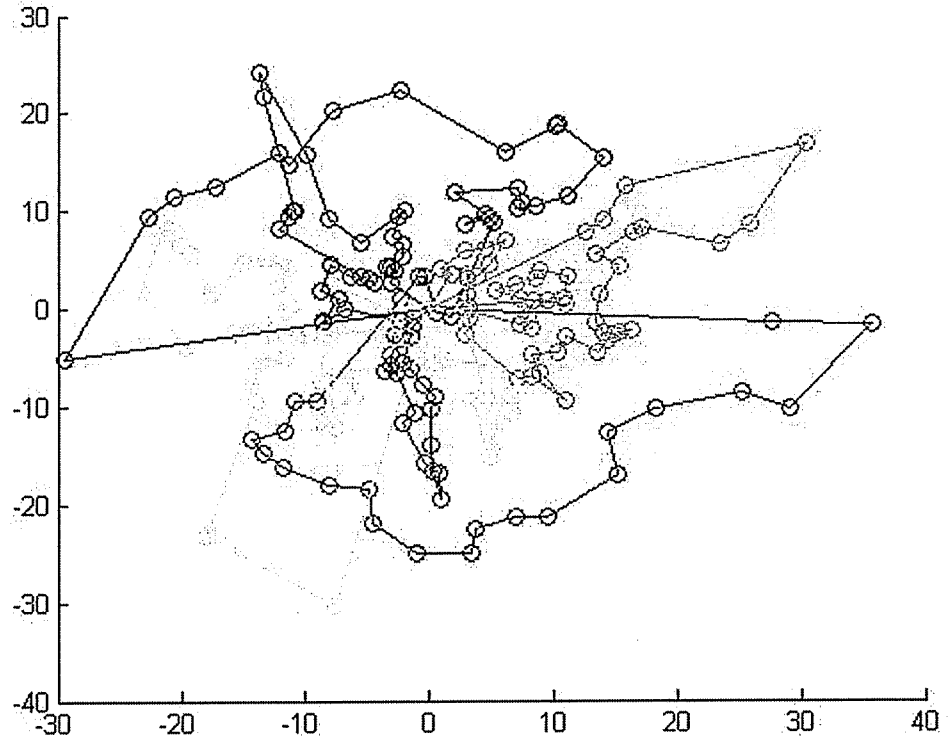
	P	S	Ç	P	C	CT
Öntaşıma tur sayısı	8	8	9	8	10	6
Sontaşıma tur sayısı	8	6	7	9	4	0
Kiralanacakşoför sayı	6	5	5	5	4	2
Kiralanacak arac&şoför sayı	3	3	4	4	5	1
Kiralıkşoför saat	351	0	0	0	0	0
Toplam yol(km)	6687					

Her iki algoritmanın çözümleri karşılaştırıldığında, kiralık şoför saatinin genetikde 357 saat iken tabu aramada 351 saat; toplam yolun ise genetikte 6706 km iken tabu aramada 6687 km olduğu sonucuna varılmaktadır. Her iki algoritmanın en iyi çözümleri kıyaslandığında, tabu arama algoritmasının araç rotalamada daha başarılı sonuçlar verdiği söylenebilir. Tabu arama algoritmasının personel çizelgeleme sonuçlarına göre fazla mesai ücreti ödemenin tercih edilerek, firma personelinin çalıştırılmasının seçildiği gözlemlenebilir.

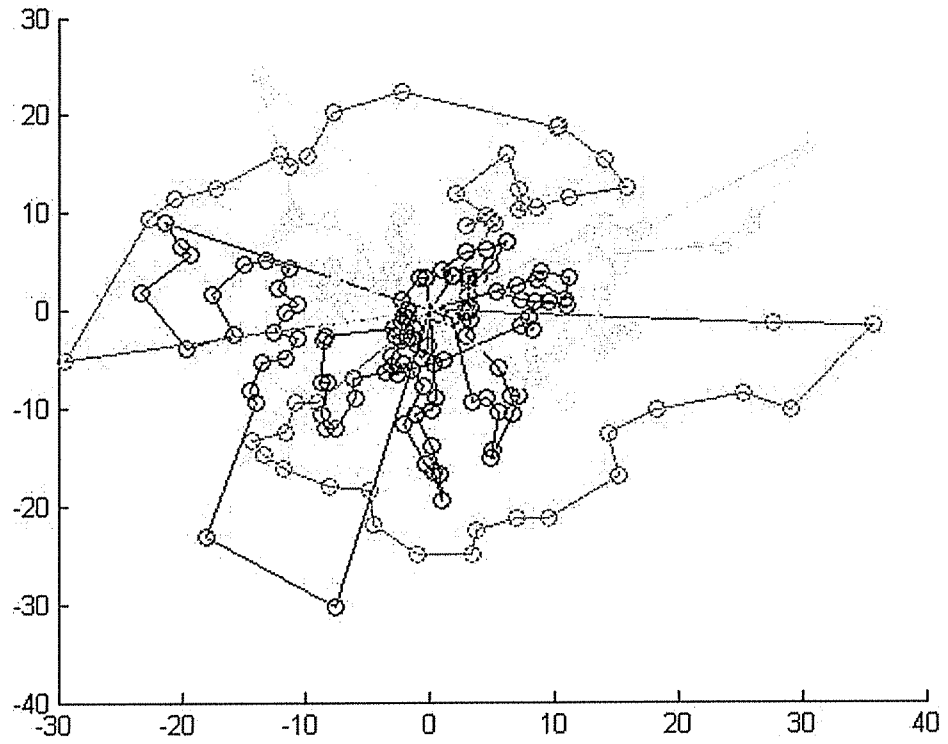
Tablo.3.8:Tabu Arama Algoritması ön-posta taşıma tur zamanları

Tur zamanı-ön taşıma	P	8,96	8,37	8,93	8,31	8,4	6,16	8,8	7,7	0	0
	S	8,8	8,89	8,77	6,6	7,2	5,83	7,9	7,5	0	0
	Ç	8,51	8,56	8,49	7,7	7,7	7,62	7,6	7,2	7,4	0
	P	8,58	8,57	8,93	7,5	7,6	7,33	5,4	4,4	0	0
	C	8,99	8,13	8,62	8,09	6,4	8,69	7,9	8,4	7,4	8
	CT	8,36	8,16	8,74	6,41	7,2	8,86	0	0	0	0
Tur zamanı son taşıma	P	3,56	2,39	3,74	3,76	3,7	3,54	4	3,8	0	
	S	3,66	3,95	3,63	3,87	3,8	3,83	0	0	0	
	Ç	3,97	3,69	3,93	3,78	3,9	3,66	2,4	0	0	
	P	3,66	3,87	3,95	3,81	3,5	3,79	4	2,9	2,7	
	C	3,82	2,85	3,39	3,5	0	0	0	0	0	

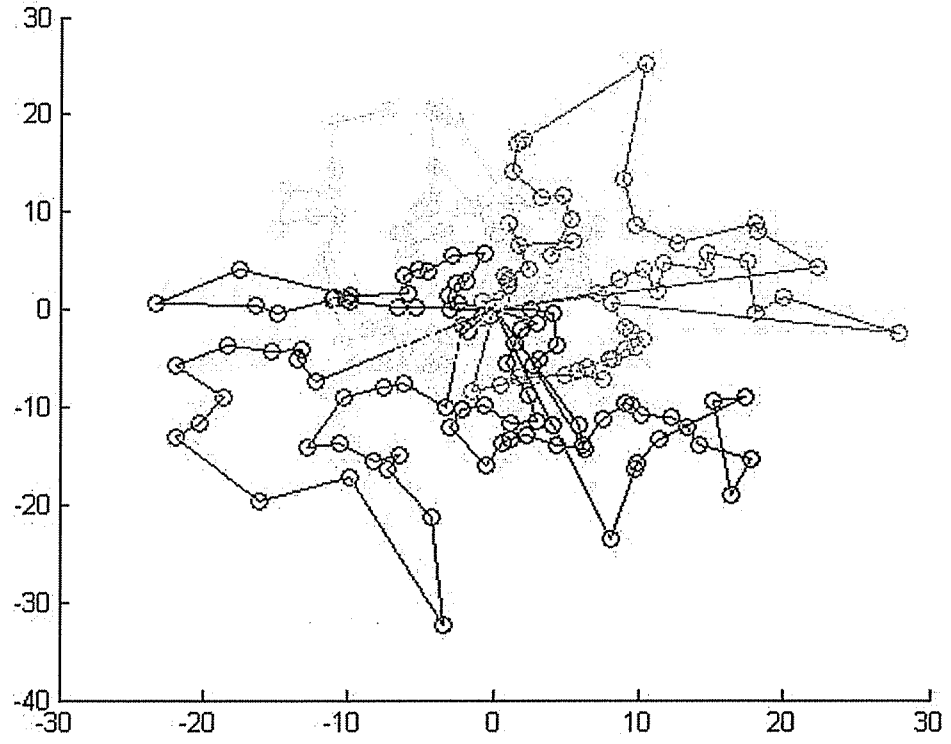
Minimum maliyet için optimize edilmiş tur güzergahları farklı renklerle gösterilmiştir. (0,0) koordinatı depoyu göstermektedir. Tabu arama ve Genetik algoritmalarının ön taşıma ve posta taşıma grafikleri aşağıdaki gibidir.



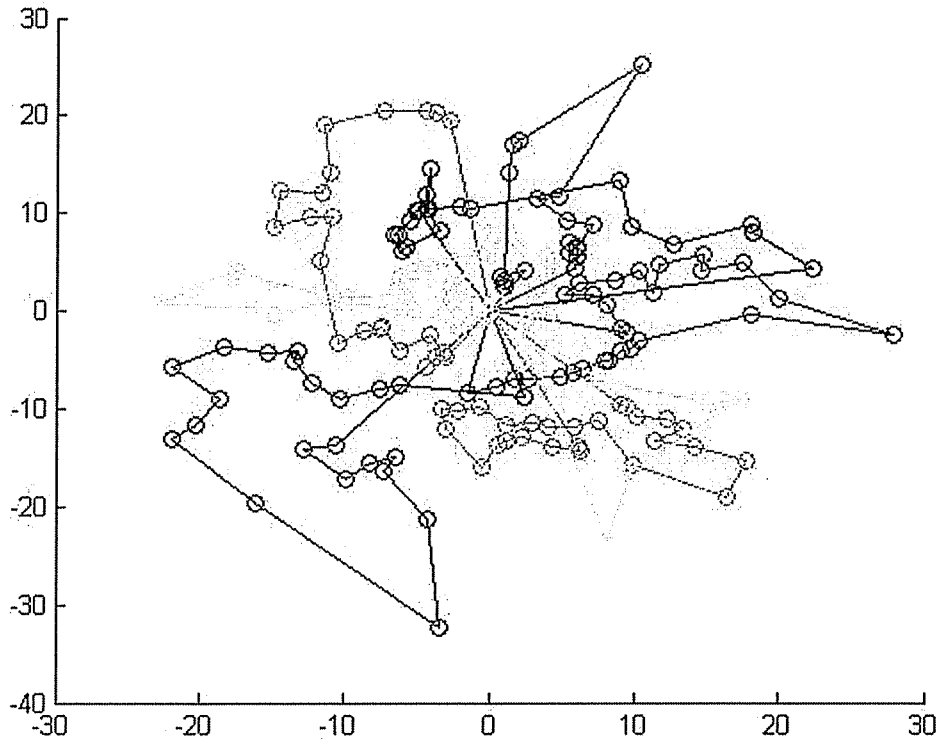
Şekil 3.2:Tabu Arama Algoritması Pazartesi Ön Taşıma Rotası



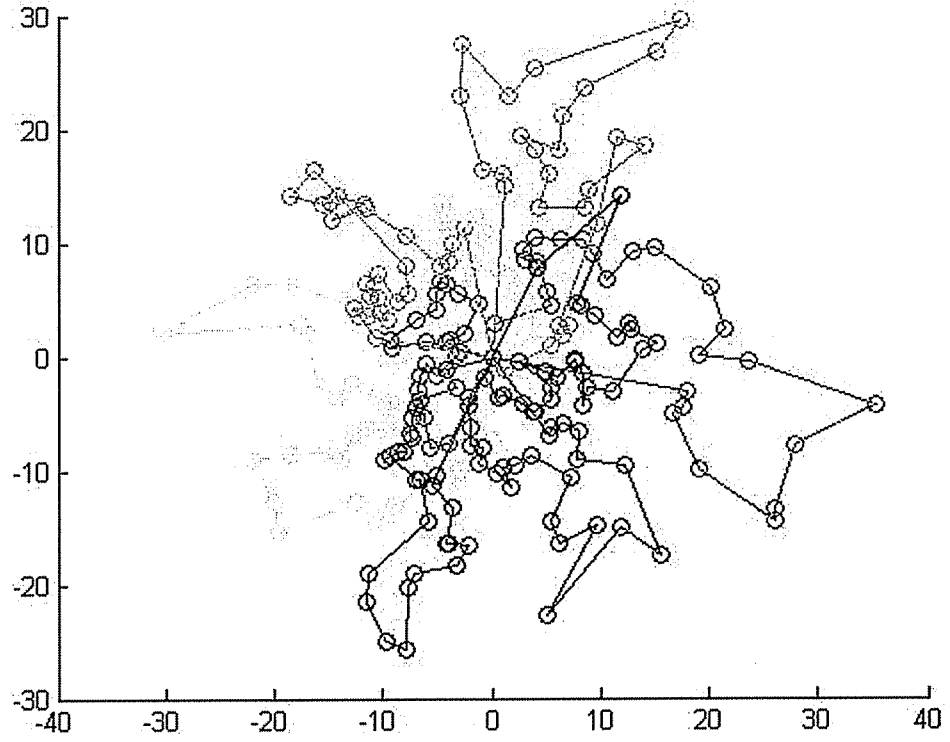
Şekil 3.3:Genetik Algoritması Pazartesi Ön Taşıma Rotası



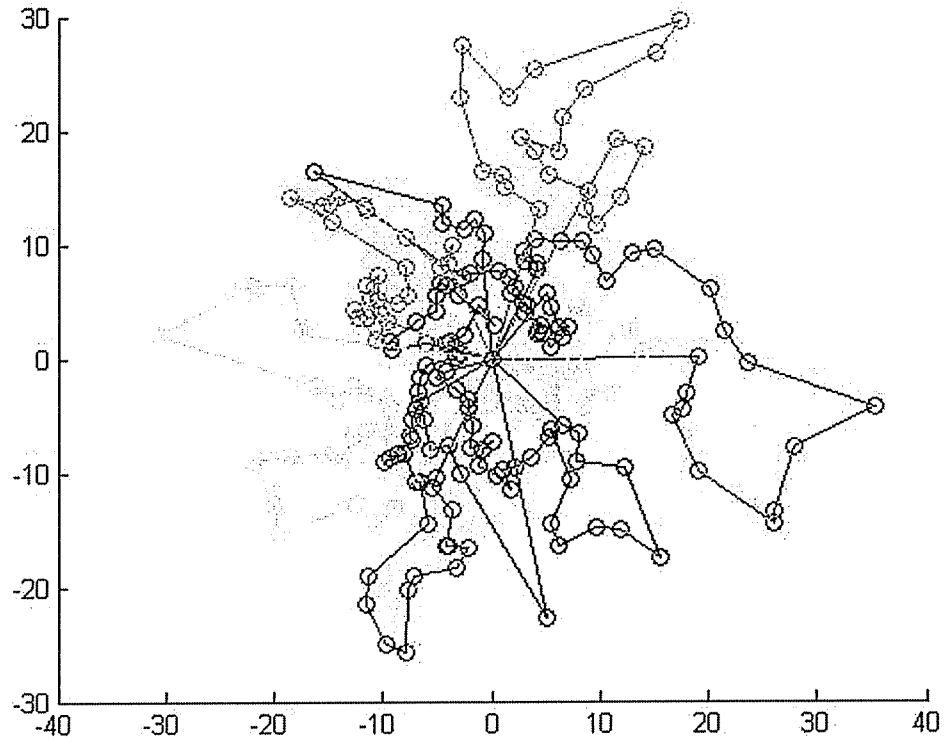
Şekil 3.4:Tabu Arama Salı Ön taşıma Rotası



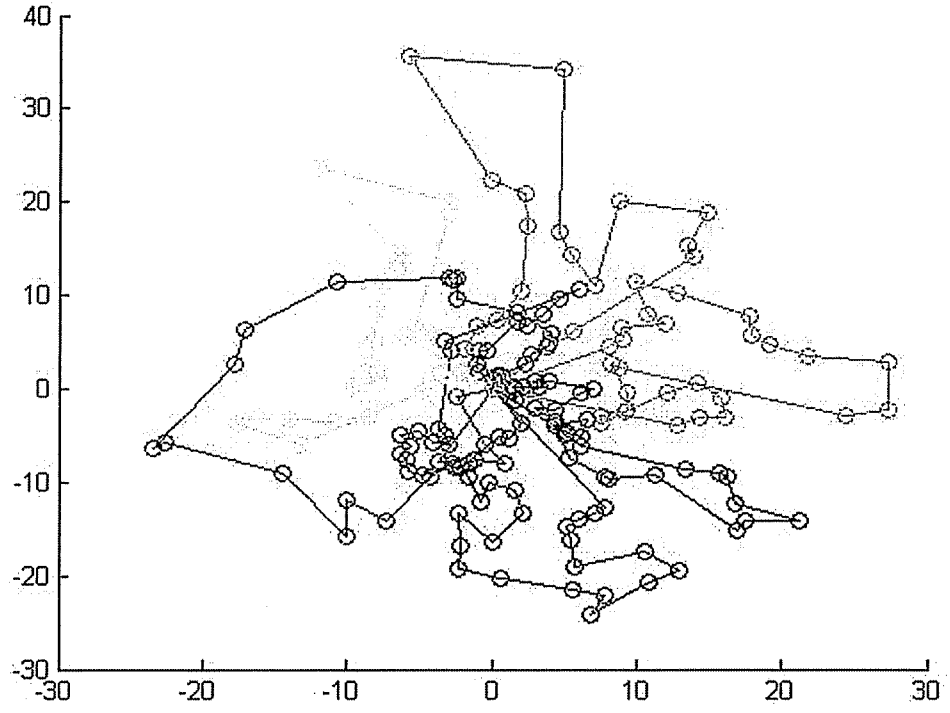
Şekil 3.5:Genetik Algoritması Salı Ön Taşıma Rotası



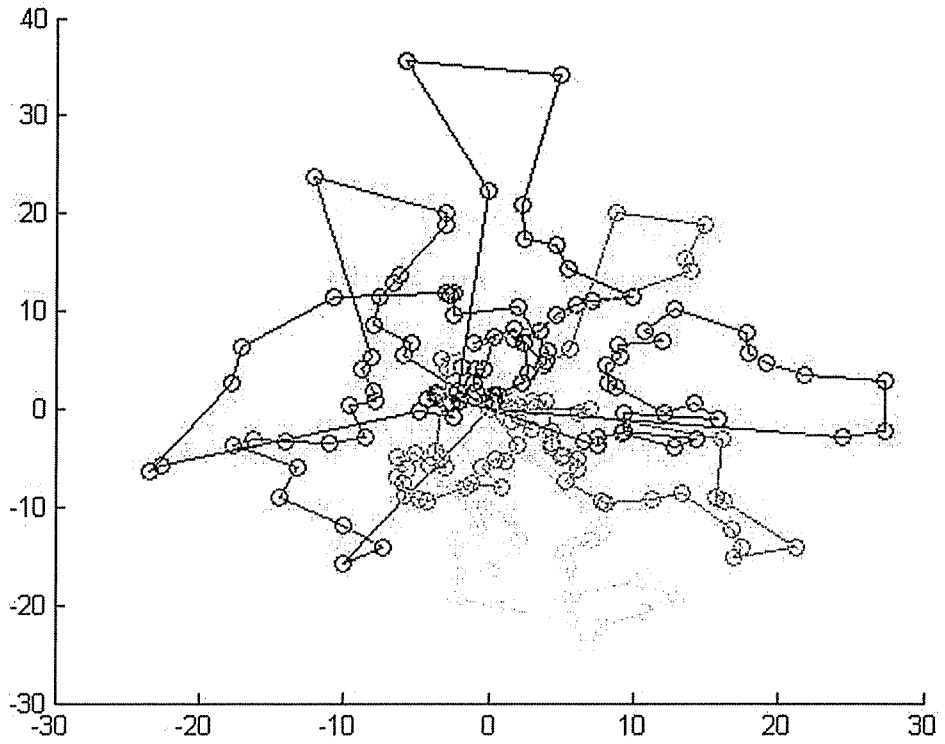
Şekil 3.6:Tabu Arama Çarşamba Ön taşıma Rotası



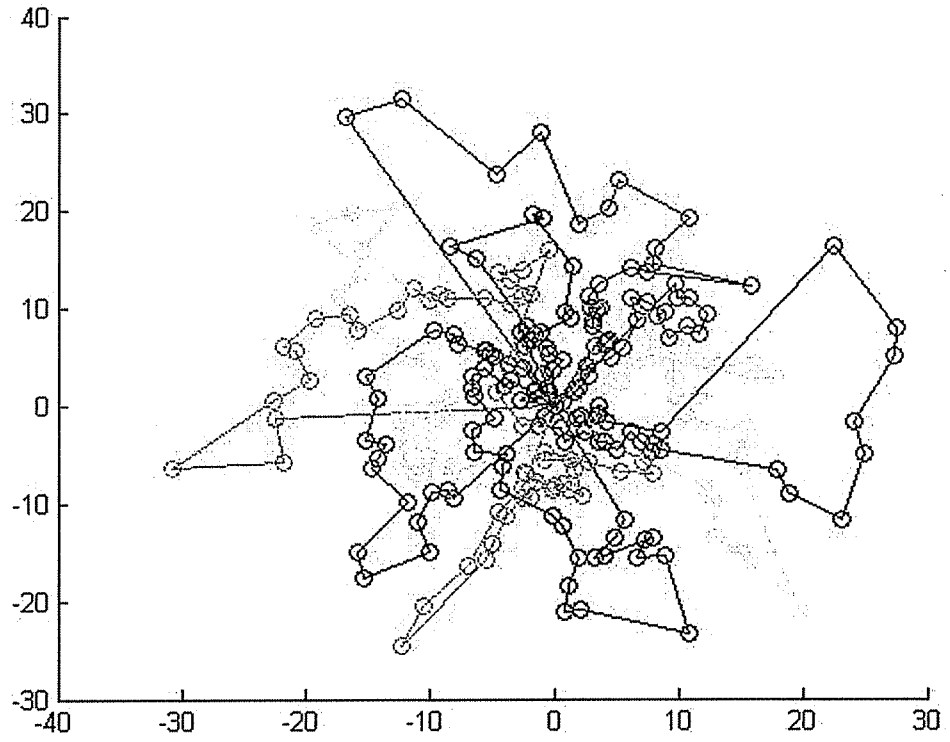
Şekil 3.7:Genetik Algoritması Çarşamba Ön Taşıma Rotası



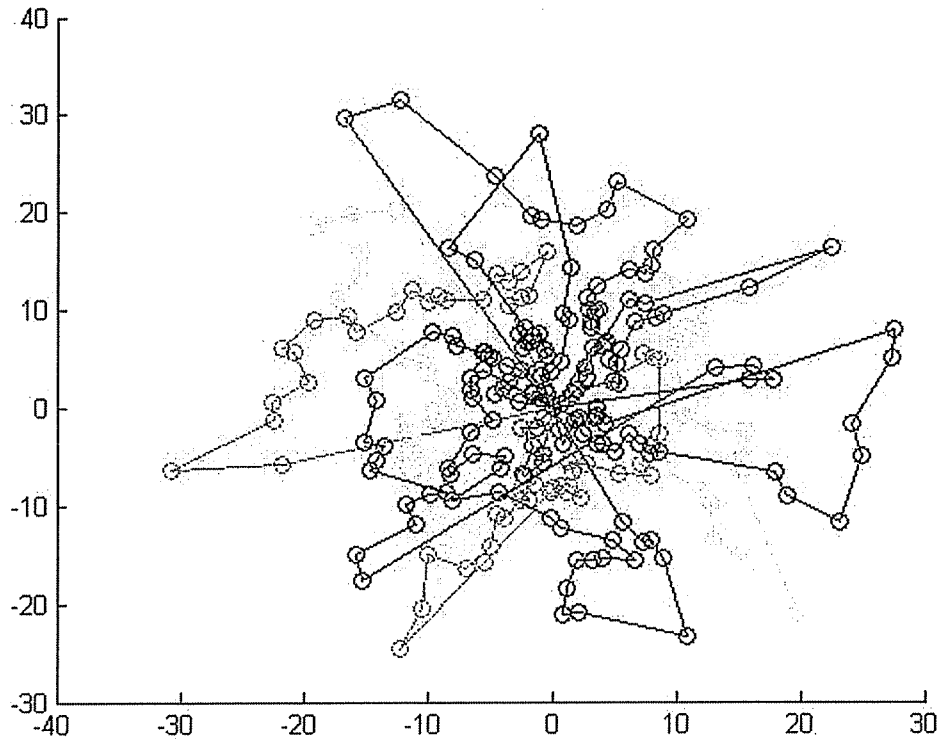
Şekil 3.8:Tabu Arama Perşembe Ön taşıma Rotası



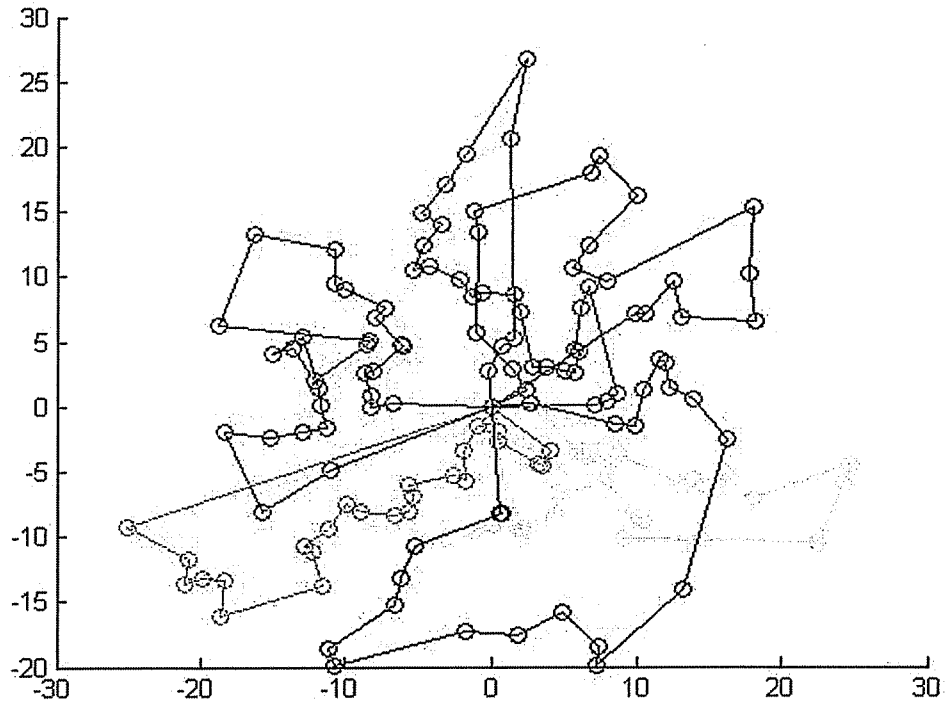
Şekil 3.9:Genetik Algoritması Perşembe Ön Taşıma Rotası



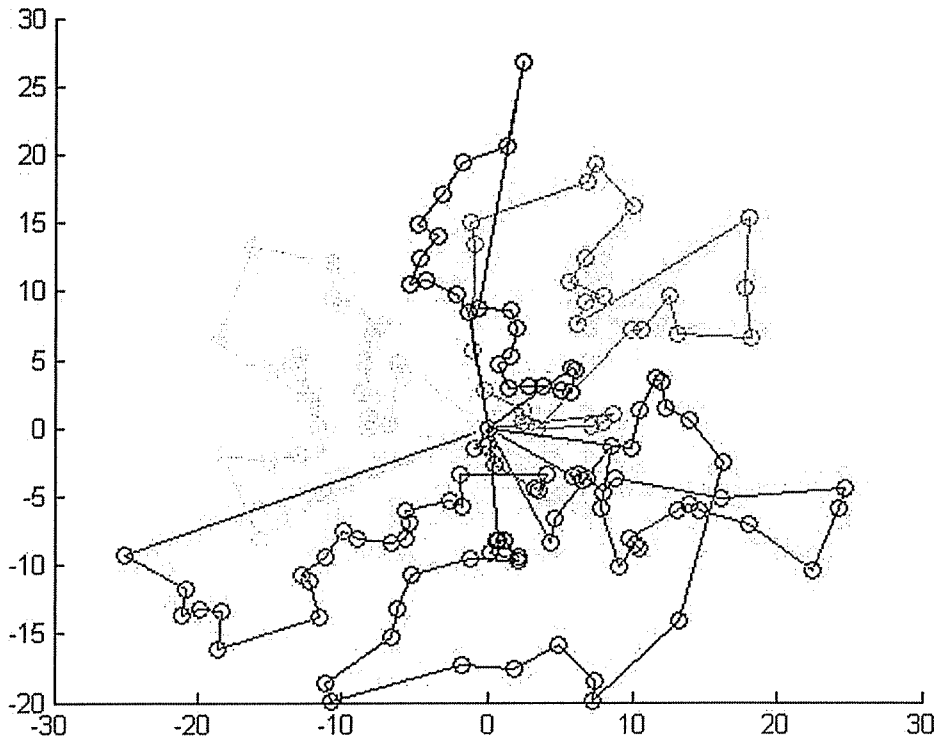
Şekil 3.10:Tabu Arama Cuma Ön taşıma Rotası



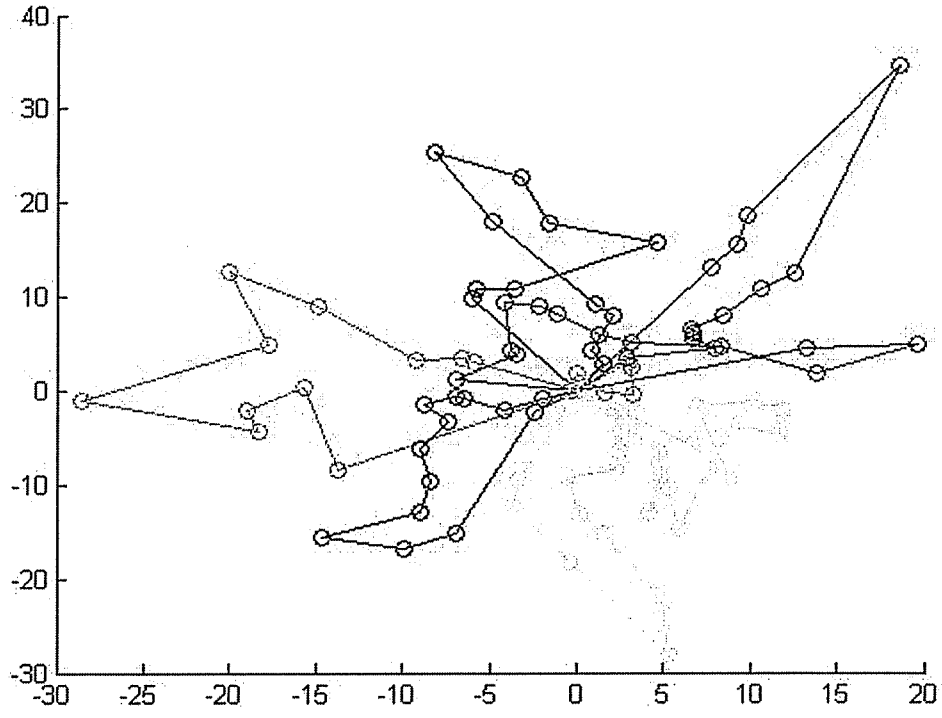
Şekil 3.11:Genetik Algoritması Cuma Ön Taşıma Rotası



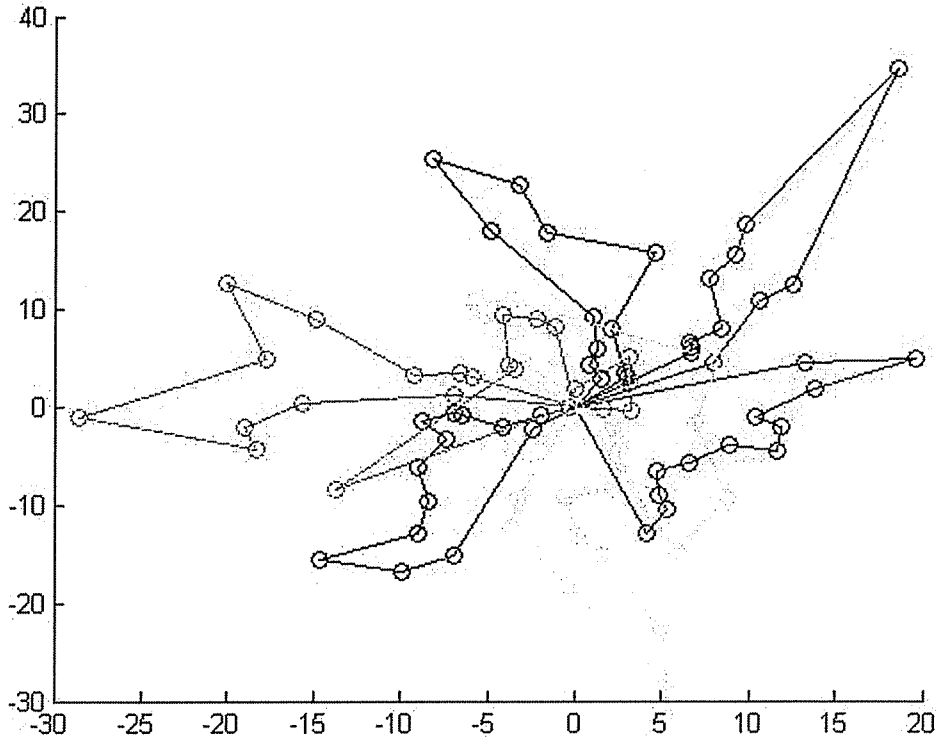
Şekil 3.12:Tabu Arama Cumartesi Ön taşıma Rotası



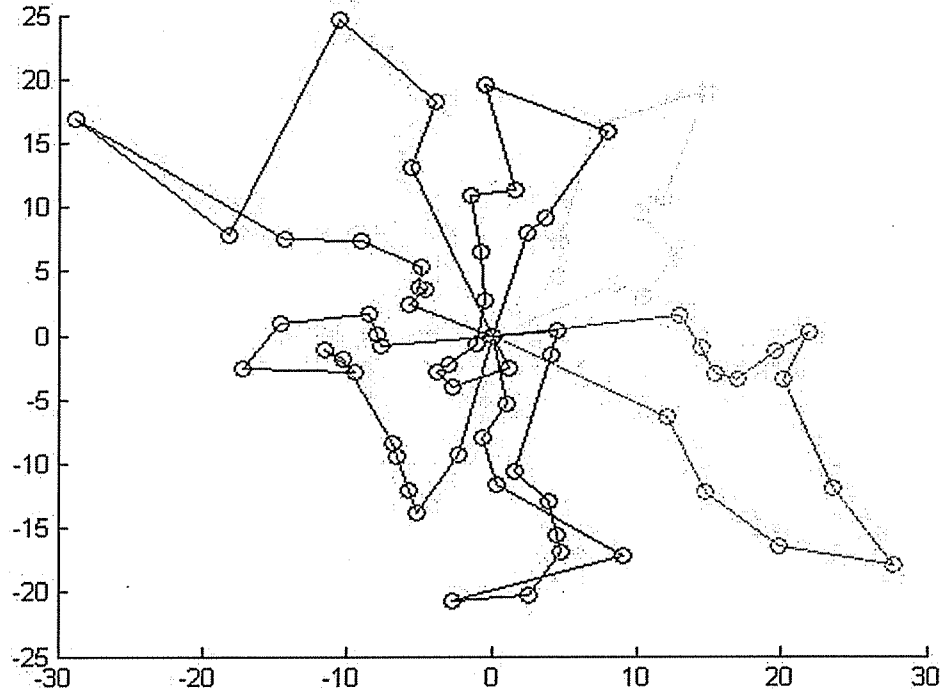
Şekil 3.13:Genetik Algoritması Cumartesi Ön Taşıma Rotası



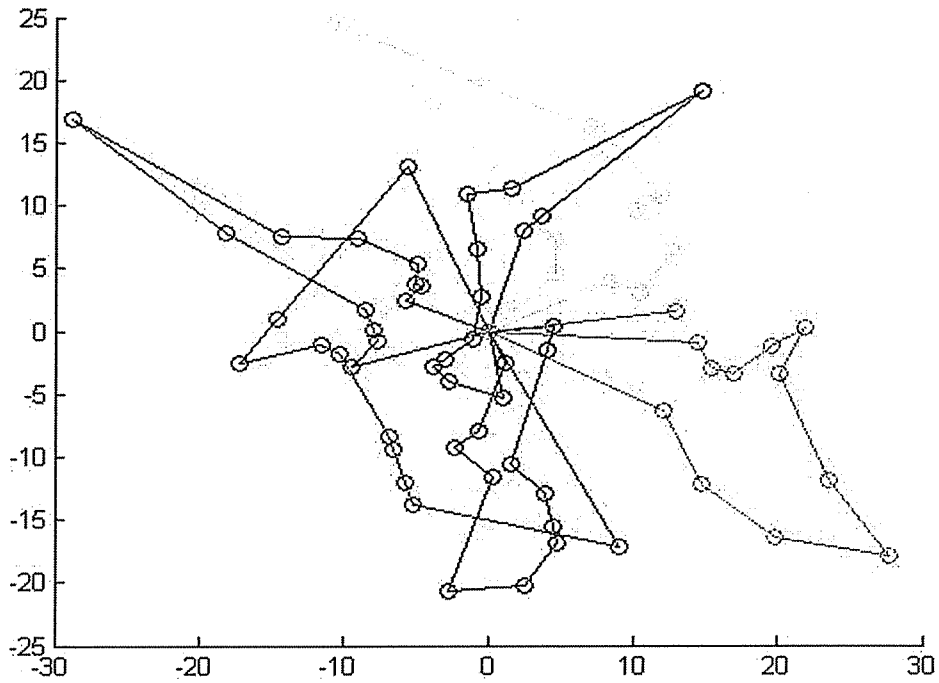
Şekil 3.14:Tabu Arama Pazartesi Posta taşıma Rotası



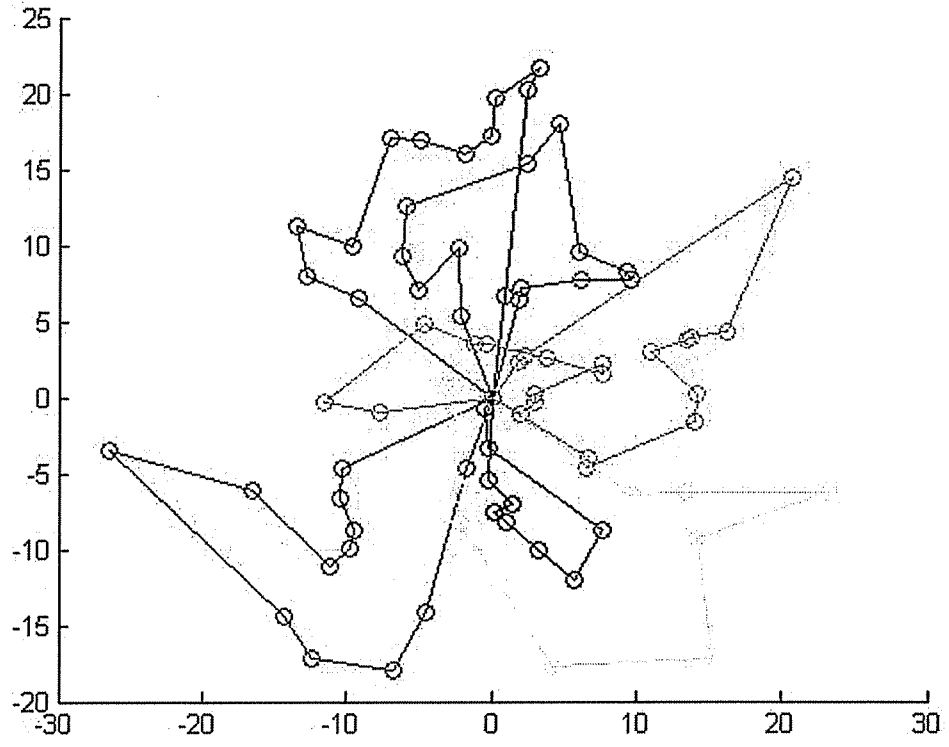
Şekil 3.15: Genetik Algoritması Pazartesi Posta taşıma Rotası



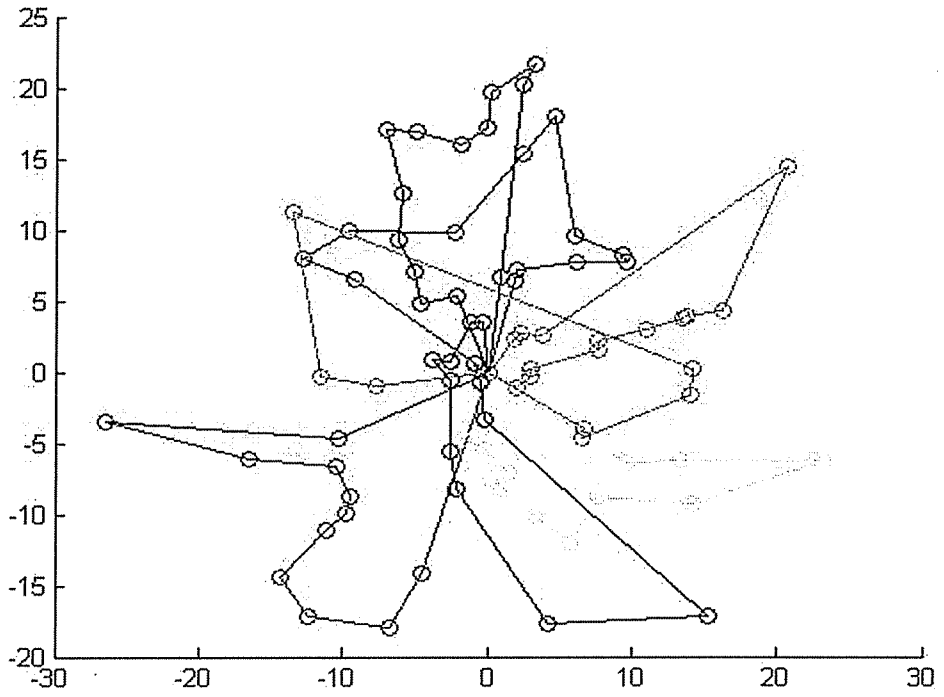
Şekil 3.16: Tabu Arama Salı Posta taşıma Rotası



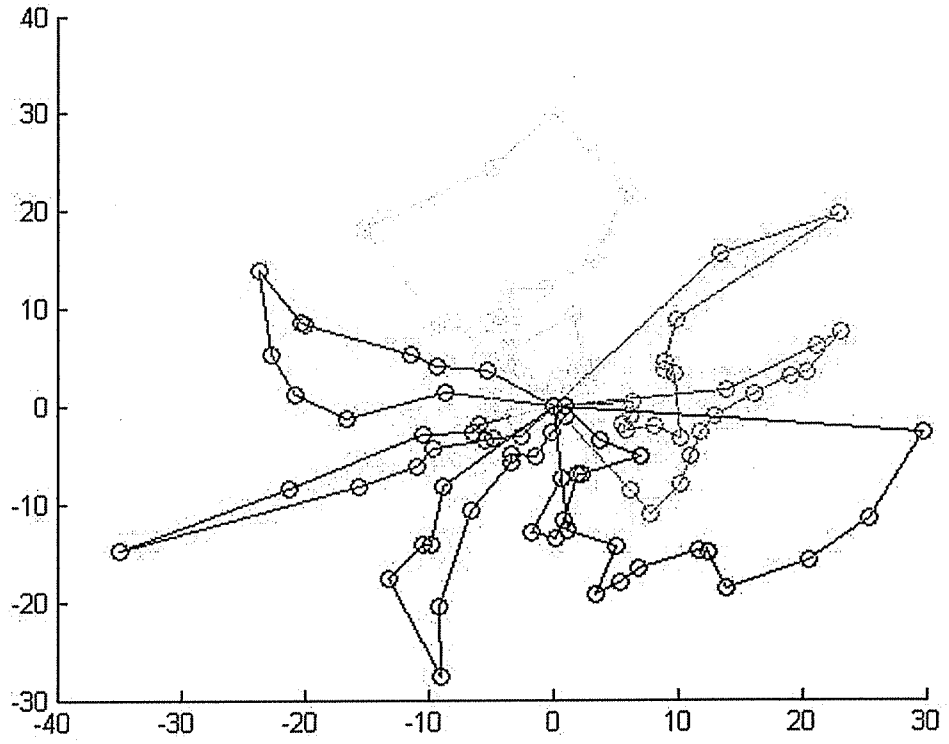
Şekil 3.17:Genetik Algoritması Salı Posta taşıma Rotası



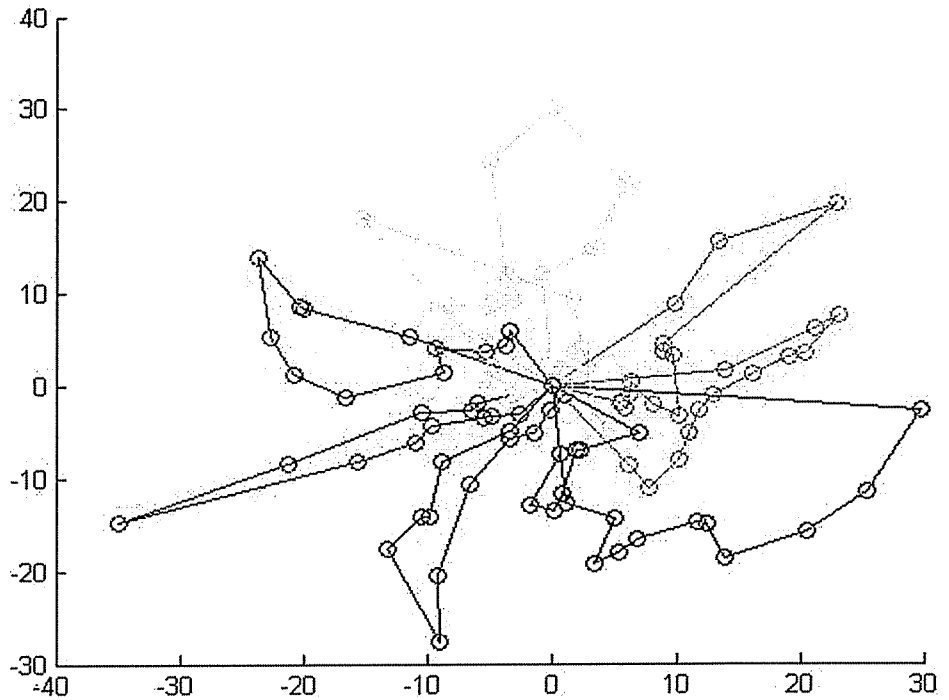
Şekil 3.18: Tabu Arama Çarşamba Posta taşıma Rotası



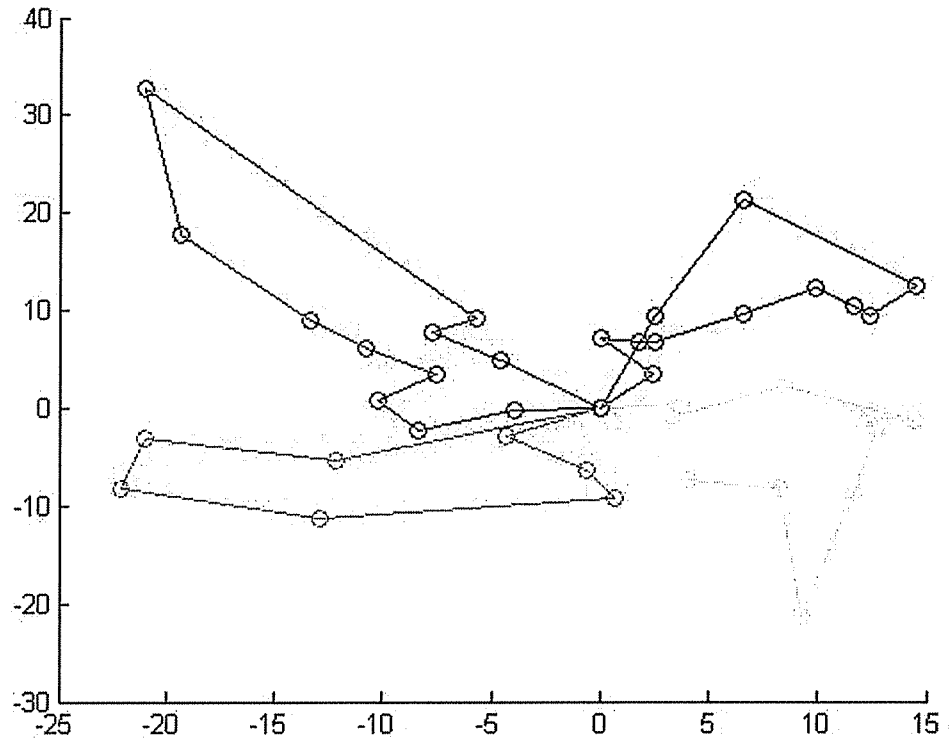
Şekil 3.19:Genetik Algoritması Çarşamba Posta taşıma Rotası



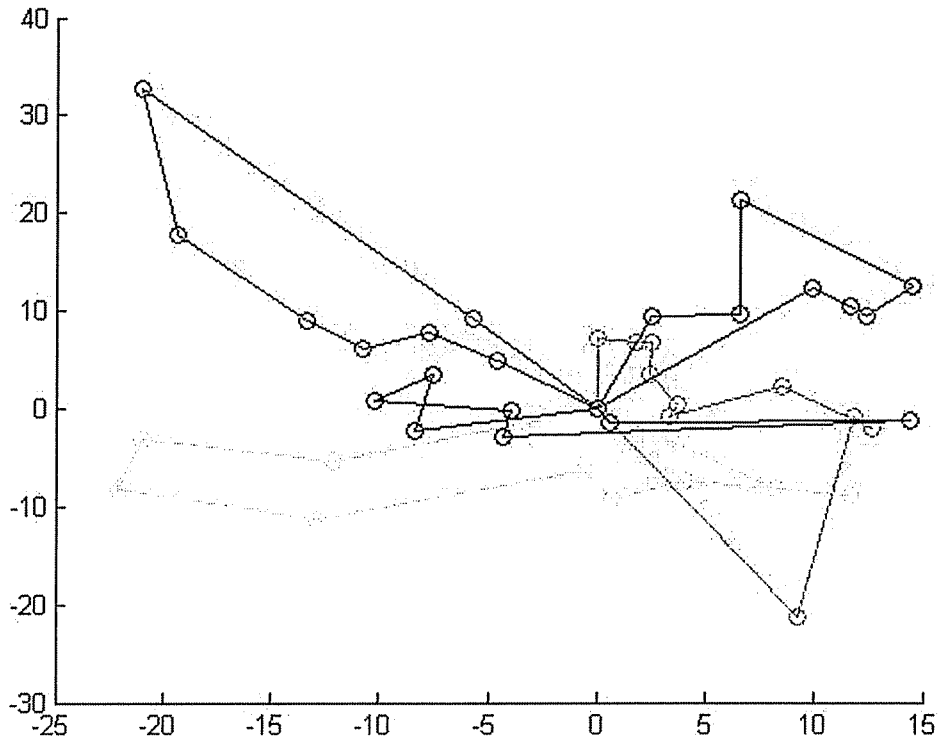
Şekil 3.20: Tabu Arama Perşembe Posta taşıma Rotası



Şekil 3.21:Genetik Algoritması Perşembe Posta taşıma Rotası



Şekil 3.22: Tabu Arama Cuma Posta taşıma Rotası



Şekil 3.23: Genetik Algoritması Cuma Posta taşıma Rotası

3.5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde binlerce vasıta malzeme, hizmet veya insan taşımak için kullanılmaktadır. Bu vasıtaların değişen kısıtlamalar ile birlikte şoför veya ekiple organize edilmesi, bu işi planlayanlar açısından büyük sorumluluklar getirmektedir. Minimum maliyetli rota ve ekibi oluşturabilmek bu sorumluluğun en zor kısmı olduğu söylenebilir. Minimum maliyetli rota ve ekip seçimleri lojistik firmalarına çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Çalışmada X firmasında çok periyotlu araç rotalama ve personel çizelgelemesi; düğüm rotalama problemi olan ARP metasezgisel çözüm algoritmalarından genetik ve tabu arama algoritmaları kullanılarak bulunmuştur. Yapılan çalışmada araç rotalama problemleri ile ilgili bir literatür çalışması hazırlanmıştır. ARP hakkında temel açıklamalar ve önceki yıllarda yapılan konu ile ilgili çalışmalar hakkında kısaca bilgi verilmiştir. X firması her gün iki periyot ile planlarını yapmaktadır. Turları belirlenmiş araçlar depodan çıkar, müşterilerini ziyaret edip, tekrar depoya dönerler. Depoda malzemeler gidecekleri güzergahlara göre ayrılır. Belirlenen saat aralığı içinde ayrılmış mallar müşterilerine bırakılır ve tekrar depoya dönülür. Bu işleyiş günlük olarak gelen veriler doğrultusunda belli bir plana sokularak sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Ön taşıma ve posta taşımanın belirli zaman periyotlarında yapıldığı uygulamada firmanın üç farklı personel atama yöntemi mevcuttur. Kendine ait 3 adet araç ve 5 adet şoförü olduğu belirtilen X firması, tur planlamalarını bu üç farklı atama yöntemini kullanarak yapmaktadır. Hesaplamalar 2.10GHz, 2gb ve Dual-Core, Windows XP İşletim sistemine sahip laptopta Matlab programında yapılmıştır. Başlangıç algoritması Solomon sezgiseli kullanılarak oluşturulmuştur. En uzak talep noktası rotanın başlangıç noktası olarak dikkate alınmıştır. Testler Genetik ve Tabu Arama algoritmaları uygulanarak yapılmıştır. Başlangıç algoritması Solomon sezgiseli ile çalıştırılmış, üzerine Genetik algoritması eklenerek optimizasyon yapılmıştır. Bu şekilde sonuçların yüzde yedi daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Tabu arama ve genetik algoritmalarının giriş algoritmaları Solomon sezgiseli ile başlatılmıştır. Genetik algoritması ile optimizasyonu yapılmıştır. Her veri seti için $N=50$ altkümeden oluşan bir popülasyon ile Genetik Algoritması 100 iterasyon işletilmiştir. Mutasyonda genetik operatörler m_{insert} , $m_{interchange}$ ve m_{2-opt} olmak üzere üç tanedir. Bireyler yüzde 33 oranında bu operatörler ile mutasyona uğramışlardır. Hem Tabu arama hem de Genetik algoritmasında bu operatörler kullanılmıştır. Homberger ve Gehring'in de kullanmış oldukları $m_{yerel\ araştırma}$ operatörü, rotaların sayılarını minimize etmek amacıyla uygulamaya eklenmiştir. Genetik algorithmada iyi bireyin seçimi yapılabilmesi adına

uygunluk fonksiyonu oluşturulmuş ve yeni çözümler üretebilmek için de mutasyon operatörleri kullanılmıştır. Çaprazlama operatörü "route crossover routex" ile yeni bireyler elde edilmiştir. Bireylerin uygunluk değerlerine göre eşlenmesi için seçim operatörü rulet tekerliği kullanılmıştır. Her bireyin seçilme hakkı olması için seçim operatöründen önce sıralama operatörü ile uygunluklar en uygundan en uygunsuza doğru sıralanmıştır. Tabu arama algoritmasında başlangıç çözümünden komşu çözümler üretilmiş ve seçilen çözümler diğer iterasyonlarda kullanılmış, önceki çözüm tabu listesine eklenmiştir. Personel atamalarında öncelik firma şoförlerine sonrasında ise minimum maliyetli şoför/rota birleşimlerine verilmiştir. Yapılan uygulamada zaman, mesafe, maliyet birimleri için en iyi sonucu veren Tabu arama algoritması olmuştur. Test sayısı genetik algoritmada bir kez, Tabu arama algoritmasında iki kez tekrarlanmıştır. Genetik algoritmanın az bir miktarda olsa kalitesinin düşük olma sebebi muhtemelen küçük popülasyon miktarındandır.

Her iki algoritmada da $m_{yerel\ araştırma}$ değerleri farklı oranlar kullanılarak test edilmiştir. Bu değerler 0.25,0.5,0.75 ve 1 olmak üzere dört farklı şekilde uygulanmıştır. Genetik algoritmanın uygulamasında baz alınan parametreler; $m_{yerel\ araştırma}$ 1, mutasyon 0.75 oranlarında iken en iyi değeri vermiştir. Onaltı çalışmanın içinde en düşük haftalık maliyet 10.409 TL'dir. Toplam katedilen mesafe 6,706 km'dir. Her iki algoritmanın ortak sonucu firmanın şoförlerinin mesaili çalıştırılmasıdır. Tabu arama algoritmasının uygulamasında baz alınan parametreler; $m_{yerel\ araştırma}$ 0,5; komşu sayısı 5, tabu listesi 20 iken en iyi değeri vermiştir. Onaltı çalışmanın içinde en düşük haftalık ortalama maliyet olan 10.386 TL'dir. Tabu arama algoritması, genetik algoritmasından bir kez daha fazla test edilmesine rağmen aradaki kalite farkı çok azdır. Tabu arama algoritması, genetik algoritmasına göre 19 km'lik bir fark ile daha az yol katedilmesini ve 22,73 TL'lik bir fark ile de haftalık işletme bütçesine iyileştirme sağlamıştır. Uygulamada başlangıç algoritması Solomon sezgiseli, optimizasyonu ise genetik algoritma ile oluşturulduğu takdirde sadece Solomon sezgiseli ile yapılmış çözüme oranla yüzde 7 daha iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmada ana hedef çok periyotlu araç rotalama ve personel çizelgeleme probleminin çözümünde kullanılan hangi iki metasezgiselin daha iyi sonuçlar verebileceğini karşılaştırmaktır. Sonuçlar gösterir ki Tabu arama algoritması küçük komşu operatör değeriyle uygulanmasına karşın başarılı bir performans sergilemiştir. Sonuç olarak; tabu arama algoritması, karışık karar problemini çok büyük sayılı değişkenlerle ve kısıtlarla etkin biçimde çözebilir. Bu uygulama öneri olarak ileri sürülebilecek konu ise başlangıç algoritması olarak Solomon sezgiseli ile birlikte genetik algoritma ile optimizasyon yapıldığı

takdirde daha iyi sonuçlara ulaşılmaktadır. Başlangıç çözümü ne kadar iyi olursa yöntemlerin sonuçları da o kadar başarılı sonuçlanmaktadır.

KAYNAKÇA

Aarts ,Emile, Jan Karel Lenstra:

Local Search In Combinatorial Optimization, John Waley & Sons, England,1997,s.324.

Ahuja R.K., T.L. Magnanti ,J.B. Orlin :

Network Flows: Theory, Algorithms and Applications, PrenticeHall,USA,1993,s.169.

Alaykiran, Kemal,E.O.

"Karınca Kolonileri Sezgiseli ve Gezgin Satıcı Problemleri Üzerinde Bir Uygulama"
Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt :20, No:1, 2005.

Avriel, M., B. Golany:

Mathematical Programming For Industrial Engineers, Marcel Dekker Inc., New York, 1996, s.82-581.

Aydın, Sonay Zeki:

"**Tedarik Zinciri Yönetiminde Stratejik İttifak Olarak Üçüncü Parti Lojistik**",
Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,Yayınlanmamış Doktora Tezi,Isparta,2005.

Bakırcı, Y.Selim:

Lojistik İşletmelerde Filo Yönetimi Temel İş Süreçleri ve Filo Yönetimi Organizasyon Yapısı, 'çevrimiçi', <http://lib.beykoz.edu.tr/wp-content/uploads/2010/06/YAVUZ-SEL%C4%B0M-BAKIRCI.pdf>, 20Aralık2010.

Balakrishnan, Nagraj:

"Simple Heuristics For The Vehicle Routing Problem With Soft Time Windows",**Journal Of The Operational Research Society**,Vol:44,No:3,1993,s.279.

Ballou,Ronalh H.:

"Business Logistics-A Vital Subject", **Business Logistics Management**, Prentice-Hall,USA,1992,S.191-215

Ballou,Ronalh H.:

Business Logistics Management Planning,Organizing And Controlling The Supply Chain, London:Prentice Hall International,1999,s.6-8.

Barutçu, Süleyman:

"İnternet Tabanlı Tedarik Zinciri Yönetimi: Denizli Tekstil İşletmelerinin İnternet Tabanlı Tedarik Zinciri Yönetiminden Yararlanma Durumuna Yönelik Bir Araştırma"
Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı:18,2007,s.134-135.

Belenguer,J.M.-Martinez,M.C.-Mota,E.:

"A Lower Bound For The Split Delivery Vehicle Routing Problem",**Operations Research**,Vol:48,No:5,2000,s.801.

Berger,J. Barkaoui,M.,Braysy,O.:

A route-directed hybrid genetic approach for the vehicle routing problem with time windows. **Infor** 41,s.179-194.

Bowerman, R. , H., B. , C., P.:

" A multi-objective Optimization Approach to Urban School Bus Routing: Formulation and Solution Method", **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, 29(2), 1995,107-123.

Bowersox,Donald J.,Class,David J. Cooper, M.Bixby,:

Supply Chain Logistics Management, International Edition, McGraw-Hill Boston, 2002,s.31.

Braysy,O.,Gendreau,M.,:

Vehicle Routing Problem With Time Windows,Part 2:Metaheuristics,**Transportation Science** 2,2005,s.120.

Breedam, Alex Van:

"A Parametric Analysis Of Heuristic For The Vehicle Routing Problem with Side-Constraints", **European Journal Of Operational Research**, Vol:137, Issue:2, 2002, s.351-352.

Canitez, Murat:

Uluslararası Pazarlamada Lojistik Ve Uygulamalar, Gazi Kitabevi, Ankara, 2009, s.36-37

Chan, Yupo, W.B.Carter ,Micheal.D.Burnes:

"A Multiple-Depot, Multiple-Vehicle, Location-Routing Problem With Stochastically Processed Demands", **Computers & Operations Research**, Vol:28, Issue:8, 2001, s.803-805.

Chopra, Sunil, Peter Meindl:

"Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation" **Prentice Hall**, New Jersey, 2001.

Chuang, Ming Ling, Wade H.Shaw:

"Distinguishing The Critical Success Factors Between E-Commerce, Enterprise Resource Planning And Supply Chain Management" **Proceeding Of Int. Engineering Manag. Conference**, 2000, New Mexico, s.150.

Clarke, G. , J.W. Wright:

"Scheduling Of Vehicles From A Central Depot To A Number Of Delivery Points", **Operations Research**, Vol:12, Issue:4, 1964, s.568-581.

Corberan, Angel ,Rafael Marti,Eulalia Martinez,David Soler:

"The Rural Postman Problem On Mixed Graphs With Turn Penalties",
Computers&Operations Research,Vol:29,Issue:7,2002,s.122.

Cordeau, J.F. , G. Desaulniers, J Desrosiers, M.M. Solomon, F. Soumis:

VRP With Time Windows ,In:Toth,P.,Vigo,D.,The Vehicle Routing Problem ,SIAM
Monographs on Discrete Mathematics and Applications ,Vol:9,s.157.

Crainic, Teodor, Gilbert Laporte:

Fleet Management And Logistics, **Kluwer Academic Publishers**,USA,1998.

Croxton, K.L., S.J. Garcia Dastugue,D.M Lambert. v.d.:

"The Supply Chain Management Process", **The International Journal of Logistics
Management**, Vol:12,No:2,2001,s.13.

Çakırlar, Hüseyin:

İşletmelerin Lojistik Faaliyetlerinde Dış Kaynak Kullanımı: Trakya Bölgesinde
Faaliyet Gösteren İşletmeler Üzerinde Bir İnceleme,
"çevrimiçi"<http://www.193.255.140.18/Tez/0075347/METIN.pdf>.08Aralık2010

Çancı, Metin, Murat Erdal:

Lojistik Yönetimi, UTİKAD Yayınları, İstanbul, 2003.s.29.

Dantzig, G.B., J.H. Ramser:

The Truck Dispatching Problem, **Management Science**, 6, 1959,s.80-91.

Davidson, J. :

CEO'nun Rekabet Avantajı: Tedarik Zinciri - Supply Chain: A CEO's Competitive
Advantage, LQ Ideas for Leadership in Logistics, "çevrimiçi",
http://www.ceoyazilim.com/izmir_web_tasarim.php?sayfa_id=904&kategori_id=902&id=43&k_id=936&lng=1, 10Ekim2010.

Değertekin,Özgür-Ülker,Mehmet:

"Uzay Çelik Çerçevelerin Tabu Arama ve Genetik Algoritma Yöntemleriyle Optimum
Tasarımı", **İmo Teknik Dergi**, 2006 , s.1.

Desrochers, M. ,F. Soumis:

"A Column Generation Approach to the Urban Transit Crew Scheduling Problem,
Transportation Science,1989,p.p.5

Dorigo,M., V.Maniezzo, A.Colomi:

Some Applications Of Distiributed Intelligence-Ant Algorithms, "çevrimiçi",
<http://www.ifi.unizh.ch/ailab/teaching/AL02/chap4.doc>, 03Şubat2011.

Eiselt,H.A.-Gendreau,Micheal-Laporte,Gilbert:

"Arc Routing Problems,Part1:The Chinese Postman Problem", **Operations Research**,Vol:43,I:2,1995,s.233.

Emel,Gül Gökay-Taşkın,Çağatan.,E.D.,

"Yönsüz Çinli Postacı Problemi: Polis Devriye Araçları İçin Bir Uygulama", **Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:3,No:1,2003,s.122-126.

Emel, Gül Gökay, Çağatan Taşkın,Gökhan Deniz:

"Tedarik Zinciri Yönetimi: Bir Araç Rotalama Uygulaması", **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Öneri Dergisi**, Cilt:6,Sayı:21,2004,s.59.

Eraslan,İ.Hakkı-Kuyucu,Aslı Deniz Helvacıoğlu-Bakan,İsmail:

"Değer Zinciri Yöntemi İle Türk Tekstil ve Hazır giyim Sektörünün Değerlendirilmesi", **Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F.Dergisi**, Cilt:10,Sayı:2,2008,s.310-311.

Erol Serpil,A.E.:

"Esnek Üretim Sistemlerinde Yükleme ve Rotalama Problemleri ile ilgili Literatür Araştırması", Süleyman Demirel Üniversitesi,Cilt:7,Sayı:2,2002,s.303.

Eryavuz, Mehmet, Cevriye Gencer:

"Araç Rotalama Problemine Ait Bir Uygulama", **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi**, C.6, S.1,2001, s.140-141.

Fisher, Marshall L.:

"Optimal Solution Of Vehicle Routing Problems Using Minimum K-Trees ", **Operations Research**, Volume:42,Number:4,199,s.626.

Fisher, Marshall L.-Jörnsten, Kurt O.-Madsen, Oli B.G.:

"Vehicle Routing With Time Windows: Two Optimization Algorithms", **Operations Research**, Vol:45,No:3,1997,s.488-490.

Fisher, M. L. and Jaikumar, R.:

"A Generalised Assignment Heuristic for Vehicle Routing", **Networks** 11, 1981,109-124.

Fischetti, Matteo G., Juan J.S.-Toth P.:

"A Branch-And-Cut Algorithm For The Symmetric Generalized Traveling Salesman Problem", **Operations Research**, Volume:45,Issue:3,1997,s.385.

Florian, Micheal,:

Transportation Planning Models, North Holland, USA, 1984, s.384-408.

Geloğulları, Cumhur Alper:

An Exact Algorithm For The Vehicle Routing Problem With Backhauls, Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2001, s.910.

Gendreau, Micheal-Hertz, Alain-Laporte, Gilbert:

"A Tabu Search Heuristic For The Vehicle Routing Problem", **Management Science**, Vol:40, Issue:10, 1994, s.1278-1279.

Introduction To Supply Chain Management,Prentice-Hall,New Jersey,1999.

Harary, Frank:

"Some Historical and Intuitive Aspects of Graph Theory", **Siam Review**, Vol:2, Issue:2, s.125.

Hau L. Lee, Corey Billington:

"Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls And Opportunities", **Sloan Management Review**, Vol: 33, No: 3,1992, s.65.

Hoffman, Karla L. :

"Combinatorial Optimization:Current Successes And Directions For The Future", **Journal Of Computational And Applied Mathematics**,Vol:124,Issue:1-2,2000,s.348

Holland, J..H.:

Adaption In Natural and Artificial Systems, Cambridge:MIT Press,1975.

Hollis, B., M. Forbes, B.E. Douglas:

"Vehicle Routing and Crew Scheduling For Metropolitan Mail Distribution At Australia Post", **European Journal Of Operational Research** ,173,2006,s.11

Homberger ,J., H. Gehring:

"Two Evolutionary Metaheuristics For The Vehicle Routing Problem With Time Windows", **Infor**,1998,s.297.

Homberger ,J., H. Gehring:

"A two-Phase Hybrid Metaheuristic For The Vehicle Routing Problem with Time Windows", **European Journal of Operational Research**, 2005, s.237-238

Houlihan, J.B. :

"International Supply Chain Management", **International Journal of Physica Distribution and Logistics Management**, 15, 1985, s.22.

İTO:

Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi, İstanbul: İTO Yayın No: 2006, 14-15.

Jang, J.S.R. :

Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A computational Approach To Learning And Machine Intelligence, Prentice Hall, USA, 1997, s.181.

Jin, M. , K. Liu, R.O.Bowden:

"A Two-Stage Algorithm with Valid Inequalities for The Split Delivery Vehicle Routing Problem," **International Journal Of Production Economics** , No:105, 2007, s.230.

Jünger, Micheal, G. Reinelt, S. Thienel:

"Practical Problem Solving with Cutting Plane Algorithms in Combinatorial Optimization", Institut Für Informatik Universität Zu Köln, 1994.

Kallehauge, B., Larsen, J., Madsen, O.B.G.:

"Lagrangian duality applied to the vehicle routing problem with time windows". **Computers & Operations Research** 33, 2006, p.p. 1464-1487.

Kanalıcı, Ömür:

Türkiye ve Lojistik, 'çevrimiçi', http://www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/7475BDA1-95B7-4855-B351-9ADCE4362AFE/5400/omur_lojistik.pdf, 10 Aralık 2010.

Keskin, M.Hakan:

Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2009.

Keskin, M.Hakan:

Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi: Geçmiş, Değişimi, Bugünü, Geleceği, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 2006.

Koban, Emine, H.Y. Keser:

Dış Ticarete Lojistik, Ekin Yayınları, Bursa, 2007.

Keskintürk, Timur:

"Gezgin Satıcı Probleminin Diferansiyel Gelişim Algoritması İle Çözümü", **VI. Uluslararası Üretim Araştırmaları Sempozyumu**, İstanbul Kültür Üniversitesi, 22.10.2006, s.1.

Konya, Fatih:

Lojistik Sektörünün Engellenemez Yükselişi, 'çevrimiçi', http://www.elektrikport.com/_yazar-yazisi-oku/lojistik-sektorunun-engellenemez-yukselisi8230/fatih-konya/48, 13Ekim2010.

Kopczak, L.R.:

"Logistics Partnership And Supply Chain Restructuring Survey Results From The Us Computer Industry" **Production And Operations Management**, Vol:6, No:3, s.227.

Laporte, Gilbert:

"Modelling And Solving Several Classes Of Arc Routing Problems As Traveling Salesman Problems", **Computers&Operations Research**, Vol:11, Issue:24, 1997, s.1057.

Laporte, Gilbert-Gendreau, Micheal-Potvin, Jean-Yves-Semet, Frederic:

"Classical And Modern Heuristics For The Vehicle Routing Problem", **International Transactions In Operational Research**, Vol:7, Issue:4-5, 2000, s.285-288.

Laporte, G., Nobert, Y. and Taillefer, S.:

"Solving a Family of Multi-Depot Vehicle Routing and Location Routing Problems",
Chaier du Gerad G-87-10, Ecole des Hautes Etudes Commerciales de Montreal,
1987.

"Lojistik", <<http://www.skyred.net/lojistik-t16573.0.html;wap2=>> 13.Kasım.2010

"Lojistik" < www.cscmp.org > 10.Şubat.2011

"Lojistik Nedir?

<http://www.dortlertasimacilik.com/?sayfa=lojistik> > 18.09.2010

Lummus,R.R. And R.J.Vokurka:

"Defining Supply Chain Management:A Historical Perspective And Practical
Guidelines" **Industrial Management&Data Systems**, Vol:99/1,s.18

Lummus,Rhonda R.-Krumwiede,Dennis W.-Vokurka,Robert J.:

"The Relationship of Logistics to Supply Chain Management:Developing A Common
Industry Definition", **Industrial Management&Data Systems**,
Vol:8,Issue:101,2001,s.427

Magnanti, T. L.:

"Combinatorial Opt. And Vehicle Fleet Planning: Perspectives and Prospects",
Networks 11, 179-214, 1981.

Murty, Katta G. , Philipp A. Djang:

"The US Army National Guard's Mobile Training Simulators Location And Routing
Problem",**Operations Research**,Volume:47,Number:2,1999,s.179.

Nguyen H.D., Yoshihara I, Yamamori K, Yasunaga M:

"Implementation of an Effective Hybrid GA for Large-Scale Traveling Salesman Problems", **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics**, Vol. 37, 2007, s. 92.

Orhan, O.Z.:

Dünyada ve Türkiye’de Lojistik Sektörünün Gelişimi, İstanbul: İTO Yayın No: 2003.

Önder ,Cengiz:

"Lojistik Sektörü ve Kargo Şirketlerinde Finansal Raporlama" Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007,s.33.

Öner, Adalet:

Fusun Ülengin, "Atama Problemi için Yeni Bir Çözüm Yaklaşımı", **İtü Dergisi**, Cilt:2, Sayı:1, Şubat2003,s.75-79.

Özdemir, Ali İhsan:

"Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi,Süreçleri ve Yararları",**Erciyes Üniversitesi İ.İ.B.F.Dergisi**, Sayı:23,2004,s.88-93.

Özdemir, Ali:

"Tedarikçi Seçiminde Karar Modelleri Ve Bir Uygulama Denemesi", Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2007, s.4

Özkan Barış,Utku Cevre,Aybars Uğur:

"Melez Bir Eniyilem Yöntemi İle Rota Planlama", **Akademik Bilişim**, 2008,s.177.

Pakkan,Baha,Ermış,M. :

"İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflere Planlaması", **Havacılık ve Uzay Teknojileri Dergisi**, Cilt:4,Sayı:3,2010,s.79.

Palamutçuoğlu, B.Türker:

"Çevrimiçi"http://www2.bayar.edu.tr/kulamyo/docs/turker_palamutcuoglu/TYDN.pdf
23.Ocak.2011.

Pean,W.L.-Wu,T.C.:

"Algorithms For The Rural Postman Problem" **Computers&Operations Research**,
Vol:22,I:8,1995,S.824

Portvin,Jean-Yves-Rousseau,Jean Marc.:

"An Exchange Heuristic For Routeing Problems With Time Windows", **Journal Of The Operational Research Society**, Vol:46,No:12,1995,s.1434.

Potvin,J.,Bengio,S.:

The Vehicle Routing Problem with Time Windows Part 2:Genetic Search.**Inform Journal Of Computing**,1996,p.p.165.

Presutti,William D.JR.:

"Supply Mangement And E-Procurement:Creating Value Added In The Supply Chain", **Industrial Marketing Management**, Vol:32,Issue:3,2003,s.219-220.

Reeves, Colin:

Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems, John Wiley & Sons,
New York, A.B.D., 1993.

Robeson,James F.-House,Robert G.:

The Distribution Handbook, Collier Macmillan Publishers, London, 1985.

Rogers, D.S. And R.S. Tibben-Lembke:

"An Examination Of Reverse Logistics Practices", **Journal of Business Logistics**, Vol:22, No:2, 2001, s.133.

Ross, D.F.:

Competing Through Supply Chain Management: Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships, **Kluwer Academic Publishers**, Boston, 1998, p.p.67.

Rushton A., Croucher P., Baker P.:

Handbook Of Logistics And Distribution Management, 3rd Edition, 2006.

Rushton, Alan-Oxley, John:

Handbook Of Logistics And Distribution Management, London, 1991, s.199-200

Russell, Stephan Hay:

Growing World Of Logistics, Air Force Journal Of Logistics, "çevrimiçi", http://findarticles.com/p/articles/mi_m0lBO/is_4_24/ai_74582445/, 20.11.2010.

Samsun Lojistik Gelişme Raporu, Mart 2009, s.3.

Savelsbergh, M. W. P. and Sol, M.:

"The General Pick-up and Delivery Problem", **Transportation Science** 29, 1995, s.17-29.

Schneeweiss, Christoph:

"Distributed Decision Making In Supply Chain Management", **International Journal Of Production Economics**, Vol:84, Issue:1, 2003, p.71.

Seybold, P.B.:

"Get Inside The Lives Of Your Customers", **Harvard Business Review**, Vol:78, No:5, 2001, s.83.

Simpson, J.A.B., Weiner,:

E.S.C.,The Oxford English Dictionary(2nd ed.) Oxford: Oxford University Press,1989

Solomon,M.M.:

Algoritms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints, **Operations Research** 35,254-265.

Stock, J.R. and Lambert, D.M.:

Strategic Logistics Management, Boston : McGraw-Hill/Irwin, 2001.

Şahin, Bayzan ,Meriç Çetin,Alper Uğur:

Araç Rotalama Probleminde Araç Rotalarının Tespitinde En Kısa Yol Yaklaşımı:Denizli Örneği, "çevrimiçi", <http://ab.org.tr/ab06/bildiri/152.pdf>, 25.11.2010.

Tan,K.C.:

"A Framework Of Supply Chain Management Literature", **European Journal Of Purchasing&Supply Management**, Vol:7,2001,s.39.

Tan, K.C., Kannan, V.R., Handfield, R.B.:

"Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance", **International Journal of Purchasing and Material Management**, 1998,Vol.34, No.3, p.2-9

Tan,K.C.-Lee,L.H.-Zhu,Q.L.-Ou,K.:

"Heuristic Methods For Vehicle Routing Problems With Time Windows", **Airtificial Intelligence in Engineering**, Vol:15, Issue:3, 2001, s.281-295.

Taşkın,Çağatan:

"**Araç Rotalama Problemlerine Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Bir Uygulama**", Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa,2003,s.3-34.

Taşkın, Çağatan,Gül Gökay Emel:

Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler,Bursa, Alfa Akademi,2009.

Taşkın, Çağatan-Akat, Ömer:

"Uluslararası Pazarlama Kapsamında Reel Tekstil Sektöründeki Kobi'lerin Pazarlama Sorunları ve Bir Çözüm Önerisi:E-Ticaret", **İşletmelerde Çağdaş Yaklaşımlar**, Ezgi Kitabevi, Bursa, 2002, s.186

"Tedarik Zinciri ve Tedarik Zinciri Yönetimi Nedir?" 28.Şubat.2010, http://www.lojistiktr.net/tedarik_zinciri_ve_tedarik_zinciri_yonetimi_nedir_tedarik_zinciri-t76.0.html, 10.Kasım.2010.

Tek, Ö.B.:

Pazarlama İlkeleri – Global Yönetimsel Yaklaşım Türkiye Uygulamaları, İstanbul: Beta Yayınları, 1999.

Timur, Necdet:

Sanayi İşletmelerinde Lojistik Faaliyetlerinin Organizasyonu, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 1988.

Topoyan, Mert:

Lojistik Yönetimi, "çevrimiçi", 'http://kisi.deu.edu.tr/mert.topoyan/dosyalar/tzy3.pdf, 22Ekim2010.

Toth, Paolo-Bianco, Lucio:

Advanced Method In Transportation Analysis, John Wiley&Sons Inc., 1996, s.499-586

Toth, P., Vigo, D.:

A heuristic algorithm for the vehicle routing problem with backhauls, **Advanced Methods in Transportation Analysis**, vol.3, 2002, s. 585-608.

Tung, Dang V.P. Anulark:

" Vehicle Routing-Scheduling For Waste Collection In Hanoi", **European Journal of Operational Research**, Vol:125, Issue:3, 2000, s.451.

Türkiye’de Forwarding ve Lojistik Sektörü:

<<http://www.utikad.org.tr/sayfalar.asp?page=13>> 05.01.2011

“Türkiye Taşımacılık ve Lojistik”

<http://www.utikad.org.tr/srapor.asp> 10Ekim2010

“TuringModeli”:

<[http://tr.wikipedia.org/wiki/NP_\(karma%C5%9F%C4%B1kl%C4%B1k](http://tr.wikipedia.org/wiki/NP_(karma%C5%9F%C4%B1kl%C4%B1k))(20.02.2011)>

Ulaştırma Hizmetleri Lojistik Yönetimi:

”çevrimiçi”,http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/840UH0012.pdf,
24Ağustos2010.

Vanrijin,C.F.H.:

Logistics:Where Ends Have To Meet,Pergamon Press,1988, s.42-43

Yıldıztekin,Atilla:

“ Lojistik veya Tedarik Zinciri Yönetimi”, Dünya Gazetesi, 26Eylül2002.

Yiğit,Orhan-Türkbey,Vecihi:

“Tesis Yerleşim Problemlerine Sezgisel Metotlarla Yaklaşım”, Gazi **Üniversitesi**
Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi , Cilt:18, No:4, 2003.

Wasner,M.,Zapfel,G.:

"An integrated Multi-Depot Hublocation Vehicle Routing Model for Network Planning of Parcel Service", **International Journal of Production Economics**, 2004,p.p.403-419

Zapfel,G.,M.B.:

"Multiperiod Vehicle Routing and Crew Scheduling With Outsourcing Options",**Production Economics**, 113,2007,p.p.981-987.