



T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**KARGO TAŞIMACILIĞINDA ULAŞTIRMA MODELLERİ YARDIMIYLA
MALİYET – ZAMAN MİNİMİZASYONU VE TOKAT İLİ UYGULAMASI**

Hazırlayan
A. Serhat ANAÇ

İşletme Ana Bilim Dalı
Sayısal Yöntemler Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Yrd. Doç. Dr. S. Serdar KARACA

TOKAT – 2011

KARGO TAŞIMACILIĞINDA ULAŞTIRMA MODELLERİ YARDIMIYLA
MALİYET-ZAMAN MİNİMİZASYONU VE TOKAT İLİ UYGULAMASI

Tezin Kabul Ediliş Tarihi: 28 / 07 / 2011.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

Başkan : Prof. Dr. Nevin YÖRÜK

Üye : Yrd. Doç. Dr. İlhan EROĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Süleyman Serdar KARACA

İmzası



Bu tez, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun 07/07/2011 tarih ve 2011/37 sayılı oturumunda belirtenen jüri tarafından kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Ali AÇIKEL



ETİK SÖZLEŞME

T.C.

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu belge ile, bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak toplanıp sunulduğunu, bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçlara atıf yaptığımı ve kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

(../.../2011)

Tezi Hazırlayan Öğrencinin

Adı ve Soyadı

.....

İmzası

.....

TEŞEKKÜR

Yaptığım bu çalışmanın her aşamasında beni yılmadan yönlendiren değerli hocam sayın Yrd. Doç. Dr. S. Serdar KARACA' ya, yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Murat SERDAR'a, destekleri için aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Temmuz 2011

Ahmet Serhat ANAÇ

ÖZET

Kargo taşımacılığında kaliteli hizmetin önemi büyüktür. Sektörde kalitenin tanımını ise; müşteriye güvenilir bir şekilde, en kısa zamanda, en düşük maliyetle hizmet sunabilmektir. Bu sebeple, lojistik firmaları ulaşımda en az maliyetli ve en kısa yolların seçimini belirlemek durumuyla karşı karşıyadır. Kendi oluşumlarını ve pazardaki paylarını korumak isteyen firmalar, kalite tanımına uyum sağlamak için bazı bilimsel yöntemler kullanmak durumundadırlar.

Yöneylem araştırması, bu tür faaliyetlerin karar alma aşamasında önemli bir yol göstericidir. Yöneylem araştırması içerisinde yer alan şebeke modelleri bu problemin çözümü için kullanılacak birincil kaynaktır. Şebeke modeli dahilindeki minimum kapsayan ağaç (en küçük yayılma modeli), iki nokta arasındaki en kısa yolun belirlenmesi için kullanılan, kullanımı ve uygulanması kolay etkin bir yöntemdir. Kargo faaliyetlerinde en kısa yolun bulunması; en düşük maliyetin oluşması, dolayısıyla en hızlı ulaştırmanın sağlanması demektir.

Bu çalışmada; yöneylem araştırması hakkında genel bilgiler verilmiştir. Yöneylem araştırmasının tarihçesi, kullanım alanları, metodolojisi üzerinde durulmuştur. Daha sonra ulaştırma modellerine değinilmiş ve maliyet analizleri üzerine bilgiler verilmiştir. Şebeke modellerinden bahsedilmiş ve uygulanışı teorik olarak anlatılmıştır. Çalışmamızın son aşamasında ise MNG Kargo'nun Tokat İli ulaştırma şebekesi üzerine bir uygulama yapılmıştır. Uygulamada en düşük maliyeti sağlayabilecek ağlar belirlenmiş ve bu veriler DS (Software for Decision Sciences) paket programına girilerek çözüm algoritması oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yöneylem Araştırması, Şebeke Analizi, En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması, MNG Kargo, DS, Tokat.

ABSTRACT

The importance of quality of service in cargo transportation is principal. The definition of quality in the sector is providing the most cost-effective service reliably to the customer as soon as possible. For this reason, logistics companies face to face to determine the status of the selection of the least cost and shortest routes of transportation. Companies that want to protect their own formations, and their market shares, are obliged to use scientific methods to ensure compliance with the definition of quality.

Operations research is an important decision-making guidance for this type of activity. The network models in operations research is the primary source that can be used to solve this problem. The network model within the minimum spanning tree (the smallest expansion model), used for the determination the shortest path between two points, is an effective and easy method to use and implement. Finding the shortest path in cargo operations; is the formation of the lowest cost, in consequence ensuring the fastest means of transportation.

In this study, general information about operations research is stated. The history of operations research, uses of areas, and the methodology are focused on. Then, some information about transportation types and cost analysis are given. Network models are mentioned and explained the implementation theoretically. In the last phase of our study, an application is carried out on the transport network of MNG Kargo of Tokat province. In application, the networks that can provide the lowest cost is determined and solution algorithm is composed by entering these data to the DS (Software for Decision Sciences) package program.

Key Words Operations Research, Network Analysis, Minimum Spanning Tree Algorithm, MNG Kargo, DS, Tokat.

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME	i
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xii
GİRİŞ.....	1
I. ÇALIŞMANIN AMACI.....	3
II. KONUNUN ÖNEMİ	3
III. MATERYAL VE YÖNTEM	4
IV. LİTERATÜR ÖZETİ	4
1. BÖLÜM	7
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASINA GENEL BAKIŞ	7
1.1. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASINA GİRİŞ.....	7
1.2. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ TARİHÇESİ.....	8
1.2.1. Yöneylem Araştırmasının Türkiye’deki Tarihçesi	13
1.3. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ ÖNEMİ VE AMACI	14
1.4. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ TANIMI	16
1.5. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ ÖZELLİKLERİ	18
1.5.1. Sistem Yaklaşımı Özelliği.....	18
1.5.2. Disiplinler Arası Yaklaşım Özelliği.....	19
1.5.3. Bilimsel Yöntemlerle Yaklaşım Özelliği	21
1.6. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ PROBLEM ÇÖZME YAKLAŞIMI.....	25
1.7. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER.....	35
1.7.1. Doğrusal Programlama.....	36
1.7.2. Kuyruk Teorisi.....	36
1.7.3. Stok Modelleri	36
1.7.4. Oyun Teorisi	36
1.7.5. Benzetim.....	37
1.7.6. PERT ve CPM:	37
1.7.6.1. CPM (Critical Path Method).....	37
1.7.6.1.1. CPM’ nin Tarihsel Gelişimi ve Özellikleri.....	37
1.7.6.2. PERT (Program Evaluation and Review Technique)	41
1.7.7. Yenileme (Replacement).....	43
1.7.8. Envanter Modelleri	43
1.7.9. Bekleme Hattı Modelleri.....	43
1.7.10. Şebeke Analizi	44
1.7.10.1. Şebekenin Tanımı.....	44
1.7.10.2. Şebekeyi Oluşturan Temel Faktörler.....	44
1.7.10.2.1. Faaliyet.....	44
1.7.10.2.2. Olaylar	45
1.7.10.2.3. Kritik Yol.....	46
1.7.10.2.4. Kukla Faaliyetler	46
1.7.10.3. Şebeke Analizinin Önemi	47

1.7.10.4. Şebeke Analizinin Uygulama Alanları.....	49
2. BÖLÜM.....	50
ULAŞTIRMA MODELLERİ YARDIMIYLA MALİYET – ZAMAN OPTİMİZASYONU	50
2.1. KARAYOLU ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ MALİYET ANALİZİ	50
2.2. KARAYOLU ULAŞTIRMASINDA MALİYETLER.....	51
2.2.1. Sabit Maliyetler.....	51
2.2.2. Değişken Maliyetler	53
2.2.3. Direkt Sefer Maliyetleri	54
2.2.3.1. Akaryakıt Maliyetleri	54
2.2.3.2. Yağ Maliyetleri	54
2.2.3.3. Lastik Maliyetleri	55
2.2.3.4. Otoyol Köprü Ücretleri.....	55
2.2.3.5. Gemi ve Feribot Ücretleri.....	56
2.2.3.6. Garaj – Otopark Ücretleri	56
2.2.3.7. Harcırah Giderleri	56
2.2.3.8. Diğer Giderler	56
2.2.4. Endirekt Sefer Maliyetleri	56
2.2.4.1. Araç Sigorta ve Maliyetleri	57
2.2.4.2. Araç Teçhizat Amortismanı.....	57
2.2.4.3. Araçlara Eklenen Teçhizat ve Aparat Giderleri.....	58
2.2.4.4. Araç Bakım Onarım Maliyetleri	58
2.2.5. Genel Yönetim Giderleri.....	58
3. BÖLÜM.....	60
ULAŞTIRMA OPTİMİZASYON PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ	60
3.1. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE DAĞITIM ROTALARININ OPTİMİZASYONU	60
3.2. ULAŞTIRMA MODELLERİ.....	63
3.3. ULAŞTIRMA PROBLEMLERİNİN MATEMATİKSEL MODELİ	65
3.4. DENGELİ VE DENGESİZ ULAŞTIRMA PROBLEMLERİ.....	70
3.5. ULAŞTIRMA ALGORİTMASI	73
3.6. ULAŞTIRMA MODELİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ	74
3.6.1. Kuzey Batı Köşe Yöntemi.....	76
3.6.2. En Düşük Maliyetli Gözeler Yöntemi.....	79
3.6.3. VAM Yöntemi (Vogel Yaklaşım Yöntemi).....	81
3.6.4. RAM Yöntemi (Russel Yaklaşım Yöntemi)	84
3.7. EN İYİ ÇÖZÜM BULMA YÖNTEMLERİ	86
3.7.1. Atlama Taşı Yöntemi (Stepping – Stone)	87
3.7.2. Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi (Modified Distribution).....	90
3.8. ULAŞTIRMA MODELİNİN ÖZEL DURUMLARI	92
3.8.1. Dağıtım Yapılması Yasaklanmış Yollar	92
3.8.2. Dağıtım Kabul Miktarı Sınırlandırılmış Yollar	94
3.8.3. Üst Limit Dağıtım – Kabul Miktarı Belirlenmiş Yollar.....	94
3.8.4. Alt Limit Dağıtım – Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar	94
3.8.5. Sınırlandırılmış Sunum Miktarı	95
3.8.6. Sınırlandırılmış İstem Miktarı	95
3.8.7. Dejenerasyon	96
3.8.8. Hücre Sayısının (M + N – 1) den Büyük Olduğu Durumlar	96

3.8.9. Hücre Sayısının $(M + N - 1)$ den Küçük Olduğu Durumlar	96
3.9. ULAŞTIRMA MODELLERİNDE DUYARLILIK ANALİZLERİ	96
3.9.1. Maliyetlerdeki Duyarlılık	97
3.9.2. Sunum Miktarındaki Duyarlılık Analizleri	98
3.9.3. İstem Miktarında Duyarlılık Analizleri	98
3.10. ULAŞTIRMA MODELİNİN UZANTILARI	99
3.10.1. Genelleştirilmiş Ulaştırma Problemleri	100
3.10.2. Kapasiteleştirilmiş Ulaştırma Problemleri	100
3.10.3. Karışık Kısıtlı Ulaştırma Problemleri	100
3.10.4. Sabit Yüklü Ulaştırma Problemi	100
3.10.5. Tek Kaynaklı Ulaştırma Problemi	100
3.10.6. Temel Köşegen Ulaştırma Problemi	101
3.10.7. Tesis Yerleşim Problemi	101
3.10.8. Zamanı Azaltan Ulaştırma Problemi	101
3.10.9. Maliyet – Zaman Eğilimli Ulaştırma Problemi	102
3.10.10. İki Kriterli Ulaştırma Problemi	102
3.10.11. Çok Amaçlı Ulaştırma Problemi	102
3.10.12. Çok Boyutlu Ulaştırma Problemi	102
3.10.13. Doğrusal Olmayan Ulaştırma Problemi	102
3.10.14. Geniş Ölçekli Ulaştırma Problemi	103
3.10.15. Atama Problemi (Macar Yöntemi)	103
3.10.16. Üretim Programlaması	103
3.10.17. Aktarma Problemleri	103
3.10.18. Seyyar Satıcı Problemleri	104
4. BÖLÜM	106
MNG KARGO A.Ş. VE TOKAT İLİ EN KÜÇÜK YAYILMA MODELİ (
MİNİMUM KAPSAYAN AĞAÇ) UYGULAMASI	106
4.1. MNG HOLDİNG A.Ş. HAKKINDA GENEL BİLGİLER	106
4.2. MNG KARGO’NUN VİZYONU	108
4.3. MNG KARGO’NUN MİSYONU	109
4.4. EN KÜÇÜK YAYILMA MODELİ (MINIMUM SPANNING TREE) TOKAT	
İLİ MNG KARGO UYGULAMASI	109
4.4.1. Uygulama İli Tokat Hakkında Genel Bilgiler	110
4.4.2. Uygulama	115
4.4.2.1. Tokat İli 1. Dağıtım Bölgesi Uygulaması	119
4.4.2.2. Tokat İli 2. Dağıtım Bölgesi Uygulaması	124
4.4.2.3. Tokat İli 3. Dağıtım Bölgesi Uygulaması	127
4.4.2.4. Tokat İli 4. Dağıtım Bölgesi Uygulaması	129
4.4.2.5. Tokat İli 5. Dağıtım Bölgesi Uygulaması	132
SONUÇ VE ÖNERİLER	137
KAYNAKÇA	140
ÖZGEÇMİŞ	146

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.Bilimsel Yöntemlerle Yaklaşım Akış Şeması.....	24
Tablo 3.1.Ulaştırma Tablosu	69
Tablo 3.2.Sunum Miktarının, İstem Miktarından Büyük Olduğu Ulaştırma Tablosu	72
Tablo 3.3.Sunum Miktarının, İstem Miktarından Küçük Olduğu Ulaştırma Tablosu	73
Tablo 3.4.Ulaştırma Tablosu	77
Tablo 3.5.Ulaştırma Tablosu	78
Tablo 3.6.Ulaştırma Tablosu	78
Tablo 3.7.Ulaştırma Tablosu	79
Tablo 3.8.Ulaştırma Tablosu	82
Tablo 3.9.Ulaştırma Tablosu	83
Tablo 3.10.Ulaştırma Tablosu.....	83
Tablo 3.11.Ulaştırma Tablosu.....	85
Tablo 3.12.Ulaştırma Tablosu.....	85
Tablo 3.13.Ulaştırma Tablosu.....	86
Tablo 3.14.Ulaştırma Tablosu.....	90
Tablo 3.15.Ulaştırma Tablosu.....	93
Tablo 4.1. Tokat İlçelerinin Merkeze Olan Uzaklığı	113
Tablo 4.2. Tokat İli Mahalleler Arası Uzaklıklar (m) 1. Dağıtım Bölgesi	119
Tablo 4.3. Tokat İli Mahalleler Arası Uzaklıklar (m) 2. Dağıtım Bölgesi	124
Tablo 4.4. Tokat İli Mahalleler Arası Uzaklıklar (m) 3. Dağıtım Bölgesi	127
Tablo 4.5. Tokat İli Mahalleler Arası Uzaklıklar (m) 4. Dağıtım Bölgesi	130
Tablo 4.6. Tokat İli İlçeler Arası Uzaklıklar (km) 5. Dağıtım Bölgesi	132

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Matematiksel Modelleme ve Girdi-Çıktı Dönüşüm Süreci	30
Şekil 1.2. Yöneylem Araştırmasında Modellerin Sınıflandırılması.....	30
Şekil 1.3. Yöneylem Araştırmasında Problemin Çözüm Süreci.....	34
Şekil 1.4. Bir Şebekeye Ait Temsili Tamamlama süreleri	41
Şekil 1.5. Üç Farklı Faaliyetin Gösterimi.....	46
Şekil 1.6. Üç Farklı Faaliyetin Kukla Faaliyete Bağlanması.....	46
Şekil 3.1. m Sunum ve n İstem Merkezli Ulaştırma Probleminin Grafik Açıklaması	66
Şekil 3.2. Ulaştırma Tablosu Hücre Yapısı	70
Şekil 3.3. Ulaştırma Modelinin Algoritması.....	74
Şekil 4.1. Türkiye Haritasında Tokat İli	111
Şekil 4.2. Karadeniz Bölgesi Haritasında Tokat İli.....	111
Şekil 4.3. Tokat İli Haritası.....	112
Şekil 4.4. Tokat İli Yol Ağı	114
Şekil 4.5. Kargo Firması 1. Dağıtım Bölgesi.....	115
Şekil 4.6. Kargo Firması 2. Dağıtım Bölgesi.....	116
Şekil 4.7. Kargo Firması 3. Dağıtım Bölgesi.....	117
Şekil 4.8. Kargo Firması 4. Dağıtım Bölgesi.....	117
Şekil 4.9. Kargo Firması 5. Dağıtım Bölgesi.....	118
Şekil 4.10. Tokat 1. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi	118
Şekil 4.11. Tokat İli 1. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması.....	122
Şekil 4.12. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu	123
Şekil 4.13. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Kümülatif Çözüm Basamakları	123
Şekil 4.14. Tokat 2. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi	118

Şekil 4.15. Tokat İli 2. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması.....	126
Şekil 4.16. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu	126
Şekil 4.17. Tokat 3. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi	118
Şekil 4.18. Tokat İli 3. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması.....	128
Şekil 4.19. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu	129
Şekil 4.20. Tokat 4. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi	118
Şekil 4.21. Tokat İli 4. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması.....	131
Şekil 4.22. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu	131
Şekil 4.23. Tokat 5. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi	118
Şekil 4.24. Tokat İli 5. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması.....	134
Şekil 4.25. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu	135

KISALTMALAR LİSTESİ

PERT	Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme
CPM	Kritik Yol Metodu
EST	En Erken Başlama Zamanı
ESİ	İlk Olayın Gerçekleşme Zamanı
LC	En Erken Bitiş Zamanı
DS	Software for Decision Sciences
MODI	Modified Distribution
RAM	Russel's Aproximation Method
VAM	Vogel's Aproximation Method

GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte insanlar, firmalar ve kurumlar yapılan bütün işlerde hız, düşük maliyet ve minimum hataya daha da önem vermeye başlamışlardır. Artan rekabet şartları içerisinde karlılıklarını korumak ve devamlılıklarını sağlamak isteyen işletmeler için maliyetlerin en aza indirilmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur. Genellikle deneyimleri doğrultusunda bu kararları veren profesyoneller, karar verme sürecinde iki faktörü öncelikle göz önünde bulundurmaktadırlar. Ya faydayı maksimize etmek isterler (örneğin, kar maksimizasyonu) ya da giderleri en aza indirmek isterler (örneğin, maliyet minimizasyonu). Kargo taşımacılığının toplam maliyetleri içerisinde en büyük paya sahip olan ulaştırma maliyetlerinin minimizasyonu bu açıdan özel önem arz etmektedir.

Bahsedildiği üzere; gelişen teknolojiler, işletmeleri de bir değişim hareketinin ortasına çekmiştir. Her bir işletme, mevcut piyasa içerisinde en iyi olmak yolunda rakiplerine savaş açmak durumundadır. Açılan bu savaşta, karar alma birimleri en iyi hamlelerin yapılması amacıyla, gerek kendi bilim alanlarında ve gerekse diğer bilim alanlarından organizasyonlarına en uygun adımları entegre etmeye başladılar. Bu entegrasyon dâhilinde yöneylem araştırması önemli bir yere sahiptir. Temelleri askeri hareketlere dayanmış olmasına rağmen, organizasyonlarda ve işletmelerde büyük bir kullanım alanı mevcuttur.

Lojistik faaliyetlerinde bulunan işletmeler için yöneylem araştırmasının şebeke analizleri modeli önemli bir yol haritası hükmündedir. Askeri temelli bu adım, mevcut kaynakların optimum şekilde koordine edilmesini ve yerleştirilmesini sağlayan bir dizi faaliyetler bütünüdür. Özellikle kargoculuk faaliyetlerinde, paketin müşteriye en kısa zamanda ulaştırılması birincil önceliğe sahiptir. Bu sebeple oluşturulacak kargo ağının,

en uygun ve kullanışlı yerlerde oluşturulmuş ve güzergâh olarak da aktif yolların tercih edilmiş olması gerekmektedir. Böyle bir seçim için kullanılacak yöntemlerin başında şebeke analizi altında minimum yayılan ağaç algoritması gelmektedir.

Bu çalışmada, kargo taşımacılığında optimizasyon modeli olan ulaştırma modellerinin uygulanışı gösterilmiştir. Bu amaçla minimum yayılan ağaç algoritması metodu kullanılmıştır. Çalışma, dört bölümden oluşmaktadır;

Çalışmanın birinci bölümünde; Yöneylem araştırmasına genel bir giriş yapılarak, tanımı, özellikleri, tarihçesi, önemi, kullanım alanları belirtilmiştir.

İkinci bölümde; Ulaştırma modellerine değinilmiş, çeşitli maliyet kalemleri gösterilmiştir. Maliyet analizleri uygulanış metodlarına değinilmiştir.

Üçüncü bölümde; Ulaştırma optimizasyon problemlerinin çözümüne değinilmiştir. Ayrıca ulaştırma modellerinin çeşitlerine değinilmiş ve matematiksel modellerle gösterilmiştir.

Dördüncü bölümde; Çalışmamızla alakalı bir uygulamaya yer verilmiştir. Türkiye’de faaliyet gösteren MNG Kargo şirketinin verileri dikkate alınarak Tokat ilindeki dağıtım ağı incelenmiş ve minimum yayılan ağaç algoritması metoduyla maliyet ve zaman optimizasyonu sağlanmıştır. Ayrıca, ulaştırma faaliyeti sürecinde hangi yolların kullanılmasının daha az zaman alacağı da belirlenmiştir. Sonuç olarak, ulaşım sürecinde en kısa yollar kullanılarak ve en az maliyetli rotalar kullanılarak optimal bir şebeke oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu faaliyetler sonucunda, minimum kapsayan ağaç algoritmasının uygulanması ve güzergâh belirlenmesi noktasında etkin bir yol haritası elde edilmeye çalışılmıştır.

I. ÇALIŞMANIN AMACI

Çalışma, hizmet ve ürün sunumunda, organizasyonlara “kalite” kavramının birincil hedef olmasını amaçlatmaktadır. Kargo taşımacılığında kalite kavramı; minimum maliyet, minimum zaman, maksimum maliyet anlamına gelmektedir. Bu amaçla günümüzde bütün işletme alanlarında kullanılan ve yöneylem araştırması analizlerinden birisi olan şebeke analizinin kullanılabilirliğinin artırılması gerekmektedir. Bununla birlikte, bir organizasyonun, hedeflerini gerçekleştirme için oluşturacağı organizasyon faaliyet ve elemanlarının, maksimum fayda sağlayacak şekilde nasıl koordine edileceği ve yerleştirileceği konusunu açıklamak çalışmamızın amaçları arasında yer almaktadır.

II. KONUNUN ÖNEMİ

Artan rekabet şartları içerisinde karlılıklarını korumak ve devamlılıklarını sağlamak isteyen işletmeler için maliyetlerin en aza indirilmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur. Maliyetlerin hesaplanması ve projelerin tam zamanında ve/veya daha az zamanda hazırlanılıp sunulabilmesi bu amaçla çok önemlidir. İşte tam bu aşamada karar vericiler rekabet savaşı içindeki piyasalarda, organizasyonun faaliyetlerini, aksatmadan ve rakiplerinin lehine bir durum oluşturmadan gerçekleştirmek zorundadırlar. Oysa çoğu zaman, bu şekilde karmaşık ve önemli faaliyet ve planlamaları organizasyon içerisinde sadece bir kişinin yapmaya çalışmasının çok zor ve ağır bir yük olduğu aşikârdır. İşte böyle bir rekabet ortamında, faaliyetler dizisinin kusursuz bir şekilde idame ettirebilmesini amaçlayan çalışmalar, yöneylem araştırması kavramını doğurmuştur. Bir bütün olarak yöneylem; yöneticilerin, karşılaştıkları problemlerde karar vermelerine yardımcı olmak amacıyla kullanabilecekleri bilimsel problem çözme yaklaşımıdır. Yapılan projelerin ve sağlanan hizmetlerin minimum maliyet ve

maksimum kâr kriterine uyabilmesi için bugünkü organizasyon faaliyetleri dizisi içerisinde yöneylem bilimi, popülerliğini hiç kaybetmemiştir. Günümüzde yüksek maliyetler ve artan rekabet ortamı, organizasyonların faaliyetlerinin sistematik ve planlı bir düzenek üzerinde, faaliyetler öncesinde koordine edilmesini zorunlu hale getirmiştir.

Yöneylem araştırması, devamlı kar odaklı bir tutumu benimsemez. Üretici ve tüketiciyi ortada buluşturan kalite ve memnuniyet odaklı bir methodur. Bu yönüyle son zamanlarda önemi gittikçe artmaktadır.

III. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, Tokat ilindeki kargo taşımacılığı faaliyetleri incelenecek ve bu bölge için lojistik dağıtım ağı oluşturulacaktır. Bu çalışmayı yaparken değineceğimiz yöneylem araştırması ve proje yönetiminde kullanılan şebeke analizi hakkında literatür araştırması yapılacaktır. Elde edilen veriler ışığında, şebeke analizi içerisinde işletmenin maliyetlerini minimum kılacak ulaştırma modelleri hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır. Bu modellerin uygulaması DS (Software for Decision Sciences) paket programıyla da tatbik edilecek, çıktılar yorumlanacaktır.

IV. LİTERATÜR ÖZETİ

Aytulun (2006), Lojistik yönetimi ve sistemi hakkında bilgiler vermiştir. Ayrıca, proje çizelgeleme tekniklerinin, süreç iyileştirme çalışmalarında kullanılabilirliğinin incelendiği süreçlerin projelendirilmesi kapsamında, mevcut proje çizelgeleme teknikleri hakkında da genel bilgiler vermiştir. Çalışmasında bir firmanın iş süreçlerini ele almış ve bu süreçleri PERT ile modellemiş ve çözümlenmiştir. Sonuçları PERT-yol ve Monte Carlo simülasyonu ile doğrulamaya çalışmıştır. Yapılan çalışma test edilerek doğruluğu kanıtlanmıştır.

Baraz (2008), Çalışmasında, proje planlama tekniklerini kısaca anlatmış, CPM ve PERT' in gelişiminden bahsetmiş ve amaçlarını açıklamıştır. Çalışmasını bir inşaat projesinde PERT tekniğini kullanarak sonuçlandırmıştır.

Çakanel (2008), Ulaştırma modelleri ile maliyet optimizasyonu üzerine çalışma yapmıştır. Karar verme süreçlerinin önemini vurgulamış ve çalışmasında konu hakkında geniş bilgi yer almıştır. Çalışmasını bir tekstil işletmesinde doğrusal programlama tekniği kullanarak sonuçlandırmıştır.

Duran (2007), yapmış olduğu çalışmasında, CPM ve PERT modellerinden kapsamlı olarak bahsetmiş ve çalışmasını bir araç firmasında hazırlamış olduğu örnekle noktalandırmıştır.

Erden (2004), yapmış olduğu çalışmada, alçak gerilim topraklama şebekelerini modellerini analiz etmiş ve uygulama olarak da bir alçak gerilim topraklama şebekesinde nötr hat üzerine düşen gerilim değerini çeşitli parametreler kullanarak incelemiş ve simülasyon oluşturmuştur. Uygulama sonuçlarını kullanarak nötr üzerine düşen gerilim değişimi hesaplanarak çizelgeler haline getirilmiş ve yüzde değişimleri belirlenmiştir.

Günaydın (2006), Yapmış olduğu çalışmasında; Türk Silahlı Kuvvetleri'nde ring taşımacılık faaliyetlerinin maliyet etkinlik analizi ve ulaştırma modelleri yardımıyla güzergah optimizasyonu konusunu ele almıştır. Yöneylem araştırması altındaki çeşitli maliyet analizi metodlarını, çalışmanın son kısmında TSK 'de ring taşımacılığı üzerinde uygulamıştır.

Gür (2006), çalışmasında, öncelikle proje yönetimi, PERT ve CPM hakkında genel bilgiler vermeye ve ayrıca PERT ve CPM tekniklerinden faydalanılarak bir

apartmana doğal gaz tesisatı kurulumunun aşamaları incelemeye çalışmıştır. Projenin maliyet ve kaynak planlamasını açıklayarak çalışmasını sonlandırmıştır.

Kazançoğlu (2008), yapmış olduğu çalışmasının uygulama bölümünde galvaniz&çelik konstrüksiyon sektöründe yer alan bir firmanın satın alma bölümü ile koordineli bir şekilde tedarikçi ilişkileri sürecini incelemiş, sektörün ve firmanın da özelliklerini dikkate alarak kriterleri belirlemiştir. Sonrasında da yöneylem araştırması teknikleri yardımıyla tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesini firmadan gerekli verileri toplayarak firma dâhilinde gerçekleştirmiştir.

Kulu (2006), Simpleks algoritmasını çalışmasında yoğun olarak açıklamış ve kullanmıştır. Tedarik zinciri yönetiminde ulaştırma modeli optimizasyonu üzerine yaptığı çalışmasını otomotiv sektöründe bir uygulamayla sonuçlandırmıştır.

Sarıca (2006), yapmış olduğu çalışmada, proje planlama tekniklerinden olan şebeke analizini, CPM ve PERT analizlerini kullanarak sonuca ulaştırmaya çalışmıştır.

Türkmen (2007), yapmış olduğu çalışmada, tarım kavramına yöneylem araştırması teknikleri ile matematiksel bir yaklaşım ortaya konmuştur. Sürdürülebilir tarım için karma tamsayılı matematiksel bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, eniyileme paket programlarından biri olarak kullanılan Lingo 8.0 programına aktarılmış ve resmi kurumlardan alınan Adana'nın Yumurtalık ilçesine ait verilerle test edilmiştir. Son olarak elde edilen bulgular, geçmiş yıllarda yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır

1. BÖLÜM

YÖNEYLEM ARAŞTIRMASINA GENEL BAKIŞ

1.1. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASINA GİRİŞ

Sanayi devrimi ile birlikte endüstri işletmelerinin hızla büyümeleri sonucunda bir kişinin bütün yöneticilik fonksiyonlarını tek başına yürütebilmesi imkansız hale gelmiştir. Bunun doğal sonucu olarak yönetim fonksiyonlara ayrılmış, böylece işletme bünyesinde üretim, pazarlama, finansman vb. farklı bölümler ortaya çıkmıştır. Yönetim fonksiyonunun gittikçe artan sayıda bölümlere ayrılması, yeni işletme sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Bir bölüm için en iyi olan davranış biçiminin bir başka bölüm için iyi olmak bir yana genellikle yıkıcı olması, bölümleri birbirlerinin amaç ve faaliyetlerini göz önünde bulundurmamak zorunda bırakmıştır. Bu tip sorunlar ve bunlara daha iyi çözüm bulma yaklaşımları da yöneylem araştırmasını doğurmuştur.

“Nicel karar verme”, “Yöneylem araştırması” ve “Yönetim bilimi” gibi adlar taşıyan disiplinlerin doğuşu ekonomik ve askeri alanlarda daha iyi kararlara ulaşmayı sağlamıştır. Ayrıca muhasebe disiplininin gelişmesinin ve yöntemlerinin işletmelerde uygulanışının yöneticilere, kararları için gerekli olan sağlıklı bilgileri vermede yardımcı olduğu da gözden kaçırılmamalıdır (Öztürk, 2002:1).

Karar verme, iş dünyasının çalışmasını sağlayan temel unsurlardandır. Tüm yöneticiler, buldukları faaliyet alanı ve kademelerinden bağımsız olarak stratejik düzeyden operasyonel düzeye kadar çeşitlenen geniş bir yelpazede kısa, orta, uzun dönemli kararlar verirler. Ancak iyi karar verebilmek için deneyim önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Öte yandan son derece karmaşık bir yapıya dönüşmüş, rekabetin yoğun olduğu, sürekli değişimin yaşandığı, milyonlarca insanın yer aldığı, yoğun bir veri bulutunun içinde işleyen, ileri teknoloji kullanan günümüz iş dünyası

koşullarında klasik yaklaşımla, bilimsellikten uzak verilen kararlar talihsiz sonuçlar doğurabilir (Ulucan, 2004:3).

Günümüzde yöneticilerin en önemli sorunu belirsizlik ortamında alınan kararların tutarlı olup olmayacağıdır. Yönetimde kararların klasik yollarla verilemeyeceği, modern işletme yönetiminde, kantitatif yöntemlerin çok önemli olduğu kavranılmış ve işletmelerin faaliyet alanlarını oluşturan pazarlama, üretim, yatırım, finansman, stoklama, fiyat, istihdam, rekabet, ulaşım gibi konularda oluşan yönetici kararlarında kantitatif modellerden yararlanılmaya başlanılmıştır (Ergülen, 2005:164).

1.2. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ TARİHÇESİ

Gerek otomobil, televizyon, silah gibi elle tutulur bir ürünün üretilmesi, gerekse ulaşım, eğlence, güvenlik gibi insanların çeşitli ihtiyaçlarını karşılayan hizmetlerin sağlanabilmesi için bazı kaynakların kullanılması gerekir. Kaynak deyince faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan ve çeşitli işlemlerin sonunda bir ürüne yada hizmete dönüşen her şeyi aklımıza getirebiliriz(Örneğin;zaman, insangücü, para, arazi, teknoloji ...).

Zaman ilerledikçe yeryüzündeki kaynaklardan bazıları azalmış, öbür yandan mevcut kaynakları kullanacak olan insanların sayısı artmış ve teknolojik yönden gelişmiş özellikleri olan araç ve gereçler üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda insanların bilgi ve kültür seviyeleri artmış ve insanlar temel ihtiyaçlarını karşılamamanın ötesinde, ortaya çıkan daha başka ihtiyaçlarının da karşılanmasına yönelik olarak günlük hayatta kullandığı eşyalara ve yararlandığı hizmetlere olan beklentilerini yükseltmeye başlamışlardır. Diğer yandan farklı yeteneklere, uzmanlık alanlarına ve bilgi düzeyine sahip insanlar karmaşık yapıdaki araç, gereç ve malzemelerden oluşan organizasyonların yönetimi ve en yüksek verimi elde edecek şekilde eldeki kaynakların

organizasyonunun faaliyetlerine paylaştırılması önemli bir problem olarak kendini hissettirmeye başlamıştır. Özellikle 18. yüzyılın sonlarına doğru başlayan endüstri devrimi bu değişimin daha da hızlanmasına ve daha büyük organizasyonların oluşmasına yol açmıştır. Bu gelişmelerin sonucu olarak günlük hayatta karşılaşılan çeşitli problemler ile ilgili karar vermeye yardımcı olmak amacıyla, problemlerin çözümünde kullanılabilecek bilimsel metotların geliştirilmesine yönelik çalışmalar başlamıştır. Pek çok alandaki çeşitli problemlerin çözümünde kullanılabilecek teknikleri içeren yöneylem araştırması bilim dalı böyle bir arayışın sonunda ortaya çıkmış, bilim adamlarının katkılarıyla gittikçe zenginleşmiş ve ilk yıllarından itibaren karar problemlerinin çözümünde yoğun olarak kullanılmaya başlamıştır.

Bazı bilimsel çalışmalar sonucunda geliştirilen yöntemler, askeri alanlarda kullanılmak amacıyla daha da geliştirilerek, özellikle ABD hava kuvvetleri faaliyetlerinin etkinlik sağlayacak şekilde planlanmasında kullanılmıştır. Bu çalışmaları yürüten G.B. Dantzig çalışma kapsamını genişleterek ABD'nin tüm askeri faaliyetlerinin planlanmasına yönelik doğrusal programlama yaklaşımını geliştirmiş ve Simpleks çözüm yöntemini ortaya koymuştur. Simpleks çözüm yönteminin geliştirilmesinden sonra doğrusal programlama teorisinde de önemli gelişmeler sağlanmıştır. Robert Dorfman, doğrusal programlama yaklaşımını tam rekabet ve monopol koşulları altında çalışan iktisadi öğelere uygulamış ve geleneksel marjinal analiz(cebirsel) ile doğrusal programlama modellerinin uygulanabilirliğini karşılaştırmıştır. Daha sonraki yapılan çalışmalarda, iktisatçılar ve matematikçiler "Dualite Teorisi"ni geliştirmişlerdir. 1950'lerden sonra R. Bellman dinamik programlama ve H.Kuhn ile A.Tucker doğrusal olmayan programlama modellerini geliştirmişlerdir. (Aygüneş ve Diğerleri, 2001:9).

Yöneylem araştırması bilim dalının temelleri İkinci Dünya Savaşı sırasında, İngiltere’de savaş araç ve gereçlerinin, limanlarda daha kısa sürede gemilere yüklenmesini ve boşaltılmasını sağlayacak bir yöntemin araştırılmasıyla atılmıştır. İngiliz Savunma Bakanlığı bu karmaşık problemleri çözmek ve askeri hareketlardaki etkinliği artırmak amacıyla çeşitli disiplinlerdeki bilim adamlarından oluşan ekipler teşkil ederek bir dizi çalışma başlatmıştır. İşlemsel, eylemsel ve uygulamaya yönelik araştırma anlamına gelen bu yöntem Türkiye’de yöneylem araştırması olarak tanınmıştır (Başaran, 2000:64).

Savaş yıllarında yöneylem araştırması yaklaşımının uygulandığı problemlerden bazıları şunlardır (Yılmaz, 2005: 6);

- ***Hava Savunma Radarlarının Yerlerinin Belirlenmesi***

Mevcut radar ağının Alman hava saldırılarını önceden tespitte yetersiz kalması ve bu saldırılarda ağır kayıplar verilmesi üzerine, radarların teknik özellikleri ve arazi yapısına göre yeniden yerleştirilmesi için bir çalışma başlatılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuca göre radarların yerleri yeniden düzenlenmiş ve erken uyarı sisteminin etkinliği artırılmıştır.

- ***Optimal Konvoy ve Eskort Büyüklüğünün Bulunması***

Alman denizaltılarının (U-botlar) müttefik savaş ve ticaret gemilerine büyük kayıplar vermesi üzerine bu problem masaya yatırılarak bilimsel bir yaklaşımla çözüm arayışına başlanmıştır. Genel olarak denizlerde, x adet ticaret gemisinden oluşan bir konvoy ile bu konvoyun çevresinde eskortluk yapan y yoğunluğundaki (bir mildeki savaş gemisi sayısı) savaş gemileri dolaşmakta ve bu gruba Alman denizaltıları saldırılmaktadır. İstatistiki çalışmalar sonucunda, herhangi bir eskort yoğunluğu (y) için, batırılan gemi sayısının konvoy büyüklüğü (x) ile ters orantılı olduğu gözlenmiştir. Bu

bilgiden hareketle gemi kaybını en aza indirmek amacıyla yapılan çalışmalarda konvoy ve eskort büyüklüklerine yönelik çeşitli alternatif sonuçlar elde edilmiştir.

- ***Su Altı Bombaları İçin Optimal Patlama Derinliğinin Bulunması***

Müttefik uçaklarından atılan su altı bombalarının Alman denizaltılarına beklenen zayıtı verdirememesi üzerine bu konu da bilimsel yöntemlerle ele alınmıştır. Uçağın hızı, bombanın izlediği yörünge, denizaltının konumu ve bombanın patlama derinliği gibi faktörler bir matematiksel model içerisinde birleştirilmiş ve denizaltılara maksimum zayıtı verdirmek amacıyla bombanın su altında hangi derinlikte patlaması gerektiği incelenmiştir. Elde edilen sonuca göre bombaların mekanizmasında gerekli ayarlar yapılmak suretiyle bu alanda da önemli bir etkinlik artışı gözlenmiştir. Bu dönemde yapılan çalışmalardan bazıları da;

Alman denizaltılarının İngiliz savaş uçaklarını erken fark etmelerini önlemek amacıyla “uçakların renginin belirlenmesi”,

Alman denizaltılarını mümkün olduğu kadar kısa sürede tespit edebilmek amacıyla “hedef arama metodunun geliştirilmesi”,

Hedefi imha etme olasılığını maksimum yapmak amacıyla “atış tekniğinin geliştirilmesidir”.

Savaştan sonraki yıllarda bu bilimsel ekipte görev yapan bilim adamları, geliştirdikleri yaklaşımların, başta iktisat, işletme, finans ve üretim olmak üzere, diğer faaliyet alanlarında uygulanmasına yönelik olarak çalışmalarına devam etmişlerdir. Yöneylem araştırması hemen her alanda büyük bir kabul görmüş, pek çok problemin çözümünde uygulanmış ve çeşitli tipte problemlerin çözümüne yönelik olarak her geçen gün yeni teknikler ve yaklaşımlar geliştirilmek suretiyle gittikçe zenginleşmiştir. Özellikle 1950’li yıllarda bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte yöneylem

araştırması tüm dünyada karmaşık karar problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.

İngiltere’de (Patrick Blackett, Cecil Gordon, C. H. Waddington, Owen Wansbrough-Jones ve Frank Yates de aralarındaydı) ve ABD'deki (George Dantzig) bilimciler lojistik ve talim çizelgelerinde daha iyi kararlar verebilmek için yollar aramaya başladılar. Savaştan sonra endüstrideki benzer problemlere uygulanmaya başladı.

Blackett’in ekibi savaş çabasını amaçlayan bir dizi can alıcı analiz yaptı. Britanya sevkiyat kayıplarını azaltmak için konvoy sistemini tanıttı. Ancak savaş gemilerini kullanma ilkesine karşın ticari gemilere eşlik etmeleri genel olarak kabul edilse de, konvoyların küçük ya da büyük olmasının daha iyi mi kötü mü olduğu açık değildi. Konvoylar en yavaş üyenin hızına göre yol alıyordu bu yüzden küçük konvoylar daha hızlı yol alabilirdi. Ayrıca küçük konvoyların Alman U-Bot’ları tarafından saptanmasının daha zor olacağı tartışılıyordu. Öte yandan büyük konvoylar saldırılara karşı daha çok savaş gemisini intikal edebilecekti. Blackett’in ekibi açıkça şunu gösterdi:

Geniş konvoylar daha etkilidir.

Bir U-Bot tarafından saptanma olasılığı istatistiksel olarak konvoyun büyüklüğüne bağlı değildir.

Yavaş konvoylar daha büyük bir risk altındadırlar. (hepsi düşünüldüğünde geniş konvoylar yeğlendi).

Bir diğer çalışmada Blackett’in ekibi İngiliz Hava Kuvvetleri Bombardıman Komutanlığı tarafından gerçekleştirilen bir araştırmanın raporunu incelediler. Araştırma için Bombardıman Komutanlığı Almanya’dan belli bir dönem sonra bombardıman

baskınından dönen tüm bombardıman uçaklarını inceledi. Alman hava savunması tarafından uğratılan tüm hasar not edildi ve en hasarlı bölgelere zırh eklenmesi önerisi getirildi. Onların -hava aracı kaybının en düşük personel kaybıyla sonuçlanmasını sağlayabilecek- mürettebatın bir kısmını kaldırma önerisi komutanlıkça reddedildi.

Araştırmaya göre bunun yerine Blackett'in ekibi hasardan tümüyle kurtulmuş bölgelerin zırhla kaplanması gibi şaşırtıcı ve kontra sezgisel bir öneri yaptı. Araştırmanın sırf Almanya'dan başarıyla geri dönebilen hava araçlarını içerdiği için önyargılı olduğuna karar verdiler. Eğer alınan isabet aracın kaybına yol açıyorsa hasarsız bölgeler yaşamsal alanlar olmalıydı.

Almanlar hava savunmasını Kammlhuber Hattı'nda birleştirdiğinde İngiliz Hava Kuvvetleri bombardıman uçaklarının kara kontrol tertibatının hedefindeki bireysel hücrelerine uçan gece savaşçıları basabilecekleri bir bombardıman uçağı akımına doğru uçtukları fark edildi. Geriye İngiliz Hava Kuvvetleri'nin kaybını en aza indirme amacıyla bombardıman uçaklarının ne kadar yakın uçmaları gerektiğini ölçmek için çarpışmalardan kaynaklanan istatistiksel kaybı gece savaşçılarının istatistiksel kaybına karşı hesaplamak kalmıştı (<http://tr.wikipedia.org/wiki/yoneylemarastirmasi>, 20/05/2011).

Yöneylem araştırmasının savaş döneminde yarattığı olumlu etki, birçok işletmeleri onu karar problemlerinin çözümünde bir araç olarak kullanmaya itmiştir (Öztürk, 2002:2).

1.2.1. Yöneylem Araştırmasının Türkiye'deki Tarihçesi

Başlangıçta "Harekat Araştırması" adı verilen Yöneylem araştırmasının Türkiye'ye girişi, pek çok alanda olduğu gibi, Türk Silahlı Kuvvetlerinin öncülüğünde olmuştur. Ülkemizde oluşturulan ilk yöneylem araştırması birimi, 19 Ağustos 1954

tarihinde Genelkurmay Başkanlığı bünyesinde kurulan “İlmi İstişare Kurulu Müdürlüğü” olup, gerçek anlamdaki ilk yöneylem araştırması grubu 1 Haziran 1956 tarihinde yaklaşık 10 yedek subaydan oluşturulmuştur. Bu müdürlüğün adı 1957 yılında “İlmi İstişare ve Geliştirme Kurumu” kısaca İLGE olarak değiştirilmiştir. 1958 yılında adı ARGE olarak değiştirilen birim, 1970 yılına kadar Genelkurmay Başkanlığına bağlı olarak, 1970 sonundan itibaren ise Milli savunma Bakanlığı bünyesinde faaliyetlerini sürdürmüştür. 1973 yılında Genelkurmay Başkanlığında Savunma Araştırması Dairesi Başkanlığı kurulmuş ve yöneylem araştırması faaliyetleri bu başkanlık bünyesinde sürdürülmüştür. 1993 yılında başkanlığın adı Silahlanma ve Savunma Araştırma Dairesi olmuştur (Aygüneş ve diğerleri, 2001:17).

Sivil kesimde ise ilk olarak 1 Eylül 1965 tarihinde TÜBİTAK bünyesinde bir Yöneylem Araştırması ünitesi oluşturulmuş, 1973 yılında Gebze Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsünün bir ünitesi olarak faaliyetlerine devam etmiş ve 1992 yılında “Sistem Analizi” adı verilerek yeni bir birime dönüştürülmüştür. Eğitim alanında ilk uygulamalar İstanbul Teknik Üniversitesi ve Orta Doğu Teknik Üniversitesinde başlatılmış ve kısa bir süre sonra Kara Harp Okulu da yöneylem araştırması derslerini ders programına eklemek suretiyle öncülük yapan okullar arasında yer almıştır. Bu gelişmeyi daha sonraki yıllarda gerek yöneylem araştırması derslerini programa koymak ve gerekse yüksek lisans ve doktora programları açmak suretiyle diğer üniversiteler takip etmiştir (Aygüneş ve diğerleri, 2001:18).

1.3. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ ÖNEMİ VE AMACI

Yöneylem araştırması yönetimin karar ve uygulamalarının belirlenmesine bilimsel olarak yardımcı olmaktır. Günümüzde, hızla gelişen ve değişen dünyada eski anlayışla iş yapmak artık zorlaşmıştır. Doğal olarak da karmaşık sorunların çözümünün

yeni bir yaklaşımla ele alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır(<http://www.kho.edu.tr/akademik/yam/index.htm/01.02.2011>). Sistem kavramından hareketle bütünü incelemek yerine, o bütünü oluşturan öğeleri incelemek düşüncesi daha ağır basmıştır (Albayrak, 2005: 14).

Günümüzde, tüm kurum ve kuruluşların birçok problemlerle karşılaştığı bilinmektedir. Bu problemler, rekabet ortamlarının artması, kullanılan kaynakların kıt olması, zaman faktörünün çağımızda küçümsenemeyecek bir önem addetmesi, üretilecek hizmet veya ürünün maksimum fayda sağlayabilme yetisi, etkin kullanım sorunu vb. birçok alt basamaklar içermektedir. Problemlerin basit değil aksine çok karmaşık olduğu, atılacak her adımın ve alınacak her kararın, örgütlerin kıyasıya birbirleriyle mücadeleye tutuştukları asrımızda, her bir problem işletmenin tüm bölümlerini etkileyebilmektedir. Günümüzde herhangi bir değeri olan kararlar verebilmek için büyük ölçekli verileri içeren problemlerle uğraşmak zorundayız. Artan etkileşim düzeyi, artık iş dünyası kararlarını büyük ölçekli platformlara taşımıştır (Ulucan; 2007:3).

Karşılaşılan problemlerin çözümü, genellikle yöneticileri ilgilendirir. Alınan kararların, işletmenin hayati fonksiyonlarını etkilediği için, karar verme, çok çetin ve bir o kadar hassasiyet isteyen bir aşamadır. Bilindiği gibi alınan kararların ardından, beklenen bir sonuç vardır. Bu bekleyiş ise rasyonel adımlarla gerçekleşebilir. Beklenen sonuçlara ulaşabilmek için “en iyi karar” alınmalıdır. En iyi kararın alınabilmesi için bilimsel tekniklere başvurma gerekliliği ise aşikârdır (Ulucan; 2007: 3).

Amacımıza hizmet etmeyecek verilerin toplanması zaman kaybına sebep olacaktır. Oysa zaman, günümüzde çok kıymetli bir faktördür. Yöneylem araştırması,

atılacak adımlar ve alınacak kararlarda yöneticilere daha etkin kararlar almaya olanak sağlamaktadır. “Daha İyinin Bilimi” olarak adlandırılan yöneylem araştırması, kararlar almaya yardımcı olmak için analitik yöntemleri uygulama disiplini şeklinde de tanımlanabilir. Bu çerçevede yöneylem araştırması uygulama boyutu ile yalnızca teori değil, gerçek hayatın ta kendisidir (Sezen, 2007: 4).

Tanımından ve kısaca tarihçesinden söz edildikten sonra yöneylem araştırmasının amaçlarını iki grupta toplamak mümkündür (Özkan, 2010: 15 - 16);

1. İnsan makine sistemlerinin yapısını ve davranışlarını inceleme ve açıklama,
2. Bu sistemlerin amaç ve hedeflerine uygun yönetim ve kontrollerine ait karar verme sorunlarını çözmek veya çözüm için uygun yöntemler ve teknikler geliştirmektir.

1.4. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ TANIMI

Birçok alanda kullanılan yöneylem araştırmasının tek bir tanımı yoktur. Birçok tanımla karşılaşılabilir. Ancak yöneylem araştırması denince akla ilk gelen kelime optimizasyondur. Optimizasyon kelime olarak “en iyiyi elde etme” şeklinde tanımlanabilir. Bu da bize amaç doğrultusunda eldeki kaynakları kullanarak problemlerin optimal (en iyi, en verimli) çözümünün bulunmasını ifade eder (Yılmaz, 2005:8).

Yöneylem araştırması için yaygın olarak kullanılan tanımların bir kısmı şunlardır;

- ❖ Yöneylem araştırması; bir organizasyon içinde operasyonların koordinasyonu ve yürütmesi ile ilgili dünyanın gerçek karmaşık sorunları için fikir üretmede matematiksel modelleme, istatistik ve algoritma gibi bilimsel yöntemleri kullanan disiplinler arası bir bilimdir. Organizasyonun doğası maddi değildir. Soruna bilimsel olarak en uygun çözümü sağlamak

için bu bilimi kullandıktan sonraki hedef organizasyonun performansını iyileştirmek ve optimize etmektir (http://tr.wikipedia.org/wiki/Yöneylem_araştırması./11.10.2010).

- ❖ Yöneylem Araştırması, Komutan ve yöneticilerin, karşılaştıkları problemlerde karar vermelerine yardımcı olmak amacıyla kullanabilecekleri bilimsel problem çözme yaklaşımıdır (<http://www.kho.edu.tr/akademik/yam/index.htm./11.10.2010>).
- ❖ Yöneylem Araştırması, yönetim bilimidir.
- ❖ Yöneylem Araştırması, bir karar analizidir.
- ❖ Yöneylem Araştırması, bir tasarım analizidir.
- ❖ Yöneylem Araştırması, eldeki olanaklardan en çok yararlanmayı sağlamak için bilimsel tekniklerin problemlerin çözümünde kullanılmasıdır.
- ❖ Yöneylem Araştırması, özel ve kamu tüm üretim ve hizmet yapılı örgütlerin karşılaştığı problemlere, bilimsel yaklaşım içinde bir takım çalışmasıyla optimal çözümü amaçlayan(araştıran) bir bilim dalıdır.(Öztürk, 2007: 7)
- ❖ Yöneylem Araştırması, kantitatif karar verme teknikleridir (Yücel, 2004:70).
- ❖ Yöneylem Araştırması, rakama dökülmüş bir akl-ı selimdir.
- ❖ Yöneylem Araştırması, elde edilen olanaklardan en büyük (maksimum) yararlanmayı sağlamak için girişilen bilimsel çalışmalar ve teknikler cümlesidir.
- ❖ Yöneylem Araştırması, karar organlarının, karar vermelerinde kontrolleri altında bulunan her türlü olanağı, süre unsuru içinde işletmeyi istenilen amaca en uygun biçimde yöneltebilmeleri için kantitatif esaslara dayanarak yapılan bilimsel araştırmaların tümüne denir.

- ❖ Yönetim bilimi (Yöneylem Araştırması) yöneticilerin daha iyi karar verebilmeleri için yönetim problemlerine bilimsel yaklaşımdır. Hem yönetim sahasında, hem de diğer disiplinlerde yönetim bilimi teknikleri, pek çok matematiksel yaklaşımları kullanır. Yönetim bilimi, işletme alanında problemleri tanıma ve tespit etme sanatıdır (Ayanoglu, 2006: 2).

Bu tanımların en sonuncularından biri “British Operational Society” tarafından yapılandır; “Yöneylem Araştırması, insan, makine, para ve malzemelerden oluşan, endüstriyel, ticari, resmi ve askeri sistemlerin yönetiminde karşılaşılan problemlere, modern bilimin saldırısıdır. Belirgin yaklaşımı, sistemin şans ve risk ölçüsünü de içeren ve alternatif karar, strateji ve kontrollerin sonuçlarını tahmin ve karşılaştırmaya yarayan bilimsel bir model geliştirmektir. Amacı politika ve eylemlerin, bilimsel olarak saptanmasına yardımcı olmaktır” (Esin, 2003: 3).

1.5. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ ÖZELLİKLERİ

Yöneylem araştırmasının, sistem yaklaşımı özelliği, disiplinler arası yaklaşım özelliği, bilimsel yöntemlerle yaklaşım özelliği biçiminde özellikleri vardır. Bu özellikleri açıklamak gerekirse;

1.5.1. Sistem Yaklaşımı Özelliği

Sistemin genel tanımını şu şekilde yapabiliriz: “ Sistem, elemanları ve bunların arasındaki ilişkileri içeren bir elemanlar topluluğudur.

Bir başka tanıma göre sistem, belirli parçaların bir bütün oluşturacak biçimde düzenli ve karşılıklı bağımlı olacak şekilde düzenli ve karşılıklı bağımlı olarak bir araya gelmesi ile ortaya çıkan olgudur. Yani sistem yaklaşımı sistem ve alt sistemlerin uyumlu, verimli bir biçimde çalışmasını kapsar (Albayrak, 2005:14).

Bu tanıma göre sistem, aralarında ilişkiler bulunan elemanların veya parçaların meydana getirdiği bir bütündür. Sistem kavramı ve bu kavramın getirdiği sistem yaklaşımı ile genel sistem kuramı ilgilenmektedir. Sistem yaklaşımının en belirgin özelliği bütün'e yönelik olmasıdır. Başka bir deyişle, ele alınan bir olay veya problem ilgili olduğu sistem bütünü içinde düşünülür. O olayı veya problemi etkileyen tüm faktörler ve bunlar arasındaki etkileşimler dikkate alınır. Bütünleşik yaklaşımda ilgili sistem çevresiyle bir bütün olarak düşünülür. Sistem yaklaşımı veya bütünleşik yaklaşım, yöneylem araştırması yöntembiliminin değişik aşamalarında göz önünde tutulması gereken önemli bir özelliktir.

Yöneylem araştırması problemi çözerken, o problemin ait olduğu organizasyonun bütün unsurlarını, çevresini ve aralarındaki etkileşimi göz önünde bulundurur.

Çözümü aranan sorunlarla ilgili olan ve çözüm sonuçlarını ihmal edilmeyecek biçimde etkileyecek olan problemin ilişkin olduğu iç ve dış tüm etkenlerin göz önüne alınması sistem yaklaşımı gereğidir. Ele alınan sistemlerin çeşitli bölümlerinin amaçları birbiri ile çelişkili durumda olabilir. Bu nedenle yöneylem araştırması bir sistemle ilgili probleme çözüm ararken, sistemin tümüne en uygun çözümü bulmaya çalışır. Dolayısıyla, yöneylem araştırmasının sistemin belirli bir alt bölümü için bulunduğu en uygun çözüm tüm sistem için optimum çözüm olmayabilir (Esin, 2003:4)

1.5.2. Disiplinler Arası Yaklaşım Özelliği

Problemin modellenmesinde ve çözümünde farklı bakış açılarından faydalanabilmek için problemlerin disiplinler arası bir ekip tarafından incelenmesi gerekir. Tek bir kişinin, yöneylem araştırmasının tüm konularında uzman olması beklenmemelidir. Bu nedenle ele alınan yeni bir problemin yöneylem araştırması

çalışması, genellikle takım yaklaşımını gerekli kılar. Bir örgütte takım çalışması geliştirilmez ve önemsenmez ise, o örgütün başarılı olacağı düşünülmemelidir. Yöneylem araştırması takımında, matematik, istatistik ve olasılık teorisi, iktisat, işletme yönetimi, bilgisayar, davranış bilimleri, mühendislik ve temel bilimler ile yöneylem araştırmasının özel tekniklerinde uzman ve deneyimli kişilere yer verilir (Öztürk, 2007:5).

Herhangi bir sorunu yöneylem araştırma yöntemiyle çözümlenebilmek için bir araştırma ekibinin oluşturulması gerekir. Yöneylem araştırmasının temel özelliklerinden biri de disiplinler arası ekip çalışması biçiminde olmasıdır. Çünkü problemi her yönüyle görebilmek, dolayısıyla doğru bir çözüme ulaşabilmek için yöneylem araştırması çeşitli bilim dallarında uzman araştırmacılardan yararlanır. Bu nedenle yöneylem araştırması projelerini yürütecek araştırmacı ekiplerinin de değişik branşlardaki kişilerden oluşması arzulanır. Yöneylem araştırmasının bu özelliği disiplinler arası yaklaşım özelliği olarak bilinir (Esin, 2003:4).

Yöneylem araştırmasının doğuşuna sebep teşkil eden İkinci Dünya Savaşı öncesindeki gelişmeler ve savaş yılları, yöneylem araştırmasının disiplinler arası yaklaşım özelliğinin de başlangıcı olmuştur. Gerçekten de, savaş yıllarına kadar bireysel çalışmalar halinde ortaya konan bazı yöneylem araştırması teknikleri, çeşitli disiplinlerle ilgilenen uzmanlardan oluşan bir ekip elinde ilk defa önemli boyutlarda sonuçlar vermiştir. Savaş yıllarında edinilen bu olgu ve tecrübe, yöneylem araştırmasının sonraki uygulamalarında kaçınılmaz bir yapıya dönüşmüştür.

Yöneylem araştırmasında disiplinler arası yaklaşım aynı zamanda, sistem yaklaşımının bir zorunlu gereği olmaktadır. Şöyle ki, yöneylem araştırması çalışmasında ele alınan problemi içeren sistem, bir sistemler hiyerarşisi çerçevesinde

düşünülmelidir. Yani her sistem başka bir sistem veya sistemlerin içerisinde bir alt sistem olarak yer alır. Dolayısıyla belli bir sisteme ilişkin bir problemle etkileşen sonsuz sayıda faktörden söz edilebilir. Bugünkü bilimsel gelişmeler bütün bu faktörlerin etkileşimini saptamamıza olanak vermektedir. Yöneylem araştırması disiplinler arası yaklaşımı benimsemekle, mümkün olduğu kadar çok etkileşimi saptamaya çalışmaktadır (www.bizarpedia.com/yoneylemarastirmasi/.11.12.2010).

1.5.3. Bilimsel Yöntemlerle Yaklaşım Özelliği

Yöneylem araştırmasının probleme yaklaşım bakımından en önemli katkısı: sistemin öğelerini ve aralarındaki ilişkileri temsil eden modeller kurabilmesi ve modeldeki parametrelerin veya karar değişkenlerinin bir diğerine olan etkisini kolayca etüd edebilmesidir. Yöneylem araştırması, problemleri kendisine has bir yaklaşımla ele alır. Bu yaklaşımın belli başlı evreleri şu şekildedir (Esin, 2003:4):

- ❖ Problemin belirlenmesi,
- ❖ Model geliştirilmesi,
- ❖ Modelin çözümü,
- ❖ Modelin çözüm sonuçlarının değerlendirilmesi,
- ❖ Sonuçların üstler tarafından kabulü ve uygulamaya konulmasıdır.

Bu evreler, problemlerin çözümünde her zaman aynı sırada olmayabilir. Yöneylem araştırmasının problemleri ele alma aşamalarını açıklamak gerekirse;

- **Problemin Belirlenmesi**

Yöneylem araştırma ekibi, problemi analiz ederken, problemin ayrıntılarına girmeden önce karar verici (karar organı) ile ilişki kurar. Çünkü yöneylem araştırma ekibince, karar vericisine bağlı olarak işletmenin amaç ve hedeflerinin bilinmesi çok önemlidir. Böylece, yöneylem araştırma ekibi problemi anlama ve işletmeyi tanıma

olanağı bulur. Problemin belirlenmesi evresinde yöneylem araştırma ekibinin bazı bilgilere sahip olması gerekir. Yararlı olan öğeleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- ❖ Karar verici,
- ❖ Karar vericinin amaçları,
- ❖ Karar değişkenleri (Kontrol edilebilen değişkenler)

$X_j, j=1,2,3,\dots,n$

Bu tür değişkenler karar vericinin kontrolünde olmayan yani kontrol edilemeyen ve ortamdaki gelen değişkenlerdir. Diğer bir ifadeyle, sistemin işleyişini etkileyen fakat değerleri karar vericiyle (karar organınca) saptanıp gerçekleştirilmeyen değişkenlerdir. Örneğin; birim başına maliyet, talep, teknolojik ilişkiler v.b. gibi.

- ***Model Geliştirilmesi:***

Problem belirlendikten sonra yapılacak iş, problemi en iyi bir biçimde temsil edebilecek bir modelin kurulmasıdır. Model, gerçek yaşamın birtakım varsayımlarla basitleştirilmiş bir biçimdir. Diğer bir ifadeyle, gerçeğin gösterimi veya gerçek durumun bir özeti olarak da tanımlayabiliriz.

Model geliştirme, sistem yaklaşımını zorladığı gibi problemin öğeleri arasındaki ilişkilere ışık tutar ve karar vericiye seçenekleri göstermede yardımcı olur. Yöneylem araştırmasında kullanılan modeller genellikle sembolik modellerdir. Bu tür modellerle değişkenler ve parametreler çeşitli simgelerle ifade edilir.

Sembolik modeller ikiye ayrılır:

Sözlü Modeller: Yöneticinin kişisel düşüncelerini ve görüşlerini yazılı olarak açıklamasıdır.

Matematiksel Modeller: Bu modelde değişkenler ve parametreler matematiksel ilişkilerle ifade edilir.

Bir matematiksel model genel olarak:

$M = f(X_i, Y_j)$ biçiminde ifade edilir. Matematiksel modelde:

X_i : Kontrol edilebilen değişkenler.

Y_j : Kontrol edilemeyen değişkenler.

f : X_i ile Y_j arasındaki matematiksel ilişkiyi ifade eder.

Bir yönelem araştırma probleminin çözümü, genel olarak M değerini en iyi (optimum) yapan X_i değerinin bulunması demektir. “En iyi” kelimesinin anlamı, belli bir ölçüte göre mevcut koşullar içinde amaç fonksiyonunun en büyük (maksimum) veya en küçük (minimum) değerinin bulunmasıdır.

- ***Modelin Çözümü:***

Probleme ilişkin matematiksel model geliştirildikten sonra yapılması gereken iş, modelin çözümüdür. Diğer bir ifadeyle, modeldeki bilinmeyen veya değişkenlerin hesaplanmasıdır. Çözüm, modelden değişik yöntemlerle elde edilmekle beraber yönelem araştırmasıyla iki çözüm elde edilir (Esin, 2003:5);

- ❖ Optimal çözüm: Bu çözüm var olan çözümlerin en iyisidir. Fakat bazen gerçekçi olmayabilir.
- ❖ Optimuma en yakın çözüm: Bu çözüm simulasyon v.b. tekniklerin uygulanmasıyla elde edilen çözümlerdir.

Tablo 1.1. Bilimsel Yöntemlerle Yaklaşım Akış Şeması

Problemin Tanımı	Hipotezin Geliştirilmesi	Veri ve Bilgilerin Toplanması	Deneyler Yoluyla Hipotezin Test Edilmesi	Hipotez Hakkında Sonuçlara Varılması
Bilimsel yöntemin ilk aşamasında üzerinde çalışılacak problem tanımlanır.	İkinci aşamada probleme ilişkin olayla ilgili ifade geliştirilir. Bu ifade bilim adamının yapacağı araştırmaya yön veren bir hipotez şekline dönüştürülür.	Hipotezin geliştirilmesini konu ile ilgili veri ve bilgilerin toplanması aşaması takip eder.	Daha sonra bilim adamı problem sonuçlarını bilimsel olarak saptayabilmek amacıyla problem değişkenlerinin test edildiği deneyleri yapar. Bilim adamı laboratuvar çalışmalarında hassas araç, gereç ve ölçü cihazları kullanmak suretiyle problemi etkileyen diğer bütün değişkenleri ve koşulları sabit tutarak bir değişkenin çok küçük zaman birimleri içerisinde dahi aldığı değerleri tam ve doğru olarak ölçebilir.	Deney aşaması tamamlandıktan sonra elde edilen sonuçlara göre geliştirilen hipotezin doğruluğu saptanır. Şayet hipotez doğru ise bu problemin çözümlendiğini gösterir.

1.6. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ PROBLEM ÇÖZME YAKLAŞIMI

Bir örgüt probleminin çözümünde Yöneylem araştırması kullanılırken genellikle

3 aşama vardır. Bu aşamalar kısaca şu şekilde özetlenebilir (Öztürk, 2007:8):

a) Yargılama Aşaması

- ❖ Problem ile ilgili araştırmanın yapılması
- ❖ Amacın ve ilgili değerlerin belirlenmesi
- ❖ Etkinlik ölçülerinin belirlenmesi
- ❖ Amaca ilişkin problemin formüle edilmesi

b) Araştırma Aşaması

- ❖ Problemin anlaşılmasına yardımcı olacak verilerin toplanması ve gözlemlenmesi
- ❖ Varsayımların ve modelin formüle edilmesi
- ❖ Varsayımların sınanması için deneylemenin yapılması
- ❖ Varsayımlardan, sonuçların genelinden ve ele alınan faaliyetin seçenekli yöntemlerinden elde edilen sonuçların tahmini

c) Uygulama Aşaması

- ❖ Öneriler ve karar verme
- ❖ Süreklilik ve uygulama

1. Adım: Problemin Tanımı

Atılacak adımlardan ilki problemi belirlemektir. Çünkü problem, örgütün tüm hedeflerini ve amaçlarını derinden etkilemektedir. Sistem içerisinde atılan her adım kelebek etkisi misali, gerek kısa zamanda ve gerek uzun zamanda örgütün içinde birçok değişime sebep olacaktır (Özkan, 2010:22).

Bilindiği üzere, yanlış problemden doğru çözüm elde edilemez. Bu ifadeden anlaşılacağı üzere, ilgili sistemin detaylı bir şekilde incelenip söz konusu problemin iyi

bir şekilde tanımlanması, işin birinci ve önemli aşamasıdır. Yöneylem araştırması ekibi, bir problemi analiz ederken, problemin ayrıntılarına girmeden önce karar verici (karar organı) ile ilişki kurar. Çünkü yöneylem araştırması ekibince, karar vericisine bağlı olarak belirlenmiş olan işletmenin amaç ve hedeflerinin bilinmesi çok önemlidir. Böylece yöneylem araştırması ekibi, problemi anlama ve işletmeyi tanıma olanağı bulur (Esin, 2003:4).

Yöneylem araştırması, kendine özgü bakış açısı ile örgütün bir biriminden (bölüm veya kademesinden) çok, örgütün tümünün refahı ile ilgilidir. Bir anlamda, yöneylem araştırması çalışmaları sadece tek bir bölümün en iyi olan alt optimal çözümlerinden çok, örgütün tümü için optimal olan çözümü araştırır. Çünkü alt optimaliteyi düşünürken, çoğu kez ana hedeften uzaklaşılır. Bu da işletmenin zararına olan bir durumdur. Bu nedenle ideal olarak formüle edilen amaçlar tüm örgütü kapsamalıdır (Özkan, 2010:22).

Problemin tanımlanması, yöneylem araştırması ekibinin tamamının katılımını gerektiren bir süreç olup, yapılacak incelemenin sonunda aşağıdaki hususların belirlenmesi gerekmektedir:

- ❖ Amaçların belirlenmesi.
- ❖ Problem alanının, yani organizasyonu ve çevresini kapsayacak şekilde probleme etki edecek olan sistemin belirlenmesi.
- ❖ Problemin çözümüne etki edecek sınırlamaların (kısıtların) belirlenmesi.
- ❖ Varsayımların belirlenmesi.
- ❖ Uygun bir etkinlik ölçüsünün belirlenmesi. Etkinlik ölçüsü çeşitli alternatiflerin amacı ne denli gerçekleştirdiğini değerlendirmede kullanılan bir ölçütü ifade eder. Örneğin, bir kar maksimizasyonu yada maliyet

minimizasyonu probleminde etkinlik ölçüsü TL/Birim olarak tanımlanabilir (Yılmaz,2005:1).

2. Adım: Modelin Geliştirilmesi

Yöneylem araştırmasında problemin belirlenmesinden sonra yapılması gereken ikinci adım problemin kolayca çözülebilecek bir yapıya oturtulması safhasıdır. Daha basit bir tabirle modelin geliştirilmesidir.

Geniş anlamda model, bir sistemin değişen koşullar altındaki davranışlarını incelemek, kontrol etmek ve geleceği hakkında varsayımlarda bulunmak amacıyla elemanları arasındaki bağlantıları, kelimeler veya matematiksel terimlerle belirleyen ifadeler topluluğuna denir (Tulunay, 1982:5).

Her modelin kuruluş amacı, belirli bir ekonomik sistemi yönetmekle görevli kişi veya kişilere (karar vericiye), mümkün olan karar seçeneklerini sunmak, bunların sonuçlarını belirlemek ve karşılaştırmalar yapmaktır. Yöneylem araştırmasının karar vermeye en önemli katkısı matematiksel modellerdir. Bir sistemin davranışlarıyla ilgili kuralların matematiksel olarak ifade edilmesiyle, matematiksel modeller kurulur. Karar verici, problemi tanımladıktan sonra analize uygun olacak biçimde örgütün problemini tekrar formüle eder. Çünkü kurulacak model problemin esasını göstermelidir. Yöneylem araştırması, bir bakıma problemin yapısına uygun modeli geliştirir (Öztürk, 2007: 8).

Modelleri aşağıdaki gibi gruplandırmak mümkündür (Yılmaz, 2005: 13):

- ❖ İkonik (taklit) model: Fiziksel model olarak da adlandırılan ikonik model, gerçek bir nesnenin ya da olayın genellikle farklı boyutlarda ifade edilmiş görsel bir temsilcidir. (Örneğin Kabartma harita, uçak marketi, fotoğraf, vb.)

- ❖ Analog (çizgisel) model: Gerçek bir nesnenin ya da olayın çeşitli özelliklerini ifade eden ve çizgilerle oluşturulan şeklidir. (Örneğin: Elektrik devresi şeması, otomobil hız göstergesi, termometre, vb.)
- ❖ Matematiksel (sembolik) model: Gerçek bir nesnenin ya da olayın harfler, rakamlar ve çeşitli matematiksel sembollerle temsil edilmiş şeklidir. (Örneğin: Kelimeler, formüller, sayılar, eşitlikler, vb.)

Yöneylem araştırmasında kullanılan modeller, optimizasyona en uygun olan, matematiksel modellerdir. Matematiksel modellerin diğer modellere göre üstün taraflarını aşağıdaki gibi sıralanabilir (Özkan, 2010:24);

a) Dinamiktirler (kolayca değiştirilebilirler). Örneğin, herhangi bir formüldeki değişken veya parametreleri değiştirmek suretiyle gerçek sistemdeki bir değişikliği kısa bir sürede güncelleştirmek mümkündür.

b) Matematiksel ve mantıksal bir yapıya sahiptirler. Bu modeller, soyutlaştırılmış bir şekilde sistemin özünün ve sistemin unsurları arasındaki ilişkinin temsil edilmesinde eşitliklerde olduğu gibi oldukça önemli bir yer tutmaktadırlar.

c) Tanımlayıcıdır. Gerçek bir nesneyi ya da olayı ideal olarak tanımlayabilirler. Örneğin, $e = mc^2$ eşitliği enerjiyi ve $f = m.a$ eşitliği kuvveti tanımlar.

d) Optimizasyon için kullanıma uygundur. Matematiksel çözüm yöntemlerinden herhangi birisini kullanmak suretiyle bu modellerden elde edilecek çözüm sonucunda, temsil ettikleri sistemin optimal şekilde tasarlanması ve işletilmesine yönelik önemli bilgiler elde etmek mümkündür.

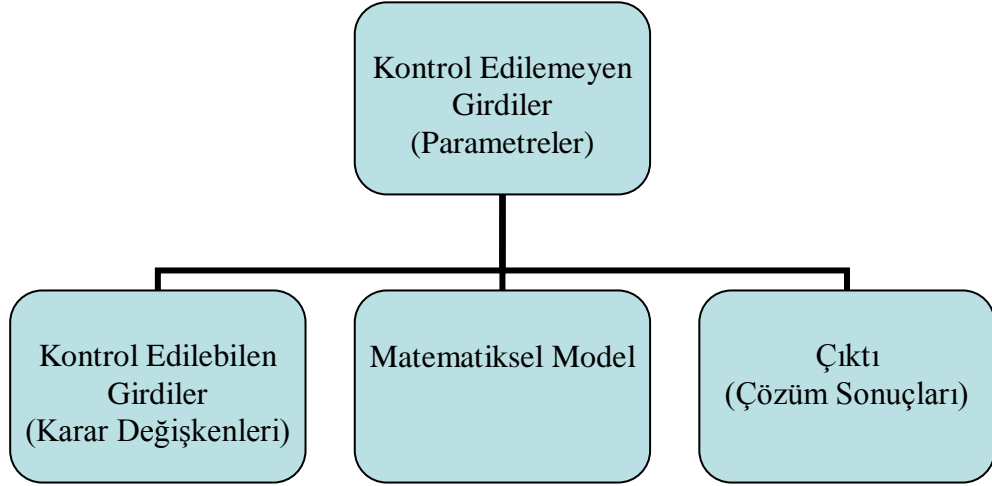
Modelin kurulması aşamasında yapılan işleri sırasıyla açıklamak gerekirse;

- **Karar değişkenlerinin belirlenmesi:** Karar değişkenleri problemdeki kontrol edilebilir unsurları temsil eden ve çözüm sonunda değerleri elde edilecek

olan değişkenlerdir. Örnek olarak toplam n adet ürünün üretileceği bir üretim probleminde üretilecek ürün miktarlarını gösteren n adet karar değişkeni (örneğin x_1, x_2, \dots, x_n) olarak gösterilir.

- **Parametrelerin belirlenmesi:** Parametreler ise kontrol edilemeyen ya da çevresel faktörler olarak bilinen unsurları ifade eden sabit değerli katsayılardır. Örneğin bir birim ürünün satışından elde edilecek kar, bir birim ürünün üretimi için gerekli olan hammadde miktarı ve eldeki toplam hammadde kapasitesi gibi unsurlar modelin parametrelerini oluştururlar.
- **Amaç fonksiyonun oluşturulması:** Ulaşılmak istenen amacı tanımlayan ve karar değişkenlerinin fonksiyonu olarak ifade edilen matematiksel bir fonksiyondur. Yukarıdaki üretim problemi için her bir ürünün bir birimden elde edilecek kar (3,7,...,15) TL/birim olsun. Bu parametreleri amaç fonksiyonu katsayıları olarak kullanmak suretiyle toplam karı ifade eden amaç fonksiyonu (örneğin, $p=3x_1+7x_2+\dots+15x_n$) olarak yazılır.
- **Kısıtların oluşturulması:** Karar değişkenlerinin alabilecekleri değerler ile ilgili sınırlamaları belirten kısıtlar da matematiksel olarak ifade edilebilir. Diyelim ki örnek problemde her bir üründen bir birim üretmek için gerekli olan demir miktarı (3, 4, ..., 20) kg/birim ve eldeki toplam demir miktarı ise 20 kg olsun. Bu parametreleri katsayı olarak kullanmak suretiyle demir kapasitesi ile ilgili kısıt (örneğin, $3x_1+4x_2+\dots+2x_n < 20$) olarak ifade edilir.

Matematiksel modelleme ve girdi – çıktı dönüşüm süreci aşağıda şekil 1.1.'de gösterilmiştir;



Şekil 1.1. Matematiksel Modelleme ve Girdi-Çıktı Dönüşüm Süreci

Şekil 1.1.'de görüldüğü gibi, karar değişkenleri ile parametreleri girdi olarak düşünecek olursak matematiksel modeli bu girdileri çıktıya dönüştüren mekanizma olarak değerlendirebiliriz (Yılmaz 2005:15).

Yöneylem araştırmasının kullandığı teknikleri ve yaklaşımları model yapılarına göre genel olarak deterministik ve olasılıklı modeller olarak gruplandırabiliriz. Bunlar şekil 1.2.'de gösterilmektedir (Yılmaz, 2005:17).



Şekil 1.2. Yöneylem Araştırmasında Modellerin Sınıflandırılması

Eğer ele alınan sistem, matematiksel modellerle çözülemeyecek kadar karmaşık bir yapıya sahipse, sistemin bir simülasyon modeli kurulur. Daha önceki

açıklamamızdan anlaşılacağı üzere; yöneylem araştırmasında matematiksel modeller kullanılmaktadır.

Bu modellerde değişkenler ve parametreler matematiksel ilişkilerle ifade edilmektedir.

Bir matematiksel model genel olarak:

$M = f(x_i, y_j)$ biçiminde ifade edilir.

Matematiksel modelde:

x_i : Kontrol edilebilen değişkenler.

y_j : Kontrol edilemeyen değişkenler.

f : x_i ile y_j arasındaki matematiksel ilişkiyi ifade eder.

3. Adım: Modelin Çözülmesi

Bir yöneylem araştırması probleminin çözümü, genel olarak M değerini en iyi (optimum) yapan x_i değerinin bulunmasını araştırmaktır. En iyi kelimesinin anlamı, belli bir ölçüte göre mevcut koşullar içinde, amaç fonksiyonunun en büyük (maksimum) veya en küçük (minimum) değerinin bulunmasıdır (Esin, 2003: 2).

Matematiksel modellerin çözülmesinde kullanılan teknik ve yöntemleri analitik teknikler, sayısal teknikler veya sezgisel yaklaşımlar olarak değerlendirmek mümkündür.

Sezgisel yaklaşımlar, optimizasyon tekniklerinden herhangi birisiyle çözülemeyecek kadar karmaşık yapıdaki modellerde, optimal çözüm yerine yaklaşık bir çözüm elde etmek için geliştirilmiştir.

Karmaşık sistemler için kullanılan alternatif bir modelleme yaklaşımı da simülasyondur. Matematiksel modellemedeki gelişmelere rağmen pek çok gerçek olay matematiksel olarak modellenememektedir. Simülasyon teknikleri, matematiksel olarak

modellenmesi ve analitik tekniklerle çözülmesi mümkün olmayan sistemlerin modellenmesinde ve incelenmesinde kullanılırlar. Simülasyon, genel olarak gerçek sistemi küçük parçalara ayırıp bu parçaları, uygun mantıksal bağlantılarla, birbiri ile ilişkilendirmek suretiyle sistemin davranışını taklit etmeye çalışan bir yaklaşım olarak tanımlanabilir.

Çözüm değişik yöntemlerle elde edilebilmekle beraber, yöneylem araştırması ile iki çözüm elde edilir. Bunlar;

- ❖ Optimal Çözüm; Bu çözüm var olan çözümlerin en iyisidir. Fakat bazen gerçekçi olmayabilir.
- ❖ Optimuma En Yakın Çözüm; Bu çözüm simülasyon v.b. tekniklerin uygulanmasıyla elde edilen çözümlerdir.

4. Adım: Modelin Test Edilmesi ve Çözümün Değerlendirilmesi

Yöneylem araştırmasında problemin belirlenmesi ve çözümün elde edilmesi yeterli değildir. Çünkü kurulan modelin gerçekçiliği tartışılmalıdır. Gerçek hayatta uygulanamayacak derecede optimal sonuçlar elde edilebilir. Bazen de çözümün kendisi gerçekçi değildir. Elde edilen sonuçlar gerçekle bağdaşmıyorsa bazı hatalar yapılmış demektir. Çoğu zaman hatalar, modele ilişkin faktörlerin ve bağlantılı ilişkilerin modelde ele alınmaması, bazı parametrelerin doğru şekilde tahmin edilmeyişi, bazı karar değişkenlerinin doğru hesaplanmamış olması veya modelin hatalı olmasından ortaya çıkar. Bu durumda hata belirleninceye kadar araştırmaya devam etmek gerekir.

5. Adım: Modelin Yöneticilerce Kabul Edilmesi ve Uygulanması

Modelin uygulanabilirliği belirlendikten sonra yapılacak iş, karar vericilere modelin sunulmasıdır. Üst yönetime model hakkında bilgi verilir ve fikri alınır. Bu

aşamada yöneylem araştırması ekibine önemli işler düşer. Çoğu zaman üst yönetim, modelin getireceği artılar ve eksileri iyi anlayamamasından dolayı başarılı bir model uygulanmaya konulamayabilir. Bu aşama, geçerliliği kanıtlanmış bir modelden elde edilen güvenilir bir çözümün, gerçek hayattaki bir probleme uygulanması aşamasıdır.

Bu aşamada da asıl yük, yani çözümün anlaşılabilir bir şekilde sistemi işletecek olan personele anlatılması, yine yöneylem araştırması ekibine düşmektedir. Özellikle çağımızda risk faktörü, karar verme aşamasında çok büyük bir etken olduğu için karar vericiler, atacakları adımda çoğu zaman ürkek davranmaktadırlar. Bu sebeple karar vericilerin, modelin başarılı olacağına inandırılması gerekmektedir ve bu görev yöneylem araştırması çalışanlarına düşmektedir. Modelin uygulamaya konulmasıyla birlikte yöneylem araştırması çalışanlarının görevi bitmez. Gerekli kontrollerin ve modelin uygulanması sürecindeki ahengin sağlanması, korunması ve bazen modelin uygulanış prosesinde aksaklıklar yaşanması halinde düzeltilmesi yine onun görevidir (Esin, 2003: 8).

Karar almaya yardımcı olmak amacıyla kullanılan kantitatif model kurma uygulama süreci, belli başlıklar altında toplanabilir (Halaç, 1983: 9):

1. Karar probleminin belirlenmesi
2. Problemin formüle edilmesi
3. Model kurma
4. Bilgi derleme
5. Modelin çözümü
6. Modelin geçerliliğini araştırma ve duyarlılık analizleri
7. Sonuçların yorumu
8. Karar verme, uygulama ve kontrol

Verilen model kurma-uygulama sürecinde, 2. ve 7. aşamalar arası, bilimsel yaklaşım olarak bilinir.

Problemin çözümü ve uygulanmasına kadar geçen süreci aşağıdaki şekil yardımıyla gösterebiliriz;



Şekil 1.3. Yöneylem Araştırmasında Problemin Çözüm Süreci

Kontrol, öngörülen sonuçlara ulaşmak için işlerin yürütülmesi, aykırı gidiş ve tutumların yoluna konulmasıdır. Yani, kontrolün amacı başkalarını cezalandırmak değil,

işlerin standartlarına uygun olarak yürütülmesini veya işlerin belirlenen zamanlarda ve bütçe dâhilinde yapılmasını ve kalitenin artırılmasını sağlamaktır (Albayrak, 2005: 422).

Yöneylem araştırması ekibi, bu kapsamda bir proje yöneticisi statüsünde, bir kontrol yapmakla mükelleftir. Bütün bunlara rağmen yöneylem araştırması araştırmacıları yöneticiye veya karar vericiye çözümlerin hiçbirini kabul ettirmek için baskı yapmaz. Yöneylem araştırması ekibi, bu süreç içerisinde hemen hemen her adımda sürekli bir kontrol, varsa hataları belirleme ve düzeltme durumuyla karşı karşıyadır.

1.7. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Günümüzde kıt kaynakların rasyonel dağılımı zorunluluğu, verimlilik konusunu güncel sorunlardan birisi haline getirmiştir (Gültekin, 2007: 104).

Bir organizasyonda atılacak her adım verimliliğin maksimizasyonu içindir. Kastedilen verimlilik, toplam faydayı artıracak her şeydir. İşletme yöneticileri, yatırımlarını planlarken birçok teknik kullanırlar. Bir proje planlama aşamasında, uygulamaya hazır duruma gelecek biçimde planlanır. Kurulacak sistemin yapısı, görev listelerinin her birinin temel taşını oluşturur (Wermter, 1996: 92). Yatırımların planlamasında atılacak adımlarda; bilgi toplama, sistem planlama, istatistik analizleri ve yöneylem araştırması vardır.

Yöneylem araştırmasında kullanılan belli başlı tekniklerin genel özellikleri açıklanmıştır (Esin, 2003: 9);

1.7.1. Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama, doğrusal bir amaç fonksiyonunu belirli eşitlik veya eşitsizlik şeklinde kısıtlayıcı koşullar altında “en iyilemek” biçiminde tanımlanır.

Bu yöntemle yöneylem araştırmalarında çözülebilen problem türleri şunlardır;

- ❖ Ulaştırma problemleri (Transportation)
- ❖ Tahsis problemleri (Allocation)
- ❖ Üretim planlaması
- ❖ Envanter problemleri
- ❖ Yer seçimi
- ❖ Yatırım planlaması vb.

1.7.2. Kuyruk Teorisi

Servis olanaklarının en iyi sayısının saptanması ve en iyi giriş (veya çıkış) sürelerinin ayrı ayrı veya ikisinin aynı süreçte belirlenmesini inceler.

Örneğin;

- ❖ Şehir içi veya şehir dışı nakliyatın düzenlenmesi
- ❖ Hizmet yerlerinde en uygun servis sistemi tesisi
- ❖ Şehir veya şehirlerarası iletişimde yararlanma vb.

1.7.3. Stok Modelleri

Stok modelleri, herhangi bir depoda, depoya giren veya depodan çıkan malzeme arasındaki ilişkiyi, imal ve piyasa koşullarını etüt ederek saptamaya yarayan bir tekniktir. Stok seviyelerini ve erimlerini planlar ve geniş bir uygulama sahası vardır.

1.7.4. Oyun Teorisi

Oyun teorisi bir konuda rakip olan iki firmanın veya oyuncunun davranışlarının nasıl olması gerektiğini inceler ve çözüm yolu arar. İşletmelerde rekabet, pazarlama ve askerlikte harp oyunlarına uygulanır.

1.7.5. Benzetim

Gerçek durumun bir modeli yapılarak bu modelin kullanılmasıyla gerçek durum hakkında sonuçlar çıkarmak suretiyle probleme bir yaklaşım sağlama yöntemidir. Bilgisayar desteğiyle yapılan benzetim veya diğer adıyla simülasyonda önemli yardımcı teknikler vardır. Bunlar, Monte- Carlo ve Markov tekniğidir.

1.7.6. PERT ve CPM:

PERT (Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği), planlama ve kontrol işlemlerine yardım için kullanılır. Kaynakların, özellikle para, süre ve iş gücünün en iyi biçimde kullanılmasına olanak sağlar. CPM (Kritik Yol Problemi), PERT' e benzemekle beraber aralarındaki fark, CPM analiz sürecinde maliyeti de hesaba katar ve PERT' e göre daha güvenilir kabul edilir.

1.7.6.1. CPM (Critical Path Method)

Türkçe literatürde Kritik Yol Yöntemi olarak bilinen tekniğin ismi, İngilizce "Critical Path Method" kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. CPM faaliyet sürelerinin kesin olduğu bir yöntemdir. Çalışma boyunca kritik yol yöntemi yerine kısaltması olan CPM kullanılacaktır (Öztürk, 2002:186).

1.7.6.1.1. CPM' nin Tarihsel Gelişimi ve Özellikleri

CPM, 1956'da DuPont Firmasının inşaat bölümüyle, Remington Rand adlı firmanın bilgisayar uzmanlarının birlikte çalışmaları sonucu bir ortak girişim stratejisi olarak gelişmiştir. Bu teknik, ilk kez, kimyasal maddeler üreten bir firmanın inşasında ve bakımında kullanılmıştır. Bu tarihten sonra CPM'nin kullanımında büyük bir artış olmuştur. Bu yöntemle ilgili ilk açıklama 1959'da Birleşik Doğu Bilgisayar Konferansı'nda Kritik Yol Planlaması ve Programlanması başlığı altında yapılmıştır. Tekniğin dayandığı temel düşünce, toplam proje maliyetini minimize edecek programın

belirlenmesidir. CPM 1959'da Dr. Mauchly tarafından basitleştirilerek, endüstride de uygulanabilir hale getirilmiştir (Baraz, 2008:48).

Kritik yol yöntemi, çok aktiviteli, karmaşık yapıları projelerin planlama ve kontrolleri için geliştirilmiş ve uluslararası alanda kabul görmüş popüler bir yöntemdir. Yöntem, bakım ve onarım çalışmalarında da kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Albayrak, 2005: 359-360).

Sistemin ilk geliştirilme amacı kimya fabrikalarında bakım için oluşacak durmaların programlanmasıdır (İpekgil ve Diğerleri, 2006: 30).

Esasında CPM, faaliyetler arasında tanımlanmış olan öncelik ilişkileri aracılığıyla, işlerin ne zaman yapılacağını belirleyen bir süreçtir (Harvey, 2002: 76).

Kritik aktiviteler birbirlerini takip ederek bir hat oluştururlar, bu hatta da kritik yol adı verilir (Tütek ve Gümüsoğlu, 2000: 295).

Başka bir ifadeyle, proje yönetiminde en kısa tamamlanma süresinin belirlenmesinde kullanılan ve belirli bir faaliyeti hızlandırmanın katlanılacak maliyete değer olup olmadığını gösteren bir yöntemdir. CPM de faaliyet süreleri deterministik (önceden belirlenmiş ve kesin) olarak kabul edilir (Taha, 2000: 258).

CPM tekniği, programların yapımı, araştırma faaliyetlerinin planlanması problemleri ile eşgüdümü gerektiren bir plan için değerli yardımcıları sağlar. CPM çok yararlı bir planlama tekniğidir ve ayrıca GANTT tablolarından aşağıdaki nedenler dolayısıyla daha üstündür (Öztürk, 2007: 584);

- ❖ Projelerin planlanması, projede gerekli olan faaliyetlerin birbirine olan ilişkilerini göstermek bakımından zorunludur. Diğer planlama tekniklerinde genellikle bu durum görülmez.

- ❖ Şemanın çizilmesi olanaklı faaliyetlerin unutulmamasını sağlar.
- ❖ Kritik faaliyetler ortaya çıktığında bu faaliyetlerde gecikme olmayacağını gösterir ve gerektiğinde bu faaliyetlerde fazla işgücü ile makine kullanılarak projenin tamamlama zamanının kısaltılabileceğini gösterir.
- ❖ İvedili olmayan faaliyetlere zamanından önce finansman ve işgücünün bağlanmamasını sağlar. Faaliyet listesi ve faaliyet öncelikleri verilen bir projenin şebeke veya ok diyagramını oluşturmak için aşağıdaki kuralların izlenmesinde yarar vardır (Öztürk, 2007: 587);
- Şebeke içerisinde genelde en soldaki olay (olay 1) projenin başlangıcını temsil eder. Bu olaydan önce başlayan bir faaliyet yoktur.
- Projenin tamamlandığını temsil eden bitim noktası veya olay şebekeye dâhil edilmemelidir.
- Şebekedeki olayların sayısı başlangıçtan bitime doğru artar. Bir anlamda birden fazla olay sayılandırması vardır.
- Şebekedeki herhangi bir faaliyet birden fazla okla temsil edilmemelidir.
- İki olay en fazla bir okla birleştirilir.

Şebekede kritik yolu bulmak için en kısa yol modelindeki işlemler gibi bir yöntem kullanılabilir.

Modelin başlangıcından sonuna kadar giden ayrı ayrı birçok yol bulunabilir. Bu yollardan en uzun olanına ise kritik yol (CPM) denilmektedir. CPM de en uzun yolun dikkate alınmasının sebeplerinden biriside kritik yolda harcanan süre ve maliyetten daha fazla süre ve maliyet ortaya çıkmasının söz konusu olamamasından kaynaklanmaktadır.

Kritik yol yönteminin temeli şebekedir. Bilindiği üzere şebekenin dalları ortaya konulacak faaliyetleri gösterir.

Kritik yol kavramındaki yol deyiminden, düğüm noktaları arasındaki birbirini izleyen oklardan oluşan bağlantılar anlaşılır. Diğer bir tanımda ise kritik yol, ağırlık başlama ve bitiş olaylarını birleştiren kritik işlemler zinciri olarak tanımlanmıştır (Albayrak, 2005: 360).

Kritik yolun hesaplanması iki aşamada gerçekleştirilir (Doğan, 1994: 328);

- ❖ **İleri Doğru Hesap:** Hesaplar ilk olaydan başlar ve son olaya doğru devam eder. Bu hesapta her bir olayın en erken başlama zamanı EST (En erken başlama zamanı) belirlenir ve birinci olayın gerçekleşme zamanı Esi (İlk olayın gerçekleşme zamanı) veya EST ile gösterilir. $i = 1$ için $Esi = 0$ alınacaktır. i ve j olaylarının faaliyet süresi Dij ise j olayının en erken başlama zamanı;

$$ESj = \max (EST + Dij) \text{ veya}$$

$$EST = \max (EST + \text{Faaliyet Süresi})$$

formülüyle bulunur. Bu hesaplamalar son olaya kadar devam eder.

- ❖ **Geriye Doğru Hesap:** Son olaydan başlanır ve ilk olaya doğru devam edilir. Bu aşamanın amacı i olayına gelen tüm faaliyetler için en erken bitiş zamanı LCi (En erken bitiş zamanı) anını hesaplamaktır. Geriye doğru hesapta son olay n ise $LCn = ESn$ alınır. Genel olarak geriye doğru hesap;

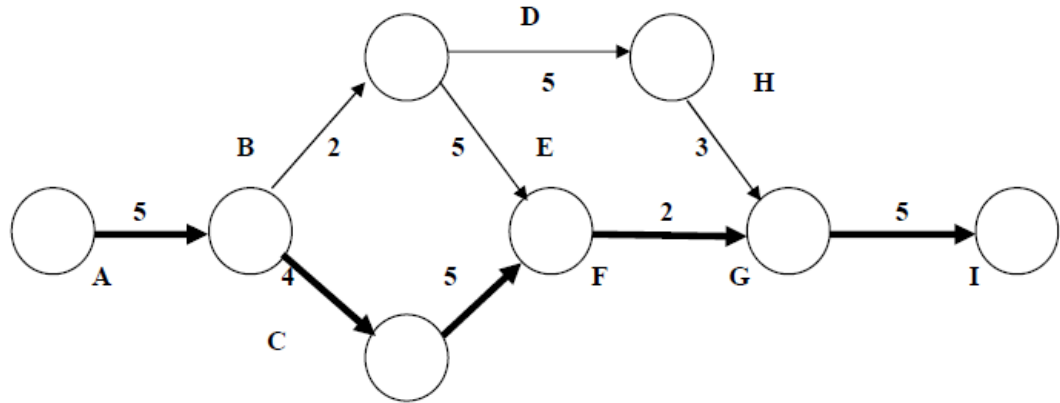
$$LCi = \min (LCi - Cij) \text{ veya}$$

$$LST = \min (LFT - \text{Faaliyet Süresi})$$

- ❖ **Serbestlik Süresi:** i olayının en erken başlama zamanı LSi ve en erken bitirme zamanı LCi olmak üzere i olayının serbestlik süresi; $Si = LCi - ESi$, formülünden bulunur. $Si = 0$ olan olaylar kritik yol üzerinde bulunur.

Şekil 1.5.'te temsili bir şebeke ve bu şebeke üzerinde bir projenin tamamlanması için gerekli faaliyetlerin tamamlanma süreleri gösterilmektedir.

Şekil 1.5., kritik yol metodunu ana hatlarıyla kavramamızda bizim için yeterli olacak bir örnektir (Heizer ve Render, 2002: 303);



Şekil 1.4. Bir Şebekeye Ait Temsili Tamamlama süreleri yukarıdaki temsili şebekede;

Kritik Yol : A – C – F – G – I

Zaman : 21 birim süredir.

Kabul edilebilir en geç sürede tamamlanabilen her olay, en erken tarihe eşittir ki bu tarihte her olayın tamamlanabileceğini bekleyebiliriz (Doğan, 1994: 332).

1.7.6.2. PERT (Program Evaluation and Review Technique)

PERT, Booz, Allen ve Hamilton ile Amerikan Deniz Kuvvetleri Özel Proje Ofisi ortaklaşa çalışması sırasında geliştirilmiştir. PERT kullanımı beraberinde faaliyet süreleri üzerinde belirsizlik durumunu getirmiştir. Bu durum aynı zamanda proje süresi için de söz konusudur. Faaliyet sürelerinin tam olarak tespit edilememesi faaliyet süresinin tahmin edilmesi sırasında yeterince bilgiye sahip olmama veya proje

faaliyetlerinin bir araştırma geliştirme faaliyetleri olmasından kaynaklanmaktadır (Aytulun, 2006:87).

Türkiye’de bu tekniğin, Keban Barajı ve İstanbul Boğaz Köprüsü gibi büyük ölçekli yatırımında kullanıldığı görülmektedir (Öztürk, 2007: 596).

Program değerlendirme ve gözden geçirme tekniği projelerin planlanması, çizelgelenmesi ve kontrolüne yardımcı olmak üzere tasarlanmış şebeke esaslı modellerdir. Bir proje, her birinde zaman ve kaynak harcanan birbiriyle ilişkili faaliyetlerin bir araya getirilmesidir (Taha, 2000: 258).

PERT, aktivite sürelerinin ve dolayısı ile projenin tamamlanma süresinin belirlenmesinde olasılık hesaplarını da içerir. PERT beklenen aktivite zamanlarının tahmin edilmesinde iyimser (optimistic), en muhtemel (most probable), ve kötümser (pessimistic) aktivite zamanlarını kullanır.

Bazı durumlarda projenin izin verilebileceği zamandan daha önce tamamlanması istenilebilir. Böyle bir istek, ek personele ücret ödemek, mevcut personeli daha fazla mesaiyle işle çalıştırmak ya da işlemlerin daha kısa sürede tamamlanmasında çalışanlara yardımcı olacak yeni araç gereç satın almak ya da kiralamak anlamına gelir. Bu gibi durumlarda projenin süresini kısaltma yoluna gidilebilir (Tütek ve Gümüšoğlu, 2000: 301).

PERT daha çok projenin maliyeti ile ilgili bilgileri ortaya koyan ve bunları açıkça göstermeye yarayan bir şebeke gösterme şeklidir. Üretimdeki gecikmeleri, takılmaları ve türlü çatışmaları en düşük düzeye indirgeyen, işin bütününün türlü parçalarını eş güden ve eş zamanlayan, projelerin tamamlanmasını hızlandıran bir yöntemdir. İstenilen amaca ulaşabilmek için gerekli iş çabalarının planlanması, eş güdümü ve kontrolü yaklaşımıdır (Doğan, 1994: 338).

PERT'in tarihsel gelişimi incelendiğinde GANTT cetvellerinin PERT'e temel teşkil ettiği görülmektedir. Ancak GANTT cetveli, yapılacak işin safhaları arasındaki ilişkiyi bir dereceye kadar gösterdiğinden, bir takım eksiklikleri olan bir yöntemdir (Baraz, 2008:51).

1.7.7. Yenileme (Replacement)

Bir işletmede kullanılan makine veya malzemenin değiştirilmesinin ne zaman karlı olacağını veya alternatifler içerisinde hangi seçeneğin tercihinin daha kârlı olacağını araştıran bir yöneylem araştırması tekniğidir.

1.7.8. Envanter Modelleri

Tekelleşmenin önüne geçmek için hükümetler çoğu zaman halkın ihtiyaç duyacağı temel tüketim maddelerinde stoklama yoluna gidebilirler. Bu durumda, güncel ve doğru bir ürün envanterine ihtiyaç durulur. Burada envanterinde bir maliyeti olduğu bilinmektedir. Amaç sipariş edilecek envanter miktarının ne olması gerektiğini ve siparişlerin ne zaman yapılması gerektiğini belirlemeye yardımcı olan bir yöneylem araştırması tekniğidir.

1.7.9. Bekleme Hattı Modelleri

Bir örgütün müşterilerinin, yapacakları ticarete zaman önemli bir kavramdır. Zamanın gerek müşteri ve gerek firma açısından önemli etkileri vardır. Karşılıklı güven ve istenilen zamanda ihtiyaca cevap verme günümüz işletmeleri için önemli bir tercih edilmiş sebebidir. çok önemlidir. Gündelik yaşamdan esinlenerek diğer bir adı da kuyruk modeli olan bu yöneylem araştırması tekniği, en iyi ve etkin servis sağlamayı ve dengeli bir sistem geliştirmeyi hedefler.

1.7.10. Şebeke Analizi

Şebeke analizi, sayısal yöntemler gibi proje planlama tekniklerinden bir tanesidir. Hatta güncel projelere bakıldığında en çok kullanılan tekniklerden bir tanesidir denilebilir (Baraz, 2008: 30).

1.7.10.1. Şebekenin Tanımı

Şebeke için şu tanımı yapabiliriz; programın amacına ulaşabilmek için gereken faaliyetler ve olaylardan meydana gelen, faaliyet ve olayların birbirleri ile olan planlama gereği bağlantı ve ilişkilerini gösteren şekil veya diyagrama denir. Bir başka deyişle kısaca söz konusu olan işin tamamlanması için gereken tüm işlemler (operasyonlar) ağının belirlenmesi ve bağlantılarının bir diyagram şeklinde gösterilmesi diye tanımlayabiliriz (Doğan, 1995:309).

Başka bir tanımlamayla şebeke; bir projenin gerçekleşmesi için gerekli faaliyetler ve olaylar arasındaki karşılıklı ilişkileri gösteren şemadır (Baraz, 2008:32).

1.7.10.2. Şebekeyi Oluşturan Temel Faktörler

Bir şebekeyi oluşturan temel faaliyetler aşağıdaki gibi 3 farklı şekilde ortaya çıkmaktadır:

1.7.10.2.1. Faaliyet

Bir projede olayın gerçekleşmesini sağlayan, belli bir başlangıç ve bitiş noktası olan, zaman ve kaynak tüketen işlere faaliyet denir (Özkan, 2010: 191).

Verilen herhangi bir faaliyetin başlayabilmesi için önceki faaliyetlerin tamamlanmış olması gerekir (Öztürk, 2007: 570).

Faaliyetleri, mantıksal sıralamalarına göre öncül, ardıl ya da paralel olarak üç grupta toplayabiliriz (Baran, 2007: 25):

- ❖ **Öncül Faaliyet (Predecessor):** Bir işin başlayabilmesi için, onun öncesinde başlaması veya tamamlanması gereken faaliyetlerdir.

- ❖ **Ardıl Faaliyet (Successor):** Bir işin başlaması veya tamamlanmasının ardından icra edilebilecek faaliyetlerdir.
- ❖ **Paralel Faaliyet:** Aynı anda gerçekleştirilmesinde bir engel olmayan faaliyetlerdir.

Faaliyetler CPM ve PERT teknikleri için şebeke diyagramlarında okla gösterilir. Okların yönü olayların akış yönündedir ve okların uzunluğu faaliyetlerin süresinden bağımsızdır. Şebekedeki okların üzerine faaliyetin adı, altına ise süresi yazılır. Diyagram içindeki faaliyetlerin zaman birimleri aynı olmalıdır. Yani diyagram içindeki bir faaliyet süreyi ay olarak ifade ediyorsa diğer faaliyetler de ay olarak ifade etmelidir. Faaliyet için seçilen süre, o faaliyetin başladığı andan bittiği ana kadar geçen süredir (Baraz, 2008:37)

1.7.10.2.2. Olaylar

Olay, bir faaliyetin belirli bir zamanda sonuca ulaşmasıdır. Tabi ki bir olayın bitişi diğer faaliyetin başlamaya hazır olmasını ifade eder. Şebeke analizinde tüm faaliyetler oklar yardımıyla, tüm olaylar da daire ve noktalar ile gösterilir (Öztürk, 2007: 570).

Projenin başlangıç ve bitiş anı da birer olay olarak nitelendirilir ve her olaya şebekede bir numara verilir (Doğan, 1995:310).

Şebeke diyagramlarının oluşturulması sırasında olaylarla ilgili bir takım kabuller göz önünde bulundurulmaktadır. Bu kabuller (Winston, 2004: 433):

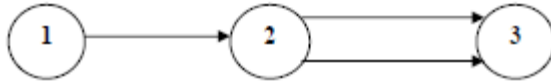
- ❖ İki olay direkt olarak en fazla bir faaliyet ile bağlanabilir.
- ❖ Her olay numarası en fazla bir defa kullanılmalıdır.
- ❖ Bir şebeke diyagramı sadece bir başlangıç ve bir sonuç olayına sahip olabilir. Olaylar şebeke içerisinde genelde daire ile ifade edilirler.

1.7.10.2.3. Kritik Yol

Şebeke üzerinde en uygun yolu oluşturan ve böylece projenin tamamlanması için en uygun süreyi belirleyen faaliyetler serisine kritik yol denir (Baraz, 2008:38).

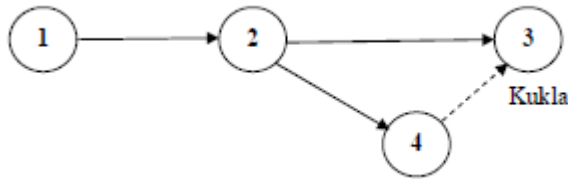
1.7.10.2.4. Kukla Faaliyetler

Herhangi bir faaliyetin veya olayın, şebekedeki diğer faaliyet ve olaylarla olan mantıksal bağlantılarının açıklanabilmesi için bazen kukla faaliyetlerin kullanımı gereklidir. Kukla faaliyetler, gerçekleşmesi için zaman ve kaynak kullanımı gerektirmeyen faaliyetlerdir. Kukla faaliyetlerin şebeke diyagramı oluşturması sürecinde farklı şekillerde kullanımı söz konusudur. Örneğin, kendilerinden hemen önce ve hemen sonra gelen olaylar aynı olan A ve B gibi iki faaliyet ele alınacak olursa bu durumu ifade etmesi gereken çizimin aşağıdaki gibi olması gerekir:



Şekil 1.5. Üç Farklı Faaliyetin Gösterimi

Fakat yukarıdaki çizim şebeke kurallarına uymamaktadır. Bunun yerine aşağıdaki çizim kullanılmalıdır:



Şekil 1.6. Üç Farklı Faaliyetin Kukla Faaliyete Bağlanması

Görüldüğü gibi 3 ile 4 arasındaki faaliyet kukla faaliyetidir. Kukla faaliyetin maliyeti ve süresi sıfırdır ve süresi en kısa olan faaliyetten sonra gelir. Bu sayede en

uzun tamamlanma sürelerine sahip faaliyetlerin oluşturduğu yol yani kritik yol üzerinde kukla faaliyet bulunma olasılığı azalmış olur (Baraz, 2008:38,39).

1.7.10.3. Şebeke Analizinin Önemi

Şebeke analizi; bir planlama tekniği olup genellikle büyük ölçekli projelerin planlanması, bir noktadan diğer noktaya olan en kısa yolun bulunması, inşaat planlaması, ürünlerin pazarlamasının programlanması, belirli sistemlerdeki maksimum akışın (örneğin trafik akışı, ulaştırma sistemleri, vb.) yürütülmesinde kullanılır.

Herhangi bir proje yönetimi, birbirleri ile ilgili birkaç faaliyetin sınırlı olanaklarda planlama, koordinasyon ve kontrolünü gerektirir. Bu sınırlı olanaklar; insanlar, para ve zamandır. Bundan başka proje yönetimi, başlangıçta oluşturulan plandaki herhangi bir değişikliğin plana dahil edilmesini ve bu değişikliğin etkisinin hemen bilinmesini gerektirir. Bu nedenle yöneticiler, en iyisi sadece planlama ve listeleme olmayacak dinamik bir planlama ve listelemeye dayanmaya mecburdurlar. Bu ise dinamik koşullardaki değişikliğin ani etkilerini yeterli ölçüde karşılayamayabilecek ve orijinal plan ve listelemede uygun değişikliklerin yapılmasını gerektirecektir. Şebeke analizindeki son yıllardaki gelişmeler, bir eşit sistem veya teknik olarak araştırmalara öncülük etmektedir.

Şebeke analizi bunlara temel bir çatı hazırlamaktadır. Bunlar;

- ❖ Yapılabilen işleri tanımlamak,
- ❖ İşleri, tutarlı ardı ardına gelen bir zaman ve sonuç içinde toparlamak,
- ❖ Planın ilerlemesinde dinamik bir kontrol sistemini etkili tutmak.

Şebeke analizi tekniklerinden en önemlileri ve en çok kullanılanlar CPM (Critical Path Method) yani “ Kritik Yol Yöntemi “ ve PERT (Project Evaluation and Review Technique) yani “ Proje Değerlendirme ve Gözden geçirme Tekniği “ yöntemleridir.

Şebeke analizi tekniklerine ilk sistematik yaklaşım I. Dünya Savaşı'ndaki askeri uygulamalardan kaynaklanan GANTT diyagramıdır. CPM ve PERT teknikleri de bu konuda geliştirilen temel yöntemler arasındadır. GANTT diyagramı daha sonraları geliştirilmiş ve uygulama alanları daha da genişletilmiştir. Bu yaklaşıma aynı zamanda çubuk diyagramı yaklaşımı da denilmektedir. Ancak GANTT diyagramı faaliyetler arasındaki öncelik ilişkilerini ve projenin zamanında bitirilmesi için hangi faaliyetlerin önemli olduğunu göstermediğinden dolayı birtakım eksiklikleri olan bir yöntemdir. Fakat CPM ve PERT tekniklerinin her ikisinde de projeye, birbirleriyle ilişkili faaliyetlerden oluşan bir bütün olarak bakılmaktadır. Bu yöntemler, düğüm ve oklardan oluşan şebeke diyagramı sayesinde, faaliyetler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şebeke diyagramı ile çalışmak, yöneticilere hangi faaliyetlerin gecikmesinin, tüm projenin gecikmesine neden olacağı konusunda bilgi vermektedir (Krajewski, 1996:788).

CPM ve PERT projeler için zamana göre program belirlemeye öncülük eden zaman esaslı yöntemlerdir. Her iki yöntem de bağımsız olarak geliştirilmelerine rağmen sonuçta birbirinin aynı gibidir. İki teknik arasındaki en önemli fark PERT tekniğinde faaliyetlerin süreleri olasılıksal varsayılmış; yani en iyimser süre, en kötümser süre ve en olası süre, CPM tekniğinde ise faaliyetlerin süreleri belirli varsayılmıştır.

Bir projede görev dağılımı, süre ve maliyetlerin optimizasyonu isteniyorsa kullanılacak yöntemler CPM ve PERT yöntemleridir.

Başarılı bir proje planlama ve kontrol tekniğinin en önemli özelliği; süre, maliyet ve teknik başarı düzeyi arasındaki dengeyi sağlamasıdır. Bir proje çalışması yürütülürken söz konusu çalışmanın en az sürede, en düşük maliyette gerçekleştirilmesi ve sonuç olarak elde edilen teknik başarının en üst düzeyde olması hedeflenir. Ancak bu

3 faktör aynı zamanda birbirleriyle çelişki içerisinde dirler. Mesela sürenin kısaltılması, maliyetlerde bir artışa neden olabilir. Veya maliyetleri azaltıp süreyi azaltmak ise teknik başarı düzeyini düşürebilir. Burada etkin ve başarılı bir proje planlama tekniğinden beklenen; bu 3 faktör arasındaki dengeyi sağlamasıdır (Baraz, 2008:34 - 35).

1.7.10.4. Şebeke Analizinin Uygulama Alanları

Şebeke analizlerinin literatürde ki uygulama alanları aşağıdaki şekilde gruplanabilir (Ulucan, 2007: 179);

- ❖ Üretim- stok dağıtım sistemleri
- ❖ Askeri lojistik sistemler
- ❖ Şehir trafik sistemleri
- ❖ Demiryolu sistemleri
- ❖ İletişim (komünikasyon) sistemleri
- ❖ Boru hattı şebeke sistemleri
- ❖ Faaliyetleri yerleştirme sistemleri
- ❖ Rota belirleme ve programlama sistemleri
- ❖ Elektrik şebekeleri
- ❖ Finansal analiz sistemleri
- ❖ Proje teklifi değerlendirme sistemleri
- ❖ Tahsis sistemleri
- ❖ Nakit akışını içeren şebeke sistemleri
- ❖ Fabrika yerleşimi problemleri

2. BÖLÜM

ULAŞTIRMA MODELLERİ YARDIMIYLA MALİYET – ZAMAN OPTİMİZASYONU

2.1. KARAYOLU ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ MALİYET ANALİZİ

Maliyet, verimlilik çalışmaları arasında hedeflenen ana amaçlardan biridir. Hatta bütün verimlilik çalışmalarının ana amacı olarak maliyet minimizasyonu gösterilebilir (Ataman, 2001:95).

Taşımacılık, lojistik sektörü içerisinde en büyük harcama kalemlerindedir. Bu sebepten ötürü lojistik faaliyetler içerisinde ekonomik olarak önemli miktarlar tutar (Koçak, 2003:48).

Taşımacılık şirketlerinin hali hazırda uygulayabilecekleri verimlilik çalışmaları, dağıtım verimliliği, taşıma birimlerinin geliştirilmesi ve taşıma harici harcanan kilometre olmak üzere 3'e ayrılır. Bunlar;

- ❖ Dağıtım Verimliliği
 - Bölgeleme Çalışmaları
 - Optimum takas noktalarının oluşturulması
 - Araçların ve İlgili Bölgelerin Kapasitelerinin Uyumlaştırılması.
 - Şirkette iç Lojistiğin optimizasyonu
- ❖ Taşıma Birimlerinin Geliştirilmesi
 - Yükleme ve boşaltmalarına mekanizmalarına sahip araçların kullanılması.
 - Taşıma kapasitesine göre değişken kapasiteli araç kullanımı.
 - Şoförlerin eğitimi ve test edilmesi
- ❖ Taşıma Harici Harcanan Kilometrelerin Azaltılması
 - Araç takip sistemleri uygulamaları

- Dağıtım rotalarının optimizasyonu Olarak sıralayabiliriz (Günaydın, 2006:8).

2.2. KARAYOLU ULAŞTIRMASINDA MALİYETLER

Ulaştırma sistemleri arasında değişken maliyet yapısı itibariyle en yüksek orana sahip taşıma sistemi karayolu taşımacılığıdır. Sabit maliyetler %10 dolaylarında kalmasına rağmen değişken maliyetler %90 oranına varmaktadır.

2.2.1. Sabit Maliyetler

Sabit maliyetler, yapılan üretim ya da taşıma miktarı ile ilgili olmayıp taşıma faaliyeti olduğu müddetçe katlanılan maliyetler, başka bir ifade ile aracın kullanımıyla ilgili olmayıp zamana bağlı olan sabit maliyetler şöyle sınıflandırılabilir (Orhon, 1983:201);

- ❖ Sermaye Maliyeti
- ❖ Sigorta
 - Yangın, hırsızlık, kaza
 - Kamu mallarını zarara uğratma
 - Taşınan mal/yolcu sigortası
 - Bina sigortası
- ❖ Park ücretleri
- ❖ Garaj ücretleri
- ❖ Vergiler

- ❖ Lisans harçları
- ❖ Şoför harçları
- ❖ Gözetim
- ❖ Satış giderleri
 - Reklam
 - Tarife, bilet, basım
 - Satış örgütünde çalışan ücretleri
 - Trafik birlikleri üyelik aidatı
- ❖ Yönetim maliyetlerden alınan pay
 - Kira
 - Isı, ışık, su
 - Garajda çalışanların ücretleri
 - Teçhizat amortismanı
 - Alet giderleri

Sabit maliyetler büyük sayıda çıktıya bölüneceğinden kat edilen mesafe büyüdükçe birim maliyetler düşer.

2.2.2. Değişken Maliyetler

Kilometreye bağılı olarak değişen maliyetlere değişken maliyetler denir.

Karayolu ulaştırmasında araç sayısındaki artış veya azalış taşınan yük hacmini ya da kapasitesini doğrudan etkilediğinden, değişken maliyetlerin ağırlık oranı sabit maliyetlerden fazla olmaktadır (Günaydın, 2006:9).

Değişken maliyetleri şu şekilde sınıflandırılabilir (Orhon, 1983:206);

- ❖ Yakıt (Benzin veya Mazot)
- ❖ Motor yağı
- ❖ Yağlama yağı
- ❖ Lastikler
- ❖ Bakım malzemesi ve yedek parça maliyetleri (veya dışarıya yaptırılan bakım ve onarım)
- ❖ Gövde bakımı
- ❖ Frenlerin bakımı
- ❖ Şase bakımı
- ❖ Elektrik donanımı bakımı
- ❖ Motor bakımı
- ❖ Güç bağlantı mekanizmasının bakımı

2.2.3. Direkt Sefer Maliyetleri

Direkt sefer maliyetleri; karayolu ulaştırması yapan firmaların taşıma işlemini başlatmasıyla yani aracın işletilmesi ile taşıma faaliyetinin yapılmasıyla doğrudan ilişkili olan maliyetlerdir (Günaydın, 2006:10).

Bu maliyetler akaryakıt maliyetleri, yağ maliyetleri, lastik maliyetleri, otoyol köprü ücretleri, gemi ve feribot ücretleri, garaj – otopark ücretleri, harcırah giderleri, diğerk giderler olarak sıralanabilir. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır (Günaydın, 2006:10 - 13);

2.2.3.1. Akaryakıt Maliyetleri

Ulaştırma faaliyetlerinin icrasında kullanılan araçların enerji kaynağı akaryakıttır. Motorin ve benzin olmak üzere iki çeşit akaryakıt vardır. Akaryakıt sarfiyatı aracın ağırlığına, beygir gücüne bağılıdır. Aynı zamanda aracın lastik durumu, silindir, pistonun hareket ettiğı yatağın boyu, ateşleme ve soğutma sistemi gibi faktörler ile sürücünün durma, kalkma, hız ayarlama gibi marifetleri ile aracın hızı da akaryakıt maliyetlerini etkileyen unsurlardır.

Akaryakıt maliyetleri aracın tükettiğı yakıt miktarının kat ettiğı mesafeye oranı ile bulunur.

$$Akaryakıt\ tüketim\ miktarı = \frac{Tüketilen\ Yakıt\ (lt)}{Mesafe\ (km)}$$

Bu oran ile aynı zamanda sabit hızda aracın 1 km de tükettiğı yakıt miktarı da bulunabilir. Bu şekilde sefer maliyetleri tespiti yapılabilir.

2.2.3.2. Yağ Maliyetleri

Araçların mekanik aksamalarında sürtünme nedeniyle aşınmasını engellemek maksadıyla kullanılır. Motor ve dişli kutularında ayrı cins ve miktarda kullanılır. Yağ değışim zamanları kullanılan yağın özelliğine, aracın tipine göre farklılık gösterir.

Yağ tüketimi aracın kat ettiği mesafe ile doğru orantılı olarak artar. Yağ maliyetlerini hesaplayabilmek için yağ değişimi süre veya kilometreleri araçların teknik tarifnamelerinden kontrol edilir. Ve yağ ile beraber değişen filtre, tapa vb. maliyetlerde yağ maliyetlerine dahil edilir.

Yağ maliyetleri;

$Km \text{ Başına Yağ Maliyeti} = \text{Yağ Değişim Maliyeti} / \text{Yağ Değişimi Yapılan Mesafe (Km)}$

“Şeklinde hesaplanır. Yağ değişimi yapılan Km aracın teknik tarifnamesinde belirtilen km’ dir.

2.2.3.3. Lastik Maliyetleri

Araç sefer maliyetleri ile kat edilen mesafe süresince kullanılan lastik giderleri arasında doğru bir orantı vardır. Sefer süresince kat edilen kilometre başına lastik aşınma payı hesap edilmeli ve sefer maliyetlerine dahil edilmelidir.

$Km \text{ Başına Lastik Maliyeti} = \text{Araca Takılı Lastik Adedi} * \text{Lastik Fiyatı} / \text{Lastik Ömrü (Km)}$ ile hesaplanabilir.

2.2.3.4. Otoyol Köprü Ücretleri

Araçların sefer güzergâhlarında kullanmak zorunda oldukları otoyol ve köprülere ödedikleri ücretlerdir.

Bu köprü ve otoyollar devlet tarafından büyük yatırımlarla gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle bu köprü ve otoyolları kullanan araçlar ücret ödemek zorundadırlar. Ödenen ücretler direkt sefer giderlerine dahil edilmelidir.

$Km \text{ Başına Köprü ve Otoyol Ücretleri} = \text{Köprü ve Otoyol Ücretleri} / \text{Sefer Kilometresi}$ şeklinde hesaplanır.

2.2.3.5. Gemi ve Feribot Ücretleri

Karayolu taşımacılığında uzun mesafeli seferlerde araçlar belli mesafelerde gemi ve feribotlarla yolculuk yapabilir. Bunun için ödenen ücretlerde direkt sefer maliyetlerine yüklenmelidir.

2.2.3.6. Garaj – Otopark Ücretleri

Uzun süreli seferlerde sürücülerin dinlenmesi ve araçların teknik ihtiyaçlarının karşılanması için konaklanan yerlerde ödenen ücretlerdir. Direkt sefer giderlerine dahil edilir.

2.2.3.7. Harcırah Giderleri

Seferlerde görevli şoför,yedek şoför,muavin vb. görevlilere sefer günü boyunca maaşları dışında yapılan ödemelerdir. Günlük olabileceği gibi bütün bir seferi de kapsayabilir. Ödeme şekline göre direkt sefer giderlerine eklenir.

2.2.3.8. Diğer Giderler

Yukarıda bahsedilen giderler dışında arızı olarak oluşan giderlerdir. Bu giderler seferin başarı ile sonuçlanması için katlanılan giderlerdir. Ayrıca ortaya çıkan yükleme,boşaltma giderleri,ilave ücret ve vergiler, tamir,çekim,park ücretleri bu kapsamda değerlendirilebilir. Bu giderler direkt sefer giderlerine eklenir.

2.2.4. Endirekt Sefer Maliyetleri

Esas faaliyetlerin dışında kalan, yardımcı faaliyetlerden kaynaklanan, aracın çalışmasına yardımcı olmak için oluşturulan maliyetlerdir. Belirli kurullarla sefer maliyetlerine eklenirler. Bunlar (Günaydın, 2006:13 – 14)

- ❖ Maddi duran varlıkların amortisman giderleri
- ❖ Vergiler
- ❖ Sigortalar
- ❖ Bakım onarım maliyetleri
- ❖ Şoför taban ücretleri

❖ Ek maliyetlerdir.

Bu maliyetler aracın kat ettiği mesafeye bağlı olmaksızın tutarları sabittir.

Bu maliyetleri aracın yıl içerisinde fiili olarak yaptığı sefer gün sayısına bölerek her sefere isabet eden oran bulunur ve sefer maliyetine sefer günü ile çarpılarak eklenir.

2.2.4.1. Araç Sigorta ve Maliyetleri

Motorlu araç sahipleri, yıllık tespit edilen ve Ocak-Temmuz aylarında 2 taksit olarak ödenen motorlu araçlar vergisini ödemek zorundadırlar.

Verginin miktarı, aracın kilo-istiap haddi beygir gücü ile doğru orantılı, yaşı ile ters orantılıdır (Motorlu Taşıtlar Vergisi Kanunu, Madde 6).

2.2.4.2. Araç Teçhizat Amortismanı

Amortisman; işletme tarafından malı ve hizmet üretiminde ve diğer işletme görevlerinde kullanılmak üzere elde tutulan, bir yıldan fazla süre kullanılan ve bu süre içinde ister fiziki, ister ekonomik nedenlerle olsun bir değer kaybına uğrayan duran varlıkların (maddi duran varlıklar , maddi olmayan duran varlıklar ve özel tükenmeye tabi varlıklar) değer kayıplarını ifade eder. Dağıtım yaklaşımına göre varlık için katlanılan maliyet dönemler itibariyle gider olarak kaydedilir (Sevilengül, 1999:350).

Amortisman giderlerinin hesaplanmasında işletmeler uygulayacakları amortisman yöntemini seçmekte serbest bırakılmışlardır. Taşımacılık alanında uygulanan amortisman yöntemi normal-sabit oranlı amortismandır. Bu yöntemde maddi duran varlıklar için yıllık amortisman gideri;

$1 / \text{Ekonomik Ömür}$

Oranıyla hesaplanmaktadır (<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/1045.html>, 01/05/2011).

Yük araçlarının ekonomik ömrü 10 kabul edilmektedir. Dolayısıyla amortisman oranı % 10 olarak alınmaktadır.

2.2.4.3. Araçlara Eklenen Teçhizat ve Aparat Giderleri

Araçların kullanımını kolaylaştırmak, yükleme boşaltma maliyetlerini azaltmak için araçlara eklenen römork, konteynır vb. parçalardır.

Araçların daha ekonomik kullanılması için yapılan bu giderler yararlanma süresi içinde amortisman tabi tutulurlar. Yıllık amortisman gideri bulunarak sefer giderlerine eklenir.

2.2.4.4. Araç Bakım Onarım Maliyetleri

Maliyetler içerisinde önemli bir yer tutar. Yıpranan parçaların değişmesi, antifriz değişimi ve periyodik bakım maliyetini kapsar.

Araçların yıl içerisinde normal çalışmasını sağlamak için sürekli yapılan maliyetlerdir. Ayrıca aracın çalışmasına bağlı olarak oluşan arızaların giderilmesi için yapılan harcamaları da kapsar.

$$\text{Kilometre Başına Bakım Onarım Giderleri} = \text{Yıllık Bakım Onarım Giderleri} /$$

Yıllık Yapılan Toplam Km

2.2.5. Genel Yönetim Giderleri

İşletmenin faaliyette bulunduğu asıl hizmetle direkt bağlantısı olmayan ancak işletmenin faaliyetlerini sürdürmesi için yapılması gerekli giderlerdir.

Bu giderler:

- ❖ Haberleşme giderleri
- ❖ Elektrik, su ve ısınma giderleri
- ❖ Bakım onarım giderleri
- ❖ Hizmet yeri dışında çalışanlara yapılan ücret maaş v.b ödemeler
- ❖ Kullanılan diğer malzemeler

- ❖ Yemek vs. ücretleri
- ❖ Personel servis hizmetleri

gibi hizmetlerdir.

Bu giderleri araç sefer maliyetlerine eklemek için toplam tutar bir günlük, bir araç başına ve bir kilometre başına olmak üzere hesaplanarak birim maliyetlere eklenir. Hesapların yapıldığı dönem itibariyle gerçekleşmiş genel yönetim giderlerine ilişkin verileri bulmak her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumda geçmiş yılın gerçekleşen değerleri aynen veya belli bir oranda artırılarak alınabilir. Üçüncü yöntem ise içinde bulunan yıl dönem başına cari giderler için belli bir ödenek ayrılmışa hesaplamaların bu bedel üzerinden yapılmasıdır. Her üç yöntemde de dönem sonunda gerçekleşmiş değerler tahmin edilenden ya da hesap edilen değerden fazla ise fark maliyetlerde artış, az ise maliyetlerde azalış olarak dikkate alınmalıdır (Akdoğan, 1999:33).

3. BÖLÜM

ULAŞTIRMA OPTİMİZASYON PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

3.1. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE DAĞITIM ROTALARININ OPTİMİZASYONU

Doğrusal programlama yöneylem araştırmasının en çok kullanılan konularından biridir. Doğrusal programlamayı;

“Kıt kaynakların kullanımını optimum yapmak için tasarlanmış bir matematiksel modelleme” olarak tanımlayabiliriz (Taha, 2000:11).

Günümüz hızlı etkileşim ortamında yöneticiler sürekli değişen koşullara mevcut kıt kaynakların yönetiminde en etkin reaksiyonu verebilmek, yeni yatırım projeleri hazırlayıp uygulayabilmek için kendi yetenekleri ve tecrübelerine ilave olarak yöneylem araştırması teknikleri kullanarak etkinliklerini artırmaları mümkündür.

Başlangıçta askeri ihtiyaçlar için geliştirilmiş olmakla beraber, sayısal teknikler arasında büyük bir etki alanı olan doğrusal programlama, endüstriyel ve ekonomik analizlerde yaygınca kullanılmaktadır. Firmaların ulaşım, finansman, dağıtım ve reklamcılık gibi sayısız alanlarda karşılaştıkları problemlerin giderilmesinde, üretim teknikleri arasından seçim yapmasında, kıt kaynakların etkin kullanımında ve gölge fiyatların belirlenmesinde en iyi çözüme ulaştıracak politikaların saptanmasında doğrusal programlama modelleri kullanılır (Öztürk, 2002:30).

Pek çok uygulama alanı olmakla beraber, doğrusal programlamayı endüstriyel ve ekonomik programlama olmak üzere iki gruba ayırabiliriz (Esin, 2003:28);

❖ Endüstriyel Probleme Doğrusal Programlamanın Uygulanması;

- Standart taşıma problemlerine
- Üretim tahsisi problemlerine

- İşletmelerde görevlerin planlanması problemlerine
- İş makinelerini yerleşim problemlerine
- Normal ve fazla zaman problemlerine
- En iyi ürün karışım ve faaliyetlerinin düzenlenmesi problemlerine
- İşletmelerin kuruluş yerlerinin tespiti problemlerine
- Beslenme problemlerini çözümlenmesinde v.b gibi
- ❖ **Ekonomik Teoriye Doğrusal Programlamanın Uygulanması;**
- Firma teorisine klasik yaklaşım problemlerine
- Dual (ikili) doğrusal programlama, problemlerinin ekonomik yorumu
- Pratikte kullanılan girdi-çıktı modelleri ve bunların analizleri v.b. gibi

Doğrusal programlama modelinden tutarlı sonuçların elde edilebilmesi şu varsayımlara bağlıdır (Öztürk, 2002:25);

❖ **Doğrusallık Varsayımı**

İşletmenin girdileri ile çıktıları arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu gösterir. Üretim düzeyine bağlı olarak üretim girdileri de artar. Ayrıca amaç fonksiyonu açık bir şekilde, matematiksel olarak ifade edilmelidir. Amaç fonksiyonunun doğrusal olabilmesi için karar değişkenleri X_j 'ler birinci dereceden ve C_j katsayıları da sabit olmalıdır.

Kuadratik, kübik, logaritmik veya başka bir fonksiyonel bağlantıyı ifade etmeyen doğrusal programlamada, eşitlik veya eşitsizlikler doğrusal bir karakter ifade eder (Doğan, 1995:6).

❖ Sınırlılık Varsayımı

Üretimde kullanılan kaynaklar sonludur. Bu nedenle üretime giren girdiler ile üretim miktarı kısıtlanır (Günaydın, 2006:28).

Üretim faaliyetlerinin ve üretim faktörlerinin sayısal olarak ölçülebilir nitelikte ve sınırlı olması gerekir. Sınırsız sayıda üretim faaliyetleri ile sınırsız sayıda üretim faktörünün belli bir modele konu olması mümkün değildir. Aksi takdirde çözülecek problem de yoktur (Çakanel, 2008:13).

❖ Negatif Olmama Varsayımı

Doğrusal programlamada yer alan değişkenlerin değeri sıfır ya da sıfırdan büyük olmalıdır (Günaydın, 2006:28).

$$x \geq 0$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ şartının gerçekleşebilmesi için gerçek ve suni değişkenlerin değer alması gerekir. Çünkü doğrusal programlama modelin çözümünde yer alan değişkenlerin negatif değer almasının bir anlamı yoktur (Çakanel, 2008: 13).

❖ Toplanabilirlik Varsayımı

Değişik üretim faaliyetlerine kaynak olan üretim girdilerinin toplamının her bir işlem için ayrı ayrı kullanılan girdilerin toplamına eşit olduğunu gösterir (Günaydın, 2006:28).

Bir problem, doğrusallık varsayımının yanı sıra toplanabilirlik varsayımını da sağlıyorsa doğrusaldır. Bir problemin toplanabilirlik varsayımını sağlaması için, amaç fonksiyonu değerinin maliyetlerin ya da karın tek tek toplamına eşit olması gerekir.

Herhangi bir kısıta toplam katkının da aktivite katkılarının tek tek toplamına eşit olması gerekir. Toplanabilirlik varsayımı sağlanmadığında da doğrusal olmayan programlama kullanılır (Çakanel, 2008: 13).

3.2. ULAŞTIRMA MODELLERİ

Ulaştırma modelleri doğrusal programlama problemlerinin özel bir türüdür. Ulaştırma problemlerinde amaç kaynaklardan hedeflere başka bir deyişle üretim merkezlerinden tüketim merkezlerine mallar dağıtılırken dağıtım işleminin minimum maliyetle gerçekleştirilmesidir.

Ulaştırma modelleri malların bir yerden bir yere taşınmasından başka stok kontrolü iş gücü programlama, personel atama gibi alanlarda da kullanılabilir.

Ulaştırma problemleri mal ve hizmetlerin genellikle birden fazla arz noktasından birden fazla talep noktasına dağıtımı ile ilgilenildiği durumlarda ortaya çıkar. Genellikle dağıtım yapılacak mal ve hizmet talep noktalarındaki bilinen toplam talebi karşılamak bağlamında sınırlıdır (Bakır ve Altunkaynak, 2003:117).

Bugünküne benzer şekilde ulaştırma modelleri ilk kez 1941 yılında Hitchcock tarafından petrol endüstrisine uygulanmıştır. Daha sonra Koopmans, Dantzing, Cooper ve Chornes' in geliştirdikleri teknik 1960'larda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

1947 yılında T.C. Koopmas, "Ulaştırma Sisteminin Optimum Kullanımı" adında bir eserle yeni bir ulaştırma modeli ortaya koymuştur. 1947 yılında da G.B. Dantzing ve W.W. Cooper "Kuzeybatı Köşe Yöntemi ve Atlama Taşı Metodu"nu geliştirmişlerdir.

1954 yılında A. Henderson ve R. Schlaifer, Yönteme bazı düzeltmeler getirmiş ve 1955 yılında R.O. Ferguson tarafından "Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi (MODİ) geliştirilmiştir, 1963 yılında G.B. Dantzing, modelin dejenerasyon durumları ve

dejenerasyon durumunun ortadan kaldırılmasına ilişkin çözümleri ortaya koymuştur (Günaydın, 2006:21).

Genel olarak simpleks yöntemiyle çözülen doğrusal programlamada, ulaştırma modeli şeklinde kurulan bir problem de simpleks yöntem ile çözülebilir. Fakat ulaştırma problemleri kendine özgü teknikleri, ulaştırma algoritması, atama ve aktarma modelleri gibi tekniklerle çok daha az hesaplama zamanı ile çözüm mümkündür (Öztürk, 2002:201).

Bir ulaştırma probleminin simpleks ve kendi çözüm tekniği kıyaslandığında ulaştırma modelinin (Günaydın, 2006:21);

- ❖ Hesaplama zamanı simplekse göre 100 – 150 kez daha hızlı,
- ❖ Bilgisayar destekli çözümlerde simpleks yöntemine göre daha az yer kaplayan ve çok geniş problemlerin çözümüne olanak tanıdığı görülmüştür.
- ❖ Tam sayılı sonuçlar üreten bir modeldir.

Ulaştırma Modelleri (Öztürk,2002:201).;

- ❖ Üretim ve tüketim merkezleri arasında optimal dağıtımının belirlenmesinde,
 - ❖ İşlerin makinelere dağıtımında,
 - ❖ Üretimin planlanmasında,
 - ❖ Çeşitli şebeke ağı problemlerinde
 - ❖ İşletmelerin kuruluş yeri seçimi,
- gibi alanlarda kullanılabilir.

3.3. ULAŞTIRMA PROBLEMLERİNİN MATEMATİKSEL MODELİ

Ulaştırma modelinin matematiksel olarak ifadesi pratik açıdan gerekli olmamakla birlikte kantitatif bir model yapmak ve genel yapının öğrenilmesi bakımından matematiksel biçime sokmak gerekir (Çakanel, 2008:23).

Doğrusal Programlamanın özel bir türü olan ulaştırma modellerinde de Doğrusal Programlama varsayımları geçerlidir.

Bu varsayımlar (Doğan,1995:75);

1. Modelde bulunan fonksiyonlar doğrusal ve birinci dereceden olmalıdır.
2. Modeldeki değişkenler toplanabilir olma özelliğine sahip olmalıdır.
3. Modelde yer alan parametre ve katsayıların öngörülen dönemde sabit olduğu ve parametre değişimlerine duyarlılıkları, duyarlılık çözümleriyle belirlenir.

4. Doğrusal programlama modelinde bulunan değişkenlerin değeri sıfır ya da pozitifdir.

Ulaştırma modelleri yukarıda bahsedilen varsayımlara ilaveten şu varsayımları da içerir (Dantzing, 1997:205):

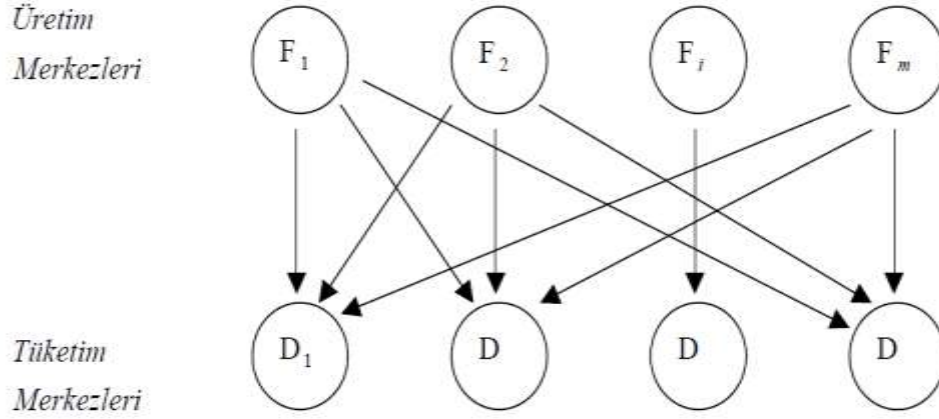
1. Modelde kullanılan tüm mal ve hizmetler aynı birim homojenlikte tanımlanmış olmalıdır ki bu homojenlik koşuludur.

2. Herhangi bir üretim merkezi ile herhangi bir tüketim merkezi arasında birim malın ne kadar fiyatla taşınacağı bilinmelidir.

3. Üretim ve tüketim merkezlerindeki istem ve sunum miktarları bilinmelidir.

4. Üretim merkezlerinden dağıtılan miktar ile tüketim merkezlerince istenen miktar eşit olmalıdır. Eğer eşitlik yoksa kuramsal olarak sağlanmalıdır. Bu koşula tutarlılık koşulu denir ve bu koşulu sağlayan ulaştırma modelleri dengelidir.

Sunum: $a_1 \quad a_2 \dots a_i \dots a_m$



İstem : $b_1 \quad b_2 \dots b_i \dots b_n$

Şekil 3.1. m Sunum ve n İstem Merkezli Ulaştırma Probleminin Grafik Açıklaması

Doğrusal Programlama Modelleri'nde olduğu gibi, Ulaştırma Modelleri de üç

temel unsur içerir. Bunlar (Doğan, 1995:76);

- ❖ Amaç Fonksiyonu
- ❖ Kısıtlayıcı Fonksiyonlar
- ❖ Pozitiflik Koşulu

Bu unsurları şu şekilde açıklayabiliriz;

Amaç Fonksiyonu:

Bir doğrusal programlama modeli olan ulaştırma modelinde de hedeflenen amaç ve bu amacı etkileyen faktörlerin matematiksel bir biçimde ifade edildiği doğrusal bir amaç fonksiyonu vardır.

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (i = 1,2,\dots,m; \quad j = 1,2,\dots,n)$$

$$Z = C_{11} X_{11} + C_{12} X_{12} + \dots + C_{1n} X_{1n} + C_{2n} X_{2n} + C_{22} X_{22} + \dots + C_{2n} X_{2n} + \\ C_{m1} X_{m1} + C_{m2} X_{m2} + C_{mn} X_{mn}$$

m : problemin mevcut üretim merkezi sayısı (i = 1,2.....m)

n : problemde mevcut tüketim merkezi sayısı (j =1,2.....n)

i: kaçınıcı üretim merkezi olduğu.

j: kaçınıcı tüketim merkezi olduğu.

C: i. üretim merkezinden j. Tüketim merkezine taşınan bir birim malın taşıma maliyeti.

X : i. üretim merkezinden j. Tüketim merkezine taşınan mal miktarı. ij

m adet üretim merkezi ve n adet tüketim merkezi olan bir ulaştırma probleminde j. Tüketim merkezi b miktarında ürün isterken i. üretim merkezi de ancak ai miktarında ürün sunabilmektedir.

Amaç fonksiyonunda X'ler karar değişkenleri C'ler sabit katsayılardır. Ulaştırma modellerinde amaç fonksiyonu genelde maliyeti minimum veya karı maksimum yapmayı amaçlar (Günaydın, 2006:24 – 25).

Kısıtlayıcı Fonksiyonlar:

Üretim merkezi ya da depodan, belirli tüketim merkezi ya da depolara gönderilecek ürün miktarı, üretim merkezi ya da deponun kapasitesine eşit olmalıdır. Bu kısıtlara arz kısıtları denir.

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = a_i$$

$$X_{11} + X_{12} \dots\dots\dots + X_{1n} = a_1$$

$$X_{21} + X_{22} \dots\dots\dots + X_{2n} = a_2$$

.....

$$X_{m1} + X_{m2} \dots\dots\dots + X_{mn} = a_m$$

Her tüketim merkezinin ya da deponun ürün ihtiyacının mutlak olarak karşılanması gerekir. Bu kısıtlara da talep kısıtları denir.

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = b_j$$

$$X_{11} + X_{12} \dots\dots\dots + X_{m1} = b_1$$

$$X_{21} + X_{22} \dots\dots\dots + X_{m2} = b_2$$

.....

$$X_{1n} + X_{2n} \dots\dots\dots + X_{mn} = b_n$$

Sonuçta m sayıda üretim merkezi ve n sayıda tüketim merkezi olan bir ulaştırma modelinde $m + n$ tane kısıtlayıcı fonksiyon olacaktır (Günaydın, 2006:25 – 26).

Pozitiflik Koşulu:

Taşıma üretim merkezlerinden tüketim merkezlerine yapıldığı için negatif değerler alamaz.

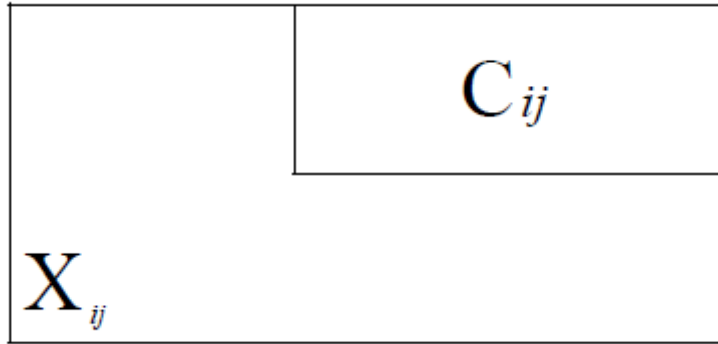
$$X_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n)$$

Tablo 3.1. Ulaştırma Tablosu

İstem Merkezi Sunum Merkezi	1	2	---	n-1	n	Toplam Sunum
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	---	$C_{1,n-1}$ $X_{1,n-1}$	C_{1n} X_{1n}	a_1
2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	---	$C_{2,n-1}$ $X_{2,n-1}$	C_{2n} X_{2n}	a_2
⋮	⋮	⋮	---	⋮	⋮	⋮
m-1	$C_{m-1,1}$ $X_{m-1,1}$	$C_{m-1,2}$ $X_{m-1,2}$	---	$C_{m-1,n-1}$ $X_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$ $X_{m-1,n}$	A_{m-1}
m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	---	$C_{m,n-1}$ $X_{m,n-1}$	C_{mn} X_{mn}	A_m
Toplam İşlem	B_1	b_2	---	b_{n-1}	b_n	Σa_i Σb_j

Uygun bir şekilde ulaştırma problemlerinin standart gösterimi grafik ve denklemlerden çok Ulaştırma Tablosu ile olur. Tablo 3.1. örnek bir ulaştırma tablosu modelini göstermektedir.

Tablo 3.1.’ de bulunan her özel kutucuğa “ göze “ veya “ hücre “ ismi verilir. Her hücre (i) inci sunum merkezinden (j) inci işlem merkezine ulaştırılacak X_{ij} miktarına ve birim malın ulaştırma maliyeti C_{ij} ye sahiptir (Günaydın, 2006:27-28).



şekil 3.2. Ulaştırma Tablosu Hücre Yapısı

3.4. DENGELİ VE DENGESİZ ULAşTIRMA PROBLEMLERİ

Ulaştırma modelinde tüm sunum merkezlerinin sunum miktarları, tüm istem merkezlerinin istem miktarlarına eşit olduğu kabul edilir. Bu tür problemlere “dengeli ulaştırma problemleri “ denir ve şöyle gösterilir (Günaydın, 2006:28);

$$\sum_{j=1}^m b_j = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n X_{ij} \right) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m X_{ij} \right) = \sum_{i=1}^n a_i$$

Gerçek hayatta problemler her zaman bu şekilde dengeli olmaz. İstem miktarı sunum miktarına eşit olabileceği gibi az veya çok da olabilir. İstem ve sunum miktarları eşit değilse problem dengesiz ulaştırma problemi şeklindedir. Ulaştırma tekniklerinin

çözümüne uygulanabilmesi için problem dengeli hale getirilmelidir. İstem ve sunum eşitliğini sağlamak için ilgili probleme kukla, üretim ve tüketim merkezleri eklenir.

Toplam sunum miktarının, toplam istem miktarından çok olduğu durumlarda problemi dengelemek için;

$$\sum_{i=1}^n a_i - \sum_{j=1}^m b_j$$

Bir kukla üretim merkezi programa sokulur. Probleme kukla olarak ilave edilen tüketim merkezlerine mal gönderimi olmayacağından taşıma maliyeti sıfırdır. Aksi durumda kukla tüketim merkezine mal gönderiliyorsa üretim merkezinde atıl kapasite sorunu olduğu ortaya çıkar.

$$\sum_{j=1}^m b_j - \sum_{i=1}^n a_i$$

Miktarındaki sunum eksikliğinin kukla üretim merkezi tarafından karşılanması istenir (Günaydın, 2006:29).

Tablo 3.2. Sunum Miktarının, İstem Miktarından Büyük Olduğu Ulaştırma Tablosu

İstem Merkezi Sunum Merkezi	1	2	...	n-1	n	Yapay İstem Merkezi	Sunum Miktarı
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	...	$C_{1,n-1}$ $X_{1,n-1}$	C_{1n} X_{1n}	0	a_1
2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	...	$C_{2,n-1}$ $X_{2,n-1}$	C_{2n} X_{2n}	0	a_2
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	⋮
m-1	$C_{m-1,1}$	$C_{m-1,2}$	...	$C_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$	0	A_{m-1}
m	C_{m1}	C_{m2}	...	$C_{m,n-1}$	C_{mn}	0	A_m
İstem Miktarı	b_1	b_2	...	b_{n-1}	b_n	$a_i - b_i$	$\sum b_j$ $\sum a_i$

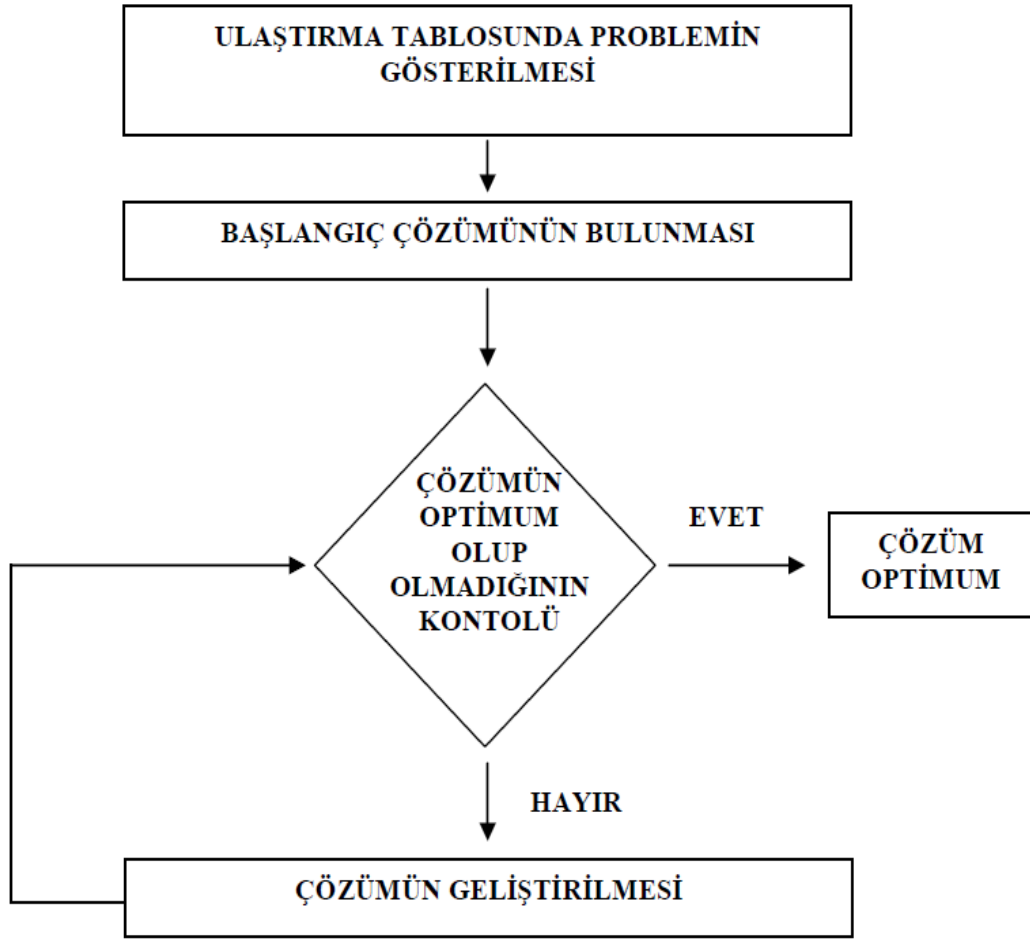
Tablo 3.3. Sunum Miktarının, İstem Miktarından Küçük Olduğu Ulaştırma Tablosu

İstem Merkezi Sunum Merkezi	1	2	---	n-1	n	Sunum Miktarı
1	C_{11}	C_{12}	---	$C_{1,n-1}$	C_{1n}	a_1
2	C_{21}	C_{22}	---	$C_{2,n-1}$	C_{2n}	A_2
⋮	⋮	⋮	---	⋮	⋮	⋮
m-1	$C_{m-1,1}$	$C_{m-1,2}$	---	$C_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$	A_{m-1}
m	C_{m1}	C_{m2}	---	$C_{m,n-1}$	C_{mn}	A_m
Yapay Sunum Merkezi	0	0	---	0	0	$b_i - a_i$
İstem Miktarı	b_1	b_2	---	b_{n-1}	b_n	$\sum b_j$ $\sum a_i$

3.5. ULAŞTIRMA ALGORİTMASI

Ulaştırma problemlerinin çözümünde uygulanan aşamalar şöyledir (Doğan, 1995:83):

1. Probleme ait verilerin başlangıç tablosunda gösterilmesi.
2. Satır ve sütun gereksinimlerine uyularak temel kabul edilebilir başlangıç çözümü için dağıtım ve atamanın yapılması.
3. İkinci adımda elde edilen çözümün en iyi olup olmadığının kontrol edilmesi ve temel olmayan değişkenler arasından temel değişken olarak girecek değişkenlerin bulunması.
4. Çözüm en iyi değilse en iyi çözüme ulaşıncaya kadar ardışık işlemlere devam edilmesi.



Şekil 3.3. Ulaştırma Modelinin Algoritması

3.6. ULAŞTIRMA MODELİ ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Ulaştırma problemleri, ulaşım simpleks yönteminin bir uygulamasını kullanarak çözümlenir (Çakanel, 2008:30).

Ulaştırma modelinde kabul edilen varsayımların basitleştirici özelliklerinden faydalanarak, simplekse nazaran çözüm prosedürünü basitleştirici özel çözüm teknikleri geliştirilmiştir. Bu, çözüm tekniklerinin kullanılması zaman ve emekte tasarruf sağlayacaktır. Ancak ulaştırma modeliyle ilgili varsayımlar, doğrusal programlama ile ilgili varsayımlardan daha sınırlayıcı olduğu için bütün ulaştırma problemlerini simpleks ile çözümlenmek mümkün olduğu halde, simpleks ile çözümlenen her doğrusal

programlama problemini ulaştırma modeli çözümlerle çözümlene mümkün değildir.

Ulaştırma problemlerinin çözümlerinde modele $M + N$ miktarı kadar değişken eklemek gerekir. Bu çözümler için gereksiz zaman ve maliyet talep eder. Bu sebeple ulaştırma problemlerinin çözümlerini için daha etkili yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler aşağıda sıralanmıştır (Halaç, 1995:550);

- ❖ Kuzeybatı köşe yöntemi
- ❖ En düşük maliyetli gözeler yöntemi
- ❖ Vogel'in yaklaşım yöntemi (VAM Yöntemi)
- ❖ Russell'in yaklaşım yöntemi (RAM Yöntemi)

Bir ulaştırma modelinin çözümlerinde kullanılan kavramların tanımları şöyledir (Doğan, 1995:83):

1. Bir ulaştırma modelinde kısıtlayıcı koşulları sağlayan herhangi bir $X = X_{11}, X_{12}, \dots, X_{mn}$ vektörüne "çözüm" denir.
2. Herhangi bir çözüm sunum ve istem kısıtlayıcıları ile birlikte pozitiflik koşulunda sağlıyorsa " kabul edilebilir " bir çözümlerdir.
3. Kabul edilebilir çözümlerde temel değişkenlerin sayısı ($m + n - 1$) 'e eşitse bu çözüm " temel kabul edilebilir " çözümlerdir.
4. " En iyi çözüm " amaç fonksiyonunu en iyi şekilde tanımlayan bir " temel kabul edilebilir optimum çözüm " dır.

Bir ulaştırma modelinin çözümlerini için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler sonuca ulaşmakta doğrusal programlamanın genel çözüm yöntemi olan simpleks yöntemine nazaran daha kolay ve daha etkindir.

3.6.1. Kuzey Batı Köşe Yöntemi

W.W. Cooper ve A. Charnes tarafından 1953 yılında geliştirilmiştir. R. Schlaifer ve A. Henderson tarafından bugünkü haline gelmesi sağlanmıştır. Çözüm işlemine başlangıç tablosunun kuzeybatı köşesinden başlandığı için bu adı almıştır.

Yöntem başlangıç dağıtımını sistematik bir yaklaşım içerisinde yaptığından kolay anlaşılabilir olmakla birlikte diğer başlangıç çözüm yöntemlerine göre çok büyük boyutlu problemlere rahatlıkla uygulanabilmektedir. Dağıtım esnasında maliyetleri göz önünde bulundurmadığından dolayı optimal çözümden uzak kalmakta ve optimal çözüme ulaşmak için daha fazla hesaplamayı gerektirmektedir (Halaç, 1995:441).

Bu yöntemde dağıtım, maksimize veya minimize edilerek amaç fonksiyonu ile ilgili karlar veya maliyetler göz önüne alınmadan planlanır (Çakanel, 2008:31).

Yöntemin çözümü için izlediği basamaklar şöyledir (Halaç, 1995:441 – 442):

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir ve başlangıç tablosunun sol üst köşesindeki göze saptanır (Bkz: **Tablo 3.4.**).

2. Birinci adımda saptanan göze satır ve sütun gereklerine uygun olarak en yüksek miktarda dağıtım için belirli bir rakam yerleştirilir.

3. İkinci adımda yapılan dağıtım sonucunda ilgili üretim merkezinin üretimi tamamen kullanılmış fakat bu gözenin ait olduğu sütunda yer alan tüketim merkezinin talebi tam olarak karşılanmamışsa **Tablo 3.5.**'de gösterildiği gibi aşağıya doğru inildiğinde rastlanılan ilk göze satır sütun gereklerine uygun olan yine en yüksek dağıtım yapılır. Bu işlem ilgili tüketim merkezinin talebi karşılanıncaya kadar tekrarlanır.

4. Yapılan dağıtımlarla deponun talebi karşılanmış ancak üretim merkezinin talebi karşılanmamış, üretim merkezinin ürünleri tamamıyla dağıtılmamışsa **Tablo 3.6.** daki ulaştırma tablosundaki ilk gözeden sağa doğru kayıldığında rastlanılan ilk göze

en yüksek miktarda dağıtım yapılır ve işlem üretim merkezinin üretimi tam olarak dağıtılana kadar tekrarlanır diğer yandan, sol üst köşeye dağıtım yapıldıktan sonra hem satır hem sütun ihtiyacı karşılanmışsa **Tablo 3.7.**'de gösterildiği gibi ihtiyacı karşılanan satır ve sütun kaldırılarak bu gözenin sağ altına inilir ve işlemlere aynen devam edilir.

Tablo 3.4. Ulaştırma Tablosu

$i \backslash j$	1	2	...	n-1	n	Toplam Arz
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	...	$C_{1,n-1}$ $X_{1,n-1}$	C_{1n} X_{1n}	a_1
2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	...	$C_{2,n-1}$ $X_{2,n-1}$	C_{2n} X_{2n}	a_2
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
m-1	$C_{m-1,1}$ $X_{m-1,1}$	$C_{m-1,2}$ $X_{m-1,2}$	...	$C_{m-1,n-1}$ $X_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$ $X_{m-1,n}$	A_{m-1}
m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	...	$C_{m,n-1}$ $X_{m,n-1}$	C_{mn} X_{mn}	A_m
Toplam Talep	b_1	b_2	...	b_{n-1}	b_n	$\sum b_j$ $\sum a_i$

Tablo 3.5. Ulaştırma Tablosu

$\begin{matrix} \text{tm} \\ \text{üm} \end{matrix}$	1	2	...	n-1	n	Toplam Arz
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	...	$C_{1,n-1}$ $X_{1,n-1}$	C_{1n} X_{1n}	a_1
2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	...	$C_{2,n-1}$ $X_{2,n-1}$	C_{2n} X_{2n}	A_2
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
m-1	$C_{m-1,1}$ $X_{m-1,1}$	$C_{m-1,2}$ $X_{m-1,2}$	...	$C_{m-1,n-1}$ $X_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$ $X_{m-1,n}$	A_{m-1}
m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	...	$C_{m,n-1}$ $X_{m,n-1}$	C_{mn} X_{mn}	A_m
Toplam Talep	b_1	b_2	...	b_{n-1}	b_n	Σb_j Σa_i

Tablo 3.6. Ulaştırma Tablosu

$\begin{matrix} \text{tn} \\ \text{üm} \end{matrix}$	1	2	...	n-1	n	Toplam Arz
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	...	$C_{1,n-1}$ $X_{1,n-1}$	C_{1n} X_{1n}	a_1
2	C_{21} 0	C_{22} X_{22}	...	$C_{2,n-1}$ $X_{2,n-1}$	C_{2n} X_{2n}	a_2
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
m-1	$C_{m-1,1}$ 0	$C_{m-1,2}$ $X_{m-1,2}$	...	$C_{m-1,n-1}$ $X_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$ $X_{m-1,n}$	A_{m-1}
m	C_{m1} 0	C_{m2} X_{m2}	...	$C_{m,n-1}$ $X_{m,n-1}$	C_{mn} X_{mn}	A_m
Toplam Talep	b_1	b_2	...	b_{n-1}	b_n	Σb_j Σa_i

Tablo 3.7. Ulaştırma Tablosu

t_m	1	2	---	n-1	n	Toplam Arz
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	---	$C_{1,n-1}$ $X_{1,n-1}$	C_{1n} X_{1n}	A_1
2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	---	$C_{2,n-1}$ $X_{2,n-1}$	C_{2n} X_{2n}	A_2
⋮	⋮	⋮	---	⋮	⋮	⋮
m-1	$C_{m-1,1}$ $X_{m-1,1}$	$C_{m-1,2}$ $X_{m-1,2}$	---	$C_{m-1,n-1}$ $X_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$ $X_{m-1,n}$	A_{m-1}
m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	---	$C_{m,n-1}$ $X_{m,n-1}$	C_{mn} X_{mn}	A_m
Toplam Talep	b_1	b_2	---	b_{n-1}	b_n	$\sum b_j$ $\sum a_i$

3.6.2. En Düşük Maliyetli Gözeler Yöntemi

Kuzey-Batı köşesi yöntemi uygun çözüm elde etmek için basit bir yöntem olmasına rağmen maliyetleri göz ardı ettiğinden muhtemelen başlangıç çözümü iyi bir çözüm olmayabilir (Bakır ve Altunkaynak, 2003:123).

Bu yöntem ile maliyetler göz önüne alınarak çözüme ulaşılmaya çalışıldığından kuzey-batı köşe yöntemine göre daha az maliyetli sonuçlar verir (Günaydın, 2006:37).

En düşük maliyetli gözeler yöntemi ile kuzeybatı köşe yöntemi arasındaki tek fark, giriş değişkenlerinin seçimindedir. Burada, strateji diğer kalan tüm hücreler arasında en küçük cij değerine sahip olan hücreyi, giriş hücresi olarak seçmektir (Uchit, 2006: 14).

Diğer bir deyişle; kuzeybatı köşe yönteminde olduğu gibi kuzeybatı kutusuyla başlamak yerine, en düşük birim maliyetli kutuya mümkün olduğunca fazla atama yapmak suretiyle başlangıç çözümü oluşturmaya başlanır (Heizer ve Render, 2004: 16).

Sıklıkla küçük ölçekli problemlerin çözümünde kullanılan yöntem üç farklı yaklaşım içerir (Doğan, 1995:86):

1. Satır Yaklaşımı
2. Sütun Yaklaşımı
3. Genel Yaklaşım

❖ ***Satır Yaklaşımı***

Arz ve talep gereksinimleri göz önüne alınarak, her satırın en düşük maliyetli hücresine dağıtım yapılması esasına dayanır. Dağıtım mümkün olan en üst miktarda yapılır. Dağıtım yapılacak ürün miktar itibariyle dağıtım maliyeti eşit olan birden fazla gözeye dağıtılabiliyorsa, o satırdaki en düşük ikinci maliyetli gözeye dağıtım yapılır. Sunum merkezinin ürünleri tükenene kadar aynı işlem yapılır ve bir alt satıra geçilir (Çakanel, 2008:34 – 35).

❖ ***Sütun Yaklaşımı***

Satır yaklaşımındaki gibi hareket edilir. Ancak burada satır yerine sütundaki en düşük maliyetli göze dikkate alınır. Birden fazla en düşük maliyetli gözeye karşılaşıldığında satır numarası küçük olan gözenin seçilmesine dikkat edilir (Çakanel, 2008:35).

❖ ***Genel Yaklaşım***

Bu yaklaşımda en düşük maliyetli gözenin belirlenmesinde bütün tablo dikkate alınır. Dağıtım yapılacak ilk göze tablonun en düşük maliyetli gözesidir. Bu gözeye satır-sütun gereklerine göre yapılabilecek en yüksek miktarda dağıtım yapılır. Birden fazla en düşük maliyetli göze olması durumunda dağıtım rastgele yapılır (Günaydın, 2006:38).

3.6.3. VAM Yöntemi (Vogel Yaklaşım Yöntemi)

1955 yılında W. R. Vogel tarafından geliştirilmiştir. Optimala yakın bir çözüm veren yöntemdir. Yöntem Kuzeybatı köşesi yöntemi ve en düşük maliyetli gözeler yöntemine göre daha fazla zaman ve hesaplama gerektirir.

Vogel'in yaklaşım metodu, optimum çözüme en yakın başlangıç çözümünü vermektedir. Bu nedenle VAM metodu ile elde edilen başlangıç çözümü bazı hallerde yaklaşık bir optimum sonuç olarak kabul edilmekte olduğundan bu metoda "Vogel'in Yaklaşım Metodu" adı verilmektedir (Analı, 1999:45)

VAM Yöntemi ile başlangıç çözümü elde edilirken, en düşük maliyetli gözeler yönteminde olduğu gibi her gözede maliyetler hesaba katılır. En az düşük maliyetli hedefleri seçmemekten doğan ek giderler hesaplanır bu giderlere pişmanlık veya cezalı adı verilir (Öztürk, 2002:203).

Bu yönteme birim nakil maliyetlerini ihtiva eden tablonun hazırlanması ile başlanır. Bu tablodaki göze maliyelerinden her bir satır ve sütun için, cezalar belirlenir cezaların belirlenmesinde her bir satırda yer alan en küçük maliyetli eleman aynı satırdaki en küçük maliyete en yakın maliyetten çıkarılır.

Belirlenen bu cezalar satır ve sütun halinde ulaştırma tablosunun altında ya da yanında gösterilir. Daha sonra tüm satır ve sütun cezalar arasında en büyüğü seçilir ve bu seçilen cezanın karşılığı satır veya sütundaki en küçük maliyetli gözeye olabildiğince dağıtım yapılır. Bu dağıtım ilgili sıra ve sütun toplamlarından düşülür. Bundan sonra gereği karşılanmış depo veya mağaza hariç tutularak yeni değerler tablosu hazırlanır ve satır sütun gereksinimleri tamamen doyurulana kadar ardışık işlemlere devam edilir.

Satır ve sütun ceza değerleri hesaplanırken birden fazla en büyük ceza ortaya çıkabilir. Bu durumda çözüme daha çabuk ulaşmak için en büyük ceza bir satır ve sütunda aynı anda varsa ve bunların kesiştiği göze en düşük maliyetli ise bu gözeye

dağıtım yapılan kesişim gözesi en düşük maliyetli değilse söz konusu satır ve sütundan maliyeti en düşük olan gözeye dağıtım yapılır. Daha sonra en büyük ceza birden fazla satırda veya birden fazla sütunda varsa, satırlar veya sütunlar içinden en büyük istem ya da sunum miktarı olan seçilir (Halaç, 1995: 571).

Tablo 3.8.' de hesaplanan ceza değerleri büyüğünün yer aldığı sıra veya sütundan başlanarak **Tablo 3.9.** hazırlanış en küçük birim maliyetli hücreye en fazla miktarda dağıtım yapılmış **Tablo 3.10.** sütun genişliği karşılanmış olan tüketim merkezi hariç tutularak oluşturulmuştur.

Tablo 3.8. Ulaştırma Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	2	3	Tüketim miktarı	Satır ceza değerleri
1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	a_1	$\min 1C_{1i} - \min 2C_{1i}$ C_{1i}
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	a_2	$\min 1C_{2i} - \min 2C_{2i}$ C_{2i}
3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	a_3	$\min 1C_{3i} - \min 2C_{3i}$ C_{3i}
Tüketim miktarı	b_1	b_2	b_3	$a_t = b_t$	
Sütun ceza değerleri	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$ C_{j1}	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$ C_{j2}	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$ C_{j3}		

Tablo 3.9.Ulaştırma Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	2	3	Tüketim miktarı	Satır ceza değerleri
1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	a_1	$\min 1C_{1i} - \min 2C_{1i}$
		0			C_{1i}
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	$a_2 - b_2$	$\min 1C_{2i} - \min 2C_{2i}$
		b_2			C_{2i}
3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	a_3	$\min 1C_{3i} - \min 2C_{3i}$
		0			C_{3i}
Tüketim miktarı	b_1	0	b_3	$a_t = b_t$	
Sütun ceza değerleri	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$		
	C_{j1}	C_{j2}	C_{j3}		

Tablo 3.10. Ulaştırma Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	3	Tüketim miktarı	Satır ceza değerleri
1	C_{11}	C_{13}	a_1	$\min 1C_{1i} - \min 2C_{1i}$
				C_{1i}
2	C_{21}	C_{23}	$a_2 - b_2$	$\min 1C_{2i} - \min 2C_{2i}$
				C_{2i}
3	C_{31}	C_{33}	a_3	$\min 1C_{3i} - \min 2C_{3i}$
				C_{3i}
Tüketim miktarı	b_1	b_3	$a_t = b_t$	
Sütun ceza değerleri	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$	$\min 1C_{j1} - \min 2C_{j1}$		
	C_{j1}	C_{j3}		

Bu yöntemin zayıf tarafı ise, bazı dağıtım problemlerinde optimuma yakın bir çözüm sağlamasıdır. Bu durumda optimallik kontrolünün Kuzeybatı Köşe yöntemi ve MODI (Modified Distribution) yöntemleri ile yapılması gerekmektedir (Çakanel,2008:37).

3.6.4. RAM Yöntemi (Russel Yaklaşım Yöntemi)

Adını Russel's Approximation Method kelimelerinin ilk harflerinden almıştır. VAM yöntemi gibi en iyi veya en iyiye yakın çözümü verir. Çözüme ulaşmak için izlenecek yol sırasıyla şöyledir (Doğan, 1995:94):

1. Problem başlangıç tablosunda gösterilir. Sonra her satır veya sütundaki en yüksek maliyet katsayıları seçilerek tabloda satır ve sütun maksimumları olarak **Tablo 3.11.**'de belirtildiği gibi gösterilir.

2. Yeni maliyet katsayıları için boş bir tablo hazırlanarak her hücrenin ilk tablodaki birim taşıma maliyeti ilgili satır ve sütun maksimumlarının toplamından çıkarılarak yeni birim taşıma maliyetleri olarak tabloya yerleştirilir. Yeni oluşturulan tablodaki en yüksek birim taşıma maliyetine sahip hücreye dağıtım yapılır (**Tablo 3.12.**).

3. İhtiyacı karşılanmış olan satır ve sütunlar tablodan çıkartılır ve yeni tablo hazırlanır. Düzenlenen tablolarda satır ve sütun sayısı bire ininceye kadar işlemlere devam edilir (**Tablo 3.13.**)

Tablo 3.11. Ulaştırma Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	2	3	Üretim miktarı	Satır maksimum değerleri
1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	a_1	$MaxC_{1i}$
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	a_2	$MaxC_{2i}$
3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	a_3	$MaxC_{3i}$
Tüketim miktarı	b_1	b_2	b_3	$a_i = b_i$	
Sütun maksimum değerleri	$MaxC_{j1}$	$MaxC_{j2}$	$MaxC_{j3}$		

Tablo 3.12. Ulaştırma Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	2	3	Üretim miktarı
1	$MaxC_{1i} + maxC_{j1}$ $1 - C_{11} = C'_{11}$	$MaxC_{1i} + maxC_{j1}$ $1 - C_{12} = C'_{12}$	$MaxC_{1i} + maxC_{j1}$ $1 - C_{13} = C'_{13}$	a_1
2	$MaxC_{2i} + maxC_{j1}$ $1 - C_{21} = C'_{21}$ a_2	$MaxC_{2i} + maxC_{j2}$ $1 - C_{22} = C'_{22}$ 0	$MaxC_{2i} + maxC_{j3}$ $1 - C_{23} = C'_{23}$ 0	0
3	$MaxC_{3i} + maxC_{j1}$ $1 - C_{31} = C'_{31}$	$MaxC_{3i} + maxC_{j2}$ $1 - C_{32} = C'_{32}$	$MaxC_{3i} + maxC_{j3}$ $1 - C_{33} = C'_{33}$	a_3
Tüketim miktarı	$b_1 - a_2$	b_2	b_3	$a_i = b_i$

Tablo 3.13. Ulaştırma Tablosu

Üretim merkezi \ Tüketim merkezi	1	2	3	Üretim miktarı	Satır maksimum değerleri
1	C'_{11}	C'_{12}	C'_{13}	a_1	$MaxC_{1j}$
3	C'_{31}	C'_{32}	C'_{33}	a_3	$MaxC_{3j}$
Tüketim miktarı	$b_1 - a_2$	b_2	b_3	$a_t = b_t$	
Sütun maksimum değerleri	$MaxC_{j1}$	$MaxC_{j2}$	$MaxC_{j3}$		

3.7. EN İYİ ÇÖZÜM BULMA YÖNTEMLERİ

En uygun çözüme ulaşmak için öncelikle çözüme, başlangıç çözümde ulaşılan başlangıç dağıtım ile başlanır. Bu dağıtım daha önce bahsedilen dört yöntem ile elde edilir. Daha sonra ortaya çıkan çözümün optimallik kontrolünün yapılması gerekmektedir. Yani dağıtım yapılamayan herhangi bir hücrenin toplam maliyette tasarruf veya düşüş yaratıp yaratmayacağı değerlendirilmesi yapılır. Eğer değerlendirme sonucunda toplam maliyette tasarruf sağlayan bir veya birden fazla hücre varsa belirlenir ve bahsedilen dört yöntemin herhangi biriyle bulunan başlangıç çözümü geliştirilir (Öztürk, 2002:225).

Ulaştırma modelinde bu değerlendirme ve geliştirme işlemleri için kullanılacak iki yöntem vardır;

1. Atlama taşı yöntemi
2. Basitleştirilmiş dağıtım yöntemi (MODİ)

3.7.1. Atlama Taşı Yöntemi (Stepping – Stone)

1954 yılında W.W. Cooper ve A. Chornes tarafından Dentzing'in 1947 yılında geliştirdiği basitleştirilmiş simpleks yöntemi üzerinde çalışmalar yapılarak geliştirilmiştir.

Yapılan bir çözümün optimalliğini belirlemek demek; dağıtım programındaki boş gözlemlere ayırma yapıldığında, toplam maliyetin azalıp azalmadığını bulmak anlamına gelir. Eğer yeni yapılan ayrımlar ile dağıtım bileşeni değiştiğinde daha düşük bir toplam maliyet elde ediliyorsa, yani bir anlamda tasarruf söz konusu ise optimal çözüme daha yaklaşılmış olur. Eğer yeni yapılan ayrımlar ile dağıtım bileşeni değiştiği halde daha düşük bir toplam maliyete ulaşılamıyorsa optimal çözüme ulaşılmış demektir (Öztürk, 2002:230).

Başlangıç temel uygun çözümünden hareketle en iyi çözüme erişilmesinde kullanılan bu yöntemde temelde olmayan her değişken için temelde olan değişkenler kullanılarak bir yörünge çizilir. Yörünge çizilirken saat yönünde en kısa bir yol takip edilmesine dikkat edilmelidir (Çakanel, 2008: 40).

Bu yöntem, çözümlerdeki boş hücrelerin net masraf değişimlerinin hesaplanarak daha az masraf gerektiren hücrelere gerekli aktarmaların yapılmasını ve böylece en düşük masraf düzeyinin tespitini mümkün kılar.

Yöntem değerlendirmeyi dahi hücreleri takip ederek yaptığı için “atlama taşı” veya “taş atlama” adını almıştır. “Temel olmayan değişkenlerin değerlendirilmesi” adı da verilen yöntemin temelinde üç aşama yatmaktadır. Bunlar (Günaydın, 2006:44);

1. Temele girecek değişkenin bulunması (optimallik testi veya prensibi)
2. Temeli terk edecek değişkenin bulunması (kabul edilebilirlik prensibi veya fizibilite)
3. Optimal çözüm bulununcaya kadar ardışık işlemlere devam edilmesi

Atlama taşı yöntemi, boş bir göze ye ayırım yaptığımızda toplam maliyetin ne kadar değişeceğini hesaplayabilmektir. Boş bir hücreye bir birimlik bir ayırım yapıldığında maliyetteki net değişim veya test miktarı hesaplanır. Herhangi bir boş hücreye bir birim mal ayrıldığında o hücrenin bulunduğu satır veya sütun koşullarının yani sunum ve istem miktarlarının aynen kalması gerekmektedir. Bu nedenle ayırım yaptığımız hücreden başlayarak artırma veya azaltma işlemiyle denge korunmuş olur.

Ayrımların ilk önce hangi boş hücreye yapılması gerektiğine karar verirken en yüksek negatif net değişim maliyeti olan hücreden başlanması daha doğru olur. Çözüm aşamaları şöyledir;

1. Herhangi bir başlangıç çözüm yöntemiyle elde edilen dağıtım programı ulaştırma tablosunda gösterilir.

2. Boş olan herhangi bir hücre değerlendirme için seçilir.

3. Bu hücreden yola çıkılarak yatay ve düşey doğrultuda ilerlenerek dağıtım yapılmış dolu bir hücreye gelinir. Bu hücreden 90°lik herhangi bir yöne dönüş yapılarak başka bir dağıtım yapılmış diğer bir hücreye gelinir. Sonuçta 90°lik dönüşlerle değerlendirilmesi yapılan ilk hücreye gelinir. Bu işlemin kapalı bir çevrim meydana getirmesi gerekir.

4. Seçilen ilk boş hücreye (+) işareti ve sırasıyla çevrimdeki diğer hücrelere (-) ve (+) işareti konur.

5. Çevrime giren hücrelerin maliyet değerleri toplanır çıkan bu değer (Dij) seçilen boş hücrenin değerlendirmesi olur.

6. Tablodaki bütün boş hücreler için ardışık işlemler tekrarlanır.

7. Boş hücrelerin (Dij) değerleri aşağıdaki kıyaslamalara göre değerlendirilir;

a- $(D_{ij}) > 0$; ilgili hücreye yapılacak bir birimlik dağıtım maliyeti orantılı olarak (D_{ij}) kadar arttıracaktır.

b- $(D_{ij}) < 0$; ilgili hücreye yapılacak bir birimlik dağıtım, maliyeti orantılı olarak (D_{ij}) kadar düşürecektir.

c- $(D_{ij}) = 0$; ilgili hücreye yapılacak bir birimlik dağıtım, maliyeti olumlu veya olumsuz yönde etkilemeyecektir. Yani maliyette herhangi bir değişikliğe yol açmayacaktır.

8. Bütün (D_{ij}) değerleri sıfır ve sıfırdan büyükse sonuç optimaldir.

9. Eğer sıfırdan küçük negatif değerli (D_{ij}) ler varsa, mutlak değerce en büyük değere sahip olan hücre değerlendirme için seçilir.

10. Bu hücrenin bulunduğu çevrimdeki negatif işaretli dolu hücreler arasında en küçük dağıtım değerine sahip olan miktar seçilir. Bu miktar değerlendirilmekte olan boş hücre de dahil olmak üzere çevrimdeki bütün hücrelerin $(+)$ veya $(-)$ işaretine göre dağıtım miktarına eklenir veya çıkarılır. Bu işlemin yapılmasındaki amaç tablo sunum ve istem miktarları dengesini bozmamak ve değerlendirilen boş hücreye dağıtım yapılarak temel değişken olmasını sağlamaktır.

11. Değişiklikleri içeren yeni bir tablo hazırlanarak bütün boş hücreler yeniden değerlendirilir. Sonuçta bütün D_{ij} değerleri sıfır veya sıfırdan büyük olduğu zaman elde edilen çözüm optimaldir.

Tablo 3.14.' de herhangi bir boş maliyetli X gözesi seçilerek, bu gözeden başlanarak komşu dağıtım yapılmış dolu gözeler 90 derecelik açılar takip edilerek seçilen ilk boş maliyetli X gözesine ulaşılır. Daha sonra seçilen boş x gözesine pozitif çevrimdeki dolu gözeler $(X_{12}, X_{14}$ ve $X_{34})$ sırasıyla $(-), (+), (-)$ işaretleri konur.

Çevrime giren gözelerle ait C_{ij} maliyetleri gözelerin maliyetleri dikkate alınarak toplanır. Bu toplam boş X gözesinin maliyeti olan (D_{ij}) değerini verecektir.

$$D_{32} \text{ boş gözesinin gizli maliyeti: } D_{32} = C_{32} - C_{12} + C_{14} - C_{24}$$

Tablo 3.14. Ulaştırma Tablosu

tm \ ün	1	2	3	4	Toplam üretim miktarı
1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	a_1
2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	a_2
3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	a_3
4	C_{41}	C_{42}	C_{43}	C_{44}	a_4
5	C_{51}	C_{52}	C_{53}	C_{54}	a_5
Toplam tüketim miktarı	b_1	b_2	b_3	b_4	a_t

Diagram: Ulaştırma tablosunda, $X_{12(-)}$ (1. satır, 2. sütun), $X_{14(+)}$ (1. satır, 4. sütun), X_{23} (2. satır, 3. sütun), X_{24} (2. satır, 4. sütun), $X_{34(-)}$ (3. satır, 4. sütun) ve X_{32} (3. satır, 2. sütun) gibi taşıma miktarları gösterilmiştir. Ayrıca, $X_{(+)}$ (3. satır, 2. sütun) ve $X_{34(-)}$ (3. satır, 4. sütun) gibi taşıma miktarları da gösterilmiştir.

3.7.2. Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi (Modified Distribution)

Atlama taşı yönteminde yolların saptanması ve izlenmesi yorucu olduğundan MODI adı altında işlem sayısı az olmamakla beraber çok basit olan bir yol daha geliştirilmiştir. Bu yolun esasları sıra ve sütunlara bazı katsayılar geliştirmekten ibarettir (Karayalçın, 1993:30).

Bu yöntemle atlama taşı yöntemi arasındaki en önemli fark, çevrimlerin çizildiği sırada ortaya çıkmaktadır. Atlama taşı yönteminde önce bütün boş hücreler için çevrimler oluşturulur sonra her bir boş hücre için net masraf değişimleri tespit edilir. MODİ yönteminde ise ilk olarak bütün boş hücrelerin net masraf değişimleri tespit edilir. Bunu mutlak değerce en büyük negatif masraf değişimine sahip hücrenin tespiti izler. Nihayet bu hücreye ait çevrim çizilir (Çakanel, 2008:43).

Primal modelde (m + n) tane kısıtlayıcı fonksiyon olduğundan, dual modelde (m + n) tane değişken olacaktır. Primal modeldeki arz kısıtlarına karşılık dual değişkenler U_i (i = 1, 2, …, m) talep kısıtlarına karşılık gelen değişkenler V_j (j = 1, 2, …, n) ile gösterilirse dual model amaç fonksiyonu aşağıda gösterildiği gibidir (Günaydın, 2006:48 – 49);

Dual Model:

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{mak} = \sum_{i=1}^m a_i U_i + \sum_{j=1}^n b_j V_j$$

1. Kısıtlayıcı fonksiyonlar; $U_i + V_j \leq C_{ij}$ i = 1, 2, …, m ; j = 1, 2, …, n
2. U_i ve V_j değişkenleri pozitif veya negatif değerler alabilir.

MODİ yönteminin uygulanabilmesi için U_i ve V_j değerlerinin bulunması gerekir. Bu değerlerin hesaplanmasında dolu gözeler kullanılır. $U_i + V_j =$ dolu gözede ki C olması gerekmektedir. Elde edilen denklem sayısı (m + n – 1) tane olması gerekmektedir. (m + n) tane bilinmeyen olduğundan U_i veya V_j ’lerden birine keyfi olarak bir değer verilerek (genellikle sıfır verilir) kalan U_i ve V_j değerleri hesaplanır. U_i ve V_j değerleri bulunduktan sonra bu gözelerle ait gizli maliyetler aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır.

$$d_{ij} = C - (U_i + V_j)$$

Bütün d_{ij} değerleri sıfır veya negatirse incelediğimiz çözümün en iyi olduğuna karar verilir. Boş gözelerden biri veya bir kaçının gizli maliyeti negatif ise çözüm en iyi değildir. Boş gözelerden mutlak değeri büyük olana (gizli maliyetinin mutlak değeri) dağıtım yapılması gerekir. Atlama taşı yöntemindeki gibi bir çevrim oluşturularak yeni dağıtım planı bulunur. Elde edilen bu yeni çözüm içinde $U_i + V_j$ değerleri hesaplanarak sırasıyla işlemler yapılır. Bu işlem, en iyi çözüm elde edilinceye kadar devam eder.

Birden fazla temel olmayan değişkenin test miktarı pozitif ise ayırım, en yüksek pozitif değerli temel değişkene yapılmaktadır. Eğer tüm temel olmayan değişkenlerin test miktarları değerleri sıfıra eşit veya sıfırdan küçük ise hesaplanan başlangıç temel çözüm, optimal çözüm olmaktadır (Öztürk, 2002: 136).

3.8. ULAŞTIRMA MODELİNİN ÖZEL DURUMLARI

Ulaştırma modelinin, dağıtım yapılması yasaklanmış yollar, dağıtım kabul miktarı sınırlandırılmış yollar, üst limit dağıtım kabul miktarı belirlenmiş yollar, alt limit dağıtım kabul miktarı belirlenmiş yollar, sınırlandırılmış sunum miktarı, sınırlandırılmış istem miktarı, dejenerasyon, hücre sayısının $(m+n-1)$ 'den büyük olduğu durumlar, hücre sayısının $(m+n-1)$ 'den küçük olduğu durumlar gibi bazı özel durumları vardır. Bunlar aşağıda açıklanmıştır;

3.8.1. Dağıtım Yapılması Yasaklanmış Yollar

Gerçekte bazen her sunum merkezinden her istem merkezine ürün dağıtımı yapılmaz. Çünkü bazı depolardan pazarlara ulaşım ya mümkün değildir ya da çok pahalıdır. Dolayısıyla bu depolar ile pazarlar arasında dağıtım yapma olanağı yoktur.

Bu tip durumlarda çok büyük pozitif sayı olan “ M “ sayısı birim taşıma maliyeti olarak sisteme sokulur (Günaydın, 2006:49).

Birim taşıma maliyeti “ M “ olan hücreye yapılacak bir birimlik dağıtım toplam ulaştırma maliyetlerinde artışa sebep olacağından bu maliyete sahip olan hücreye atama ya da dağıtım yapılamaz.

Tablo 3.15.'de C_{22} ve C_{34} birim maliyetlerinin bulunduğu hücrelerin birim maliyetleri “M” gibi büyük bir pozitif sayı olduğundan bu göze dağıtımda bulunulmaz. Yani gözenin bulunduğu yerden geçen sunum-istem yolu yasaklanmıştır (Çakanel, 2008:46).

Tablo 3.15. Ulaştırma Tablosu

İstem merkezi Sunum merkezi	1	2	3	4	Sunum miktarı
1	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}	a_1
2	c_{21}	M	c_{23}	c_{24}	a_2
3	c_{31}	c_{32}	c_{33}	M	a_3
4	c_{41}	c_{42}	c_{43}	c_{44}	a_4
İstem miktarı	b_1	b_2	b_3	b_4	$a_T = b_T$

3.8.2. Dağıtım Kabul Miktarı Sınırlandırılmış Yollar

Gerçekte bazı dağıtım yollarına kısıtlamalar getirilebilir. Bu kısıtlamalar dağıtım kapsamına alınan hücrenin kapasitesinin veya dağıtımının kabul miktarının alt veya üst sınırları ile ilgili olabilir. Bu gibi durumlarda problem hemen başlangıç çözüm tekniklerinden biriyle çözülmemektedir (Çakanel, 2008:49).

3.8.3. Üst Limit Dağıtım – Kabul Miktarı Belirlenmiş Yollar

Bazı kısıtlamalardan dolayı birkaç hücrenin veya yolun dağıtım-kabul miktarı sınırlandırılmış olabilir. Bu ilgili hücrenin kabul edebileceği üst limit dağıtım miktarı olarak belirlenir. Üst limiti belirlemiş yollarda çözüme geçmeden önce yapılacak işlemleri şöyle sıralayabiliriz.

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.

2. Üst limit dağıtım kabul miktarı belirtilmiş olan hücrenin bulunduğu sütunun aynısı paralel olarak yanına yaratılır. Yaratılan sütundaki hücrelerin birim taşıma maliyetleri esas sütundakilerin aynısı olur. Sadece yaratılan sütundaki üst limit dağıtım - kabul miktarı belirtilmiş olan hücrenin birim taşıma maliyeti olarak “ M “ atanır ve bu hücreye yapılacak dağıtım yasaklanmış olur. Yaratılan sütunun istem miktarı, esas sütunun istem miktarından belirtilen üst limit miktarı çıkartılarak belirlenir. Esas sütun istem miktarı da belirtilen üst limit miktarı olarak belirlenir (Kotaman, 1998:25).

3.8.4. Alt Limit Dağıtım – Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar

Hücre ve ya yolların dağıtım-kabul miktarları çeşitli kısıtlamalardan dolayı sınırlandırılmış olabilir. Çözüme geçmeden önceki adımlar şöyledir (Günaydın, 2006:50);

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.

2. Alt limit dağıtım kabul miktarı belirlenmiş gözenin bulunduğu satırın aynısı o satırın altına paralel olarak yazılır. Yaratılan satırın sunum miktarı yazılır. Daha önce bulunan miktardan alt limit dağıtım miktarı çıkarılarak asıl sütunun sunum miktarı belirlenmiş olur.

3.8.5. Sınırlandırılmış Sunum Miktarı

Sunumları artırarak ya da azaltarak maliyetteki değişimleri son bulduğumuz optimal çözümler üzerinden inceleyebiliriz (Çakanel, 2008:48);

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.

2. Sunum merkezindeki değişim, satır olarak ilgili sunum merkezinin altına yazılır. Bu yeni gözenin birim taşıma maliyetleri asıl sunum merkezinin birim taşıma maliyetleri ile aynı olur. Bu durumda problemin dengeli olduğu varsayımını gerçekleştirmek için tabloya yapay istem merkezi eklenir. Asıl sunum merkezi ile yapay istem merkezinin keşiştiği hücreye taşıma maliyeti olarak “ M “ konur .

3.8.6. Sınırlandırılmış İstem Miktarı

İstem miktarında yapılacak artırım sonucu maliyetteki değişikliğin ne olacağını gözlemlemek amacındadır. Adımları şöyledir (Günaydın, 2006:51);

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.

2. Değişim sütun olarak ilgili istem merkezinin yanına yaratılır. Yaratılan istem merkezinin hücrelerinin birim taşıma maliyetleri esas istem merkezinin hücrelerinin birim taşıma maliyetleri ile aynı olur. Bu durumda problemin dengeli olma varsayımını da gerçekleştirmek için tabloya yapay bir istem merkezi yaratılır ve istem miktarı olarak da belirtilen değişim miktarı atanır. Esas istem merkezinin yapay istem merkezi ile keşiştiği hücreye de birim taşıma maliyeti olan “ M “ atanır.

3.8.7. Dejenerasyon

Bir ulaştırma probleminde dağıtım planında ($M + N - 1$) adet dolu hücre bulunuyorsa, çözümler için bilinen işlemler tekrar edilir. Bu kuralın gerçekleşmediği problemlere dejenere problem adı verilir ve bu duruma iki şekilde rastlanabilir (Günaydın, 2006:51):

1. Çözümün herhangi bir kademesinde dolu hücre sayısının ($M + N - 1$) den büyük olduğu durumlar.

2. Çözümün herhangi bir kademesinde dolu hücre sayısının ($M + N - 1$) den küçük olduğu durumlar.

3.8.8. Hücre Sayısının ($M + N - 1$) den Büyük Olduğu Durumlar

Bu durma sadece başlangıç dağıtım planında rastlanır. Sebebi ya dağıtım planının yanlış yapılması ya da problemin hatalı modellenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu gibi durumlarda problemin yeniden modellenmesi sorunu halledecektir.

3.8.9. Hücre Sayısının ($M + N - 1$) den Küçük Olduğu Durumlar

Bu durumda da dolu hücre sayısı işlemler için yetersiz kalmaktadır. İki şekilde rastlanabilir.

1. Başlangıç dağıtım planındaki dejenerasyon

2. Çözümün diğer kademelerindeki dejenerasyon

3.9. ULAŞTIRMA MODELLERİNDE DUYARLILIK ANALİZLERİ

Arz ve talep miktarı ile taşıma maliyetleri zaman içinde koşullar gereği değişebilir. Bu verilerin değişmesi optimum çözümleri değiştirip sonucu optimallikten uzaklaştırabilir.

Ulaştırma modelindeki sonuçların daha iyi yorumlanması ve verilerdeki değişikliklere göre optimal sonucun nasıl değişeceğinin incelenmesinde duyarlılık analizi vardır. Bunlar (Öztürk, 2002:248);

1. Maliyetlerdeki duyarlılık
2. Sunum miktarındaki duyarlılık
3. İstem miktarındaki duyarlılık

3.9.1. Maliyetlerdeki Duyarlılık

Temel olmayan değişkenler ve temel olan değişkenlerin birim taşıma maliyetleri veya probleme etki eden diğer maliyetler değiştiğinde bulunan optimum çözümün toplam maliyetinin ne miktarda değişiklik göstereceği ve bulunan optimal dağıtımın ne yönde değişeceğini duyarlılık analizleri ile bulabiliriz.

Önce temel değişken olmayan gözenin birim taşıma maliyetinin duyarlılığı ele alırsa, bu durumda dual değişkenlerin yani (U_i ve V_j) değeri aynı kalır. Eğer birim taşıma maliyeti (C_{ij}) değişirse, bundan etkilenecek miktar X temel olmayan değişkenin test miktarı olacaktır. $U_i + V_j - C_{ij} \leq 0$ olduğunda optimum çözüme ulaşıyor yani her C_{ij} değeri $u_i + v_j$ değerine eşit olduğu ya da ondan büyük olduğu sürece bulunan çözüm optimaldir. Kar tipi problemlerinin duyarlılığını ele alırken maliyet tipi problemlerin tam karşıtı düşünülür. Cari çözümün optimal olması $U_i + V_j - C_{ij} \geq 0$ koşuluna bağlıdır. Eğer bu koşul sağlanıyorsa çözüm optimaldir. Temel olmayan değişkenlerin maliyetlerindeki duyarlılık analizi ise aşağıdaki şekilde bulunur (Günaydın, 2006:53);

1. Temel değişken maliyeti “ Y “ olarak belirlenir.
2. Y değişkenine bağlı olarak dual değişkenler tekrar hesaplanır.
3. Temel olmayan değişkenlerin Y terimine sahip olanlarının sonuçları sıfıra eşit veya sıfırdan küçük olmalarına göre gözden geçirilir ve Y terimi ile çözülür.

3.9.2. Sunum Miktarındaki Duyarlılık Analizleri

Dual değişkenlerin U_i ve V_j değerleri, daha önce ifade edilen, doğrusal programlamadaki gölge fiyat kavramına karşılık olmaktadır. Üretim miktarı artışı ΔS_i ile gösterilirse bu artış ile toplam maliyetin ne değişiklik olacağı aşağıdaki formül ile belirlenir;

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} + \Delta S_i (U_i)$$

Ayrıca toplam taşıma maliyeti de aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} + \Delta S_i (u_i) + \Delta d D_j (v_j)$$

3.9.3. İstem Miktarında Duyarlılık Analizleri

Tüketim merkezlerinin tüketim miktarındaki artış ve azalışların toplam maliyete olan etkisini V_j değerleri belirler.

Şu şekilde formüle edilir (Günaydın, 2006:54):

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} + \Delta D_j (v_j)$$

Veya

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} - \Delta D_j (v_j)$$

3.10. ULAŖTIRMA MODELİNİN UZANTILARI

Standart ulaŖtırma modelinin geliŖtirilmesinden bu yana bazı araŖtırmacılar tarafından standart probleme benzer ama küçük farkları olan yeni problemlere uygun modeller ve çözüm algoritmaları geliŖtirildi. Standart modelin uzantıları olan, birkaç noktada farklılık taşıyan modeller aŖağıda sıralanmıştır (Çakanel, 2008:56);

- ❖ GenelleŖtirilmiş ulaŖtırma problemi
- ❖ Kapasitelendirilmiş ulaŖtırma problemi
- ❖ Karışık kısıtlı ulaŖtırma problemi
- ❖ Sabit yüklü ulaŖtırma problemi
- ❖ Tek kaynaklı ulaŖtırma problemi
- ❖ Temel köşegen ulaŖtırma problemi
- ❖ Tesis yerleşim ulaŖtırma problemi
- ❖ Zamanı azaltan ulaŖtırma problemi
- ❖ Maliyet/zaman eğimli ulaŖtırma problemi
- ❖ İki kriterli ulaŖtırma problemi
- ❖ Çok amaçlı ulaŖtırma problemi
- ❖ Çok boyutlu ulaŖtırma problemi
- ❖ Doğrusal olmayan ulaŖtırma problemi
- ❖ Geniş ölçekli ulaŖtırma problemi
- ❖ Atama problemi (Macar yöntemi)
- ❖ Üretim programlaması
- ❖ Aktarma problemi
- ❖ Seyyar satıcı problemi

3.10.1. Genelleştirilmiş Ulaştırma Problemleri

1963 yılında Hadby ve Dantzing tarafından ortaya konulan problemin optimum çözümü, Louire ve Eisman tarafından 1964 yılında geliştirilmiştir.

Modelin standart modelden farkı, karar değişken katsayılarının değişken olmasıdır. Modelde diğer tahditlere ek olarak dağıtılacak ürünlere belirli amaçlar doğrultusunda sınırlamalar getirilir (Çakanel, 2008:57).

3.10.2. Kapasiteleştirilmiş Ulaştırma Problemleri

Bir veya birden fazla karar değişkeni için üst sınır konulmuş ulaştırma problemlerine kapasitelendirilmiş ulaştırma problemi denir.

1963 yılında Dantzing ve Hadley tarafından ortaya konulmuştur. 1966' da Simarod, 1970' de Sping ve Thrall ve 1974' de Wagner tarafından geliştirilmiştir.

Problemin çözümünde gözeler içerisine üst sınırlarda yazılır ve çözüm esnasında dikkate alınır. Diğer işlemler aynıdır (Dantzing, 1997:240).

3.10.3. Karışık Kısıtlı Ulaştırma Problemleri

1977 yılında Klingman ve Russel tarafından geliştirilmiştir. Modelin standart modelden farkı, istem ve sunum miktarlarının eşitsizliğine dayanmasından kaynaklanır (Çakanel, 2008:58).

3.10.4. Sabit Yüklü Ulaştırma Problemi

Model 1961 yılında Balinski, 1986 yılında Marty tarafından geliştirilmiştir. Çözüm algoritması Grey tarafından ortaya konulmuştur. 1981 yılında Glever, Barr ve Klingman model için dal sınır tekniği geliştirilmiştir (Kotaman, 1998:40).

3.10.5. Tek Kaynaklı Ulaştırma Problemi

Model 1976 yılında Balachandiran, 1971' de Christofides ve Eilon, 1977 de Ross ve Soland, 1980' de Magelhout ve Thompson tarafından geliştirilmiştir. Modelde bütün istem miktarları tek bir sunum merkezinden karşılanmaktadır.

Tesis yerleşimi ve tekel ürünlerinin dağıtım alanında kullanılmaktadır (Günaydın, 2006:62).

3.10.6. Temel Köşegen Ulaştırma Problemi

Bazen uygulamalarda dağıtım ulaştırma tablosunun kuzeybatı köşesinden güneydoğu köşesine çizilen bir çizginin üzerindeki kutucuklarda toplanır çizginin yukarısında ve aşağısında kalan kutucukların birim maliyetleri çok büyük miktarlarda olduğu için dağıtım sadece belirtilen köşegen üzerinde olur ve diğer gözeler yasaklanmış yol kapsamına girer. Gerçekte problemler, yollardan, boru hatlarından, iletişim ve teknolojiyen kaynaklanan maliyetler yüzünden bu hale gelir (Çakanel, 2008:62).

3.10.7. Tesis Yerleşim Problemi

Model; Cooper tarafından 1963 yılında formül edilmiş, 1972 yılında çözümü yine aynı kişi tarafından geliştirilmiştir.

Problemde sunum merkezlerinin yerleşim yerleri kapasite dağıtım bölgeleri yer alır. Maliyet olarak zaman veya uzaklıklar alınır. Çözümde optimum maliyeti gerektiren yerleşim planı seçilir (Çakanel, 2006:62).

3.10.8. Zamanı Azaltan Ulaştırma Problemi

Model 1971 yılında Garnfinkel ve Rao tarafından geliştirilmiştir. Model, özellikle askeri birliklerin hareket bölgelerine sevk süresini azaltmak amacıyla kullanılır. Modelde maliyetin yerini zaman karar değişkenlerinin katsayıları almıştır (Günaydın, 2006:64).

3.10.9. Maliyet – Zaman Eğilimli Ulaştırma Problemi

Model 1997 yılında Gliskom ve Berger tarafından geliştirilmiştir.

Modelin amacı; dağıtım zamanını maliyetler doğrultusunda minimize ederek en az günde tamamlamaktır Model aslında zamanı minimize eden ulaştırma problemine benzemektedir Fakat bu modelde ele alınan sadece zaman değil, maliyet-zaman arasındaki ilişkidir (Günaydın, 2006:64).

3.10.10. İki Kriterli Ulaştırma Problemi

Model 1979 yılında Angio ve Nair tarafından geliştirilmiştir. Probleme esas amaç fonksiyondan başka ikinci bir amaç fonksiyonu daha sokulmaktadır aralarında doğrusal ilişki bulunan amaç fonksiyonları birlikte en iyileşmeye çalışır.

3.10.11. Çok Amaçlı Ulaştırma Problemi

Model 1973 yılında Lee ve Moore tarafından geliştirilmiştir iki kriterli ulaştırma probleminin aynısı olup problemde ikiden fazla amaç fonksiyonu probleme sokulmaktadır.

3.10.12. Çok Boyutlu Ulaştırma Problemi

Model 1962 yılında Haley tarafından dual değişken metoduna dayanılarak geliştirilmiştir.

Standart ulaştırma problemi iki boyutlu olup maliyet ve dağıtım miktarları ile ilgilenir. Bu modelde üçüncü bir boyut olan farklı bir özellik eklenir. Bu özellik aynı malın farklı markaları, farklı ulaştırma sistemleri olabilir (Çakanel, 2008:63 – 64).

3.10.13. Doğrusal Olmayan Ulaştırma Problemi

Model 1956 yılında Vidaler tarafından grafiksel olarak geliştirilmiştir. Amaç fonksiyonun doğrusal ve birinci dereceden olmayışı ile standart ulaştırma problemlerinden ayrılır. Amaç fonksiyonu sürekli ve artan bir özelliğe sahiptir.

3.10.14. Geniş Ölçekli Ulaştırma Problemi

1962 yılında Williams tarafından geliştirilmiştir. Modelin amacı büyük taşıma problemlerine yönelik olup bu tip problemleri parçalayarak veya birbirlerine bağlı alt modeller oluşturarak çözmeyi esas almaktadır.

3.10.15. Atama Problemi (Macar Yöntemi)

Model Macar Koenig ve Egervery tarafından geliştirilmiştir 1956 yılında Khur ve Flood tarafından çözüm yöntemi ortaya konulmuştur.

3.10.16. Üretim Programlaması

Ulaştırma yöntemleri, taşıma ile doğrudan ilgisi bulunmayan bazı işletme problemlerine de uygulanabilmektedir. Bazı işletmeler iki türlü maliyet unsuru ile karşı karşıyadır. Bunlardan birisi üretim diğeri ise stoklama maliyetidir. Buna göre işletme, üretimini toplam maliyeti minimum kılacak şekilde her dönem için programlamak ister. Problem taşıma problemi tablosu kullanılarak çözülür.

3.10.17. Aktarma Problemleri

Ulaştırma problemi sadece sunum noktasından istem noktasına ürünlerin doğrudan taşınmasına olanak sağlar. Bazen sunum noktasından istem noktasına ürün gönderirken arada aktarma noktaları kullanılabilir Sunum noktasından gönderilen ürünün istem noktasına ulaşımında aktarma noktaları kullanılırsa, bu tür problemlere aktarma problemi denir.

Sunum noktası sadece ürün sunar, istem noktası da sadece ürün talep edebilir. Aktarma noktası diğerk noktalardan hem ürün alabilen hem de ürün gönderebilen noktadır.

Aktarma probleminin optimum çözümüne taşıma probleminde kullanılan çözüm teknikleri ile ulaşılır.

3.10.18. Seyyar Satıcı Problemleri

Seyyar satıcı problemi, başladığı noktaya tekrar dönmek şartı ile n sayıda şehir ziyaret eden bir satıcının toplam mesafeyi minimize edecek yolun seçimidir (Halaç, 1995:585).

Seyyar satıcı probleminde her bir şehir yalnızca bir kez ziyaret edilir ve en kısa yoldan rota tamamlanarak başlangıç noktasına tekrar dönülür.

İlk defa Euler tarafından 1759 yılında ortaya konulmuştur 1831 yılında Voight adında bir seyyar satıcı tecrübelerini anlatan bir kitap yayımlamıştır. Seyyar satıcı terimi ilk defa 1931 – 1932 yıllarında kullanılmış, daha sonraki yıllarda da popülaritesini arttırmıştır.

Seyyar satıcı problemleri çok sayıdaki alanlara uygulama yeteneğine sahip problemlerdir. Değişik alanlardaki bazı uygulamalarına şu örnekler gösterilebilir (Bakır ve Altunkaynak, 2003:208).

1. Lenstra ve Rinnoy Kan (1975) yaptıkları bir çalışmada bilgisayar ana kartındaki pinlerin kablolarla birleştirilmesi problemi üzerinde çalışmış ve toplam kullanılacak kablo uzunluğunu en küçükleyecek bir gezgin satıcı modeli formüle etmişlerdir.

2. Garfinkel (1977), rulo halindeki duvar kâğıtlarını atıkları en küçükleyecek şekilde n parçaya ayırma problemini seyyar satıcı problemi olarak çalışmışlardır. Burada amaç toplam atıkları en küçükleyecek biçimde n kağıdın sırasını belirlemek olarak ele alınmıştır.

3. Reinelt (1992) metal levhaların üzerinde delik açma problemini seyyar satıcı problemi olarak ele almıştır. Bu problemde delgi aletinin tüm delikleri açabilmesi için kat edeceği toplam mesafeyi en küçüklemek amaç olarak belirlenmiştir.

4. İmalat sistemlerinde iş ardışıklığı problemi seyyar satıcı problemi olarak çözülebilir. N tane işin tek bir makinede işlem göreceğini varsayalım. Böyle bir problemde iş i den sonra iş j nin başlatılması için arada sistemde değişiklik yapabilmek için harcanacak zaman söz konusudur. Böyle bir problemde amaç bu harcanan toplam zamanı en küçükleyecek n iş için işlem ardışıklığını bulmaktır.

5. Dart board dizaynından bir kristalin ölçülerini alınması esnasında ölçü alınacak yerlerin sırasının belirlenmesine kadar pek çok farklı uygulama alanları mevcuttur.

Seyyar satıcı problemlerinde her müşteri kesinlikle bir kez ziyaret edildikten sonra depoya geri dönülmesi gerekmektedir. Bir müşterinin ya da şehrin ikinci kez ziyaret edilmesi maliyeti arttıracak ve rotanın optimum sonucu vermesini engelleyecektir.

Seyyar satıcı problemi, başlangıç şehriden çıkıp sırasıyla tüm ziyaret edilmesi gereken tüm şehirleri ziyaret etme sırasında izlenecek en kısa yolu belirlemeye çalışan problemdir (Günaydın, 2006:68).

4. BÖLÜM

MNG KARGO A.Ş. VE TOKAT İLİ EN KÜÇÜK YAYILMA MODELİ (MİNİMUM KAPSAYAN AĞAÇ) UYGULAMASI

4.1. MNG HOLDİNG A.Ş. HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Türkiye'ye 30 yılı aşkın süredir, gerçekleştirdiği büyük projelerle hizmet eden MNG Holding bünyesindeki şirketler, inşaat, otel yatırımları ve yönetimi, enerji üretimi ve pazarlaması, yurt içi ve yurt dışı hava kargo taşımacılığı, yurt içi kargo taşımacılığı, uçak bakım ve onarım hizmetleri, finans, savunma, bilişim ve medya da dahil olmak üzere geniş bir yelpazede faaliyet göstermektedir (www.mngkargo.com.tr/01.06.2011).

MNG Kargo alanında 17 Şubat 2003 tarihinden bu yana hizmet vermektedir. MNG Kargo kurum kültürünü özümsemiş 6000'i aşkın çalışanıyla ülke ekonomisine katkıda bulunmanın bilinciyle sosyal yaşamada tamamen aktif duyarlı bir kuruluştur. MNG Kargo, kısa bir sürede 385 kişilik personel sayısını 6000'in üzerine, 61 Şube sayısını 650'nin üzerine ve 6 Bölge Müdürlüğünü ise 14'e çıkarmıştır. MNG Kargo bireylerinin üstün çabası sayesinde ortalama yüzde 1200 büyüme oranı ile hedefini gerçekleştirmiştir.

MNG Şirketler Topluluğu'nun toplam işletme sermayesi 665 milyon ABD Doları'na ulaşmıştır. Yüklenici firmaları tarafından tamamlanan işlerin toplam değeri 5.55 milyar ABD Doları'nı aşmış ve 2011 yılı itibarı ile devam etmekte olan işlerin değeri ise 4.56 milyar ABD Doları'na yaklaşmıştır.

MNG Şirketler Topluluğu'na bağlı yüklenici firmalar her türlü bina ve gökdelenler, alışveriş ve ticaret merkezleri, oteller, tatil köyleri, sanayi tesisleri, baraj, hidroelektrik santralleri ve sulama tesisleri, tüneller, otoyollar ve karayolları, betonarme silolar, atık su ve içme suyu arıtma tesisleri, hafriyat işleri, zemin stabilizasyonu ve temel kazık işleri de dahil olmak üzere üstyapı ve altyapı projelerini başarı ile

tamamlamışlardır. MNG Şirketler Topluluğu aynı zamanda jeoteknik ve temel kazık işleri, mekanik - elektrik - sıhhi tesisat kurulumları ve mimari tasarım hizmetleri alanlarında da uzman yüklenici firmaları da topluluk bünyesinde barındırmaktadır.

MNG Şirketler Topluluğu, turizm ve enerji sektörlerinde yeni projeler ile yatırımlarına devam etmektedir. "World of Wonders" markası altında, mülkiyetleri topluluğa ait olan Türkiye çapındaki turizm ve iş amaçlı otelleri ile turizm sektöründe de öncü faaliyetlerini sürdürmektedir. WOW Kremlin Palace, WOW Topkapı Palace, WOW Bodrum Resort, WOW İstanbul ve WOW Airport Hotel'in toplam yatak kapasitesi 6.000'den fazla olup topluluğun üst düzeyde tecrübe sahibi ve kalifiye personeli tarafından işletilmektedir.

Enerji sektöründe, toplam kurulu gücü 95 MW ve yıllık üretimi 650.000.000 kw/s olan Hamzalı, Reşadiye 1-2-3 ve Aralık hidroelektrik santralleri MNG Şirketler Topluluğu bünyesinde yer alan enerji firmaları tarafından gerçekleştirilmiş ve bu santraller yakın bir zamanda yabancı bir enerji firması tarafından satın alınmıştır. MNG Şirketler Topluluğu hidroelektrik santrallerine yönelik yatırım ve yapım faaliyetlerini, Türkiye'nin değişik bölgelerinde yer alan 5 adet hidroelektrik santral projeleri ile sürdürmektedir.

Mülkiyeti yine MNG Şirketler Topluluğu'na ait olan MNG Havayolları A.Ş. Türkiye'nin en büyük hava kargo kapasitesine (yaklaşık 350 ton) sahiptir. Firmanın bünyesinde 9 kargo uçağı bulunmaktadır. Uçak bakımı ve onarımı sektöründe uzman olan MNG Teknik A.Ş. İstanbul Atatürk Hava Limanı'ndaki 60.000 m² kapalı alanı olan, aynı anda 16 adet dar gövdeli uçak veya 4 geniş ve 8 dar gövdeli uçak bakımı yapabilen kendi tesislerinde yerli ve yabancı havayolu şirketleri için teknik bakım ve onarım hizmetleri sağlamaktadır.

MNG Kargo A.Ş. 600'den fazla şubesi, 6000'den fazla personeli ve 2000 aracı ile Türkiye çapında kargo taşımacılığı hizmeti vermektedir (www.tv8.com.tr./01.06.2011).

MNG Kargo Çalışan Profili:

- ❖ Toplam Çalışan Sayısı : 6000
- ❖ Üniversite Mezunu : 1000
- ❖ Yüksekokul Mezunu : 1000
- ❖ Lise ve Diğer : 4000

MNG Kargo Çalışanlarının Cinsiyet Dağılımı:

- ❖ Kadın : %32, Erkek : %68

4.2. MNG KARGO'NUN VİZYONU

MNG Şirketler Topluluğu ulusal ve uluslararası piyasalarda güçlü bir yere sahip, dünya çapında bir şirketler topluluğudur ve uzun süreli dikkate değer bir büyüme göstermektedir.

MNG Şirketler Topluluğu, yüksek kaliteye, iş güvenliğine ve teknik uzmanlığa önem veren sofistike müşterilerle çalışmakta, müşterilerinin kendilerine has ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile tecrübe ve becerilerini uygun kombinasyonlar halinde uygulamaktadır.

MNG Şirketler Topluluğunun stratejisi, Türkiye'de ve yurt dışında uzun vadede güvenilir ve sorumluluk sahibi bir büyümeyi sürdürmek üzerine yapılandırılmıştır.

MNG Şirketler Topluluğunun vizyonu, iştiğal ettiği her projede mükemmelliği elde etmek için çalışmak ve Türkiye'de ve yurt dışında faaliyet gösterdiği tüm sektörlerde topluluğun becerilerini, deneyimlerini ve azmini ortaya koymaktır (www.tv8.com.tr./01.06.2011).

4.3. MNG KARGO’NUN MİSYONU

MNG Kargo, kentlerimizin, tarihi, turistik, ticari değerleri ile doğal güzelliklerini tanıtmanın ekonomiyi büyüteceğini, büyüyen ekonominin ise kargo sektöründeki işlem hacmini arttıracacağı öngörüsüyle bir dizi yerel çalışma başlattı. Şirket, inovasyon yatırımları, tüketicilerine sunduğu yeni ürünler ve güçlü dağıtım ağının sağlayacağı sinerji ile sektörünün en büyük oyuncularından birisi olma başarısını güçlendiriyor. MNG Kargo'nun orta vadede “dünya markaları ligine taşınması hedeflenmektedir (www.mngkargo.com.tr./01.06.2011).

4.4. EN KÜÇÜK YAYILMA MODELİ (MINIMUM SPANNING TREE) TOKAT İLİ MNG KARGO UYGULAMASI

Bir lojistik firmasının önemli kararlarından birisi iyi bir şekilde konuşlanmak ve mevcut faktörlere ve hedefe en uygun şekilde varmaktır. Böyle bir firmanın hem mevcut yollardan en kısa ve ürüne zarar vermeyecek yolları seçmek hem de müşterilerin ürünlerine ve kendi demirbaşlarına en az zarar verecek güzergâhı belirleme zorunluluğu vardır. Bununla birlikte ulaştırılacak ürünün en az maliyetle, en az deformasyonla, en az zamanda teslim edilmesi de bu hizmet sektörünün ana kurallarından birisidir.

Mevcut şartlar dâhilinde MNG Kargo’nun yurt içinde ve yurt dışında kargoculuk adı altında yapmış olduğu ulaştırma faaliyetlerinin yöneylem içerisinde şebeke analizine bağlı minimum kapsayan ağaç modeline uygunluğu test edilmeye çalışılacaktır. Şu ana kadar yapmış olduğumuz çalışmanın güncel yaşamda birçok işletmelerde kullanıldığı dikkate alınmakla beraber; bizde çalışmamızın gerçek iş hayatında uygulanabilirliğini göstermek amacıyla MNG Holding’in kargoculuk sektöründeki dalı olan MNG Kargo’nun, Tokat ilindeki en az maliyetli ve en hızlı yayılma haritasının oluşturulması sağlanacaktır. Bu sebeple kargonun maliyet kalemleri ve mevcut yayılma haritası

dikkate alınacak verilerle, güncel karayolları ışığında hedeflenen amaca ulaşılmaya çalışılacaktır.

4.4.1. Uygulama İli Tokat Hakkında Genel Bilgiler

Tokat ili, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yer alan illerinden biridir. Kuzeyde Samsun, kuzeydoğuda Ordu, doğu ve güneyde Sivas, güneybatıda Yozgat ve batıda Amasya illeriyle komşudur. İlçelerinden Yeşilyurt ve Sulusaray İç Anadolu Bölgesi'nde kalır (tr.wikipedia.org./01.06.2011).

Tokat'ın yüz ölçümü 9958 km²'dir (www.webhatti.com./01.05.2011). Son nüfus sayımına göre nüfusu 617158'dir (www.haber24.com./01.06.2011).

Tokat ilinin ilçeleri şunlardır (www.tokat.gov.tr./15.06.2011);

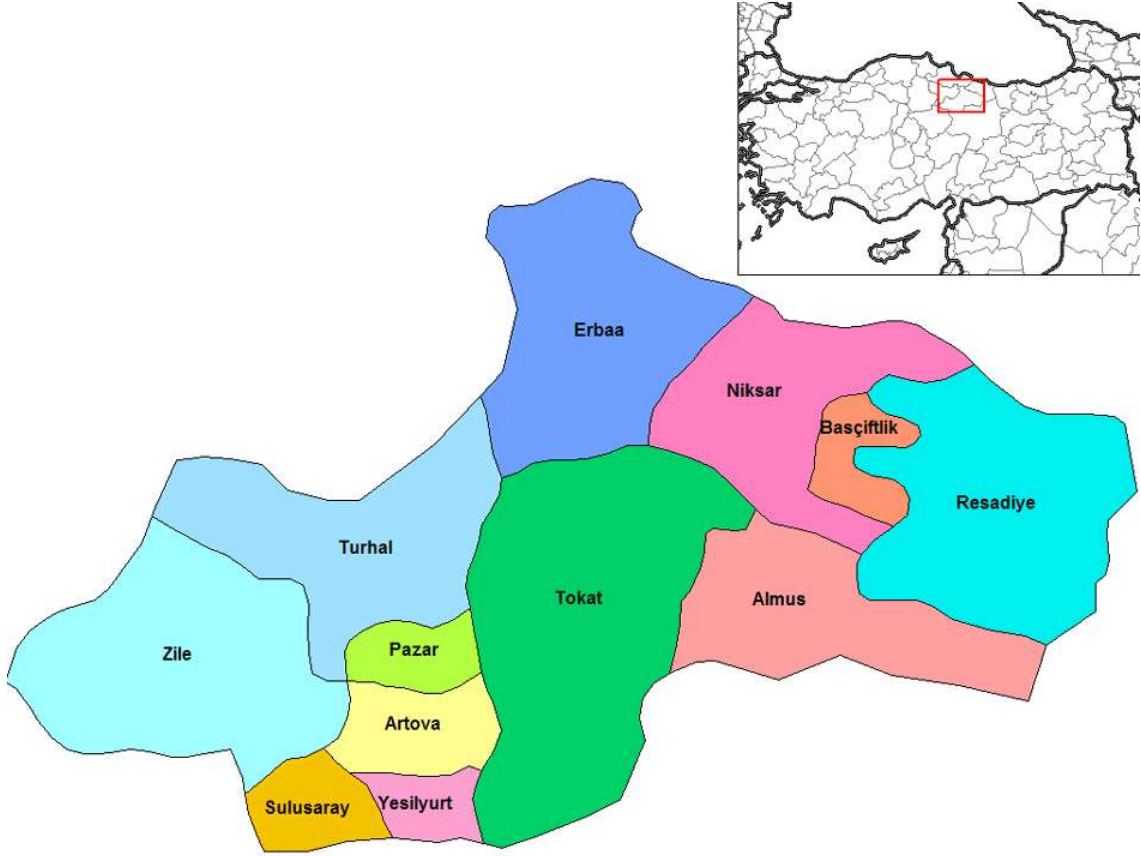
- ❖ Almus
- ❖ Artova
- ❖ Başçiftlik
- ❖ Erbaa
- ❖ Niksar
- ❖ Pazar
- ❖ Reşadiye
- ❖ Sulusaray
- ❖ Turhal
- ❖ Yeşilyurt
- ❖ Zile



Şekil 4.1. Türkiye Haritasında Tokat İli



Şekil 4.2. Karadeniz Bölgesi Haritasında Tokat İli

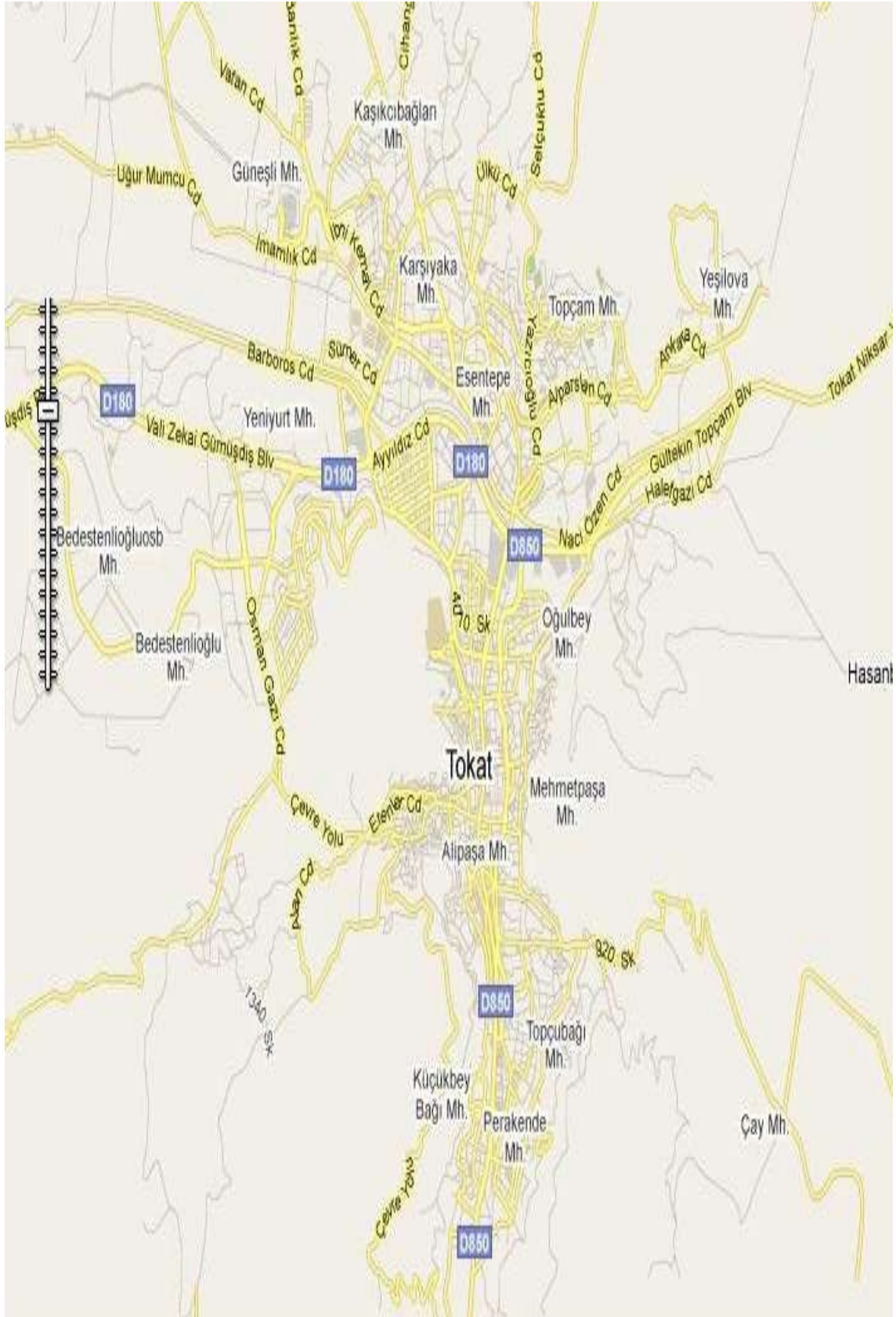


Şekil 4.3. Tokat İli Haritası

Tokat'ın 11 tane ilçesi bulunmaktadır. Bu ilçeler arası ulaşım oldukça gelişmiştir ve kolaydır. Yüz ölçümü bakımından çok büyük olmayan Tokat'ın, ilçelerinin merkeze olan uzaklıkları şu şekildedir ([www.kgm.gov.tr./01.06.2011](http://www.kgm.gov.tr/));

Tablo 4.1. Tokat İlçelerinin Merkeze Olan Uzaklığı

İL ADI	İLÇE		BUCAK		
	ADI	İLİNE UZAKLIĞI (KM)	ADI	İLÇESİNE UZAKLIĞI (KM)	İLİNE UZAKLIĞI (KM)
60 TOKAT RAKIM : 623	MERKEZ		ÇAMLIBEL	31	31
			GÖKDERE	26	26
	ALMUS	34			
	ARTOVA	38			
	BAŞÇİFTLİK	82			
	ERBAA	81	DOĞANYURT	17	98
			KARAYAKA	7	88
			KOZLU	19	100
	NİKSAR	52	ÇAMIÇI (Ardıçlı)	19	71
			GÖKÇELİ (Gökçeyazı)	31	69
	PAZAR	28			
	REŞADİYE	89	BEREKETLİ	21	110
	SULUSARAY	67			
	TURHAL	46	DÖKMETEPE	23	23
	YEŞİLYURT	55			
ZİLE	62	İĞDİR	30	92	
		BOZTEPE (Yıldıztepe)	16	78	
		(...)*KGM Yol Ağı Dışında	(...)** Otoyol		



Şekil 4.4. Tokat İli Yol Ağı

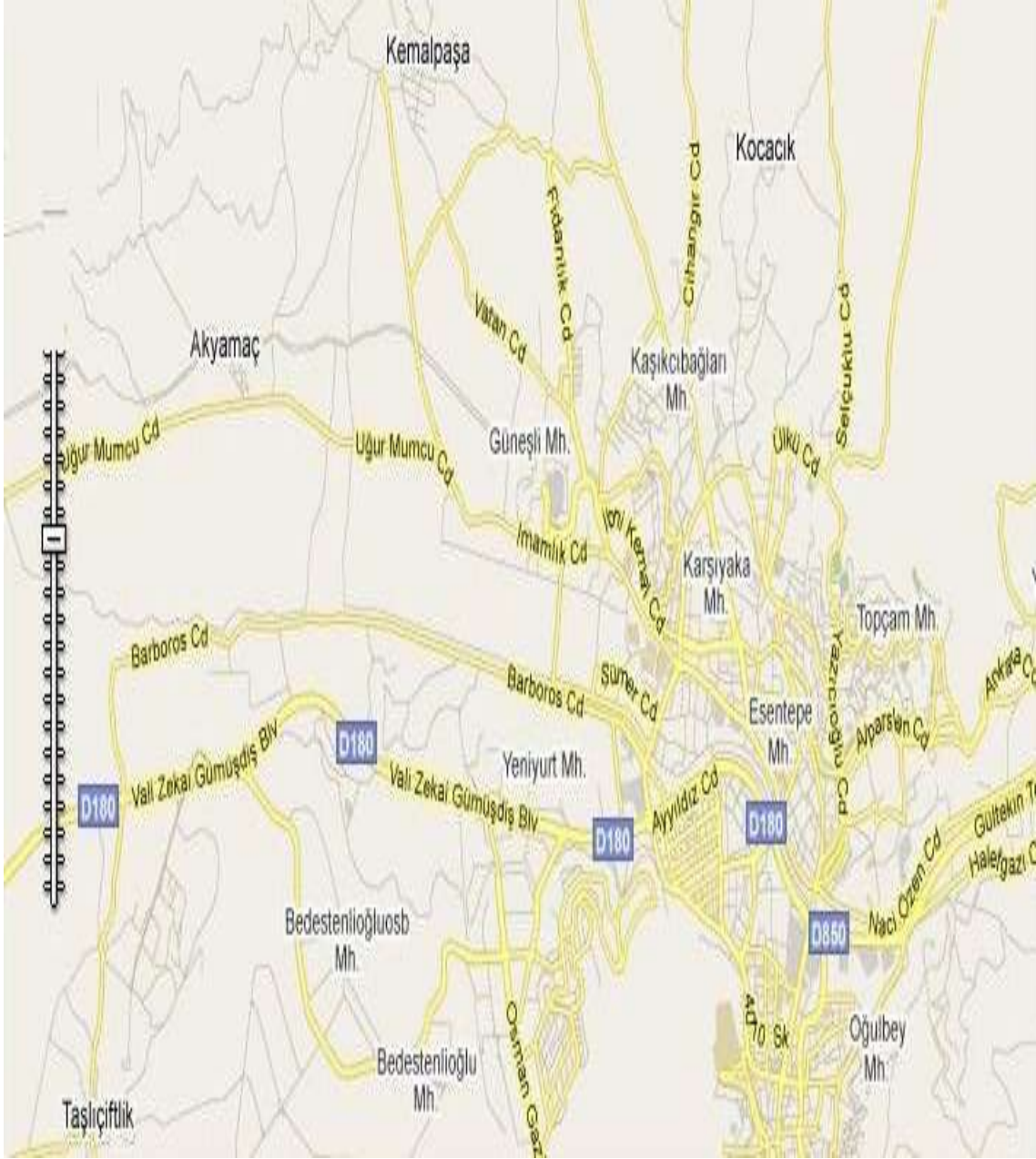
4.4.2. Uygulama

Çalışmada sadece Tokat İli dikkate alınacaktır. MNG Kargo'nun Tokat ili dağıtımını incelenecek ve minimum kapsayan ağaç algoritması aracılığıyla transportasyonda minimum zaman ve maliyetler hesaplanacaktır. Uygulamada DS (Software for Decision Sciences) paket programı kullanılacaktır. Kargoculuk faaliyetlerinde uzaklıklar ne olursa olsun dağıtım şehir merkezinde tek bir noktadan (Tek dağıtım şubesi mevcuttur.) yapıldığı için çalışmamızda uygunluk açısından bu kıstas dikkate alınmıştır.

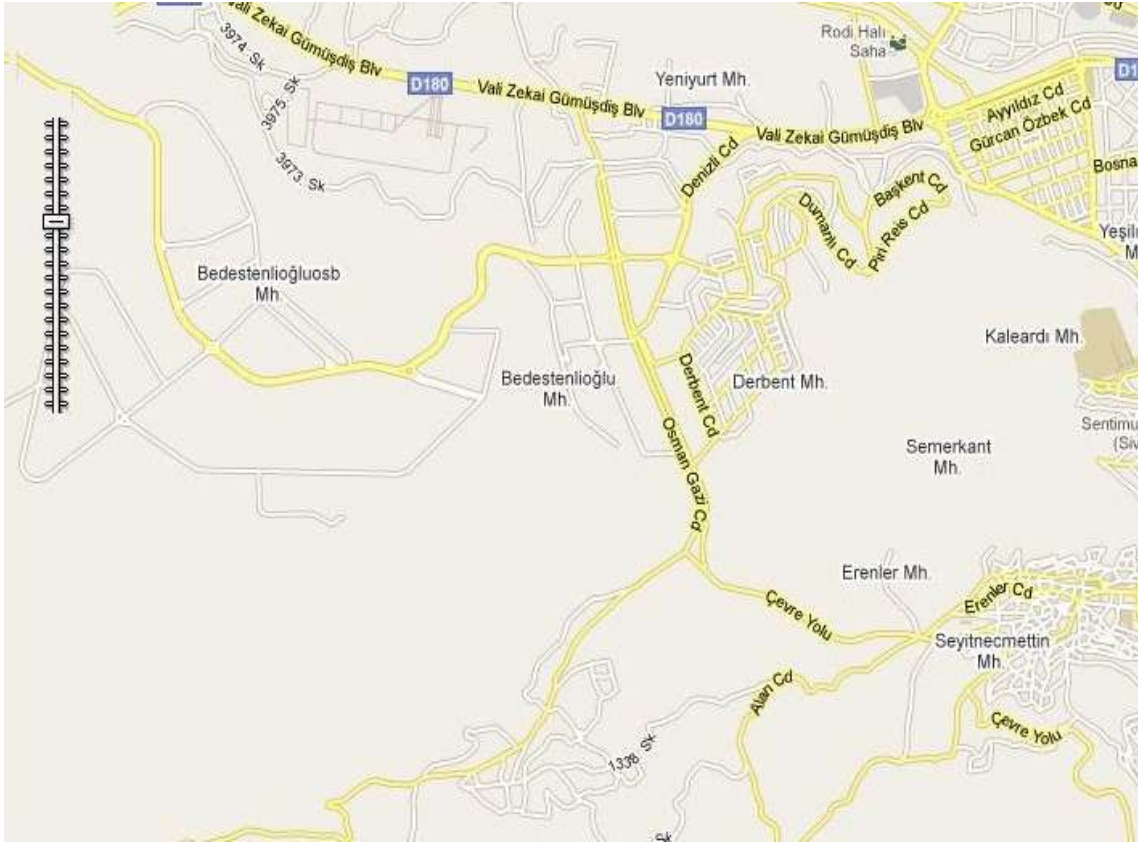
MNG Kargo, Tokat merkezinde tek şubeyle, dolayısıyla tek dağıtım noktasıyla hizmet vermektedir. Kargo firması, dağıtım yaparken Tokat ilini 4 ana bölgeye ayırmıştır;



Şekil 4.5. Kargo Firması 1. Dağıtım Bölgesi



Şekil 4.6. Kargo Firması 2. Dağıtım Bölgesi



Şekil 4.7. Kargo Firması 3. Dağıtım Bölgesi



Şekil 4.8. Kargo Firması 4. Dağıtım Bölgesi



Şekil 4.9. Kargo Firması 5. Dağıtım Bölgesi

4.4.2.1. Tokat İli 1. Dağıtım Bölgesi Uygulaması

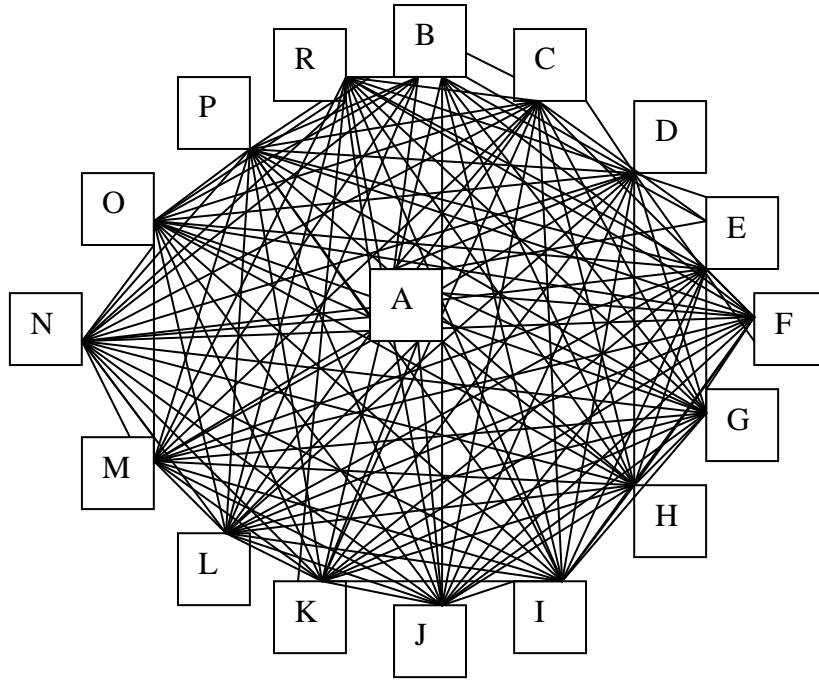
Uygulamamızda öncelikle dağıtım bölgesinde bulunan dağıtım noktaları (mahalleler) arasındaki uzaklıklar verilmiştir. Dağıtım bölgesine ait olan yayılma ağı, minimum yayılan ağaç algoritmasına göre modellenerek şekil yardımıyla gösterilmiştir. Minimum yayılan ağaç algoritmasına göre minimum yayılma mesafesi bulunmuştur. Dağıtım bölgesi için DS programına veriler girilmiş ve sonuç ayrıca bu program ile de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Tokat İli Mahalleler Arası Uzaklıklar (m) 1. Dağıtım Bölgesi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R
B	850																
C	1250	400															
D	1673	823	423														
E	1730	2580	2580	3403													
F	756	1606	1606	2429	2480												
G	1086	1936	2336	2759	2810	330											
H	1542	2392	2792	3215	3226	786	456										
I	2030	2880	3280	3703	300	2780	3110	3526									
J	1426	2276	2676	3099	3150	770	340	796	3450								
K	1626	2476	2876	3299	3350	970	540	996	3650	200							
L	2153	1303	903	480	3883	2909	3239	3695	4183	3579	4779						
M	2880	3730	4130	4553	1150	3630	3960	4376	850	3450	4500	5033					
N	2953	2103	1703	1280	4683	3709	4039	4495	4983	4379	5579	800	5833				
O	3380	4230	4630	5053	1650	4130	4460	4876	1350	3950	5000	5533	500	6333			
P	3680	4530	4930	5353	1950	4430	4760	5176	1650	4250	5300	5833	800	6633	300		
R	3453	2603	2203	1780	5183	4209	4539	4995	5483	4879	6079	1300	6333	500	6833	7133	
	Yeşilirmak Mah.	Oğulbey Mah.	Örtmelionü Mah.	Mehmetpaşa Mah.	Yarahmet Mah.	Canıkebir Mah.	Cemalatin Mah.	SeyitNecmen Mah.	Alipaşa Mah.	Hoca Ahmet Mah.	Akdeğirmen Mah.	Soğukpınar Mah.	Mahmutpaşa Mah.	Topçubağı Mah.	K.beybağı Mah.	B.beybağı Mah.	Perakende Mah.

Şekil 4.10.'da Tokat ili 1. dağıtım bölgesine ait mevcut şebeke görülmektedir.

Bu şebeke merkez mahalle veya mahallelerden herhangi birinden diğer bir mahalleye gidilmek istendiğinde şematik olarak ne türlü alternatiflerin olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.10. Tokat 1. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi

Şekil 4.10'da dağıtım bölgemize ait ulaşım şebekesi verilmiştir. Şebekede tüm dağıtım alternatifleri gösterilmiştir. Buna göre merkez dağıtım noktası olan A'dan dağıtıma başlandığı varsayımıyla, alternatif fakat minimum yayılma esası göz önünde bulundurulmamış bir yol izlenmek istendiğinde sırasıyla;

$$A - F - G - H - J - K - P - O - M - I - E - R - N - L - D - C - B$$

güzergahında dağıtımını yapan bir aracın ulaştırma için kat etmesi gereken minimum mesafe;

$$=AF+FG+GH+HJ+JK+KP+PO+OM+MI+IE+ER+RN+NL+LD+DC+CB$$

$$=756+330+456+796+200+5300+300+500+850+300+5183+500+800+480+423+400$$

$$=17574 \text{ metredir.}$$

Merkez(A) noktasını başlangıç olarak kabul edersek tablodaki veriler dikkate alındığında Merkez(A)'e en kısa mesafenin Camikebir (F) olduğu anlaşılmaktadır. Daha

sonra Merkez(A) ile Camikebir (F)'e eklenecek bir sonraki noktanın belirlenmesi için tabloya tekrar bakılır ve bu mahalleler içerisinde en kısa uzaklığın Cemalettin Mahallesi (G)'ne ait olduğu görülmektedir. Şebekede yer alan diğer mahalleler de bu şekilde merkeze eklenir ya da merkezi temsil eden en yakın olduğu mahalleye eklenir.

Mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi:

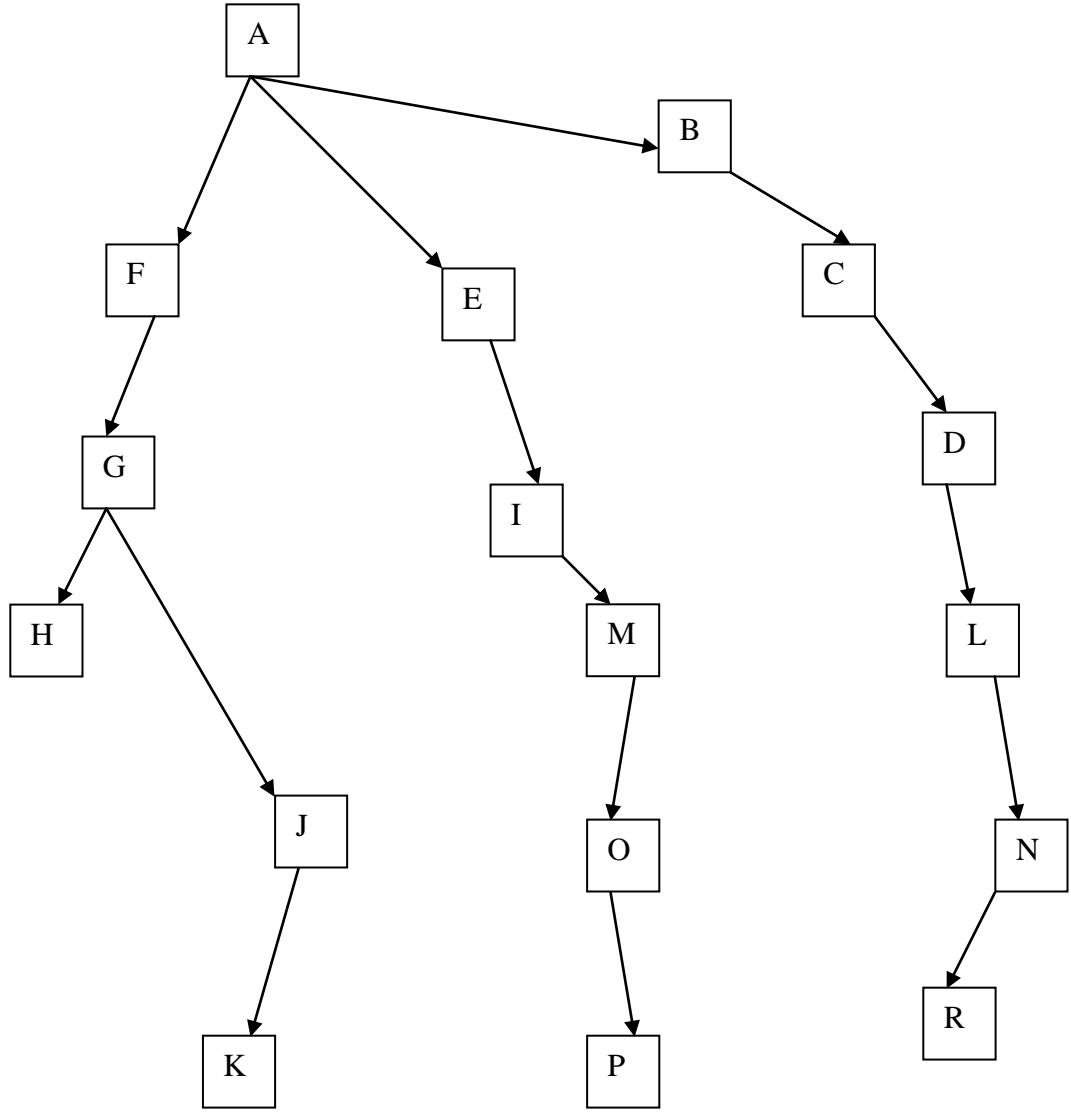
$$\begin{aligned}
 &= AF+FG+GH+GJ+JK+AE+EI+IM+MO+OP+AB+BC+CD+DL+LN+NR \\
 &= 756+330+456+340+200+1730+300+850+500+300+850+400+423+480+800+500 \\
 &= 9215 \text{ Metredir.}
 \end{aligned}$$

Bu 16 adet mahalle ve 1 dağıtım merkezinin dağılımı ve bu dağılım içerisinde yapmak istediğimiz dağıtım faaliyetinin uzunlukları incelenmiştir. Minimum yayılan ağaç algoritması metoduyla belirlediğimiz ve hesapladığımız dağıtım şebekesi ile alternatif yayılma yollarından bir tanesi karşılaştırılmıştır. Alternatif güzergahımızda yayılma mesafesi 17574 metre iken, minimum yayılan ağaç algoritmasına göre bulduğumuz şebekede bu mesafe 9215 metredir.

Dolayısıyla;

$$17574 - 9215 = 8359 \text{ metre}$$

Ulaşımında 1. dağıtım bölgesinde 8359 metrelik kazanımımız gerçekleşmiştir. Bundan sonraki dağıtım bölgeleri olan 2.,3., 4. ve 5. dağıtım bölgelerinde de aynı inceleme yapılmış ve minimum yayılma modelleri oluşturulmuştur. Alternatif yayılma mesafeleri çok fazla olabileceğinden dolayı, minimum yayılan algoritmamızla kıyas yapabilmek için rassal olarak bir alternatif yol seçilmiştir ve uygulamamızdaki kazancımız gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.11. Tokat İli 1. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

Tokat ili 1. Dağıtım bölgesi için en küçük yayılan ağaç algoritması modeli uygulanmıştır. Model DS paket programıyla da uygulanmıştır;

Networks / Minimum Spanning Tree

File Edit View Module Tables Tools Window Help

Module Print Screen Edit Data

Instruction: There are more results available in additional windows. These may be opened by double clicking or using the WINDOW option in the Main Menu.

Starting node for iterations: 1

Networks Results

Branch name	Start node	End node	Cost	Include	Cost
A	1,	2,	850,	Y	850,
B	1,	6,	756,	Y	756,
C	1,	5,	1.730,	Y	1.730,
D	6,	7,	330,	Y	330,
E	7,	8,	456,	Y	456,
F	7,	10,	340,	Y	340,
G	10,	11,	200,	Y	200,
H	5,	9,	300,	Y	300,
I	9,	13,	850,	Y	850,
J	13,	15,	500,	Y	500,
K	15,	16,	300,	Y	300,
L	2,	3,	400,	Y	400,
M	3,	4,	423,	Y	423,
N	4,	12,	480,	Y	480,
O	12,	14,	800,	Y	800,
P	14,	17,	500,	Y	500,
Total					9.215,

Şekil 4.12. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu

Networks / Minimum Spanning Tree

File Edit View Module Tables Tools Window Help

Module Print Screen Edit Data

Instruction: There are more results available in additional windows. These may be opened by double clicking or using the WINDOW option in the Main Menu.

Starting node for iterations: 1

Solution steps

Branch	Starting node	Ending node	Cost	Cumulative cost
B	1,	6,	756,	756,
D	6,	7,	330,	1.086,
F	7,	10,	340,	1.426,
G	10,	11,	200,	1.626,
E	7,	8,	456,	2.082,
A	1,	2,	850,	2.932,
L	2,	3,	400,	3.332,
M	3,	4,	423,	3.755,
N	4,	12,	480,	4.235,
O	12,	14,	800,	5.035,
P	14,	17,	500,	5.535,
C	1,	5,	1.730,	7.265,
H	5,	9,	300,	7.565,
I	9,	13,	850,	8.415,
J	13,	15,	500,	8.915,
K	15,	16,	300,	9.215,

Şekil 4.13. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Kümülatif Çözüm Basamakları

DS gösteriminde, şebekemizde bulunan merkez dağıtım noktasından yayılım gerçekleştirebileceğimiz noktalar belirlenmiş ve bu noktalar arasındaki ulaşımın minimum mesafeyle yapılması koşulu gözetilmiştir. Belirlemiştir olduğumuz ;

$$AF+FG+GH+GJ+JK+AE+EI+IM+MO+OP+AB+BC+CD+DL+LN+NR$$

güzergahı,

Yani DS gösterimindeki şekli ile;

$1 > 6 + 6 > 7 + 7 > 10 + 10 > 11 + 7 > 8 + 1 > 2 + 2 > 3 + 3 > 4 + 4 > 12 + 12 > 14 + 14 > 17 + 1 > 5 + 5 > 9 + 9 > 13 + 13 > 15 + 15 > 16$ güzergahı verileri girilerek paket programda minimum yayılma mesafesi bulunmuştur.

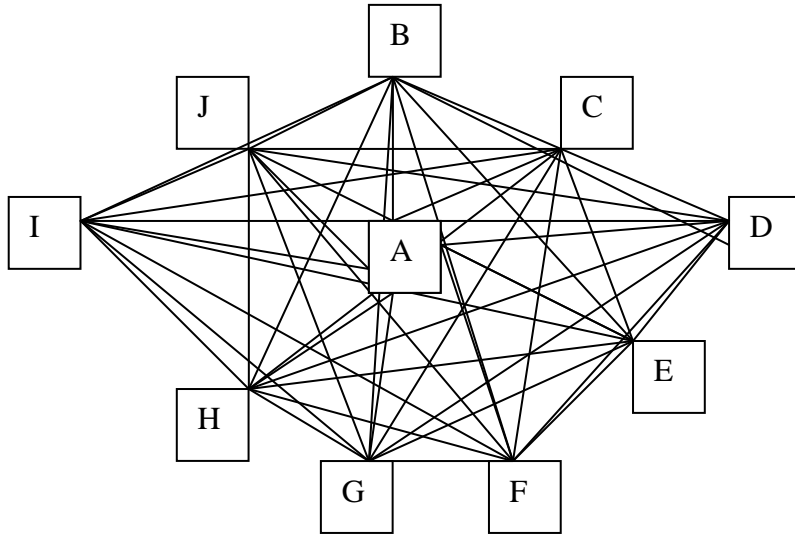
4.4.2.2. Tokat İli 2. Dağıtım Bölgesi Uygulaması

Dağıtım bölgesine ait olan yayılma ağı, minimum yayılan ağaç algoritmasına göre modellenerek şekil yardımıyla gösterilmiştir. Minimum yayılan ağaç algoritmasına göre minimum yayılma mesafesi bulunmuştur. Dağıtım bölgesi için DS programına veriler girilmiş ve sonuç ayrıca bu program ile de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Tokat İli Mahalleler Arası Uzaklıklar (m) 2. Dağıtım Bölgesi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
B	950									
C	2550	1600								
D	1350	400	2000							
E	1600	650	2250	1050						
F	2460	1510	3310	1910	860					
G	2350	3300	4900	3700	3950	4810				
H	2700	3650	5250	4050	4300	5160	350			
I	3400	4350	5950	4750	5000	5860	1050	700		
J	3050	4000	5600	4400	4650	5510	700	1050	1750	
	Yeşilirmak Mah.	Kümbet Mah.	Yeşilova Mah.	Gezirik Mah.	Esentepe Mah.	Topçam Mah.	600 Evler Mah.	Karşıyaka Mah.	Kasıklıbağlı arı Mah.	Güneşli Mah.

Tokat ili 2. dağıtım bölgesi için Tablo 4.3.'de metre cinsinden merkez dağıtım noktası ve bölgede yer alan diğer mahalleler arası uzaklıklar görülmektedir. Bu dağıtım bölgesi içerisinde oluşturulabilecek yollar Şekil 4.14.'de gösterilmiştir.



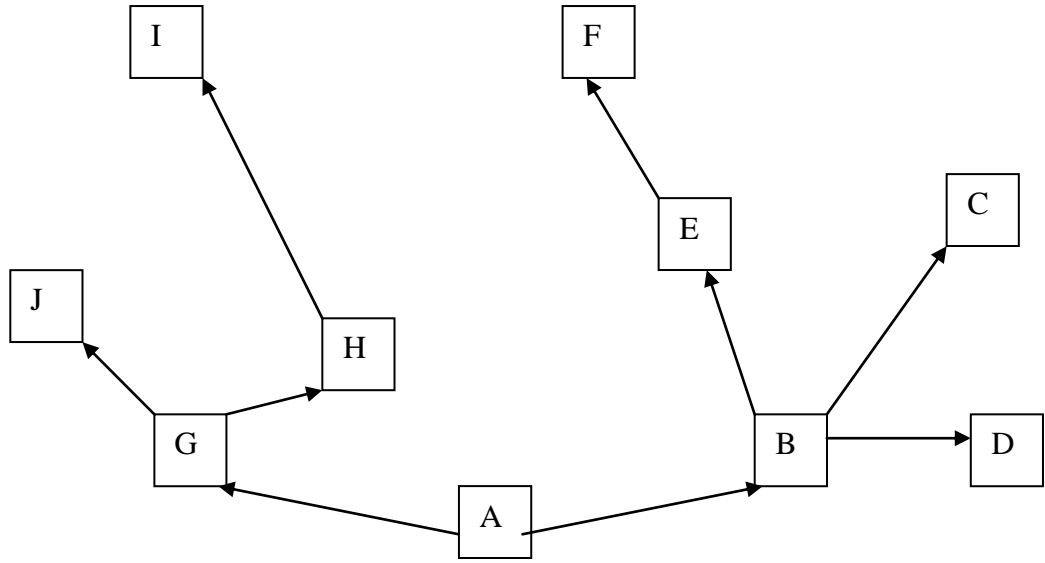
Şekil 4.14. Tokat 2. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi

Mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi:

$$= AB+AG+BD+BC+BE+EF+GJ+GH+HI$$

$$= 950+2350+400+1600+650+860+350+700+700$$

$$= 8560 \text{ Metredir.}$$



Şekil 4.15. Tokat İli 2. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

Tokat İli 2. dağıtım bölgesi için en küçük yayılan ağaç algoritması modeli uygulanmıştır. Ayrıca bu modelin DS gösterimi şu şekildedir;

Networks / Minimum Spanning Tree

File Edit View Module Tables Tools Window Help

Module Print Screen Edit Data

Instruction: There are more results available in additional windows. These may be opened by double clicking or using the WINDOW option in the Main Menu.

Starting node for destinations: 1

Networks Results

Branch name	Start node	End node	Cost	Include	Cost
A	1.	2.	950.	Y	950.
B	2.	4.	400.	Y	400.
C	2.	3.	1.600.	Y	1.600.
D	2.	5.	650.	Y	650.
E	5.	6.	860.	Y	860.
F	1.	7.	2.350.	Y	2.350.
G	7.	10.	700.	Y	700.
H	7.	8.	350.	Y	350.
I	7.	9.	700.	Y	700.
Total					8.560.

Solution steps

Branch	Starting node	Ending node	Cost	Cumulative cost
A	1.	2.	950.	950.
B	2.	4.	400.	1.350.
D	2.	5.	650.	2.000.
E	5.	6.	860.	2.860.
C	2.	3.	1.600.	4.460.
F	1.	7.	2.350.	6.810.
H	7.	8.	350.	7.160.
G	7.	10.	700.	7.860.
I	7.	9.	700.	8.560.

Şekil 4.16. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu

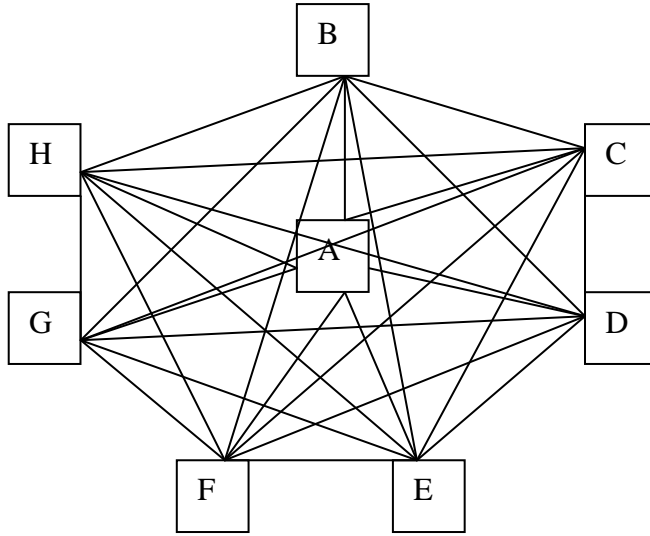
4.4.2.3. Tokat İli 3. Dağıtım Bölgesi Uygulaması

Dağıtım bölgesine ait olan yayılma ağı, minimum yayılan ağaç algoritmasına göre modellenerek şekil yardımıyla gösterilmiştir. Minimum yayılan ağaç algoritmasına göre minimum yayılma mesafesi bulunmuştur. Dağıtım bölgesi için DS programına veriler girilmiş ve sonuç ayrıca bu program ile de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Tokat İli Mahalleler Arası Uzaklıklar (m) 3. Dağıtım Bölgesi

	A	B	C	D	E	F	G	H
B	700							
C	1450	750						
D	2500	3200	3950					
E	4000	4700	5450	1500				
F	4900	5600	6350	2400	900			
G	5200	5900	6650	2700	4200	5100		
H	1700	2400	3150	4200	5700	6600	6900	
	Yeşilirmak Mah.	Kaleardı Mah.	Semerkant Mah.	Yeniyurt Mah.	Bedestenlioğlu Mah.	Organize Sanayi	Taşlıçiftlik	Derbent Mah.

Tokat ili 3. dağıtım bölgesi için Tablo 4.4.'de metre cinsinden merkez dağıtım noktası ve bölgede yer alan diğer mahalleler arası uzaklıklar görülmektedir. Bu dağıtım bölgesi içerisinde oluşturulabilecek yollar Şekil 4.17.'de gösterilmiştir.



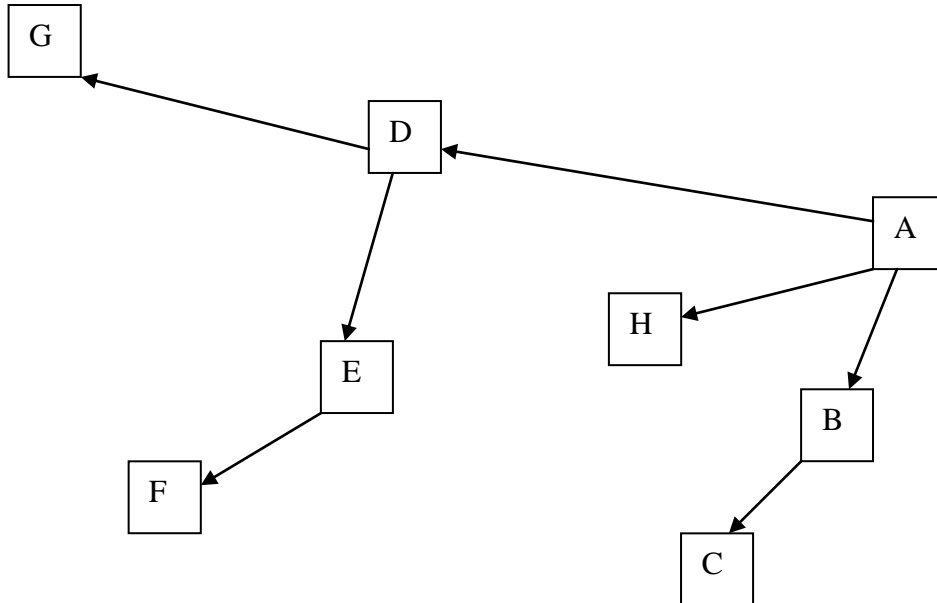
Şekil 4.17. Tokat 3. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi

Mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi:

$$= AB+BC+AH+AD+DE+EF+DG$$

$$= 700+750+1700+2500+1500+900+2700$$

$$= 10750 \text{ Metredir.}$$



Şekil 4.18. Tokat İli 3. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

Tokat İli 3. dağıtım bölgesi için en küçük yayılan ağaç algoritması modeli uygulanmıştır. Ayrıca bu modelin DS gösterimi şu şekildedir;

The screenshot shows the 'Networks / Minimum Spanning Tree' software interface. The main window displays a table of solutions and a table of solution steps. The solution table includes columns for Branch name, Start node, End node, Cost, Include, and Total Cost. The solution steps table includes columns for Branch, Starting node, Ending node, Cost, and Cumulative cost.

Branch name	Start node	End node	Cost	Include	Cost
A	1	2	700	Y	700
B	2	3	750	Y	750
C	1	8	1.700	Y	1.700
D	1	4	2.500	Y	2.500
E	4	5	1.500	Y	1.500
F	5	6	900	Y	900
G	4	7	2.700	Y	2.700
Total					10.750

Branch	Starting node	Ending node	Cost	Cumulative cost
A	1	2	700	700
B	2	3	750	1.450
C	1	8	1.700	3.150
D	1	4	2.500	5.650
E	4	5	1.500	7.150
F	5	6	900	8.050
G	4	7	2.700	10.750

Şekil 4.19. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu

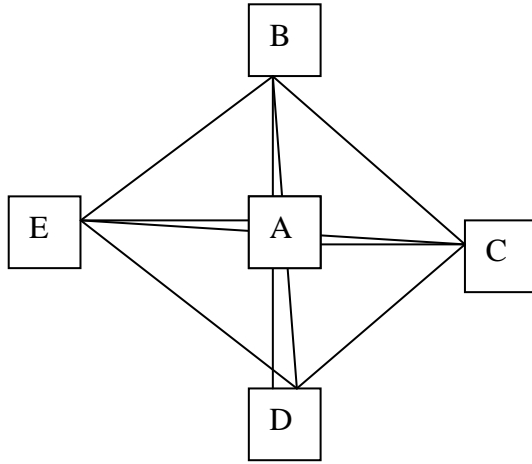
4.4.2.4. Tokat İli 4. Dağıtım Bölgesi Uygulaması

Dağıtım bölgesine ait olan yayılma ağı, minimum yayılan ağaç algoritmasına göre modellenerek şekil yardımıyla gösterilmiştir. Minimum yayılan ağaç algoritmasına göre minimum yayılma mesafesi bulunmuştur. Dağıtım bölgesi için DS programına veriler girilmiş ve sonuç ayrıca bu program ile de gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Tokat İli Mahalleler Arası Uzaklıklar (m) 4. Dağıtım Bölgesi

	A	B	C	D	E
B	1700				
C	1200	1200			
D	5100	3400	2200		
E	1000	2700	3900	6100	
	Yeşilirmak Mah.	Yeni Mah.	Doğançabağları Mah.	Toki	Gülbaharhatun Mah.

Tokat ili 4. dağıtım bölgesi için Tablo 4.5.'de metre cinsinden merkez dağıtım noktası ve bölgede yer alan diğer mahalleler arası uzaklıklar görülmektedir. Bu dağıtım bölgesi içerisinde oluşturulabilecek yollar Şekil 4.20.'de gösterilmiştir.

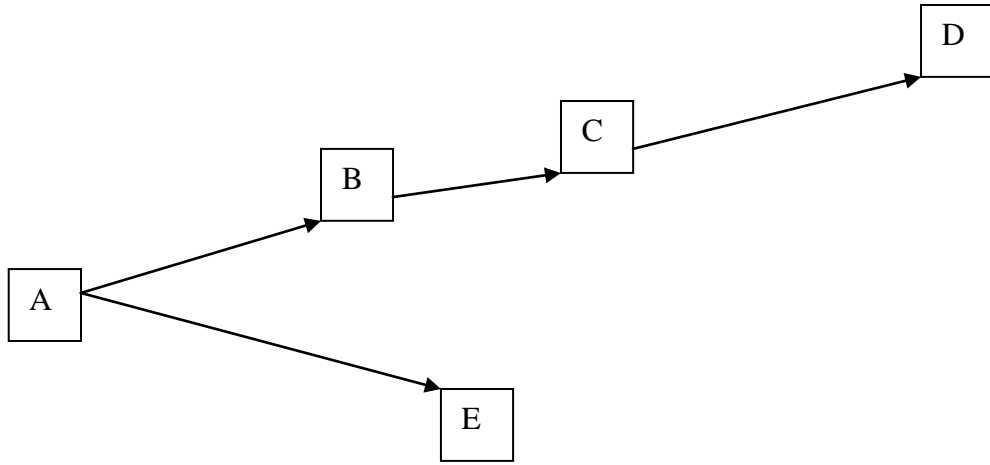
**Şekil 4.20.** Tokat 4. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi

Mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi:

$$= AE+AB+BC+CD$$

$$= 1000+1700+1200+2200$$

$$= 6100 \text{ Metredir.}$$



Şekil 4.21. Tokat İli 4. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

Tokat İli 4. dağıtım bölgesi için en küçük yayılan ağaç algoritması modeli uygulanmıştır. Ayrıca bu modelin DS gösterimi şu şekildedir;

Networks / Minimum Spanning Tree

File Edit View Module Tables Tools Window Help

Module Print Screen Edit Data

Instruction: There are more results available in additional windows. These may be opened by double clicking or using the WINDOW option in the Main Menu.

Starting node for iterations: 1

Networks Results:

<untitled> Solution						
Branch name	Start node	End node	Cost	Include	Cost	
A	1.	2.	1.700.	Y	1.700.	
B	1.	5.	1.000.	Y	1.000.	
C	2.	3.	1.200.	Y	1.200.	
D	3.	4.	2.200.	Y	2.200.	
Total					6.100.	

Solution steps

<untitled> Solution				
Branch	Starting node	Ending node	Cost	Cumulative cost
B	1.	5.	1.000.	1.000.
A	1.	2.	1.700.	2.700.
C	2.	3.	1.200.	3.900.
D	3.	4.	2.200.	6.100.

Şekil 4.22. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu

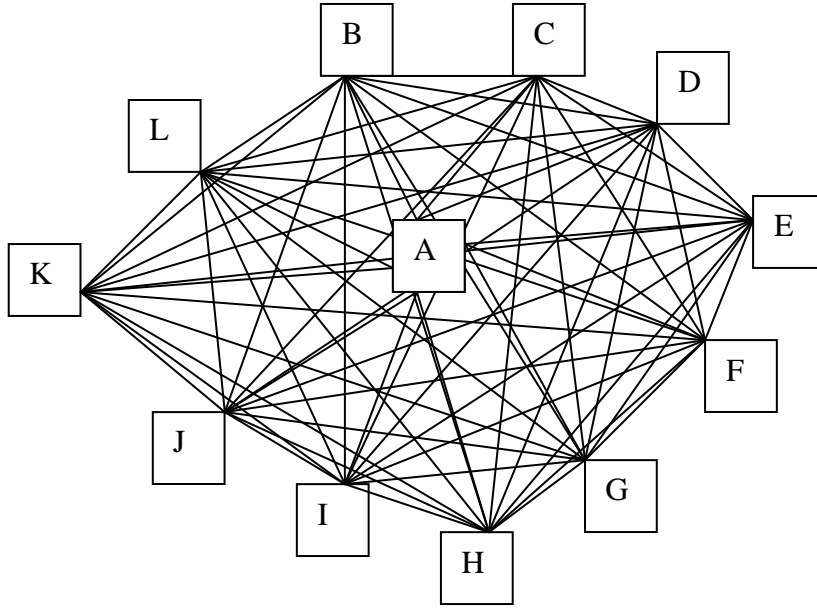
4.4.2.5. Tokat İli 5. Dağıtım Bölgesi Uygulaması

Uygulamamızın bu kısmında dağıtım bölgesinde bulunan dağıtım noktaları (ilçeler) arasındaki uzaklıklar verilmiştir. Dağıtım bölgesine ait olan yayılma ağı, minimum yayılan ağaç algoritmasına göre modellenerek şekil yardımıyla gösterilmiştir. Minimum yayılan ağaç algoritmasına göre minimum yayılma mesafesi bulunmuştur. Dağıtım bölgesi için DS programına veriler girilmiş ve sonuç ayrıca bu program ile de gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Tokat İli İlçeler Arası Uzaklıklar (km) 5. Dağıtım Bölgesi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
B	52											
C	81	29										
D	46	98	127									
E	62	114	143	16								
F	34	86	118	80	96							
G	82	30	59	128	144	116						
H	89	37	66	135	151	123	67					
I	28	80	109	18	34	62	110	117				
J	38	90	119	84	100	72	120	127	66			
K	55	107	136	101	117	89	137	144	83	17		
L	67	119	148	113	129	101	149	156	95	29	12	
	Merkez	Niksar	Erbaa	Turhal	Zile	Almus	Başçiftlik	Resadiye	Pazar	Artova	Yeşilyurt	Sulusaray

Tokat ili 5. dağıtım bölgesi için Tablo 4.6.'da kilometre cinsinden merkez dağıtım noktası ve diğer ilçeler arası uzaklıklar görülmektedir. Bu dağıtım bölgesi içerisinde oluşturulabilecek yollar Şekil 4.23.'de gösterilmiştir.



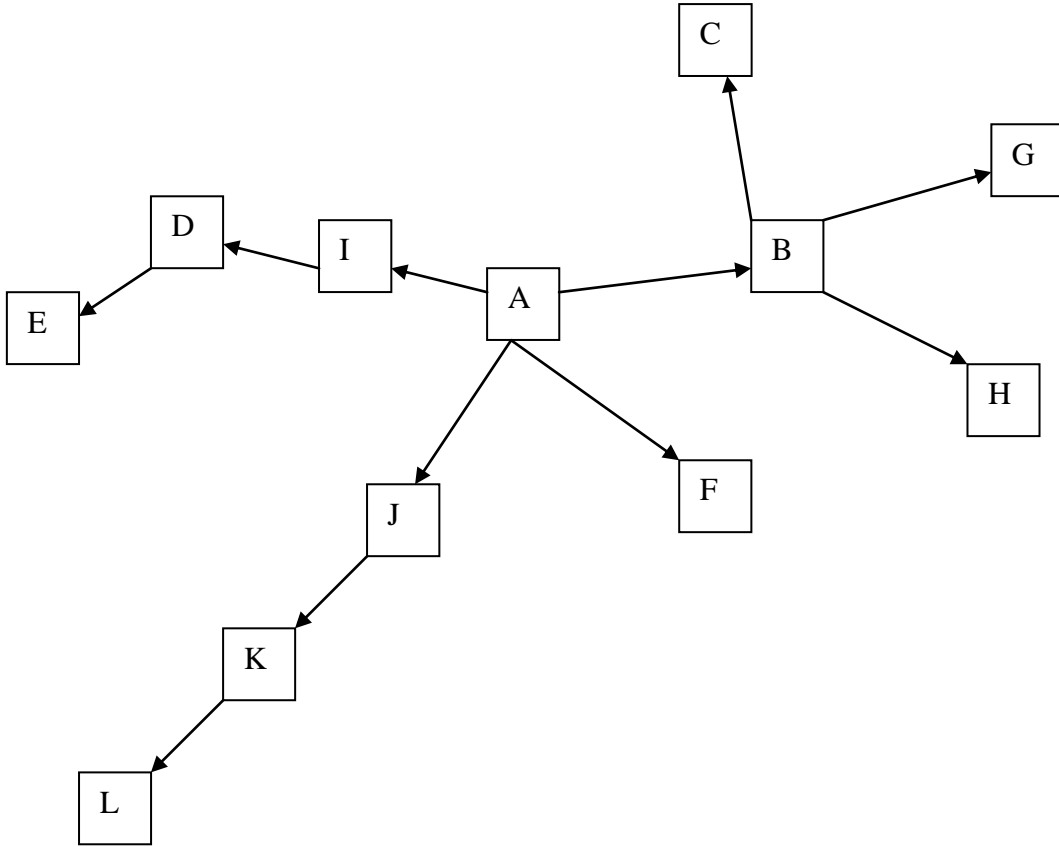
Şekil 4.23. Tokat 5. Dağıtım Bölgesi Mahalleler Arası Ulaşım Şebekesi

Mevcut şebekede toplam en kısa yayılma mesafesi:

$$= AB+AF+AJ+AI+ID+DE+JK+KL+BC+BG+BH$$

$$= 52+34+38+28+18+16+17+12+29+30+37$$

$$= 311 \text{ Kilometredir.}$$



Şekil 4.24. Tokat İli 5. Dağıtım Bölgesi En Küçük Yayılan Ağaç Algoritması

Tokat İli 5. dağıtım bölgesi için en küçük yayılan ağaç algoritması modeli uygulanmıştır. Ayrıca bu modelin DS gösterimi şu şekildedir;

Networks / Minimum Spanning Tree

File Edit View Module Tables Tools Window Help

Module Print Screen Edit Data

Instruction: Click anywhere off the calculator to remove it.

Starting node for iterations: 1

Networks Results

<untitled> Solution					
Branch name	Start node	End node	Cost	Include	Cost
A	1.	2.	52.000.	Y	52.000.
B	1.	6.	34.000.	Y	34.000.
C	1.	10.	38.000.	Y	38.000.
D	1.	9.	28.000.	Y	28.000.
E	2.	3.	29.000.	Y	29.000.
F	2.	7.	30.000.	Y	30.000.
G	2.	8.	37.000.	Y	37.000.
H	9.	4.	18.000.	Y	18.000.
I	4.	5.	16.000.	Y	16.000.
J	10.	11.	17.000.	Y	17.000.
K	11.	12.	12.000.	Y	12.000.
Total					311.000.

Solution steps

<untitled> Solution				
Branch	Starting node	Ending node	Cost	Cumulative cost
D	1.	9.	28.000.	28.000.
H	9.	4.	18.000.	46.000.
I	4.	5.	16.000.	62.000.
B	1.	6.	34.000.	96.000.
C	1.	10.	38.000.	134.000.
J	10.	11.	17.000.	151.000.
K	11.	12.	12.000.	163.000.
A	1.	2.	52.000.	215.000.
E	2.	3.	29.000.	244.000.
F	2.	7.	30.000.	274.000.
G	2.	8.	37.000.	311.000.

Şekil 4.25. DS Minimum Yayılan Ağaç Algoritması Çözüm Tablosu

Yaptığımız şebeke diyagramları ile Tokat İli içerisinde yer alan bütün dağıtım bölgelerinin (Mahalleler) her birisi için ve ilçeler ile merkez dağıtım noktası arasında birer minimum yayılan ağaç algoritması oluşturulmuştur. Çalışmamızda, dağıtım bölgeleri için oluşturduğumuz şebekeleri gösteren; şekil 4.10., şekil 4.14., şekil 4.17., şekil 4.20. ve şekil 4.23.'de merkez dağıtım noktası ve mevcut bütün alternatif yollar gösterilmiştir. Tespit ettiğimiz ve gösterdiğimiz minimum yayılma mesafelerini belirten yollar hariç olan yollar maliyet açısından karlılığı düşük olan yollardır. Aynı zamanda hızlı ulaştırmanın mümkün olmadığı, yani dağıtımda zamanın minimize edilemeyeceği yollardır. Herhangi bir lojistik faaliyet söz konusu olduğunda bu algoritmalar teorik

noktada birer yol haritası olarak kullanılabilecek niteliktedir. Her ne kadar teorik noktada bu haritalar birer yol gösterici olarak kabul edilebilecek olmalarına rağmen, lojistik faaliyetlerde yolların kaliteleri, rakımlar, engebeler, meyiller ve coğrafi şartlar güzergâh belirlemede birer faktördür. Çalışmamız, bu etkenler sabit kabul edilerek uygulanmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yöneylem araştırması içerisinde karar alma aşamasında vazgeçilmezler arasında olan yöntemlerden bir tanesi de şebeke analizidir. Bunun sebeplerinin başında, uygulanabilirliğinin kolay ve sapma oranının düşük olması gelmektedir. Bu bilimin ortaya çıkışı her ne kadar askeri temellere dayansa da günümüzde işletmecilik ve yönetim alanında büyük bir rehber statüsündedir. İş yaşamında her bir işletme rakiplerinden önde olmak zorunluluğuna sahiptir. Önde olmak demek bir yerde ileriye görebilmekle mümkündür. Bu sebeple gerek oluşum içerisinde, gerek karar aşamasında ve gerekse faaliyetlerin akabinde organizasyonda aksaklıklara sebep olmayacak kararların alınması ve bu sürecin bilimsel yöntemlerle takibi gerekmektedir.

Lojistik faaliyetlerinde, oluşturulacak hattın en güvenli ve en kazançlı olması gerekliliği kaçınılmazdır. Lojistik veya kargoculuk misyonlu işletmeler, hedeflerine göre olabildiğince kullanışlı bir ağa sahip olma ve bu ağlar arasında koordinasyonun ve ulaşımın en kısa zamanda gerçekleşmesini sağlamak durumundadır.

Bu çalışmaya konu olan ulaştırma modellerinden şebeke analizi / en az maliyetli yayılma algoritması, MNG Holding A.Ş. bünyesinde bulunan MNG Kargo A.Ş.'nin Tokat İli yol şebekesi dikkate alınarak yapılmıştır. Amaç, mevcut rotaların yeniden gözden geçirilmesi, en az maliyetli ve en kısa yolların belirlenmesinde bir model harita olmaktır. Bunun yanında ikinci hedef ise; şirketin taşımacılık faaliyetlerinde, yapacağı yeni güzergâh belirleme veya şube açma kararlarında kendilerine en uygun şebeke algoritmasının veya şube yeri belirlenmesinin seçiminde belirleyici olmaktır.

Çalışma, güncel karayolları dikkate alınarak, Tokat ili dağıtım bölgeleri arası dağıtım sıklığının belirlenmesinde ve şubeler arası alternatif yollar içerisinde en kısa yolların ve en az maliyetli tercihin yapılmasında teorik noktada kullanılabilir niteliktedir.

Ancak etkinliğin sağlanabilmesi için karayolları dâhilinde gerçekleştirilen iyileştirme faaliyetleri de takip edilmek zorundadır. Bu tür faaliyetlerde maliyet hesaplanırken teorik yaklaşımın eksik kaldığı aşikârdır. Bunun sebeplerinin başında kullanılan yolun kalitesi, kullanılabilirliği, engebesi vb. etkenler gösterilebilir. Her ne kadar kısa zamanda ürünün alıcıya teslimi gerekse de bu faaliyetler dizisi içerisinde maliyetlerinde minimuma çekilmesi gerekmektedir. Dağıtım, şehir merkezinde yapılacağı için hem zamandan tasarruf hem de maliyetlerin indirgenmesi için olabildiğince küçük araçlarla yapılmalıdır. Bu durumda dağıtım sıklığı da artırılabilir. Maliyetler içerisinde amortismanlarda bir maliyet kalemi olduğu için takip edilecek yolun araçları ne kadar yıprattığı da önemli konu haline gelir. Zaman, kargoculukta müşteri tercihinin ilk etkenidir. Mevcut alternatifler içerisinde müşteri her zaman daha kısa zamanda paketini teslim eden firmayı tercih etme olasılığı yüksektir. Keza bu tür bir seçimde rasyonel karar da budur. Alıcıların rasyonel hareket ettiği savına dayanarak firmaların ve alıcıların en önemli önceliğinin zaman olduğunu söyleyebiliriz.

Ayrıca bu çalışma, hizmet ve ürün sunumunda, organizasyonlara “kalite” kavramının birincil hedef olmasını amaçlatmaktadır. Kargo taşımacılığında kalite kavramı; minimum maliyet, minimum zaman, maksimum maliyet anlamına gelmektedir. Bu amaçla günümüzde bütün işletme alanlarında kullanılan ve yöneylem araştırması analizlerinden birisi olan şebeke analizinin kullanılabilirliğinin artırılması

gerekmektedir. Bununla birlikte, bir organizasyonun, hedeflerini gerçekleştirmesi için oluşturacağı organizasyon faaliyet ve elemanlarının, maksimum fayda sağlayacak şekilde nasıl koordine edileceği ve yerleştirileceği konusunu açıklamak çalışmamızın amaçları arasında yer almaktadır.

Tokat ilinde Koordinasyon farklılaşması ve faaliyet merkezinin yerleştirilmesinde, herhangi bir değişikliğe gidilmesi veya ek bir dağıtım merkezi eklenmesi rasyonel bulunmamıştır. Optimum dağıtım; tek merkezden yapılacak olan ve minimum yayılan ağaç algoritmasına göre belirlenecek dağıtım olacaktır.

Çalışmamız kargoculuk için başlamış olsa da otobüs firmaları, tur şirketleri, nakliye şirketleri, postacılık vb. durumlarda dahi kullanılabilir niteliktedir. Bununla birlikte yapılan tez çalışmamız temel alınarak, herhangi bir ilin tüm ilçe, mahalle, nahiye ve köyleri dikkate alınarak farklı çalışmalarda yapılabilir. Kargoculukta standart maliyet kalemleri her zaman geçerli olmamaktadır. Bunun sebeplerinin başında çoğu zaman müşteri memnuniyeti gelmektedir. Örneğin bazen bir müşteri paketi için bir araç yola çıkarılmakta ve bu da rasyonel bir hareket gibi görünmemektedir. Bu temelle hareket edildiğinde çoğu zaman maliyet kalemlerinden hangisinin dikkate alınmasının önceliği tartışılır hale gelebilmektedir. İşte bu tür durumlarda maliyeti minimize etmek için yapılabilecek en mantıklı faaliyet en kısa yolların tercih edilmesiyle paketin müşteriye teslimidir.

KAYNAKÇA

- Akdoğan. N. (1999). Maliyet Muhasebesi Uygulamaları. Ankara: Cem Web Ofset.
- Albayrak. B. (2005). *Proje Yönetimi*. Ankara: Nobel Yay.
- Altunkaynak. B. : Bakır. M. A. (2003). *Tamsayılı Programlama Teori Modeller ve Algoritmalar*. Ankara: Nobel Yay.
- Analı. D. (1999). *Ulaştırma Modeli ve Türk Tekstil Sektöründeki Dış Ticaret Sermaye Şirketlerinin İhracatlarının Ulaştırma Modeli Yardımıyla Optimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı.
- Ataman. G. (2001). *İşletme Yönetimi*. İstanbul: Türkmen Kitabevi Yay.
- Ayanoğlu. M. (2006). *Yönetim Bilimi(Yöneylem Araştırması)*. Sakarya: Sakarya Kitabevi Yay.
- Aygüneş. H. Binay. S. Çetin. A. Oral. H. (2001). *Yöneylem Araştırması Ders Kitabı*. Ankara: Kara Harp Okulu Matbaası.
- Aytulun. S. K. (2006). *Lojistik Yönetiminde Süreçlerin Stokastik Şebekeler Yardımıyla Analizi ve Endüstriyel Bir Uygulama*. Doktora Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Baraz. E. H. (2008). *Şebeke Analizi ile Proje Yönetimi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Başaran. İ. E. (2000). *Yönetim*. Ankara: Feryal Matbaası.
- Çakanel. N. (2008). *Ulaştırma Modeli ile Maliyet Optimizasyonu ve Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi SBE.

- Dantzing. G.B. ; Thopo. M.N. (1997). *Linear Programming Introduction*. New York: Hamilton Printing Co.
- Doğan. İ. (1994). *Yöneylem Araştırması Teknikleri*. Eskişehir: Bilim Teknik Yay.
- Doğan. İ. (1995). *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*. Eskişehir: Bilim Teknik Yay.
- Doğan. İpekçil. Ö. ; Güler M. (2006). *Proje Yönetimi: Araştırma ve Geliştirme Projelerinin Başarısına Etki Eden Kritik Faktörler*. İzmir: Barış Yay.
- Duran. C. (2007). *CPM-PERT Modelleri ve Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Erden. S. (2004). *Alçak Gerilim Topraklama Şebekelerinin Analizi ve Simülasyonu*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ergülen. A. Kazan. H. ve Kaplan. M. (2005). “İşletmelerde Dağıtım Sistemi Maliyetleri Minimizasyonu İçin Çözüm Modeli: Bir Firma Uygulaması”. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. Konya: Selçuk Üniversitesi Yay.
- Esin. A. (2003). *Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri*. Ankara: Gazi Kitabevi Yay.
- Gültekin. A. T. (2007). *Proje Yönetimi*. Ankara: Palme Yay.
- Gümüšoğlu. Ş. Tütek, H. H. (2000). *Sayısal Yöntemler*. Kırklareli: Beta Basım Yayın Dağıtım.
- Günaydın. D. (2006). *Türk Silahlı Kuvvetlerinde Ring Taşımacılık Faaliyetlerinin Maliyet Etkinlik Analizi ve Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Güzergah Optimizasyonu*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi SBE.

- Gür. İ. (2006). *Proje Yönetiminde Pert/CPM'in Proses Modeli ile Simüle Edilmesi ve Bir Uygulama*. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Gebze: Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü ; Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Halaç. O. (1983). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)*. İstanbul: Alfa Basım Yayın Dağıtım.
- Halaç. O. (1995). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*. İstanbul: Alfa Basım Yayın Dağıtım.
- Harvey. A. L. (2005). *Practical Project Management: Tips, Tactics and Tools*. New York: John Wiley&Sons,Inc.
- Heizer. J. and Render B. (2002). *Operations Managment and Principles of Operations Managment, Prentice Hall*. New Jersey.
- Heizer. J. and Render B. (2004). *Operations Management–Transportation Models Transparency Masters To Accompany Principles Of Operations Management*. by Prentice Hall. Inc. Upper Saddle River. N.J.
- <http://tr.wikipedia.org/wiki/yoneylemarastirmasi>, 20/05/2011.
- <http://www.kho.edu.tr/akademik/yam/index.htm./01.02.2011>.
- <http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/1045.html>, 01/05/2011.
- Karayalçın. D. (1993). *Kantitatif Planlama ve Karar Verme Yöntemleri*. İstanbul: Menteş Kitabevi Yay.
- Kazançoğlu. Y. (2008). *Lojistik Yönetimi Sürecinde Tedarikçi Seçimi ve Performans Değerlendirilmesinin Yöneylem Araştırması Teknikleri İle Gerçekleştirilmesi: AHP (Analitik Hiyerarşik Süreç ve DEA (Veri Zarflama Analizi)*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Koçak. H. (2003). *Lojistik Yönetiminde Taşıma Sistemleri ve İçin Bir Model Önerisi*.
Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi SBE.
- Komisyon. *Motorlu Taşıtlar Vergisi Kanunu*. Madde 6
- Kotaman. S. (1998). *Silahlı Kuvvetlerde İkmal Sistemlerinin Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliye Olarak Minimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Krajewski. L. ve Ritzman. L. P. (1996). *Operations Management: Strategy and Analysis*. Reading: Adisson – Wesley Publishing Company.
- Kulu M. C. (2006). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Ulaştırma Modeli Optimizasyonu: Otomotiv Sektöründe bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Orhon, F. (1983), *Ulaştırma İşletmelerinde Maliyet Muhasebesi*, EKO – BİL Yayınları, İstanbul.
- Özkan. M. (2010). *Yöneylem Araştırması İçinde Şebeke Analizi ve Bir Uygulama*.
Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Öztürk. A. (2002). *Yöneylem Araştırması*. Bursa: Ekin Kitabevi Yay.
- Öztürk. A. (2007). *Yöneylem Araştırması*. Bursa: Ekin Kitabevi Yay.
- Sarıca. İ. (2006). *CPM ve PERT Teknikleriyle Proje Planlama ve Bir İşletmede Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi. Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sevilengül. O. (1999). *Genel Muhasebe*. Ankara: Gazi Büro Kitabevi Yay.
- Sezen. H.K. (2007). *Yöneylem Araştırması*. Bursa: Ekin Kitabevi Yay.

Taha. H. A. (2000). *Yöneylem Araştırması*. Ş. Alp Baray- Şakir Esnaf. (Çeviren ve Uygulayan). İstanbul: Literatür Yay.

tr.wikipedia.org//01.06.2011.

Tulunay. Y. (1982), *İşletme Matematiği*. No:269. İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yay.

Türkmen. İ. (2007). *Sürdürülebilir Tarım İçin Yöneylem Araştırması Modelleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Uchit. P. (2006). *Solving The Classic Transportation Problem With The Geographic Information Science*.

Ulucan. A. (2004). *Yöneylem Araştırması*. Ankara: Siyasal Kitabevi Yay.

Ulucan. A. (2007). *Yöneylem Araştırması*. Ankara: Siyasal Kitabevi Yay.

Wermter. M. (1996). *Stratejik Proje Yönetimi (Strategisches Projekt-Management Der Weg Zum Makterfolg)*. İstanbul: Evrim Yay.

Winston, W.L.(2004). *Operation Research: Applications and Algorithms*. Duxbery: Cengage Learning Press.

www.bizarpedia.com/yoneylemarastirmasi/.11.12.2010.

www.haber24.com//01.06.2011.

www.kgm.gov.tr//01.06.2011.

www.mngkargo.com.tr//01.06.2011.

www.tokat.gov.tr//15.06.2011.

www.tv8.com.tr//01.06.2011.

www.webhatti.com//01.05.2011.

- Yılmaz. M. (2005). *Eğitimde Araştırma Yöntemleri/ Yöneylem Araştırması*.
Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal
Bilimler Enstitüsü.
- Yücel. M. (2004). *Pazarlama Problemlerinin Çözümünde Yöneylem Araştırmasının
Önemi (Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları)*. Malatya: İnönü Üniversitesi İ.İ.
B.F. Yay.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Ankara’da doğdu. İlkokul eğitimini Ankara Aydınlikevler İlkokulu’nda tamamladı. 1994 yılında Samsun Anadolu Lisesi’nde başladığı ortaöğrenimini 2001 yılında tamamladı. 2002 yılında İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü’nü kazandı. 2006 yılında bu üniversiteden mezun oldu ve 2007 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Avrupa Birliği Eğitim ve Gençlik Programları Birimi’nde Uzman olarak göreve başladı. Aynı yıl Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat A.B.D.’de Yüksek Lisans eğitimine başladı. Daha sonra 2008 yılında bu bölümden ayrılıp İşletme A.B.D. Sayısal Yöntemler Bilim Dalı’nda eğitimine devam etti.

Halen Gaziosmanpaşa Üniversitesi Avrupa Birliği Eğitim ve Gençlik Programları Birimi’nde Uzman olarak görev yapmaktadır.