

TC.  
GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANA BİLİM DALI  
SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI

## ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ VE BİR UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Murat ATAN

Hazırlayan  
Sami ARSLAN

Ankara - 2007

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Sami ARSLAN'a ait "ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ VE BİR UYGULAMA" adlı çalışma jürimiz tarafından İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan

**Doç. Dr. Nezir KÖSE**

Üye

**Yrd. Doç. Dr. Şenol ALTAN**

Üye

**Yrd. Doç. Dr. Murat ATAN**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
İÇİNDEKİLER .....	i
TABLolar CETVELİ .....	iii
ŞEKİLLER CETVELİ .....	iv
GİRİŞ .....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM ROTA TESPİT MODELLERİ

1.1. Ulaştırma Modeli .....	8
1.1.1. Ulaştırma Probleminin Matematiksel Gösterimi .....	11
1.1.2. Ulaştırma Modeli Çözüm Algoritması .....	15
1.1.3. Ulaştırma Modeli Çözüm Yöntemleri .....	16
1.1.3.1. Kuzeybatı Köşesi Yöntemi .....	17
1.1.3.2. En Düşük Maliyetler Yöntemi .....	18
1.1.3.3. Sıra Veya Sütun En Küçüğü Kullanım Yöntemi .....	18
1.1.3.4. Vogel Yaklaşım Yöntemi (VAM) .....	19
1.1.4. En Uygun Çözümün Bulunması .....	21
1.2. Şebeke Modelleri .....	21
1.2.1. Şebeke Modelleri Çözüm Yöntemleri .....	24
1.2.1.1. Maksimum Akış Modelleri .....	24
1.2.1.2. En Az Yayılan Ağaç Modelleri .....	26
1.2.1.3. Minimum Yayılma Modeli .....	26
1.2.1.4. En Kısa Yol Modelleri .....	27
1.2.2. Şebeke Modellemesi Terminolojisi .....	28
1.3. Tamsayı Doğrusal Programlama .....	31
1.4. Atama Modeli .....	33
1.4.1. Atama Modelindeki Özel Durumlar .....	37
1.4.2. Atama Modeli Çözüm Yöntemleri .....	38
1.4.2.1. Macar Yöntemi .....	39

İKİNCİ BÖLÜM  
ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN PERSONEL TAŞIMACILIĞINA  
UYGULANMASI

2.1. Giriş .....	41
2.2. Ulaştırma Hizmetlerinin Planlanması Aşamasında Dikkat Edilecek Esaslar.....	46

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM  
AFYON KARAHİSAR ÖZTÜRK KİMYA FABRİKASI ARAÇ ROTALAMA  
PROBLEMİ VE BİR UYGULAMA

3.1. Giriş .....	48
3.2. Mevcut Durum .....	50
3.3. Problemin Tanımı .....	52
3.4. Modelin Kurulması.....	55
3.4.1. Personel Konutlarının Afyonkarahisar Haritası Üzerinde İşaretlenmesi (Coğrafi Kodlama).....	56
3.4.2. Adreslere Karşılık Gelen Noktaların Kümelenmesi Ve Her Kümeye Bir Durak Atanması.....	57
3.4.3. Güzergâhların Belirlenmesi.....	57
3.4.4. Afyonkarahisar'ın Bölgelere Ayrılması .....	58
3.4.5. Durakların Gruplanması.....	58
3.4.6. Her Bir Gruba Karşılık Gelen Güzergâhların Bulunması.....	58
3.5. Modelin Matematiksel Kalıbının Tanımlanması ve WinQSB 2.0 Programında Gösterimi .....	59
3.5.1. Ulaştırma Probleminin Ortaya Konulması .....	59
3.5.2. Optimum Sonuçlar Işığında Karar Süreci.....	68
SONUÇ .....	72
KAYNAKLAR .....	75
ÖZET .....	82
ABSTRACT.....	83

**TABLULAR CETVELİ**

	Sayfa No
Tablo 1. Bir Ulaştırma Tablosu Örneği.....	13
Tablo 2. Genel Atama Problemi İçin Maliyet Matrisi .....	36
Tablo 3. Modelde Kullanılan Araçlar .....	59
Tablo 4. Araçların Servis Bilgileri (YTL) .....	59
Tablo 5. Araçların Servis Merkezleri .....	60
Tablo 6. Durakların Servis Merkezine Olan Uzaklıkları.....	61
Tablo 7. Durakların Listesi .....	62
Tablo 8. Tez Modelinin Win QSB 2.0 Programındaki Görünümü.....	63
Tablo 9. Modelin Çözüm Sonuçları .....	64
Tablo 10. Mecidiye Güzergâhı Çözüm Sonuçları.....	66
Tablo 11. Ataköy Güzergâhı Çözüm Sonuçları .....	66
Tablo 12. Fatih Güzergâhı Çözüm Sonuçları.....	67
Tablo 13. Sahipata Güzergâhı Çözüm Sonuçları.....	68
Tablo 14. Optimum Çözüm Sonuçları .....	69
Tablo 15. Optimum Sonuçlara Göre Toplam Yakıt Maliyetleri .....	69
Tablo 16. Bakım-Onarım Giderleri Toplamı (YTL) .....	70
Tablo 17. Toplam Ulaştırma Giderleri (YTL) .....	70
Tablo 18. Toplam Gelirler (YTL).....	71

**ŞEKİLLER CETVELİ**

	Sayfa No
Şekil 1. Ulaştırma Probleminin Genel Hali .....	10
Şekil 2. Dört Fabrika ve Beş Depolu Ulaştırma Probleminin Grafik Gösterimi .....	12
Şekil 3. Üretim ve Tüketim Merkezleri Arasındaki Rotalar .....	18
Şekil 4. Bir Şebeke Diyagramı Örneği .....	23
Şekil 5. Yönlendirilmiş Hatlı Akış Modeli .....	25
Şekil 6. En Kısa Yol Modeli .....	27
Şekil 7. Örnek Bir Şebekenin Elemanları .....	28

## GİRİŞ

Bilginin büyük bir hızla çoğaldığı, yenilendiği, değiştiği ve güçlü ekonomik örgütlenmeler çağı olarak kabul edilen çağımızda; yenileşme zorunlulukları stratejik üstünlük elde etme çabaları ve içinde bulunulan ekonomik karmaşa, sayısal ve istatistiksel verileri etkili bir biçimde kullanmayı öngören bir yönetim anlayışına sahip olmayı ihtiyaç haline getirmiştir.

Artık günümüzde bütün organizasyonlar yenilikçi, sorun çözücü ve niceliksel düşünmek durumundadır.

Türkiye’de gerek özel sektör gerekse kamu kurum ve kuruluşlarının işletmecilik alanındaki gelişmeleri yeterince takip edemedikleri, bu nedenle çalışmalardan hedeflenen ölçüde verim sağlanamadığı, yöneticilerin de planlama ve karar aşamalarında gereken bilgi ve desteği alamadıkları bilinmektedir. Ancak teknoloji alanında meydana gelen hızlı ve ilginç gelişmeler, teknolojinin kullanım alanları konusunda yeni boyutlar getirmiştir.

Bilgi, yöneticiler için vazgeçilmez bir güçtür. Sürekli hızlı ve doğru gelen bilgi ile daha iyi kararlar alınabileceği muhakkaktır. Gerek kurum içi bilgi iletişimi, gerekse yöneticiye destek sağlayacak yönetim bilişim ve karar destek sistemleri ile hizmetin daha iyi verilmesi, yatırımların doğru yerlere kanalize edilmesi gibi planlama ve yönetim amaçlı faaliyetlerde kullanılan teknolojik alt yapı oluşturulmalıdır.

Büyüyen ve gelişen toplumlar, endüstri devrimi sürecine girdikten sonra; mal ve hizmet üretiminin şekli değişerek verimlilik ve etkinlik kavramı sıkça kullanılmaya başlanmıştır. İyi yönetim için hızlı, doğru, tam ve zamanında bilgi akışı olması gerektiği bir gerçektir. Bu nedenle her kurum kendi bünyesindeki bütün faaliyetlerin daha verimli, etkin ve memnuniyet verici olmasını sağlayacak tedbirler almaktadır.

Bazı kurumlar, kurum içi teknolojik yapılandırmayı son derece iyi bir şekilde sağlayarak kurum faaliyetlerini elektronik bir ortamda yapmanın olanaklarını yaratmıştır. Ancak bazı kurum ve kuruluşlar gerek kalifiye personel istihdam etme, gerekse yeni teknolojileri satın alma konusunda problem yaşamaktadırlar. Gelişmiş teknolojileri yakalama konusunda büyük zaman kaybedilmektedir.

Özellikle vurgulamak gerekir ki amaç, gelişmiş ülkelerdeki teknolojiyi yakalamak değil, bütün faaliyetlerde bunların etkin olarak doğru verilerle kullanılmalarını sağlamak olmalıdır (Bryan, 1993: 257- 274).

Günümüz işletmelerinde başarı, birçok faktör belirleyici olsa da ağırlıklı olarak işletme fonksiyonlarını yerine getiren personelin göstereceği performansa bağlı olmaktadır. Personelden sağlanacak yüksek bir performans işletme amaçlarının çok daha kısa sürede, çok az hata ile çok daha yüksek kalitede gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Bu noktada yüksek performans ergonomik normlara uygun düzenlenmiş çalışma mekanlarının ve şartlarının oluşturulması, personel arasında adaletin sağlanması ve daha da arttırılabilecek bir çok motivasyon tekniğinin uygulanması ile ilgilidir. Bu uygulamalar aynı zamanda “performans yönetimi” olarak adlandırılmaktadır.

Bir işletmede üretimi gerçekleştiren ve işletmenin asıl gücünü oluşturan o işletmenin çalışanlarıdır. Onlar gerçek anlamda işletmenin kendisidir. Çalışanların temel hakkı sağlıklı koşullarda ve güvenli ortamlarda çalışmaktır. Bu ortamı yaratmak da yöneticilerin sorumluluklarındadır.

İnsan kaynakları yönetiminde amaç, kişilerin işlerini en verimli ve en tatminkâr biçimde yapabilecekleri koşulları saptayıp, bunları işletme başarısına yönlendirmektir. İşletme yönetimince insan faktörüne verilen önem arttıkça iş gücü verimi, işin kalitesi ve işletmeye olan bağlılığı da artacaktır.

Etkili bir etik uygulamanın gerçekleştirilebilmesi açısından belli mekanizmaların geliştirilme, oluşturulma gereği, birbiri ile iç içe geçmiş iki amacı (durumu) ön plana çıkarmaktadır. Bunlardan birincisi söz konusu uygulamanın kuruluştaki genel standartlar ile uyum haline getirilmesidir. İkincisi ise kuruluşların yoğun bir yarışma ortamında ayakta kalabilme ve karlılık durumlarını sürdürebilmeleri açısından, güçlü bir örgüt etik yapı ve kültürünü oluşturmaları gereğidir (Shapero & Albert, 1988).

Son yıllarda iş yaşamı kalitesini artırarak, çalışanların iş doyumu ve buna bağlı olarak performanslarını artırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. İş doyumu – yaşam doyumu arasında ki ilişkileri inceleyen araştırmaların gerek teorisyenler gerekse pratisyenler açısından önemi büyüktür (Rice & Hunt, 1987: 148). İş doyumunun yaşam doyumunu çok etkilediği varsayılır. Zira bu konuda yapılan çalışmalar genel olarak incelendiğinde iş doyumunun yaşam doyumuna üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir (Keon & Mc Donald, 1983 : 86).

Günümüzde bilişim teknolojilerinin hızlı bir şekilde gelişmesi ile birlikte, taşımacılık sektöründe müşteri taleplerinin zamanında ve en az maliyetle karşılanması da önem kazanmıştır. Bunu sağlamak için kullanılan Araç Rotalama Problemi (ARP) bu tür problemlerin çözümünde kullanılan karmaşık bir optimizasyon problemidir.

Geleneksel ARP, merkezi bir depoda bulunan sınırlı kapasiteye sahip araçlar için depoyu içeren bir coğrafi alanda değişik noktalara dağılmış tüm müşterilere en az maliyetle servis yapacak rotaların bulunmasıdır. Maliyetin az olması, aracın kat ettiği yolun en kısa olmasını gerektirmektedir. Bir noktadan başka bir noktaya gidilirken en kısa yolun tercih edilmesi maliyetin azaltılmasını amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımı araç rotalarının tespitinde en kısa yol yaklaşımı olarak adlandırmak mümkündür.

Büyük kapasiteli kuruluşlarda piyasanın coğrafik dağılışı geniş olabileceğinden ulaştırma ve diğer sürüm maliyetleri de artacaktır (Tatar 1993: 100 - 101). İşletmelerde ulaşım maliyetlerini etkileyen belli başlı ulaşım alternatifleri arasında kara, deniz, hava ve demiryolu olduğu gibi boru hatlarından da söz etmek mümkündür (Tatar, 1992 : 52).

Bu hizmet en kısa tanımıyla ulaştırma imkân ve kabiliyetlerinin, taşıma ihtiyaçlarının en iyi şekilde yönlendirilmesi ve yönetilmesidir.

1. 21'nci yüzyıla girerken "tasarruf" kelimesi klasik anlamından ziyade "verimlilik" anlamıyla algılanmaktadır.
2. Ekonomide her alanda, ekonominin girdi ve çıktılarında verimliliğin sağlanabilmesi için günümüzde bilimsel manada "Verimlilik Yönetimi" temel unsur olmaktadır.
3. Gelişmiş ya da gelişmekte olan organizasyonlar iki soruya eş zamanda yanıt bulmak zorundadırlar. Bunlardan birisi "insanın", diğeri de "para kaynaklarının" nasıl daha iyi kullanılabilceği sorularıdır.
4. Modern donanımın gelişmesi, insan kaynaklarının gelişmesi ile birlikte yürümelidir. Bu nedenle verimlilik artışı ya da mevcut kaynakların etkili kullanımının herhangi bir organizasyonun gelişebilmesinin en iyi hatta tek yolu olduğunun bilinmesi gerekir.
5. Personelin moral ve motivasyonunu etkileyen, mesaiye geliş ve gidişteki ulaşım problemleri vb. gibi etkenlerin azaltılması başarılı bir yönetimin önemli görevlerindedir.
6. Günümüzde enerji ve hammadde maliyetlerindeki artış ile hızla değişen diğer ekonomik koşullar dikkate alındığında, değişimlere ayak uydurulması, değişimin kavranması, bu değişim sürecinin gelişim üzerine dönüştürülmesi, organizasyonlar için yaşamsal bir rol oynamaktadır.

Bir şirket ya da organizasyonun dağıtım faaliyetleri, bütün iş güçlerinin ve malların depo ya da fabrika gibi bir merkezden dağıtım noktalarına

taşınmasını kapsar. Yerel taşıma ya da dağıtım olarak da adlandırılan bu faaliyetlerdeki son aşama, dağıtım merkezlerinden varış noktalarına yapılır ve dağıtım zincirinin en pahalı halkasını oluşturur (Bodin 1983). Bu aşamanın etkin olarak yürütülebilmesi için, organizasyonların ulaştırma faaliyetlerini rasyonel olarak planlayıp icra etmeleri gerekmektedir.

Bu çalışmada, Öztürk Kimya Fabrikasının imkân ve kapasitesi ile bilimsel yaklaşımlar bir araya getirilerek; zorunlu, acil, öncelikli ihtiyaçlara uygun kavramın ortaya konması etkin ve memnuniyet yaratıcı bir servis güzergâhı kurarak çalışanların moralinin istenilen düzeye yükseltilmesi, personelin olumlu teşvik edilmesi, zamanın ve ekonomik kaynakların, tasarruf tedbirleri esaslarına uygun olarak ve aritmetik yöntemler geliştirilerek kullanılması, bu sayede günün değişen şartlarına bir katkı sağlanması amaçlanmış ve tasarruf yapılabilecek alanlar belirlenmiştir

Analitik taşıt güzergâh model ve teknikleri kullanılarak taşımacılıkta büyük tasarruflar yapılabilmektedir. Eğer bu teknikler bir de etkin bir Yönetim Bilgi Sistemleri ile birleştirilebilirse, dağıtım faaliyetlerinin planlama ve icrasında çok daha başarılı sonuçlar almak mümkün olacaktır.

Dağıtım maksadıyla kullanılan kamyon ve otobüs gibi araçların işletim maliyetleri, toplam dağıtım giderlerinin en önemli bölümünü oluşturmaktadır. Bu giderlerde sağlanacak küçük tasarruflar zaman geçtikçe ve faaliyetler arttıkça büyük meblağlara ulaşacaktır. Sürekli artan yakıt masraflarının, araçların bakım ve onarımından kaynaklanan masrafların ve personel maaşlarının yeniden ayarlanmasından dolayı gün geçtikçe yükselen işletim giderleri yanında bu potansiyel tasarrufların önemi daha da artmaktadır.

Güzergâh problemlerinin temel amacı, maliyetleri minimize etmektir. Bunun yanı sıra, servis hizmetlerinin etkinliği, müşteri memnuniyeti, güvenlik ve uygunluk konuları da, bu problemlerin çözümünde dikkate alınması gereken diğer önemli hususlardandır.

Personel servislerinin güzergâh ve zaman planlamasında hedef, insanların otobüslerdeki seyahat sürelerinin en aza indirilmesidir. Ancak, bu süre güvenliği ihlal etmeyecek şekilde kısaltılmalıdır. Sonuç olarak bütün planlamalar, çalışanların otobüslerde aşırı zaman harcamaksızın, en kısa sürede ve emniyetle taşınmalarına imkân verecek şekilde yapılmalıdır. Dolayısıyla, uygun bir amacın seçilmesi, araç güzergâhlarının belirlenmesinde ve iş programlarının yapılmasında önemli bir planlama-modelleme sorunudur.

Günümüzde, dünya işletmelerinin hemen hepsinde rasyonel teknikler kullanılarak işletme giderleri mümkün olduğunca azaltılmaya çalışılmaktadır. Ülkemizde bu türlü sorunların süratle aşılaraq, çağımızın esas rekabet unsuru olan kalite olgusu ile hareket edilmesi gerekmektedir.

Özellikle kamu sektöründe işletme giderlerinin azaltılması önem arz etmektedir. İşte organizasyonların işletme giderleri içinde büyük bir yere sahip olduğu belirtilen taşıma ve dağıtım giderlerinin azaltılabilmesi için, bu tez çalışmasında incelenecek analitik model ve tekniklere ihtiyaç vardır. Özellikle geniş coğrafi alanlara yayılmış olan kamu kuruluşlarında bu türlü teknikler çok daha büyük tasarruflara imkân verecektir. Zira bu tip kuruluşların bünyesinde gerek personel gerekse hammadde, makine, teçhizat ve benzeri gibi birim taşıma maliyetleri yüksek olan malzemeler çok miktarda taşınmaktadır.

Bu çalışmada özel sektör, kamu veya yerel yönetimlerin taşımacılık problemlerine cevap verebilecek nitelikte sonuçlar amaçlanmıştır. Personel servislerinin kat ettikleri toplam mesafelerin ve seyahat sürelerinin minimuma indirilmesi için, varış ve durma noktalarının sayısı ile her durak yeri için alternatif güzergâhlar belirlenmiştir. Model kurulurken öncelikle her durak belli bir yöne giden araca atanmış, her araç için atamaları yapılmış olan durakların nasıl gezileceği müteakiben araştırılmıştır. Bu aşamada da, Gezgin Satıcı Problemleri'nde (GSP) kullanılan çözüm yönteminden yararlanılmıştır.

Yukarıda belirtilen sebeplerle, tez çalışmasının birinci bölümünde güzergâhlar belirlenirken faydalanılabilecek yöneylem araştırması tekniklerine yer verilmiştir.

İkinci bölümde, araç rotalama probleminin personel taşımacılığındaki uygulaması ve güzergâh planlamasında dikkat edilecek hususlar ele alınmıştır.

Çalışmanın son bölümü olan uygulama bölümünde ise, bir ve ikinci bölümlerde ifade edilen araştırma teknikleri, çözüm yöntemleri ve planlama prensiplerinden istifade edilerek, Öztürk Kimya Fabrikası personel servis araçlarının toplam 616 personel için Afyonkarahisar içindeki 72 durağa hizmet verişiyile ilgili problem formüle edilmiş ve kurulan modeller WinQSB 2.0 paket programlarından da yararlanmak suretiyle çözümlenerek; daha düşük maliyetlerle işletilebilecek alternatif güzergahlar belirlenmeye çalışılmış ve çözüm değerleri bulunmuştur.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### ROTA TESPİT MODELLERİ

Ulaştırma hizmetleri lojistik destek faaliyetlerinin bölünmez bir unsurudur. Lojistik faaliyetlerinin sağlanması ve lojistik ikmalin yönetimin istek ve ihtiyaçlarına uygun olarak icra edilmesi ancak çok iyi işleyen bir ulaştırma hizmetiyle mümkün olabilir. Çok önemli bir fonksiyon olarak kabul edilen ulaştırma hizmetlerinin özenle planlanması, programlanması, uygulanması, kontrol ve koordine edilmesi gerekmektedir.

Rota tespit problemlerinde kullanılan teknikler ulaştırma modeli, şebeke modeli, tamsayılı programlama ile atama modelidir. Bu bölümde sıralanan bu teknikler kısaca açıklanacaktır.

#### ***1.1. Ulaştırma Modeli***

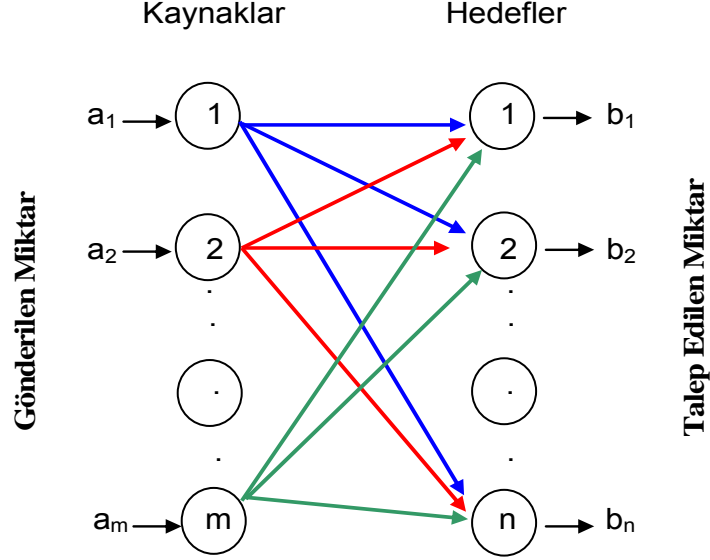
Ulaştırma problemleri, mal ve hizmetlerin genellikle birden fazla arz noktasından, birden fazla talep noktasına dağıtımı ile ilgilenildiği durumlarda ortaya çıkar. Genellikle dağıtımı yapılacak mal ve hizmet talep noktalarındaki bilinen toplam talebi karşılamak bağlamında sınırlıdır. Her bir kaynaktan her bir hedefe gönderilecek mal ve hizmet birim ulaştırma maliyetine sahiptir. Ulaştırma problemlerinde amaç kaynaklardan ulaşım yerlerine (talep noktalarına) olan toplam ulaştırma maliyetinin en küçüklenmesi ile ilgilidir (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 117).

Ulaştırma modeli, doğrusal programlama probleminin özel bir şeklidir. Bu modelde, malların kaynaklardan (fabrika gibi) hedeflere (depo gibi) taşınmasıyla ilgilenilir. Buradaki amaç, bir taraftan hedefin talep gereksinimleri ve kaynakların arz miktarlarında denge sağlarken, diğer taraftan da her bir kaynaktan, her bir hedefe yapılan taşımaların toplam maliyetini minimum kılacak taşıma miktarını belirlemektir. Modelde, verilen rota üzerindeki taşıma maliyetlerinin, aynı rota üzerindeki taşıma miktarlarıyla doğru orantılı olduğu kabul edilmektedir. Ulaştırma modeli, malların bir yerden bir yere taşınmasından başka, stok kontrolü, işgücü programlama, personel atama gibi alanlarda da kullanılabilir (Taha, 2000: 163).

Ulaştırma modelleri, kaynaklardan hedeflere bir ürünün toplam ulaştırma maliyetini minimize etmek üzere tasarlanmış doğrusal programlama modelleridir. Standart ulaştırma problemlerinde kaynakların toplam arzı, hedeflerin toplam hedefine eşittir. Eğer tüm arz ve talep değerleri tamsayı olarak alınırsa, modelin çözümünde elde edilecek karar değişkenleri de tamsayı değerler olacaktır. Taşıma maliyetlerinin, taşınan ürünün miktarı ile doğrusal ilişkisi olduğu varsayılmaktadır (Ulucan, 2004:156).

Ulaştırma probleminin genel hali Şekil 1'de gösterilmiştir. Her biri birer düğüm olarak gösterilen  $m$  kaynak ve  $n$  hedef vardır. Bağlantılar, kaynaklarla hedefler arasındaki rotaları belirten ifadelerdir.  $(i, j)$  bağlantısı,  $i$ . kaynağını  $y$ . hedefine bağlarken iki tür bilgi içermektedir: (1)  $c_{ij}$  birim taşıma maliyeti, (2)  $x_{ij}$  taşıma miktarı  $i$ . kaynağının arz miktarı  $a_i$ ,  $j$ . hedefinin talep ettiği miktar da  $b_j$  olsun. Modelin amacı, tüm arz ve talep kısıtlarını sağlayan, ayrıca toplam taşıma maliyetlerini minimum kılan  $x_{ij}$  bilinmeyen miktarlarını belirlemektir.

**Şekil 1. Ulaştırma Probleminin Genel Hali**



Toplam arzın toplam talebe eşit olmadığı durumda ulaştırma modeli "dengelenmemiştir" denir. Dengelenmemiş bir model hayali kaynak(lar) ya da hedef(ler) eklenerek dengelenmiş hale getirilebilir.

Doğrusal programlama problemlerinin özel bir türü, yani belirli sayıda kaynaktan üretilen malların belirli hedeflere minimum maliyette gönderilmesi ile ilgili olan ulaştırma modelleri en çok yararlanılan modellerdir. Ulaştırma probleminde amaç; kaynaklardan hedeflere yani üretim merkezlerinden dağıtım merkezlerine mallar dağıtılırken, bu dağıtım işlemini minimum maliyette gerçekleştirmektir. Ulaştırma modelinde kısıtlayıcı koşulları istem ve sunum miktarına bağlı olarak daha çok eşitlik şeklindedir (Öztürk, 1994:189:199).

Ulaştırma modeli şeklinde kurulan bir problem simpleks yöntem ile çözülebilir. Fakat ulaştırma problemlerini kendine özgü teknikleri ile yani ulaştırma algoritması, atama ve aktarma modelleri gibi tekniklerle daha az zaman ve daha az hesaplamayla çözmek olanağı vardır.

Ulaştırma modelini bugünküne benzer fakat daha basit yapıda ilk kez 1941 yılında Hitchcock petrol endüstrisine uygulamıştır. Sonraları, Koopmans, Dantzig, Cooper ve Charnes'in geliştirdikleri ve uygulamada geçerli olan teknik 1960'larda yaygınca kullanılmaya başlamıştır.

Ulaştırma modelleri, aşağıdaki alanlarda sıkça kullanılabilir:

1. Üretim ve tüketim merkezleri arasında optimal mal dağıtımının belirlenmesinde,
2. İşlerin makinelere dağıtımında,
3. Üretim planlamasında,
4. Çeşitli şebeke ağı (network) problemlerinde,
5. İşletmelerin (fabrikaların) kuruluş yeri seçiminde kullanılır.

#### 1.1.1. Ulaştırma Probleminin Matematiksel Gösterimi

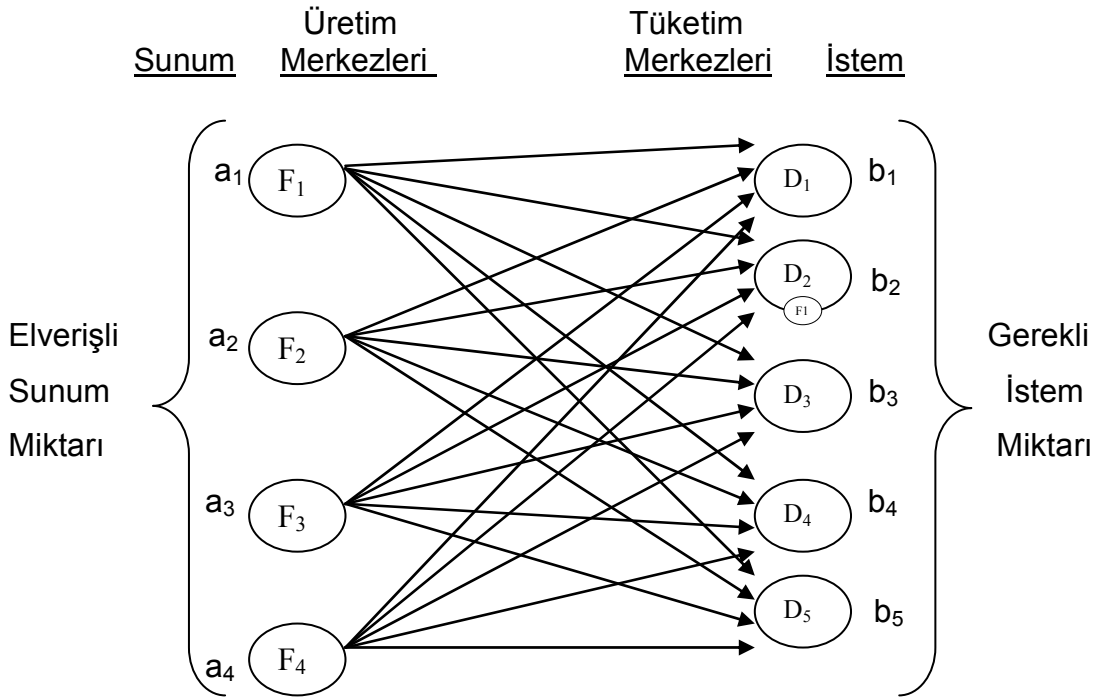
Üretim merkezi ( $m$ ) ve tüketim merkezi ( $n$ ) olan bir ulaştırma probleminde tüketim merkezi  $j$  ancak bir miktarında mal isterken üretim merkezi ( $i$ ) de ancak  $a_i$  miktarında malı sunabilir, ( $i$ ) üretim merkezinden  $j$  tüketim merkezine bir birim malın gönderilmesi  $c_{ij}$  birim maliyette gerçekleşir.

Ayrıca ulaştırma modeli şu varsayımları ve gerekleri de içerir.

1. Modelde kullanılan tüm bilgiler ve probleme konu olan mal ve hizmetler, bütün üretim ve tüketim merkezleri için aynı birim ve homojenlikte (türdeşlikte) tanımlanmış olmalıdır.
2. Her bir üretim (sunum) merkezi ile her bir tüketim merkezi arasında bir birim malın kaçta kaç taşınacağı bilinmelidir.
3. Her bir sunum ve tüketim merkezindeki toplam miktar tam olarak bilinmelidir.

4. Sunum merkezlerinden dağıtılacak toplam miktar, tüketim merkezlerince istenen toplam miktara eşit olmalıdır. Eğer böyle bir eşitlik yoksa problem dengelenmemiş olmaktadır. Aşağıda dört üretim merkezi (fabrika) ve beş tüketim merkezi (depo) bulunan bir ulaştırma problemi grafik yardımı ile gösterilmiştir.

**Şekil 2. Dört Fabrika ve Beş Depolu Ulaştırma Probleminin Grafik Gösterimi**



Aslında ulaştırma problemlerinin standart gösterimi grafikten çok ulaştırma tablosu ile olur. Şimdi ele aldığımız dört üretim merkezli ve beş tüketim merkezli problemin ulaştırma tablosunu gösterelim. Fabrika  $i$  ( $F_i$ ) en fazla  $a_i$  malı ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) sunabilir ve  $j$  deposu ( $D_j$ ) en az bir malı ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ ) ister.  $a_i, b_j \geq 0$  sabit katsayılardır.  $F_i$  den  $D_j$  ye bir birim malın gönderilme maliyeti de  $c_{ij}$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) dir.

Aşağıda gösterilen tabloda dört satır ve beş sütun bulunduğundan, tablonun (5x4=20) gözesi (hücre) vardır. Problemin karar değişkeni fabrika ( $i$ ) den  $j$  deposuna gönderilen malların miktarını gösteren  $x_{ij}$  değişkenidir.  $x_{ij} = (i = 1, 2, 3, 4 ; j = 1, 2, 3, 4, 5)$ .

**Tablo 1. Bir Ulaştırma Tablosu Örneği**

Tüketim M. Üretim M.	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	Sunum
F <sub>1</sub>	$x_{11}$ C <sub>11</sub>	$x_{12}$ C <sub>12</sub>	$x_{13}$ C <sub>13</sub>	$x_{14}$ C <sub>14</sub>	$x_{15}$ C <sub>15</sub>	a <sub>1</sub>
F <sub>2</sub>	$x_{21}$ C <sub>21</sub>	$x_{22}$ C <sub>22</sub>	$x_{23}$ C <sub>23</sub>	$x_{24}$ C <sub>24</sub>	$x_{25}$ C <sub>25</sub>	a <sub>2</sub>
F <sub>3</sub>	$x_{31}$ C <sub>31</sub>	$x_{32}$ C <sub>32</sub>	$x_{33}$ C <sub>33</sub>	$x_{34}$ C <sub>34</sub>	$x_{35}$ C <sub>35</sub>	a <sub>3</sub>
F <sub>4</sub>	$x_{41}$ C <sub>41</sub>	$x_{42}$ C <sub>42</sub>	$x_{43}$ C <sub>43</sub>	$x_{44}$ C <sub>44</sub>	$x_{45}$ C <sub>45</sub>	a <sub>4</sub>
İstem	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	

Maliyetlerin toplamı doğrusal olduğu varsayılarak, ulaştırma problemi doğrusal programlama problemi gibi ifade edilebilir. Dört üretim merkezli ve beş tüketim merkezli ulaştırma problemini yazacak olursak;

$$\text{Minimum } Z = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + c_{13}x_{14} + \dots + c_{15}x_{15} + c_{21}x_{21} + \dots + c_{25}x_{25} + \\ c_{31}x_{31} + \dots + c_{35}x_{35} + c_{41}x_{41} + \dots + c_{45}x_{45}$$

$$\left. \begin{aligned} x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{14} + x_{15} &\leq a_1 \\ x_{21} + x_{22} + x_{24} + x_{24} + x_{25} &\leq a_1 \\ x_{31} + x_{32} + x_{34} + x_{34} + x_{35} &\leq a_1 \\ x_{41} + x_{42} + x_{44} + x_{44} + x_{45} &\leq a_1 \end{aligned} \right\} \text{Sunum sınırlayıcıları}$$

ve

$$\left. \begin{aligned} x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} &\geq b_1 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} &\geq b_2 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} &\geq b_3 \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} &\geq b_4 \\ x_{15} + x_{25} + x_{35} + x_{45} &\geq b_5 \end{aligned} \right\} \text{İstem sınırlayıcıları}$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3, 4 ; j = 1, 2, 3, 4) \quad \text{şeklinde olur.} \quad (1)$$

Problemin uygun çözümü varsa toplam istem toplam sunumdan daha çok olamaz.

Yani:

$$\sum_{i=1}^4 ai \geq \sum_{j=1}^5 bj \quad (2)$$

Ayrıca uygun çözüm varsa, karar değişkenleri ( $x_{ij}$ ) tam sayı değerini almadıklarında çözümün fazla bir kullanımı olamaz. Böylece diyebiliriz ki, eğer  $a_i$  ve  $b_j$  nin tüm sayı değerleri tam sayı ve her bir  $x_{ij}$  nin değerleri tam sayı değerinde ise ulaştırma probleminin en az bir optimal çözümü vardır.

### 1.1.2. Ulaştırma Modeli Çözüm Algoritması

Ulaştırma problemlerini çözümlerken ulaştırma tekniğinde aşağıdaki adımlar izlenir.

1. Başlangıçta temel uygun çözümleri bulunur.
2. Bulunan çözümlerin optimal olup olmadığına bakılır. Bu adım aynı zamanda temel olmayan değişkenler arasında temel değişken olarak girecek değişkeni belirler.
3. Çözüm optimal değilse geliştirilir, yani halihazır temel değişkenler arasında çözümleri bırakacak değişkenler belirlenerek yeni temel çözüm bulunur.
4. İki ve üçüncü adımlar optimal çözüm elde edilinceye kadar yinelenir.

Ulaştırma probleminde  $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$  olduğunda, ulaştırma tablosunda

$m$  satır sayısını,  $n$  de sütun sayısını gösterir. Ayrıca  $m + n$  sayıdaki kısıtlayıcılarından birisi keyfidir. Problem  $m + n$  sayıda değişkenli ve çözümdeki dağıtım işlemi  $m + n - 1$  sayıdaki hücreye yapıldı ise çözüm temel olduğu gibi  $m + n - 1$  sayıda değişkeni de vardır.

Ulaştırma problemlerinin başlangıç temel uygun çözümüne ulaşmak için başvurulacak yöntemleri şöylece sıralayabiliriz;

1. Kuzey Batı Köşe Yöntemi
2. En Az Maliyetli Gözeler Yöntemi
3. Sıra veya Sütun Enküçüğü Kullanımı Yöntemi
4. Vogel Yaklaşım (VAM) Yöntemidir.

### 1.1.3. Ulaştırma Modeli Çözüm Yöntemleri

Ulaştırma modellerinin uygulamaları sadece malların coğrafi bir yerden başka bir coğrafi yere taşınmasıyla sınırlı değildir. Üretim-stok kontrolü ve teçhizat bakımı konusundaki uygulamalarda söz konusudur (Taha, 2000 : 163).

Ulaştırma algoritmasının adımları simpleks algoritmasıyla tamamen paraleldir. Yani:

**Adım 1:** Başlangıç uygun temel çözümü belirlenerek adım 2'ye gidilir.

**Adım 2:** Tüm temel dışı değişkenler içinden giren değişkeni belirlemek üzere simpleks yöntemin optimumluk koşulunu kullanılır. Optimumluk koşulları sağlanmışsa durulur. Aksi halde adım 3'e gidilir.

**Adım 3:** Mevcut tüm temel değişkenler içinden çıkan değişkeni belirlemek üzere simpleks yöntemin uygunluk koşulunu kullanılır ve yeni temel çözümü bulunur. Adım 2'ye geri dönlür.

Bundan sonra bu adımların her biri detaylandırılmıştır.  $m$  kaynaklı,  $n$  hedefli genel bir ulaştırma problemi, her kaynak için bir tane ve her hedef için bir tane olmak üzere  $m + n$  sayıda kısıt denklemine sahiptir.

Bununla birlikte, ulaştırma probleminin daima dengelenmiş olması sebebiyle (arzların toplamı = taleplerin toplamı) bu denklemlerden biri fazla (hayali) olabilir. Dolayısıyla modelin  $m + n - 1$  tane bağımsız kısıt denklemi olacaktır. Bu da başlangıç temel çözümün  $m + n - 1$  temel değişkenden oluşması demektir.

Bu yöntem arasında, oluşturdukları başlangıç temel çözümün "kalitesi" açısından farklılık vardır. Daha iyi çözüm daha küçük bir amaç fonksiyonu değeri anlamına gelmektedir. Genelde, en iyi başlangıç temel çözümünü Vogel Yöntemi; en kötüsünü ise, Kuzeybatı Köşesi Yöntemi vermektedir. Buna karşılık en az hesaplama Kuzeybatı Köşesi Yönteminde yapılmaktadır.

#### 1.1.3.1. Kuzeybatı Köşesi Yöntemi

Yöntem, tablonun  $X_{ij}$  değişkeninin yer aldığı kuzeybatıdaki hücrede (kutuda) başlar.

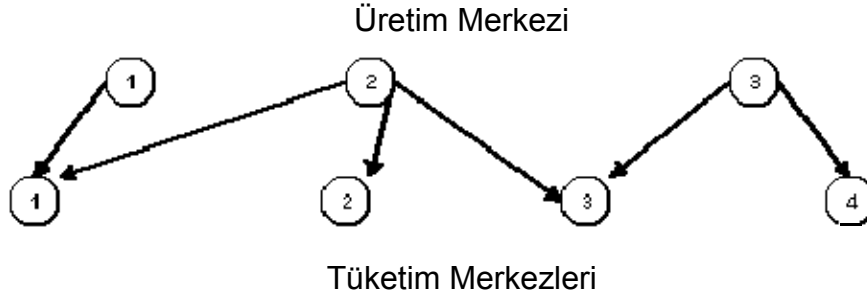
**Adım 1:** Seçilen kutuya mümkün olduğunca fazla atama yapılır ve ardından bu atanan miktar arz ve talep miktarlarından çıkarılarak gerekli düzenlemeler yapılır.

**Adım 2:** İleride tekrar atama yapılmasını önlemek için çıkarma sonucu sıfır arz ya da talebe ulaşan satır ya da sütunu iptal edilir. Hem satır hem de sütun aynı anda sıfıra gelmişse biri seçilir ve iptal edilmeyen satır (sütun)'daki sıfır arzı (talebi) dikkate alınmaz (terk edilir).

**Adım 3:** iptal edilmeyen sadece bir satır ya da sütun kaldığında durulur. Aksi halde, bir önceki işlemde sütun iptal edilmişse sağ kutuya, satır iptal edilmişse bir aşağıdaki kutuya geçilir. Adım 1'e gidilir.

Kuzey Batı Köşe Kuralı, uygulaması basit ve verdiği başlangıç çözümü optimuma pek yakın olmayan bir yöntemdir. Bu nedenle, optimum çözüme ulaşmak için diğer yöntemlere göre daha çok hesaplama gerektirir. Yan bir anlamda ulaştırma için ucuz olabilecek bir dağıtım planını verememektedir (Öztürk,1994:198).

**Şekil 3. Üretim ve Tüketim Merkezleri Arasındaki Rotalar**



#### 1.1.3.2. En Düşük Maliyetler Yöntemi

En ucuz rota üzerine yoğunlaştığından daha iyi bir başlangıç çözümü bulmaktadır. Şekil 3'te üretim ve tüketim merkezleri arasındaki örnek rotalar görülmektedir. Kuzeybatı köşesi yönteminde olduğu gibi kuzeybatı kutusuyla başlamak yerine, en düşük birim maliyetli kutuya mümkün olduğunca fazla atama yapmak suretiyle başlangıç çözümü oluşturmaya başlanır (Eşitlik durumunda rasgele bir atama yapılır). Daha sonra, arz ve talep miktarları ayarlanır ve yapacağı atama tamamlanan satır ya da sütun iptal edilir. Eğer, aynı anda satır ya da sütun iptali gerekirse, kuzeybatı köşesi yönteminde olduğu gibi bunlardan sadece biri iptal edilir. Ardından, iptal edilmemiş kutular içinden en düşük maliyetlisi bulunur ve süreç bu şekilde iptal edilmeyen bir satır ya da sütun kalıncaya kadar tekrarlanır.

#### 1.1.3.3. Sıra Veya Sütun En Küçüğü Kullanım Yöntemi

Sıra en küçüğü yöntemine göre önce birinci sıradaki en küçük maliyetli göze, sıra ve sütun şartlarına bağlı kalarak en büyük ayırım yapılır. Eğer 1. sıra şartı doyurulamamış ise, sırada bir sonraki en küçük

maliyetli göze kalan miktar dağıtılır. Böylece her defasında bir alt sıraya geçilerek aynı işlem yapılır ve her sıra ve sütun miktarı doyurularak tüm ayırımlar yapılır.

#### 1.1.3.4. Vogel Yaklaşım Yöntemi (VAM)

VAM Yönteminin (Ceza Maliyet Yönteminin) adı, İngiliz 'Vogel's Approximation Method' kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Yöntem, W.R.Vogel tarafından 1958 de ortaya çıkarılmıştır (Esin,1988:226).

VAM, En Düşük Maliyetler Yönteminin geliştirilmiş hali olup, genelde en iyi başlangıç çözümü vermektedir. Vogel yaklaşım yöntemi (VAM) kuzey-batı köşesi kuralı gibi çabucak başlangıç çözümü vermez, fakat onun başlangıç dağıtımları optimal çözüme oldukça yakındır (Öztürk,1994).

VAM (Vogel's Approximation Method) bu aşamaları azaltarak sonuca daha kısa bir sürede yaklaşmayı sağlayan temel bir çözüm belirlemeyi amaçlar.

Bu nedenle VAM yöntemi optimal bir çözümü garantilemez. Yani bu yöntem ile bulunacak çözüm optimal olabileceği gibi olmayabilir de. Ancak bu durumda bulunan çözüm optimal çözüme çok yakın bir çözümdür. Dolayısıyla, VAM ile bulunan çözümün atlama taşı ya da MODI yöntemlerinden biri ile optimal olup olmadığı araştırılmalıdır. Eğer bulunan çözüm optimal değilse, optimal çözüme yakın bir aşamadır. Bu aşamadan sonra yine atlama taşı ya da MODI yöntemi ile optimal çözüm bulunmaya çalışılır. Bu nedenle, VAM yöntemi ulaştırma problemlerinde optimal çözümü yaklaşık olarak belirleyen etkili bir yöntemdir.

**Adım 1:** Pozitif arzlı (talepli) her satır için, satırdaki (sütundaki) en küçük birim maliyetini aynı satırın (sütunun) ikinci en küçük birim maliyetinden çıkararak bir ceza ölçüsü belirlenir.

**Adım 2:** En büyük cezaya sahip satır ya da sütunu saptır. Eşitlik halinde rasgele seçim yapılabilir. Bu satır ya da sütundaki en düşük maliyetli kutuya mümkün olduğunca fazla miktarda atama yapılır. Kalan arz ve talepleri hesaplanır ve sıfırlanan satır ya da sütunu iptal edilir. Aynı anda sıfırlanan satır ya da sütunlar varsa, sadece biri iptal edilerek kalan satıra (sütuna) sıfır miktarda arz (talep) atanır.

Vogel Yaklaşım Yöntemi (VAM), dağıtım problemlerinin çözüm tekniği olarak verilmiş olan KBK ve MODI yöntemlerinin bir alternatifi olarak sunulmaktadır. VAM'ın üstünlüğü, KBK ve MODI yöntemlerinden daha basit ve daha çabuk çözüme ulaşmasıdır. VAM'ın zayıf tarafı ise, bazı dağıtım problemlerine optimuma yakın bir çözüm sağlamasıdır. Bu ikinci durumda çözümün optimalite kontrolünün KBK ve MODI yöntemleri ile yapılması gerekir (Halaç,1991:432 - 434).

Vogel Yaklaşım Yöntemi adım adım çözüme ulaşmaktadır. İlk olarak matrisin her bir satır ve sütununda bulunan en büyük iki maksimum elemanın (maliyet veya kar değeri) arasındaki matematiksel farklar belirlenir.

Vogel yönteminin özelliği en iyi çözüme en yakın çözümü vermesidir. Bu nedenle VAM yöntemiyle elde edilen çözüm, bazı hallerde yaklaşık bir en iyi sonuç olarak kabul edilmektedir. Fakat VAM yöntemi küçük çaptaki problemlere de genellikle en iyi çözüm vermekle beraber, en iyiye mutlaka ulaşacağını garantilemektedir.

#### 1.1.4. En Uygun Çözümün Bulunması

Ulaştırma problemleri için en uygun yani optimal çözüme ulaşmak için, önce işe başlangıç bir çözümle ulaşılan dağıtım programında başlanır. Başlangıç çözümün optimalliğini kontrol etmek için, dağıtımda kullanılmayan herhangi bir yer dağıtım programına alınarak, toplam taşıma maliyetinde tasarruf sağlanabilir. Bu demektir ki, ulaştırma tablosunda kullanılmayan herhangi bir göze (hücre) veya dağıtım ağındaki yol, olabilen tasarrufu sağlayabilir, dolayısı ile bu gözden geçirilmelidir (L.Riggs & Inoue, 1975 : 215).

Tasarruf sağlayacak dağıtım yerleri belirlenir ve ayrımlar bu yerlere yapılarak en düşük taşıma maliyetine ulaşılır. Bunun için genellikle iki yöntem kullanılır. Bunlar; **atlama taşı** yöntemi ile **çoğaltan** veya **basitleştirilmiş dağıtım** yöntemidir (Öztürk,1994).

#### 1.2. Şebeke Modelleri

Şebeke sözcüğü ok şeklinde çizilen ve şebeke planlama tekniklerinin esas bir kısmını oluşturan birbirine bağlı faaliyetlerin şekiller ya da bir diyagram olarak gösterilmesinden gelir. Ayrıntılı bir şekilde şebeke için şu tanımı getirebiliriz. Program amacına ulaşabilmek için gereken faaliyetler ve olaylardan meydana gelen, faaliyet ve olayların birbirleri ile olan planlama gereği bağlantı ve ilişkilerini gösteren şemaya şebeke denir (Öztürk,1994: 265).

Ulaşım hatları, haberleşme şebekeleri, enerji taşıma hattı gibi kavramlarda şebeke kavramı ile simgelenmektedir (Kim,1996: 193 - 217).

Şebeke “düğüm” ve “hat” kümesidir. Hat ise, iki düğümü birleştiren çizgidir (Halaç,1991: 514).

Gün içindeki farklı servis düzeyleri ve karmaşık iş kuralları nedeniyle taşımacılık planlaması güç bir iştir. Şebeke optimizasyonu, matematiksel programlamanın önemli ve uygulamaya yönelik dallarından birisidir. Son 20–30 yıl içinde bu alanda elde edilen gelişmeler, endüstri ve hükümetleri de içine alan geniş bir yelpazedeki problemlerin çözümünde, şebeke analizini temel planlama ve çözümlene araçlarından biri haline getirmiştir (Ulucan, 2004 : 154).

Şebeke analizinin bu derece önem kazanması, gerek problemin planlanması gerekse çözümlenmesi aşamasında sağladığı avantajlardan dolayıdır. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir;

1. Şebekeler ile pek çok uygulama hassas olarak modellenenabilir.
2. Şebeke modelleri diğer yöneylem araştırması modellerine göre, yönetim tarafından daha kolay kabul edilebilir yapıdadır. Çünkü bu modeller fiziksel şebekeler ile doğrudan ilişkilendirilebilir. Bu yüzden sayısal bilgisi kuvvetli olmayan kişilere de açıklaması kolaydır.
3. Şebeke modelleri büyük ölçekli optimizasyonun sınırlarını çok genişletmiştir. Günümüzde onbinlerce kısıt ve milyonlarca değişkeni içeren modeller rutin olarak çözülebilmektedir. Şebeke modellerine yönelik olarak geliştirilmiş algoritmalar, genel amaçlı doğrusal programlama algoritmalarına göre çok daha hızlı çözüme ulaşabilmektedir.
4. Şebeke modellerinin oluşturulması kolaydır. Şebeke içerisinde bir akım tanımlanır. Bu akım genellikle karar değişkenleridir. Akımın korunması (Bir noktaya gelen akış, o noktadan giden akışa eşittir. Eşit(siz)likleri yazıldığında, modelin kısıtları da türetilmiş olur.
5. Gerçek hayatta pek çok problem şebeke yapısı içermektedir. (Örnek, taşıma sistemleri, nakit akışı sistemleri, elektrik - su şebekeleri vb.)

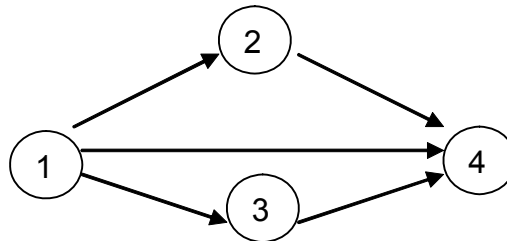
Şebeke modellerinin literatürdeki uygulama alanları ise aşağıdaki şekilde gruplanabilir;

1. Üretim-stok-dağıtım sistemleri,
2. Askeri lojistik sistemler,
3. Şehir trafik sistemleri,
4. Demiryolu sistemleri,
5. İletişim sistemleri,
6. Boru hattı şebeke sistemleri,
7. Faaliyetleri yerleştirme sistemleri,
8. Rota belirleme ve programlama sistemleri,
9. Elektrik şebekeleri,
10. Finansal analiz sistemleri,
11. Proje teklifi değerlendirme sistemleri,
12. Tahsis sistemleri,
13. Nakit akışını içeren şebeke sistemleri,
14. Fabrika yerleşimi problemi.

Şebeke modelleri, taşıma modelleri, atama modeli, aktarma modeli, en kısa yol problemi, genellenmiş şebeke modeli, maksimum akış problemi, en az yayılan ağaç problemi olarak sıralanabilir.

Şekil 4’de örnek bir şebeke diyagramı görülmektedir.

**Şekil 4. Bir Şebeke Diyagramı Örneği**



Şebeke diyagramlarında dairelere düğümleri, iki daireyi birleştiren çizgiler de bir hattı temsil etmektedir. Her iki düğümü birbirine bağlayan hat

sırasına zincir adı verilmektedir. Bir düğümü tekrar kendisine birleştiren hatların oluşturduğu zincire ise çevrim denir. Her hangi bir çevrim ihtiva etmeyen her bir düğümü, diğer her düğüme bir hat ile bağlı olan bir şebekeye ağaç denir. Hatların uçlarında ok işaretleri bulunduğu zaman bu hatlar yönlendirilmiş hatlar olarak adlandırılır (Balas & Cristofides,1976: 218).

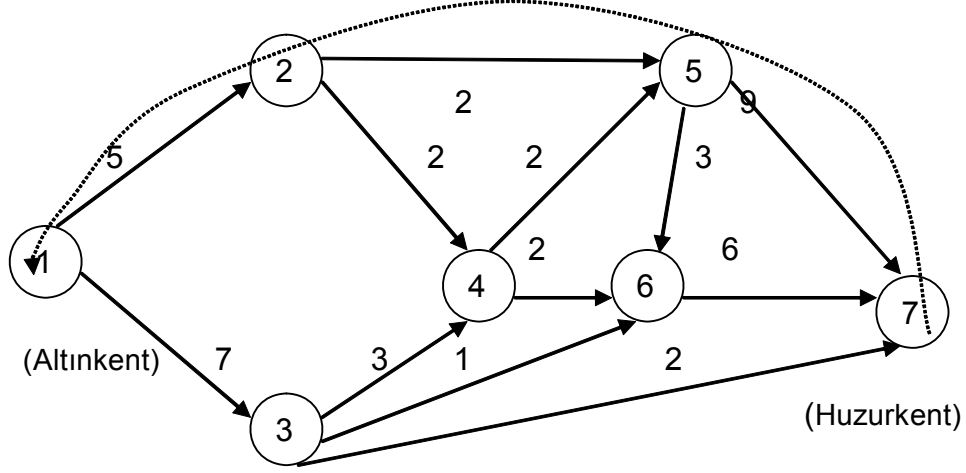
### *1.2.1. Şebeke Modelleri Çözüm Yöntemleri*

#### *1.2.1.1. Maksimum Akış Modelleri*

En yüksek veya diğer bir isimle maksimum akış problemlerindeki amaç, iki nokta arasında taşınan malzeme miktarını optimum kılacak bir yükleme şemasını geliştirmektir (Öztürk,1994:176).

Asıl noktaya “kaynak”, hedefe de “bitim” adı verilir. Çeşitli yüklemeler, kaynak ve bitimleri birleştiren dallar üzerinde olur ki ara yerleşimlere “birleşim” adı verilir. Birleşim noktalarının malzemeleri depolamadığı varsayılır. Yani herhangi bir malzeme birleşim noktasına geldiğinde, hemen o nokta malzemeyi diğer noktaya gönderir. Durum böyle olunca en yüksek akış problemleri de bir şebeke modeli olarak ele alınabilir. “Kaynak”, “bitim” ve birleşimler noktalar ile gösterilirken dallar da taşınan malzemelerin yollarını gösterirler.

**Şekil 5. Yönlendirilmiş Hatlı Akış Modeli**



Şebeke modelleri iki şehir arasında maksimum trafik akışı problemine, tabii gaz nakil şebekelerine kaynaktan şehirlere (aydınlatma noktalarına) maksimum güç (elektrik) naklinde vb. gerçek problemlere uygulanabilmektedir (Halaç,1991: 518).Şekil 5'te örnek maksimum akış modeli görülmektedir.

Tek başlangıç noktası (kaynak düğümü) ve tek çıkış noktası bulunan bir şebekeyi ele alırsak; bu durumda maksimum akış problemi, belirli bir zaman periyodu içinde şebekenin başlangıç ve çıkış noktaları arasındaki maksimum akışı bulmayı amaçlar. Örnek olarak; oto yollarındaki veya demiryollarındaki akışın ya da haberleşme kanallarındaki (hatlarındaki) akışın maksimize edilmesini gösterebilirler (Levin & Kirkpatrick & Rubin, 1982 : 633).

Bazı işletme kararları da iki nokta arasındaki maksimum akışı bulmayı gerektirir. Örnek olarak, bir petrol borusu şebekesinin iki noktası arasındaki maksimum akış, bir internet şebekesinin maksimum akışı, şehirdeki iki nokta arasındaki maksimum akış, çeşitli yatırım enstrümanlarının oluşturduğu bir şebekedeki maksimum akış verilebilir. Maksimum akış problemlerinde elimizde bir şebeke ve bu şebekenin başlangıç ve bitiş

düğümüleri vardır. Şebekedeki düğümleri birbirine bağlayan yayların üstünden birim zamanda gerçekleşebilecek akışın kapasitesi bellidir. Karar verici, başlangıç ve bitiş düğümleri arasındaki maksimum akışı bulmaya çalışır (Ulucan,2004:187).

#### 1.2.1.2. En Az Yayılan Ağaç Modelleri

Bir şebekedeki tüm düğümleri en az maliyetle (para, süre vb.) birbirine bağlayan yaylar grubunu bulan şebeke modelleri “En Az Yayılan Ağaç Modelleri” olarak adlandırılır En az yayılan ağaç problemleri bilgisayarda modellenerek çözümlenin yanı sıra şebeke üzerinde basit bir yaklaşımla da çözülebilir (Ulucan, 2004 : 190).

#### 1.2.1.3. Minimum Yayılma Modeli

Bu modellerde amaç, her bir olay veya nokta çiftleri arasında en kıs yolu bularak, Şebeke içinde toplam en kıs uzaklığı sağlayan yolu bulmaktır (Öztürk,1994:170).

“ $n$ ” düğümlü şebeke ile  $i$  ve  $j$  düğümlerini ikişer ikişer birbirine birleştiren  $d_{ij}$  mesafesi verilerek, amaç okların uzunlukları toplamının minimum olması için oklarla şebekenin tüm düğümlerini birleştirmektir. Bu işlem şebekenin tüm düğümlerini içeren minimal ağacın (=ağacın minimum açılmasının) belirlenmesiyle aynıdır (Taha, 2000 : 211).

Bu algoritma, ayırık her bir düğümün birleşik düğümler kümesinde kapalı düğümlere birleştirme fikrine dayanır. Algoritma, “birleşik düğümlerin” ilk kümesinden herhangi bir düğümün seçimi ile başlar. Başlangıç noktasının

rasgele seçimi minimum yayılma uzaklığının bulunmasını etkilememektedir. Minimal ağacın belirlenmesinde, belirtilen ilk kümenin tanımladığı spesifik düğüm seçiminden bağımsız olduğuna dikkat edilmelidir (Halaç,1991: 533).

Bu algoritmanın aşamaları da şöyledir:

**1. AŞAMA** : Şebeke içinde rasgele bir nokta seçilerek kendisine en yakın nokta ile birleştirilir.

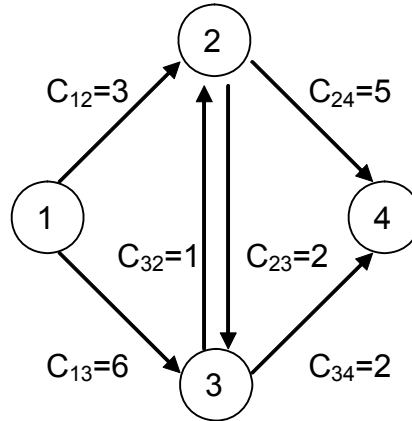
**2. AŞAMA** : Birleştirilmiş noktaya en yakın birleştirilmemiş nokta bulunarak, bu iki nokta birleştirilir.

**3. AŞAMA** : Tüm noktalar birleştirilinceye kadar iterasyona devam edilir.

#### 1.2.1.4. En Kısa Yol Modelleri

$C_{12}$ , 1'nci ve 2'nci düğüm arasındaki uzaklık olarak kabul edilirse, problem iki düğüm arasındaki en kısa yolu içeren kaynak ve terminal arasındaki zinciri bulmak olacaktır. İki düğüm arasındaki en kısa yolu içeren zincire en kısa yol denir. Şekil 6'da en kısa yol modeli görülmektedir.

**Şekil 6. En Kısa Yol Modeli**

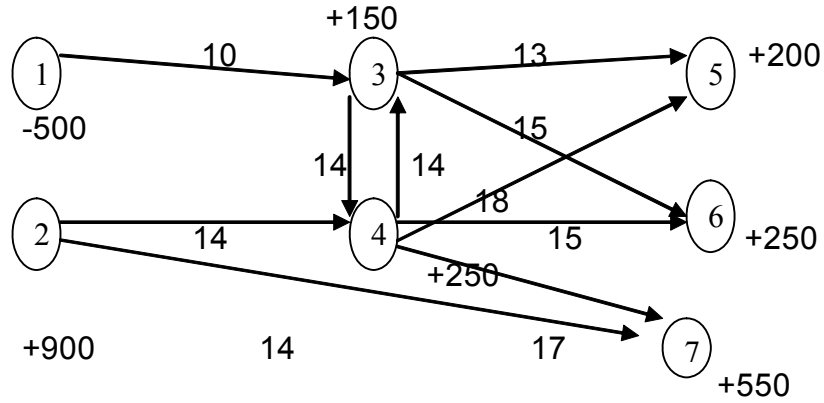


### 1.2.2. Şebeke Modellemesi Terminolojisi

Bir şebeke, düğümler ve yaylardan oluşur. Düğümler, bir malın o noktaya gittiği ya da o noktadan geldiği bölgeler veya terminaller olarak düşünülebilir. Bu fikirden yola çıkılırsa, yaylar da, yollara, otobanlara ya da benzer fiziksel akış ortamlarına karşılık gelir. Şebeke yapısı, görsel olarak kolaylıkla ifade edilebilir. Bu yapıda düğümler, numaralanmış daireler şeklinde, yaylar da düğümleri bağlayan çizgiler şeklinde gösterilir. Her yay üzerindeki ok, o yayın akış yönünü ifade eder (Ulucan, 2004: 154 - 162).

Örnek bir şebeke gösterimi aşağıda görülmektedir.

**Şekil 7. Örnek Bir Şebekenin Elemanları**



Şekil 7'de, 1'den 7'ye kadar numaralanmış yedi düğümden oluşan bir şebeke görülmektedir. Düğümler arası akışlar yönlü yaylarla gösterilmiştir. Bu yaylar üzerindeki akış miktarı kurulacak problemin karar değişkeni olacaktır. Dolayısıyla,  $x_{ij}$ ,  $i$  düğümden  $j$  düğümüne akış miktarı olarak tanımlanır. Aynı şekilde  $c_{ij}$ ; bir yay üzerinde bir birim ürünün akış maliyeti olarak tanımlanır ve yayların üzerinde gösterilir. Şekil 7'de, 1 numaralı düğümden 3 numaralı düğüme bir birimin akış maliyeti  $C_{13} = 10$  olarak verilmiştir.

Eğer bir düğümde sadece dışarı doğru akış varsa, düğüme doğru hiç akış gelmiyorsa, bu düğüm “arz düğümü” olarak tanımlanır. Örneğimizde 1 ve 2 numaralı düğümler arz düğümleridir. Öte yandan bir düğüme sadece dışarıdan akış varsa, düğümden dışarıya hiç akış gitmiyorsa da, talep düğümü olarak adlandırılır (5, 6, 7 numaralı düğümler). Hem dışarıya akış gönderilen hem de dışarıdan akış alınan düğümler ise, aktarma düğümleridir (3 ve 4 numaralı düğümler). Düğümler arasında her iki yönde de akış varsa, iki ayrı yayla gösterilir. Örneğin 3 ve 4 numaralı düğümlerin her ikisinden de diğerine akış mümkündür ve bu iki ayrı yayla gösterilmiştir. Matematiksel olarak ise  $X_{34}$  ve  $X_{43}$  değişkenlerine karşılık gelmektedir.

Düğümlerden arz edilen ürün miktarları (A) arz olduğunu anlamamız için negatif işaretlerle, düğümlerden talep edilen miktar da (T) pozitif işaretlerle gösterilmiştir. Örneğin 2 numaralı düğümün arzı 900 birim, 6 numaralı düğümün talebi ise 250 birimdir.

Problem şebeke modeli olarak tanımlanırken, amaç fonksiyonu ve kısıtlar oluşturulur. Şebeke optimizasyonunda kısıtlar oluşturulurken her bir düğüm için akışın korunumu kuralı uygulanır.

$$\sum (\text{Gelen Akış}) - \sum (\text{Giden Akış}) - \text{Talep (ya da + Arz)} = 0 \quad (4)$$

$$1 \text{ numaralı düğüm için; } -x_{13} + 500 = 0; \quad -x_{13} = -500$$

$$1 \text{ numaralı düğüm için; } x_{35} + x_{45} - 200 = 0; \quad x_{35} + x_{45} = 200$$

$$1 \text{ numaralı düğüm için; } x_{13} + x_{43} - x_{34} - x_{35} - x_{36} - 150 = 0; \quad x_{13} + x_{43} - x_{34} - x_{35} - x_{36} = 150$$

Eğer şebeke içindeki toplam arz, toplam talebe eşit değilse, eşitlik olarak yazılmış olan akışın korunması kısıtları, problemin yapısı doğrultusunda  $<$  ya da  $>$  olabilecektir.

### Özel Durumlar:

1. Ulaştırma problemlerinde amacımız her zaman toplam ulaştırma maliyetini minimize etmek olmayabilir. Zaman zaman elimizde veri olarak bir birimi iki nokta arasında taşımanın faydası da olabilir. Bu durumda amacımız faydayı maksimize etmek olacaktır. Modelin sadece amaç fonksiyonu tipi değişecek, diğer tüm bileşenleri aynı kalacaktır.
2. Model dengede değilken, yani toplam arz toplam talebe eşit değilken iki ayrı seçenek söz konusudur;
  - a) Eğer arz talepten fazla ise, genel modelimizde kısıtları = işaretli almadığımız için hiçbir sorun çıkmayacaktır. Arz fazlası kadar miktar en yüksek maliyetli kaynak düğümünde gevşek değişken olarak kalacaktır.
  - b) Ancak, talep arzdan fazla ise, model normal olarak çözüm bulamayacaktır. Çünkü talep noktalarının kısıtları  $>$  işaretlidir. Oysa elimizde, tüm talep noktalarının  $>$  kısıtını sağlayacak miktarda arz yoktur. Öte yandan yönetim, talep arzdan çok da olsa, arz kadar miktarın talep edenlere dağıtılmasını, geri kalanın da karşılanamayan talep olmasını isteyebilir. Bunu sağlamak için iki ayrı yaklaşım kullanılabilir:
    - i. Arz kısıtlarının  $<$  işaretleri = ile değiştirilerek arz kadar miktarın dağıtılması sağlanır. Ardından Talep kısıtlarının işaretleri de  $\geq$ 'den  $\leq$ 'e değiştirilerek eldeki arzın talep noktalarına dağıtılması garantilenir.
    - ii. Talep-Arz farkı kadar arz kapasitesine sahip sanal bir kaynak düğümü (kukla fabrika) yaratılır. Bu sanal kaynak düğümünün hedef düğümlere taşıma maliyetleri 0 olarak alınır. Bir önceki maddede verildiği gibi kısıtların işaretleri değiştirilmez. Tüm karşılanamayan talep, bu sanal noktadan karşılanıyor gibi görünür.
3. Kaynaklar ile hedefler arasında istenmeyen rotalar olabilir. Ya da fiziksel olarak iki nokta arasında ulaştırma yapılması mümkün değildir. Bu durumu da modele katmak oldukça kolaydır. İstenmeyen rotanın maliyet matrisindeki değeri çok büyük bir sayı olarak girilirse ve bu sayıya  $M$  denilirse bu durum Excel Solver'ı o rotayı çözüme dahil etmekten alıkoyacaktır.

### 1.3. Tamsayı Doğrusal Programlama

Karar değişkenlerinin tümünün ya da bir kısmının tamsayı değerler almak zorunda olduğu, doğrusal programlamanın bir uzantısı olan modellerdir.

Gerçek hayat problemlerinde karar değişkenlerinin tamsayı değerler almaları gerekliliği kimi zaman kaçınılmaz olmaktadır. Aşağıda tamsayı programlamanın gerekliliğini ve önemini vurgulayan noktalara değinilmiştir;

- ✚ 8.72 eleman istihdam etmek, 3.5 banka şubesi açmak, 11.4 otobüs üretmek gibi kesirli sonuçlar yönetimin karar verme sürecinde hiçbir anlam ifade etmeyebilir. Bu sayıları bir alt tamsayıya yuvarlamak da az sonra açıklayacağımız gibi optimal çözüm olmayabilir. Hatta uygun çözüm bölgesinde de yer almayabilir.
- ✚ Tamsayı doğrusal programlama yaklaşımı ile mantıksal ifadeleri içeren kısıtlar da modele dâhil edilebilir. Örneğin, "Ankara'ya bölge müdürlüğü kurarsak Kayseri'ye kurmamalıyız", "Proje1'e yatırım yaparsak Proje 2'ye de yatırım yapmalıyız", "Üç tip kargodan en fazla ikisini uçağa yükleyebiliriz", gibi ifadeler tamsayı değişkenler yardımıyla modelde gösterilebilir.
- ✚ Pek çok karar problemi, "evet-hayır", "açık-kapalı", "0-1", "doğru-yanlış", "üret-üretme" gibi ikili yapıda olup bunlardan birisini seçmeyi hedefler. Tamsayı doğrusal programlama yaklaşımı bu tipteki ikili değişkenleri de modele dâhil edebilecek bir yapıdadır.

TDP modellerinin matematiksel formda gösterimi, doğrusal programlama (DP) modellerinin gösterimine çok benzemektedir. TDP modelinin gösteriminin, DP gösteriminden tek farkı, modelin sonuna tüm değişkenlerin tamsayı olduğu ifadesinin eklenmiş olmasıdır (Ulucan, 2004 : 202).

TDP modellerinde uygun bölgede sadece bu bölge içindeki tamsayı değer alan noktalar çözüme girebilir. İlk bakışta bu tip modellerin çözümü çok kolay gibi görünse de, aslında bunun tam tersi doğrudur. Özellikle modelin boyutu büyüdükçe problemin çözümü de o ölçüde zorlaşmaktadır.

DP problemlerinde çözüm mutlaka uygun bölgenin uç noktalarından birisi olmak zorunda iken, TDP'lerde böyle bir şart yoktur. DP problemlerinin çözümünde kullanılan Simpleks tabanlı çözüm algoritmaları uygun bölgedeki uç noktaları deneyerek sürekli amaç fonksiyonunu daha da iyileştirecek şekilde ilerleyip, daha iyi bir amaç fonksiyonu değeri bulamadığında optimal çözüme ulaştığını anlar ve durur. Oysa orta ölçekli bir TDP probleminde çözüm, uygun bölge içindeki on binlerce tamsayı değerden birisi olabilir.

DP modellerindeki optimal çözüm olabilecek köşe noktası sayısı ile, TDP problemlerinde çözüm olabilecek tamsayı noktaların sayısı karşılaştırıldığında, TDP modellerindeki olası çözüm noktası sayısı çok daha fazla çıkacaktır. Bu da teknik açıdan, bu tip problemlerin çözümünün, standart DP problemlerine göre çok daha zor olduğuna ve uzun süre gerektirdiğine işaret etmektedir. Tamsayılı modelleri çözmek için günümüzde sürekli etkin algoritmalar geliştirilmektedir.

Doğrusal programlama problemlerinin tipine bağlı olarak bir kısım değişkenlerin veya bütün değişkenlerin tam sayılı değerler alması halinde tam sayılı programlama ortaya çıkmaktadır (Hallaç, 1991:458).

Birçok yönetim problemi, doğrusal programlamayla formüle edilip çözülebilir. Ancak, bazen tamsayılı olan çözümler gerekli olabilir. Örneğin, doğrusal programlama modelindeki bir  $X$  değişkeni bir durağa uğranıp uğranılmamasına ilişkin olabilir. Eğer  $X = 1$  ise, durağa uğranacaktır,  $X = 0$  ise uğranmayacaktır. İşte değişkenlerin sadece 0 veya 1 değeri alması

nedeniyle bu tip tamsayılı modeller 0 - 1 binary algoritmaları kullanılarak çözülmektedir (Hallaç, 1991:458).

Doğrusal programlama sürekli fonksiyonlarla ilgilidir. Tamsayılı programlama ise kesikli fonksiyonlarla ilgilidir (Akgül,1993 : 3).

Tamsayılı programlama modeli, doğrusal programlamaya benzemektedir. Ancak değişkenlerin bazıları veya tamamı için tam sayı olma zorunluluğu olduğundan, doğrusal programlama modelinden farklı olarak tam sayı kısıtlayıcıları kullanmak gerekmektedir (Ada, 1990 : 164).

$$\text{Amaç Fonksiyonu: MAKS (MIN) } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (5)$$

$$\text{Kısıtlayıcılar : } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (<=, =, >=) b_i \quad i=1,2,\dots,m$$

$$x_j \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n$$

$$x_i \text{ Tam sayı} \quad i=1,2,\dots,p \\ (P \leq n)$$

#### **1.4. Atama Modeli**

Atama modeli veya problemleri genel doğrusal programlama problemlerinin özel bir durumudur. Atama modeli türlü kaynakların değişik görevlere en uygun şekilde dağıtımını sağlamayı amaçlar. Söz konusu modele en çok işçilerin işlere veya işlerin makinelere programlanmasında başvurulur. Programlama bir işe veya makineye bir işçi ayrılacak şekilde yapılır. Atama

modelinde amaç, etkinliği maksimum kılmak için kaynak kullanımının bire bir dağıtımını sağlamaktır (Öztürk,1994 : 233 - 245).

Aslında, atama modeli, kaynakları işçiler, hedefleri de işler olan özel bir ulaştırma modelidir (Taha, 2000 :193).

Ulaştırma modellerine birkaç basit varsayım eklendiğinde yeni bir optimizasyon problemi türü ile karşılaşırız. Bu türden problemler optimizasyon literatüründe “atama problemi” olarak bilinir. Tipik bir atama probleminde işçilerin makinelere dağıtımı kişilerin işlere tayini satış personelinin satış bölgelerine dağıtımı vb. durumlarda karşılaşılır. Bu türden problemler için amaç, maliyetin en küçüklenmesi, karın en büyüklenmesi, toplam zamanın en küçüklenmesi vb. olabilir (Bakır ve Altunayak, 2003: 137).

Atama modelleri, bölünemez yapıdaki kaynakların (insan, makine, araç, bina...) faaliyetlere (görev, rota...) optimal atamaları ile uğraşır. Geçek hayatta bu problemin pekçok uygulama alanı vardır; makinelere işlerin atanması, satış temsilcilerinin bölgelere atanması gibi. Standart atama modelinde kaynaklar bölünemez yapıdadır. Yani bir kişi sadece bir işe atanabilir. Dolayısıyla kaynak sayısıyla, hedef sayısı eşittir (Ulucan, 2004:162).

"İşe en uygun kişi" muhtemelen atama modeliyle halledilecek bir konudur. Bu durum, işçilerin işlere atanması şeklinde bir ifadeyle daha iyi anlatılabilir. Burada, beceri düzeyi farklı olsa bile herhangi bir işçi herhangi bir işi üstlenilmelidir. Üstlenen herhangi bir işteki bir işçinin ustalık maliyeti ondan daha usta olan operatörün maliyetinden daha az olmaktadır. Modelin amacı, işçilerin işlere optimum (en düşük maliyetli) atanmasını belirlemektir (Taha, 2000 : 192).

Yukarıda da belirtildiği üzere; Atama Modelinde işçi veya iş sayısının makine sayısına eşit olduğu kabul edilir. Eğer eşit değilse daha önce ulaştırma problemlerinde kullandığımız yöntem başvururuz. Diyelim ki,  $m$  işçi sayısını,  $n$  de makine sayısını gösterebiliriz. Eğer  $m > n$  ise  $(m-n)$  miktarında kukla makine modele eklenir. Eğer  $m < n$  ise  $(n-m)$  miktarında kukla işçi modele katılarak  $m = n$  eşitliği sağlanır. Kukla makine veya kukla işçilerin maliyetleri ( $c_{ij}$ ) sıfırdır. Ayrıca zaman veya maliyeti gösteren  $c_{ij}$  bilinmektedir.  $c_{ij}$  :  $j$  işini tamamlamak için,  $i$  işçisi tarafından istenen zamanı veya ücreti ifade eder.

Atama modeli kaynakların en etkin kullanımını amaçladığından işlerin en kısa toplam zamanda veya en düşük toplam maliyette gerçekleşmesi istenir. Durum böyle olunca bir işçinin bir makineye ayrılmasında uygunluk ölçütü aranır ki, bu da toplam en kısa süre ya da en düşük maliyette tüm işlerin tamamlanmasıdır.

Atama problemleri ulaştırma problemlerine dönüştürülebilir. Şöyle ki işçiler kaynakları (sunumu), işlerde hedefleri (istemi) ifade ederek tüm sunum ve istemler toplamı bire eşit olmaktadır. Buna göre atama modeli aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\text{Amaç=Minimum } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (6)$$

Kısıtlayıcılar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, m$$

ve

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } x_{ij} = 1$$

Burada  $x_{ij}$  karar değişkeni olup eğer  $x_{ij} = 0$  ise,  $i$  işçisi  $j$  işine atanmaz eğer  $x_{ij} = 1$  ise  $i$  işçisi  $j$  işine atanır.

**Tablo 2. Genel Atama Problemi İçin Maliyet Matrisi**

		İşler				
		1	2	3	.....	n
İşçiler	1	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	.....	$C_{1n}$
	2	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	.....	$C_{2n}$
	3	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	.....	$C_{3n}$
	m	$C_{m1}$	$C_{m2}$	$C_{m3}$	.....	$C_{mn}$

Herhangi bir atama problemini ozmek için ‘‘Macar’’ yöntemi veya ‘‘indirgenen matris’’ yöntemi olarak bilinen dört adımlı bir işleme başvurulur. Bunlar;

**Adım 1:** Maliyet matrisinin her sırasında yer alan en küçük değerli eleman belirlenir, sonra yeni bir maliyet matrisi oluşturmak için aynı sıradaki tüm elemanlardan çıkarılır.

**Adım 2:** Adım 1 de elde edilen maliyet matrisinin her sütunundaki en küçük değerli eleman bulunur, sonra bu elemanlar ilgili olduğu sütundaki tüm elemanlardan çıkarılır.

**Adım 3:** Elde edilen yeni matristeki sıfır değerli elemanlara kaynaklar veya işçiler atanır. Bir işçinin sadece bir işe atanması yapılmış ise bu durum uygun atamanın olduğunu gösterir. Hangi işçinin hangi işe atandığını belirlemek için sıfır değerli elemanlar daire içine alınır. Eğer uygun atama

yoksa Adım 4'e geçilir. En uygun atamalar daire içine alınan sıfırlara karşılıktır.

**Adım 4:** Matriste yer alan tüm sıfır değerli elemanlardan geçen, en az sayıda çizgiler çizilir. Çizilen çizgilerin sayısı sıra veya sütun sayısından az olmalıdır. Üzerinden çizgi geçmeyen en küçük eleman seçilir sonra bu eleman, üzerinden çizgi geçmeyen tüm elemanlardan çıkarılır ve iki çizginin kesiştiği yerdeki elemanlara eklenir. Üzerinden çizgi geçen öteki elemanlar değişmeden kalır. Bütün bu işlemlerden sonra Adım 3'deki işlemlere başvurulur.

#### 1.4.1. Atama Modelindeki Özel Durumlar

1. Atama problemlerinde amaç her zaman toplam atama maliyetini minimize etmek olmayabilir. Zaman zaman elde veri olarak bir birimi bir işe atamanın getireceği fayda da olabilir. Bu durumda tahmin edileceği gibi amaç faydayı maksimize etmek olacaktır. Modelin sadece amaç fonksiyonu tipi değişecek, diğer tüm bileşenleri aynı kalacaktır.

2. Model dengede değilken, yani toplam arz toplam talebe eşit değilken iki ayrı seçenek söz konusudur;

a) Eğer arz talepten fazla ise, yani atanabilecek birim sayısı, atama yapılacak iş sayısından fazla ise, genel modelimizde kısıtları = işaretli almadığımız için hiçbir sorun çıkmayacaktır. Arz fazlası kadar birim atanmadan kalacaktır.

b) Ancak, talep arzdan fazla ise, yani atama yapılması gereken iş sayısı atanacak kaynak sayısından fazla ise, model normal olarak çözüm bulamayacaktır. Bunu sağlamak için iki ayrı yaklaşım kullanılabilir:

i. Arz kısıtlarının  $\leq$  işaretleri = ile değiştirilerek arz kadar miktarın dağıtılması sağlanır. Ardından Talep kısıtlarının işaretleri de  $\geq$ 'den  $\leq$ 'e değiştirilerek eldeki arzın talep noktalarına dağıtılması garanti edilir.

ii. Talep-Arz farkı kadar arz kapasitesine sahip sanal bir kaynak düğümü (kukla fabrika) yaratılır. Bu sanal kaynak düğümünün hedef düğümlere taşıma maliyetleri 0 olarak alınır. Bir önceki maddede verildiği gibi kısıtların işaretleri değiştirilmez. Tüm karşılanamayan talep, bu sanal noktadan karşılanıyor gibi görünür.

3. Atama yapılacak kişi sayısının belli bir katı kadar iş olabilir. Örneğin; dört işi iki kişinin ikişer iş alarak yapması istenebilir. Bu durumda yapılması gereken, kaynakların sağ taraf değerlerini 1'den 2'ye çıkartmaktır.

4. Atama yapılması istenmeyen kaynak hedef ikilileri olabilir. Ya da fiziksel olarak iki nokta arasında atama yapılması mümkün değildir. Bu durumu da modele katmak oldukça kolaydır. İstenmeyen atamanın maliyet matrisindeki değeri çok büyük bir sayı girilirse ve bu sayıya "M" denirse, bu durumda o atama çözüme dâhil edilmeyecektir.

5. Atama modeli bir kaynağı, bir işe ya tamamen atar ya da atamaz. Oysa bazı durumlarda kaynakların işlere belli yüzdelerle de atanabilmesi istenebilir. Bu duruma da pratik bir yaklaşım getirilebilir. Düğümlerin kapasiteleri 1 yerine 100 alınırsa, atama değerleri 1 ile 100 arasında çıkacaktır. Bir kaynak, iş ikilisinin çözümde değeri 75 çıkarsa, bu basit yaklaşımla, kaynağın kapasitesinin %75'ini o işe ayırması gerektiği sonucuna ulaşılabilmektedir.

#### 1.4.2. Atama Modeli Çözüm Yöntemleri

Ulaştırma simpleks yöntemi atama problemlerini etkin çözen bir yöntem değildir. Atama problemlerini çözmek için geliştirilmiş çok sayıda yöntem (sayımla çözüm, direkt çözüm vb.) olmasına rağmen, bu çalışmada bunlar içinde en etkin yöntemlerden birisi olan Macar yöntemi üzerinde durulacaktır.

### 1.4.2.1. Macar Yöntemi

Macar Yöntemini simpleks yöntemle açıklamak gerekirse;  $n$  işe  $n$  işçinin atanmasıyla ilgili problem doğrusal programlama modeli olarak aşağıdaki gibi gösterilir (Taha, 2000:199). Burada  $c_{ij}$ ,  $i$  işçisinin  $j$  işine atanmasının maliyeti olsun.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ işçisi } j \text{ işine atanmışsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (7)$$

Bu durumda doğrusal programlama modeli

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} = 0 \text{ veya } 1$$

olur. Bundan önceki doğrusal programlama modelinde  $c_{ij}$  maliyet matrisinin herhangi bir satır ya da sütununa bir sabit eklenir ya da çıkarılırsa, optimum çözüm değişmeden kalmaktaydı. Bu durumu ispatlamak için  $p_i$ , sabiti  $i$  satırından,  $q_j$  sabiti de  $j$  sütunundan çıkarıldığında,  $c_{ij}$  maliyet elemanı

$$c'_{ij} = c_{ij} - p_i - q_j \quad (9)$$

haline gelir. Ardından,  $c_{ij}'$  amaç katsayılarını kullanarak elde edilen optimum  $x_{ij}$  değerlerinin  $c_{ij}$ 'ler kullanılarak elde edilen  $x_{ij}$  değerleriyle aynı olduğu görülür.

$$\begin{aligned}
 \sum_i \sum_j (c_{ij} - p_i - q_j) x_{ij} &= \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} - \sum_i p_i \left( \sum_j x_{ij} \right) - \sum_j q_j \left( \sum_i x_{ij} \right) \\
 &= \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} - \sum_i p_i (1) - \sum_j q_j (1) \\
 &= \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} - \text{sabit} \tag{10}
 \end{aligned}$$

Yeni amaç fonksiyonu orijinalinden sabit bir sayı kadar farklıdır.  $x_{ij}$  'nin optimum değerinin her iki durumda da aynı olması gerekir. Macar Yönteminin 1. ve 2. adımlarında  $i$  satırından  $p_i$  'nin,  $j$  sütunundan da  $q_j$  'nin çıkarılması yoluyla eşdeğer bir atama modeli oluşturulur. Adım 1 ve adım 2'nin uygulanmasıyla elde edilen maliyet matrisinin sıfır değerleri arasından uygun bir çözümün bulunması halinde, muhtemelen bu çözüm optimumdur. Çünkü elde edilen yeni düzenlenmiş matristeki maliyetler sıfırdan küçük olamaz.

Elde edilen sıfır değerleriyle uygun bir çözüme ulaşılamaması halinde adım 2a (sıfırların kapatılmasına ilişkin adım) uygulanmalıdır.

$(p_1 + p_2 + \dots + p_n) + (q_1 + q_2 + \dots + q_n)$  çıkarımı, atama modelinin dual amaç fonksiyonunu gösteren optimum amaç değerini verir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN PERSONEL TAŞIMACILIĞINDA UYGULANMASI

#### 2.1. Giriş

Lojistik biriminin performansı; lojistik maliyet, müşteri memnuniyeti, malzeme teslimatı veya hizmetin yerine getirilmesi zamanlarına uygunluk, taşımada meydana gelebilecek hasarların oranı, tüm lojistik faaliyetlerde esnek olabilme yeteneği, teslimat/hizmetin tam ve eksiksiz olması vb. konularla değerlendirilmektedir.

Pazarlama biriminin görevi ise hedef tüketicileri tanımlamak, onların yaşam biçimlerini ve düşüncelerini anlamak ve karlı bir şekilde tüketici gereksinimlerini tatmin için tüm işletme kaynaklarını yönlendirmektir (Tokol, 1996 : 3).

İşletmelerdeki birimlerin ayrı ayrı performansı, işletmenin genel performansını etkileyecektir. Nitekim, geçmiş çalışmalar bir işletme biriminin performansının yüksek olmasının diğer birimlerinin performansında yüksek olmasına ve dolayısıyla işletmenin genel performansında yüksek olmasına neden olduğunu göstermiştir (Ellinger vd., 2000 : 28).

Üretim ve lojistik birimleri talep tahmini, imalat içi ve dışı taşıma, paketleme, müşteri hizmetleri v.b konularda iç içe çalışmak durumunda olduklarından, üretim ve lojistik birimlerinin iş birliği ve koordinasyonu önemli bir konudur (Gottarna vd.,1991 :14-28).

Murphy ve Poist (1996), Ellinger vd. (2000), Voorhees vd. (1998), Emerson ve Grimm (1996) çalışmalarında, lojistik pazarlama işbirliği sayesinde memnuniyetin artırılması, dağıtımda oluşabilecek hataların azaltılması, uygun fiyat ve hizmet politikalarının belirlenmesi hususlarında etkinliğin arttığı görülmüştür. Dolayısıyla ortak yapılması gereken faaliyetlerin birlikte ve koordineli bir şekilde yapıldığı durumlarda bu uyumlu hareket sayesinde ayrı ayrı çalışmadan elde edilen performanstan daha iyi bir sonuç alınacağı öne sürülebilir.

İşletme performansı açısından büyük öneme sahip olan bu fonksiyonların koordinasyonu yine işletme için çok önemli olan tedarik tam zamanında üretim/hizmet maliyetlerin düşürülmesi konuları açısından kuşkusuz önemli avantajlarda kazandıracaktır.

Üretim ve pazarlama fonksiyonları arasındaki en önemli bağ lojistikdir. Lojistik, üretici dağıtıcılar, müşteriler ve dış tedarikçiler arasındaki koordinasyonu ve eş zamanlılığı sağlayan güçtür. Dolayısıyla hem üretim birimi ile hem de pazarlama birimi ile yakın etkileşim içindedir ve fonksiyonel birimler arasındaki yeri önemlidir. Lojistiğin üstlendiği bu önemli pozisyondan dolayı, işletmelerdeki üretim, pazarlama ve lojistik birimleri arasındaki ilişkilerin incelendiği geçmiş çalışmalar mevcuttur (Morash. vd., 1996:68)

Lojistik biriminin muhatapları dış ve iç müşteriler, dağıtıcılar nakliye şirketleri, vb.) ve tedarikçilerdir. Tüm malzeme/mamul/yarı mamul hareketleri, depolanması ; bölümlendirilmesi ve kayıtları, siparişleri yerine getirmedeki maliyet etkilerinin minimize edilmesi ve böylece karlılığın artırılması lojistiğin başlıca görevleri arasındadır (Gattorna vd.,1991:84)

İçinde yaşadığımız son çeyrek yüzyılda en çok konuşulan konuların başında “Değişim” gelmektedir. Dünyadaki gelişmeler doğrultusunda makro ve mikro düzeyde tüm organizasyonlarda değişimin kaçınılmaz olduğundan

söz edilmektedir (Boscheck, 1994 : 51 ; Aktan, 1997: 28 - 29). Organizasyonları değişime zorlayan faktörler ise;

- Küreselleşme ve Rekabet
- Bilgisayar Kullanımının Yaygınlaşması
- İnsan Hakları ve Demokrasi Alanındaki Gelişmeler Dolayısıyla
- Organizasyonlarda İnsana Saygının Değer Kazanması.
- Müşterilerin Bilinçlenmesi ve Beklentilerinin Artması.
- Bu Faktörler ve Bunlara Eklenebilecek Daha Bir Çok Faktör Organizasyonlarda Değişimin Bir Zorunluluk Olduğunu Ortaya Koymaktadır.

Rekabet, evrensel kurallara bağlı bir ilişkiler sistemi olarak, doğa bilimlerinde olduğu gibi toplum bilimlerinde de rekabetçi sistemlerin analizi ve sistem dinamiği ilkeleri ile gerçekleştirilmektedir (Henderson, 1983:7). Kısaca rekabet sosyal hayatta kimin iyi olduğunun bilinmediği durumlarda, bunu belirleme yoludur.

Öztürk Kimya Fabrikası geniş alanı ve altı yüz elli çalışanı ile ülkemize üretim sektöründe hizmet veren bir tesistir. Ancak fabrika şehir merkezine uzak sayılabilecek bir noktada kurulmuştur ve yakın mesafede ikamet etmeyen personel için “ulaşım” önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle, yöneticiler personelin bu sıkıntısını çözmek amacıyla, taşıma hizmeti verme sorumluluğunu üstlenmişlerdir. Bu hizmeti fabrika dışı kaynaklardan satın almak yoluyla temin etmek düşüncesindedirler.

Son yıllarda lojistik hizmetlerin “Üçüncü Taraf Tedarikçi” olarak tanımlanan partnerler vasıtasıyla yürütülmesi, geleneksel dikey bütünleşmeye karşı güçlü bir alternatif olmaya başlamıştır (Rabinovich vd., 1999 : 38). Dış kaynak kullanımı (DKK) tamamen yeni bir uygulama olmamakla birlikte bu günkü anlamını kazanması, sürekli artan risk ve müşteri beklentilerinin bir sonucudur.

Rekabetçi pazarın yarattığı baskılar; 1980 - 1990 yılları arasında dünyada yaşanan ekonomik krizlerin ön plana çıkardığı küçülme amaçlı dış kaynak kullanımını; merkezi beceriler etrafında yoğunlaşarak kalıcı başarılar elde etmeye yönelik stratejik öneme sahip yönetim uygulamasına dönüştürmüştür (Embleton, 1998:46 & Blumberg, 1999:27 & Zhu vd., 2002:22).

Öz yetenek ya da merkezi beceriler, sadece öz faaliyetler açısından değil, aynı zamanda öz faaliyet alanı dışındaki işletme faaliyetleri açısından da değerlendirilmesi gereken bir kavramdır. Bu tarz bir değerlendirme, stratejik önem kazanan fakat üretici işletmeler için öz faaliyet alanı dışında kalan lojistik hizmetlerinin, kendini lojistik beceriler etrafında düzenleyen işletmeler aracılığıyla yürütülmesi gerektiğini işaret etmektedir (Quinn & Hilmer, 1995 : 202).

Bazı yazarlar, maliyet tasarrufu ve rekabet avantajının en önemli kaynağının lojistik stratejik ortaklıklar olduğunu ileri sürmektedir (Rabinovich et al,1999). Tüm dünyada, özellikle gelişmiş ülkelerde dış kaynak kullanımının her geçen gün daha fazla ilgi görmesi bu iddiayı destekler niteliktedir (Langley vd.,, 2002 : 98).

Yapılan araştırmalar, dış kaynak kullanımı konusunda etkinlik sağlamak için lojistik hizmetlerin bütünleşik şekilde yürütülmesi gerektiğini göstermesine rağmen, Türkiye de lojistik kavramı tedarik zincirinin tüm aşamaları boyunca koordine ve bütünleşmeyi sağlayan mekanizmadan çok taşıma ve depolama olarak algılanmaktadır (Tek, 1997; Ülengin & Uray, 1999)

Diğer taraftan yapılan bir başka araştırma (Tuna Özer, 2002: 64) lojistik hizmet tedarikçilerinin, maliyet minimizasyonu, değer yaratma ve tam zamanında üretim (JİT) konusunda yetersiz kaldıklarını göstermiştir.

Lojistik ittifaklar; (Logistics Alliances) lojistik gereksinmelerin bir kısmını veya tümünü kapsayan, tedarikçi ve müşteri arasında uzun dönemli ilişkileri gerektiren, iedal olarak taraflardan her birinin diğerini kendi ortağı olarak gördüğü, müşterinin lojistik gereksinimlerinin tanımlanması ve anlaşılmasında müşterek hareket ettikleri, aynı zamanda her iki tarafın çözümler oluşturduğu, başarı ölçütlerini belirlediği ve karşılıklı kazanç sağlamayı hedefledikleri ortaklık ilişkisidir (Larsen, 1999 : 113).

Lojistik biriminin planlama faaliyetleri kapsamındaki Araç Rotalama işleminin içinde değişmeyen üç unsur vardır. Bunlar araçlar depolar (araç çıkış noktası) ve müşterilerdir(Araç hedef noktaları). Problemi uygulamak için üç unsurun sisteme ilave edilmesi gerekir.

Araçlar;

- Hepsi aynı özellikleri haizdir.
- Sınırlı kapasiteleri vardır.
- Belirli hızlara sahiptir.
- Hepsi depodadır.

Depolar;

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

Müşteriler;

- Deponun bulunduğu düğüm dışında her bir düğüm bir müşteriyi
- İfade etmektedir.
- Belirli miktarda ürün talebinde bulunabilirler.

## **2.2. Ulaştırma Hizmetlerinin Planlanması Aşamasında Dikkat Edilecek Esaslar**

Ulaştırma hizmeti için tahsis edilen servisler birbirini bütünlemek üzere bir sisteme bağlanmalı, Bahse konu araçların kullanılması, mevcut kapasiteden azami istifade sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.

Servis araçları için en kısa ve en uygun güzergâh seçilmeli, az sayıda personel için uzak semtlere büyük araçlar tahsis edilmemelidir.

Araçların akaryakıt ve elektrik donanımlarındaki ayarlar uygun olmalı, lastik hava basıncı ve benzeri gibi maliyeti etkileyen hususlar devamlı kontrol edilmelidir.

Araç şoförlerinin uzman personel olması sağlanmalı, devamlılığın bakım konusunda büyük tasarruf sağlayacağı ve yanlış kullanımdan kaynaklanan arızaları azaltacağı daima dikkate alınmalıdır.

Araçların yükleme kapasiteleri, yol durumu, iklim koşulları, taşınacak malzemenin cins ve hacmine bağlı olarak tespit edilmeli ve yükleme kapasitesinden azami ölçüde istifade edilmelidir. Çünkü mevcut ulaştırma sistemlerinin her birisinin kapasitesinden en yüksek derecede yararlanılması servis hizmetlerinin hızlı, etkin ve ekonomik şekilde karşılanması esası gereğidir.

Ekonomik ve fiziki ömrünü dolduran araçlar maliyeti arttırmalar “azaltılan maliyet, artan karlılık ve artan verimlilik” tasarruf prensibi unutulmamalıdır.

Ulaştırma ve intikalin mümkün olduğu ölçüde aktarma edilmeden hedef noktaya veya yakınına kadar yapılması sağlanmalıdır.

Ulaştırma eşitleri ve hizmetleri birbirini tamamlarken, sistemler arasında tam bir koordinasyon ve iş birliği sağlanmalıdır.

Ulaştırma sistemlerinin kullanılma ve işletilmesinde elastikiyet esastır.

Ulaştırma eşidinin seçiminde ulaştırma ekonomisi göz önünde bulundurulmalıdır.

Ulaştırma hizmetinin zaman, yer ve öncelik bakımından istenilen hedefte bulunması sağlanmalıdır.

Hava ve yol şartları da ulaştırma faaliyetlerinin yerine getirilmesinde göz önünde bulundurulmalıdır.

Ulaştırma yönetimin isteklerine uygun olarak her çeşit malzeme ve personelin zaman ve mekân içinde intikal ve yer değiştirmesini düzenleyen planlama, programlama ve icrayı kontrol etmek suretiyle yapılan teknik bir hizmettir. Bu hizmet sürekli bir faaliyet olup, ulaştırma sistemlerinden faydalanılarak yerine getirilir. Burada amaç ulaştırma kaynaklarının taşıma ihtiyaçlarına uygun olarak tahsisi ve kullanılmasıdır.

Yürütülecek bütün faaliyetlerde istenilen, imkân ve kabiliyetleri en düşük ölçüde kaynak ile sağlayacak yöntemlerin bulunması ve uygulatılmasıdır.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### AFYON KARAHİSAR ÖZTÜRK KİMYA FABRİKASI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ VE BİR UYGULAMA

#### 3.1.Giriş

Araç rotalama problemi en basit ifadeyle mal, hizmet veya şahısların bir araçlar grubu ile belirli arz noktalarından belirli talep veya teslimat noktalarına ulaştırılmaları amacıyla; kapasite, mesafe, zaman ve maliyet kısıtlarına uygun olarak en kısa yolların belirlenmesi problemidir.

Araçların dağıtım faaliyetlerini en düşük maliyetle yerine getirebilmeleri için gerekli olan güzergâh ve zaman programları tespit edilirken, mutlaka dağıtım yapılan bölgenin büyüklüğü, araç filosunun hacmi ve dağıtım faaliyetlerindeki esaslar dikkate alınmalıdır.

Verimliliği artırmanın temeli; akılcı olmak, ölçüm ve istatistiksel yöntemleri kullanmak ve yapılacak faaliyetlerde imkân ve kabiliyetleri en düşük ölçüde kaynak ile doğru yöntemlerin tespitine dayanır. Tek veya birkaç faktöre bağlı analizlerden, hatalı sonuç ve değerlendirmelere varılacağı düşüncesinden hareketle, problemleri etkileyen bütün alternatif faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir.

Bu çalışmada, ana konu olarak araç rotalama problemi incelenmiş ve problem analitik metotlar ile çözülmeye çalışılmıştır.

Öztürk Kimya Fabrikası ülke geneline araç, bina vb. tesisler için yangın söndürme cihazı üreten bir fabrika olup, Afyonkarahisar Eşrefpaşa

mevkiinde faaliyetini sürdürmektedir. 30 yönetici kadrosu ve 620 işçiden oluşan bir işyeridir.

Personelin moral ve motivasyonu açısından, personele sağlanan ulaşım hizmetinin aksatılmadan devam ettirilmesi gerekmektedir.

Taşıma sorununu çözmek için fabrikanın ulaşım hizmetleri birimi geniş bir ulaşım ağı kurmuştur. Bu ağ kapsamında iki ana ulaşım hizmeti verilmektedir. Bunlar fabrika içi ring servisleri ve personel şehir içi servisleridir.

Personel şehir içi servisleri, mesai başlangıcında fabrikanın çalışanlarının ikamet ettikleri konutlarından veya en yakın noktalardan fabrikaya; mesai bitiminde ise, fabrikadan konutlarına veya en yakın noktaya ulaşımı sağlamaktadır. Fakat çok sayıda çalışana sahip olmak, karmaşık, maliyeti yüksek ve üzerinde çalışılması güç bir ulaşım ağını beraberinde getirmiştir. Bu durum çalışanların ulaşım sistemi hakkında bazı istek ve şikâyetlerine yol açmıştır. Bunlar kısaca çalışanların konutlarına çok yakın yerlerden alınmak (ve bu noktalara geri bırakılmak) ve servislerde az zaman geçirmek istemeleri şeklindedir. Ulaşım hizmetleri birimi ise, bunlara bağlı maliyet artışından rahatsız olmakta ve herkesin isteğini aynı anda karşılamamanın olanaksız olduğunu değerlendirmektedir.

Bu çalışmanın temel hedefi, sözü geçen sıkıntıları çözebilmek ve fabrikanın ulaşım sisteminde iyileştirmeler yapmaktır. Çalışma, maliyetler ile her güzergâhta kat edilen mesafe ve yolculuk zamanı göz önünde bulundurularak, ulaşım ağının verimliliğinin artırılması üzerine odaklanmıştır.

İlk önce personel adresleri, kullanılan Afyonkarahisar haritasının üzerine aktarılmıştır. Yöneylem araştırması yöntemleri kullanılarak çalışmada sezgisel yöntemler geliştirilmiş; yeni duraklar ve güzergâhlar belirlenmiş ve ulaşım hizmetleri birim amirliğine sunulmuştur.

Çalışmanın bu bölümünde; mevcut durumun açıklanmasına, problemin tanımlanmasına, uygulanan yöntem bilim ve personel memnuniyet analizinin neticelerine yer verilmiştir

### **3.2. Mevcut Durum**

Yukarıda bahsedildiği gibi, fabrika personeli için iki ayrı ulaşım hizmeti sağlamakta, bu hizmetler ring servisleri ve personel servislerinden oluşmaktadır. Personel servisleri, çalışanları fabrikaya taşıyan ve akşamları konutlarına götüren midibüs ve minibüs cinsinden taşıtı içermektedir. Sadece fabrika dışına hizmet veren personel servisleri çalışmanın kapsamındadır.

Bu bölümde, Öztürk Kimya Fabrikasındaki ulaşım servis araçlarının güzergâh tespitine yönelik bir problem için çözüm geliştirmeye çalışılmıştır. Yapılan giderler “YTL” bazında değerlendirilmiş, güzergâhta sarf edilen yakıt miktarı “litre” cinsinden değerlendirilmiştir.

Çalışmanın başladığı tarih itibariyle fabrika ulaşım – hizmetleri 45 araç ile personele servis sağlamaktadır. Bu servisler sabah 07.30’da personeli fabrikaya getirmekte ve akşam 17.00’de fabrikadan hareket etmektedir.

Bunlara ek olarak gece vardiyasında çalışan personeli konutlarına taşıyan ve gece 24.00’de fabrika yönetim merkezinden kalkan servislerde mevcuttur. Ancak, bunlar çalışma kapsamında değildir.

Ulaştırma hizmetlerini taşıyon firmalar karşılamaktadır. Ödemeler tek-yön ve kullanılan taşıtın cinsi temelinde yapılmaktadır. Ulaşım hizmetlerinin ciddi bir maliyeti olduğu ve üzerinde titizlikle çalışılması gereken bir husus olduğu unutulmamalıdır.

Her yıl; Şubat, Mayıs, Ağustos, Kasım aylarında ise yeni alınan personelin katılışında ve sağlık, emeklilik vb. sebeplerle ayrılan personelin ayrılışında değişen miktarları karşılamak ve doğabilecek mağduriyeti önlemek açısından servis planlaması güncellenmektedir. İş başlangıcı ve bitiş saatlerinde ulaşım hizmetlerinden faydalanmak isteyen personelin yazılı başvuru yapması ve bu müracaatında araçlardan inmek veya binmek istediği durak noktasının bulunduğu adresi net ve doğru olarak belirtmesi şartı aranmaktadır.

Müracaatların alınmasını müteakip, müracaat sahiplerinin belirttikleri adreslere mümkün olduğunda yakın olmak üzere durma noktaları belirlenmektedir. Tespit edilen durma noktaları ve bu noktalardan taşınacak personel mevcutları incelenerek güzergâhlar belirlenmektedir. Servis hizmetlerinden istifade etmek isteyen personel belirttiği adrese en yakın duraktan sabah alınmak ve akşam bırakılmak üzere uygun güzergâh ve araca planlanmaktadır.

Yılın belirli dönemlerinde lise, meslek yüksek okulları ve fakültelerin son yıllarında bulunan ve uygulama staj yapmaları okul idarelerince uygun görülen öğrenciler içinde 4, 8 ve 12 hafta süreli dersler açılmakta bu stajyerlerden Afyonkarahisar il merkezinde ikamet edenlerin dışındakiler mevcut misafir odalarında veya şehir merkezinde beyan ettikleri adreslerde kalmaktadırlar. Bazı personel ise kendine ait olmayan (kira vb.) konutlarda oturmakta iken konut değiştirme v.b gelişmeleri yönetime bildirmekte bu konudaki sıkıntısının ivedilikle giderilmesini talep edebilmektedir.

Yukarıda ifade edilen sebeplerle de servis planlamasının revize edilmesi ihtiyacı doğmaktadır.

Planlamanın çok kısa bir süreçte değişkenlik gösteren durumlara uydurulması planlayıcılar açısından güç olduğu kadar personelin olumsuz

teşvik edilmesi, değişen uygulamalara esneklik gösterebilmesi açısından da kolay değildir.

Bu maksatla, yeni durma noktaları ilave etmek ve bazı durma noktalarını planlamadan çıkarmak suretiyle köklü bir değişikliğe gidilmeksizin, bahse konu personelin istekleri karşılanmaya çalışılmaktadır.

Sabah ve akşam saatlerinde icra edilen ulaştırma hizmetleri 45 farklı istikamete yapılmaktadır. Bahse konu planlamadan istifade etmek isteyen kayıtlı personel miktarı 2006 - 2007 Ağustos itibariyle 616 dır. Planlama da bu miktar esas alınmak suretiyle yapılmış olup, durak sayısı da bu personele göre belirlenmiştir. Çalışanlara toplam 86 durak kullanılarak hizmet verilmektedir. Fabrika çalışanları gerek yönetim kadrosunda olsun (üst yöneticiler hariç) gerekse işçi kadrosunda bulunsun herhangi bir statü ayırımına gidilmeksizin bildirdikleri adreslere göre tespit edilen en yakın durma noktalarında servis araçlarına binmekte ve aynı noktalarda araçtan inmektedirler.

### **3.3. Problemin Tanımı**

Çalışmanın temel amacı, ulaşım sisteminin incelenmesi ve en iyi çözümü verecek taşıt durak yerlerinin, güzergâhların ve her güzergâhta kullanılacak taşıt cinsinin belirlenmesidir. Bu çözüm, hedeflenen hizmeti veren, hizmetin kalitesini ve personel memnuniyetini sağlayan en düşük maliyetli çözüm olmalıdır. Fabrika ve özel taşımacılık şirketleri arasındaki mevcut sözleşmelere bakıldığında maliyetteki temel etkenlerin; taşıt cinsi, sayısı ve personelin ikamet yeri mesafesi olduğu göze çarpmaktadır.

Başarılı lojistik uygulamaları için, mekânsal analiz çalışmaları önemli rol oynamaktadır. Kâğıt haritalar, krokiler gibi alışlagelmiş araçlarla bu miktarda detaylı bilginin toplanması ve kullanılması oldukça zor olmaktadır.

Yaptığımız kaynak taraması, üzerinde çalıştığımız problemin kapasiteli araç rotalama probleminin bir çeşidi olduğunu göstermiştir. (Gendreau ve diğerleri, 1999, Toth ve Vigo, 2002 ve Wassan ve Osman, 2002). Problemin boyutu büyüdükçe en iyi sonucu bulmak zorlaşmakta ve işlem zamanı artmaktadır.

Ulaşım sistemini tanıyabilmek, problemi yerinde görebilmek ve çözümde doğru yöntemi belirleyebilmek amacıyla, farklı güzergâhtaki servisler incelenmiştir. Veriler toplanmış ve sorunlar gözlemlenmiştir. Kaynak taramasından sonra çalışmanın alt basamakları oluşturulmuştur. Her basamak üzerinde, ilgili basamaktaki işlere en uygun yöntemlerle çalışılmıştır.

Cadde ve sokakların isimleri, uzunlukları ve trafik bilgileri ( tek-yön, çıkmaz sokak v.b) hatta bina bilgileri (ismi, numarası, kat sayısı vb. bilgiler) sayısal haritalarda bulunduğundan çalışma için gerekli Afyonkarahisar haritası temin edilmiştir. Ancak bu haritada tek yönlü sokaklar, bölünmüş yollar ve binalarla ilgili adres bilgisi mevcut olmadığından, durak yerlerinin ve güzergâhların durumu fabrika ulaşım hizmetleri personeline danışılmıştır.

Ulaşım araçlarının maliyetleri; amortisman bedelleri, sigorta ücretleri ve vergiler gibi sabit maliyetler ile yakıt ve diğer periyodik bakım kapsamındaki değişken giderleridir. Amaç bu giderlerin en aza indirgenmesidir.

Bu probleme ilişkin karşılaşılabılır kısıtlar; her aracın mevcut kapasitesinin aşılammaması, işçilerin yolda geçirecekleri toplam sürenin ön görülen belli bir değeri aşmaması ve işçilerin belli zaman aralıklarında belli noktalardan alınması şeklinde ifade edilebilir.

Fabrika araç rotalama problemi, bazı yönleriyle yöneylem araştırması literatüründe iyi bilinen kapasiteli araç rotalama problemine benzemektedir. Ancak KARP'ta araçların rotalarına başladıkları yere geri dönme zorunluluğu vardır. Fabrika araç rotalamada ise servis araçları genellikle tek yoldan işçileri alarak yine aynı yol üzerinde işçileri bırakırlar. Dolayısıyla araçların fabrikaya dönme zorunluluğu yoktur. O halde KARP ta rotalar "tur", fabrika araç rotalamada ise rotalar "yol" şeklindedir.

Taşınacak toplam çalışan sayısı 616 ve mevcut uygulamada tüm araçlar tarafından kat edilen toplam uzaklık, tek yönlü taşıma için 1.013,6 kilometredir. Fabrika aynı zamanda çalışanların araç içerisinde 40 Km'den fazla yol kat etmelerini istememektedir.

Uygulamada aşağıdaki varsayımlardan istifade edilmiştir.

- ✚ Matris oluşturulurken durma noktaları arasındaki mesafeler Afyonkarahisar şehir planı kullanılarak, durak noktaları plan üzerine işaretlenmek suretiyle hesaplanmıştır.
- ✚ Uzun süredir değişmeyen bölünmüş yollar ile tek yön olan yollar mesafelerin tespitinde dikkate alınmıştır.
- ✚ Mümkün olduğu ölçüde rasyonel değerler dikkate alınmıştır.
- ✚ Her bir durma noktasının kendine komşu olan diğer durma noktalarına mesafeleri hesaplanırken hassasiyet 50 metre olarak kabul edilmiştir.
- ✚ Afyonkarahisar şehir yerleşim alanı genel olarak düz ve hafif meyilli olduğundan durma noktaları arasında rakım farkı bulunmadığı varsayılmıştır.
- ✚ Kullanılan bütün araçların hizmete elverişli durumda buldukları, arıza oranının yüzde 1'in altında olduğu ve sadece motorin kullanan taşıtlar oldukları farz edilmektedir.

### 3.4. Modelin Kurulması

Değişik istikametlere giden güzergâhlar ile farklı kapasiteli araçların belirlenmesinden amaç, talep noktaları (durakların) arasındaki toplam mesafenin en aza indirilmesidir.

$(c_{i,j})$  mesafesi,  $(i)$  durağından belli bir  $(j)$  hattına olan mesafedir. Bu nedenle, amaç fonksiyonu duraklar ile hatlar arasındaki mesafeyi en az yapacak şekilde tanımlanmalıdır. Çalışmada tamsayı doğrusal programlama modeli şeklinde tanımlanan bir ulaştırma modeli kullanılacaktır.

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^v c_{ij} x_{ijk} \quad (12)$$

$$\text{Kısıtlar : } \sum_{j=1}^m y_{jk} \leq V_k \quad (k=1, \dots, v) \quad (13)$$

$$x_{ijk} \leq y_{jk} \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^v x_{ijk} = 1 \quad (i=1, \dots, n) \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n d_i x_{ijk} \leq (Ca)_k \quad (j=1, \dots, m \text{ ve } k=1, \dots, v) \quad (16)$$

$$\sum_{k=1}^v y_{jk} \leq 1 \quad (j=1, \dots, m) \quad (17)$$

$$x_{ijk} = 0 \text{ veya } 1 \text{ bütün } i, j, k \text{ değerleri için} \quad (18)$$

$$y_{jk} = 0 \text{ veya } 1 \text{ bütün } j, k \text{ değerleri için} \quad (19)$$

Yukarıdaki modelde  $n$  = durak sayısını;  $m$  = hat (istikamet) sayısını;  $v$ =araç çeşidi sayısını;  $v_k$  =  $k$  tipindeki araç sayısını;  $(Ca)_k$  =  $k$  tipi aracın kapasitesini;  $d_i$  = " $i$ " durağındaki talep miktarını (Her düğümde taşınan kişi sayısını);  $c_{ij}$  = " $i$ " durağındaki bir kişinin " $j$ " hattına taşınmasının tahmini maliyetini göstermektedir. " $i$ " durağındaki kişiler " $k$ " aracı ise bu değer 0

olmaktadır;  $y_{jk} = 1$ . Eğer “ $k$ ” tipi araç “ $j$ ” hattına atanmışsa  $y_{jk} = 1$  değerini almakta, atanmamışsa 0 olmaktadır.

Denklem (12), duraklar ile en yakınındaki hat arasında kalan mesafenin en aza indirileceğini göstermektedir. Denklem (13), belirlenmiş hatlar için yapılan araç dağıtımında, eldeki araç sayısının geçilmemesini sağlamaktadır. Bir durağın sadece belli bir hatta atanıp atanmadığı ise denklem (14) tarafından kontrol edilmektedir. Ayrıca denklem (15) de belli bir duraktaki personelin o hatta tahsis edilmiş bir araç tarafından taşınacağını göstermektedir. Denklem (16) ise, belli bir araç tipi için olan toplam talebin, araç kapasitesini aşmamasını kontrol etmektedir. Daha sonra belli araç tiplerinin belli hatlara atanması denklem (17) ile yapılmaktadır. Son olarak ise denklem (18) ve (19) daha önce bu modelde tanımlanmış olan karar değişkenlerinin alabileceği değerleri açıklamaktadır.

Bu model, hiçbir duraktaki talebin araç kapasitelerini aşmadığı ve duraklara parça parça servis yapılmadığı varsayımına dayandırılmıştır (Winston, 1994 : 72).

#### *3.4.1. Personel Konutlarının Afyonkarahisar Haritası Üzerinde İşaretlenmesi (Coğrafi Kodlama)*

Coğrafi işaretleme basitçe personel konutlarına karşılık gelen bir grup noktanın mevcut harita üzerinde ayrı bir katman olarak gösterilmesidir. Personel adresleri Öztürk Kimya Fabrikası Personel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Bu verilere göre fabrikanın 650 çalışanı vardır. Ancak bu kişilerin tamamı personel servislerini kullanmamaktadır. Fabrika içindeki lojmanlarda ve fabrikaya yakın sitelerde ikamet eden personel ayrıldığında 616 adres kalmaktadır.

Önce adres verileriyle harita üzerindeki mevcut bilgilerin birbirine uyumluluğu kontrol edilmiştir. Aynı sokaktaki apartmanların numaralarından birbirlerine yakın adresler tespit edilerek gerekli işaretlemeler yapılmıştır.

#### *3.4.2. Adreslere Karşılık Gelen Noktaların Kümelenmesi Ve Her Kümeye Bir Durak Atanması*

Ulaşım hizmetlerinde başlıca sorunlardan birisi, personelin doğrudan ikamet ettikleri yerlerden alınmalarıdır. Bu husus durak sayısını ve dolayısıyla ulaşım zamanını arttırmakta; ayrıca personelin moralini olumsuz etkilemektedir.. Bu sebeple durak sayısının ve yerlerinin etkili bir şekilde belirlenmesi önemli bir konudur. Planlayıcıların tercihi durak sayısının az olmasıdır. Ancak ulaşım hizmetleri birimi personelin duraklara yürüme mesafesinin 400 metreyi aşmamasını istemektedir.

Bu kısıt göz önüne alınarak, adreslere karşılık gelen noktalar gruplandırılmış ve her gruba bir durak atanmıştır. Tespit edilen durak sayısının fazla olması sebebiyle kısmen durakların ana yollara kaydırılması, yakın durakların birleştirilmesi, çok az sayıda personelin bindiği durakların göz ardı edilmesi ve yürüme mesafesi kısıtının göz önünde bulundurulması suretiyle personelin en yakın durağa yönlendirilmesi işlemleri yapılmıştır.

#### *3.4.3. Güzergâhların Belirlenmesi*

Durakların tespitini müteakip, çözülmesi gereken husus güzergâhların belirlenmesidir. Bu problemde Kapasiteli Araç Rotalama problemidir. Çok sayıda araştırmacının ilgisini çeken bu problem türünde en iyi sonucu sunan algoritmalar içinde etkili olanları 50'ye kadar nokta içerenleri vakaları çözebilmektedir (Toth ve Vigo, 2002 : 333-346).

Burada temel amaç, güzergâhları uzun hale getirmeden ve araç sayısını azaltarak planlama yapılmasıdır. Bir güzergâh kapsamındaki durak grubu, diğer güzergâh durak grubundan oldukça uzak mesafededir.

#### *3.4.4. Afyonkarahisar'ın Bölgelere Ayrılması*

Personelin beyan ettiği adreslerin ve taşıtların durma noktalarının dağılım durumu incelenmiştir. Bunların birbirinden ayırt edilebilecek kümeler oluşturdukları görülmüştür. Uzak gruplar gerçeğinden hareketle Afyonkarahisar 4 bölüme ayrılmıştır. Gezi güzergâhı oluşturulurken durma noktasının içinde yer aldığı bölge belirleyici bir etken olmuştur.

#### *3.4.5. Durakların Gruplanması*

Taşıtların güzergâhlarının oluşturulabilmesi için durma noktaları, gruplandırılmıştır. Bu noktalar birbirlerine yakınlıkları ve araçların kapasiteleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Kapasite kısıtı olarak 648 kişi yani 18 minibüs + 12 midibüs kapasitesi alınmıştır.

#### *3.4.6. Her Bir Gruba Karşılık Gelen Güzergâhların Bulunması*

Gruplar oluşturulduktan sonra, her grubun içinde bir güzergâh elde etmek için en iyi rotayı bulma işlemi kalmıştır.

### 3.5. Modelin Matematiksel Kalıbının Tanımlanması ve WinQSB 2.0 Programında Gösterimi

#### 3.5.1. Ulaştırma Probleminin Ortaya Konulması

Bu çalışmada, ihaleyi kazanmak suretiyle personel taşıma sorumluluğunu üstlenen, 2000 yılında Yusuf GÜREL tarafından kurulan ve halen Gazlı Göl No: 5/2 adresinde konuşlu “Gürel Kardeşler Taşımacılık ve Turizm Hizmetleri Ltd.Şti. için Öztürk Kimya Fabrikası servis hizmetine yönelik ulaştırma modeli kurularak, çözülmüştür.

Gürel Kardeşler Şti.’ne ait gerek şirket bünyesinde gerekse kiralama usulüyle temin ettiği iki çeşit servis aracı bulunmaktadır. Bu araçların sayısı ve taşıma kapasitesi farklılık göstermektedir.

**Tablo 3. Modelde Kullanılan Araçlar**

Araç Cinsi	Araç Adedi	Personel Kapasitesi
Minibüs	18	18
Midibüs	12	27

Servis araçları için her km’de yakıt tüketim miktarı, aylık ortalama bakım ve onarım giderleri ve yıllık vergi giderleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 4. Araçların Servis Bilgileri (YTL)**

Araçlar	Her km. için Tüketim	Aylık Bakım, Onarım Giderleri	Yıllık Vergi Giderleri
Minibüs	0,262	51,5	1.250
Midibüs	0,375	82,5	1.438

Öztürk Kimya Fabrikası Müdürlüğü, her yıl servis işlerini fabrika ulaştırma birim amirliği vasıtasıyla, Valilik makamı ve Belediye Başkanlığınca belirlenen fiyatların ortalamasını alarak tespit ettiği miktardan, eksiltme usulüyle ihaleye çıkartmaktadırlar.

Öztürk Kimya Fabrikasının her güzergâh için ihtiyaç duyduğu araç çeşidi, güzergâh kapasitesi ve her güzergâh için verilen ücret tablolar halinde verilmiştir. Burada şirketin sınırlamalar ışığında herhangi bir tercih noktasında maksimum getiriye veren hal tarzını seçmesi rasyonel bir davranış olacaktır.

Şirketin yapacağı taşıma işleri için Afyonkarahisar il merkezi çapında 4 ayrı şubesi vardır. Bu şubeler yapılacak taşıma için hareket noktası olarak alınacaktır. Herhangi bir servis aracının bu 4 şubeden çıkış, sonrasında her güzergâh için personeli semtlerden alış ve son olarak işyerine getirmesi süresince kat ettiği mesafe veri olarak şirkette bulunmaktadır. Şirketin şubesinin bulunduğu semtler ve şube kapasiteleri servislere göre değişmektedir. Şube dağılımları ve kapasiteleri aşağıdaki gibidir.

**Tablo 5. Araçların Servis Merkezleri**

<b>Şubeler</b>	<b>Toplam Kapasite (Araçlar)</b>	<b>Personel</b>
S1 (Mecidiye)	154	154
S2 (Ataköy)	154	154
S3 (Fatih)	154	154
S4 (Sahipata)	154	154
Genel Toplam	616	616

Tabloya göre fabrika personeline şubelerce tahsis edilen kapasiteler 154'er kişi olarak değişmektedir.

Fabrika personelinin taşınacağı durak sayısı 72 ve şubelerdeki araçların bu noktalardan personeli alıp işyerine getireceği yol boyunca kat edeceği şube çıkış noktası ile duraklar arası mesafe kilometre cinsinden aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir.

**Tablo 6. Durakların Servis Merkezine Olan Uzaklıkları**

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
<b>S1</b>	9	8,5	8	7	6,5	7	4	3,5	3	2,5	2	2,5	3	3,5	4
<b>S2</b>	7	6,5	6	5	5,5	6	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	9,5
<b>S3</b>	3,5	4	4,5	5	6	5,5	7	7,5	8	9	9,5	10	10,5	11	10,5
<b>S4</b>	6	6,5	7	7,5	8	7,5	8	8,5	9	9,5	9	8,5	8	7,5	7

	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28
<b>S1</b>	3,5	4	4,5	3	2,5	2	2	2	3	2,5	2	3	3,5	8,5	3,5
<b>S2</b>	9	9,5	10	12	13	13,5	15	15,5	4	6	6,5	6,5	6	5,5	6
<b>S3</b>	11	10,5	10	11,5	12	12,5	14	14,5	6,5	7,5	8	6,5	6	4,5	4
<b>S4</b>	7,5	7	6,5	8	8,5	9	11	12	5	6,5	7	5	5,5	7	7,5

	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37	D38	D39	D40	D41	D42	D43
<b>S1</b>	4	4,5	5	4	4,5	5	6	6,5	7	8	7	6,5	6	7	8
<b>S2</b>	5,5	6	6,5	7	7,5	6,5	6	5	6	6	5,5	5	4,5	4	5
<b>S3</b>	3,5	3	4	4,5	6	3	2,5	2	3,5	4	4	5	5,5	6	6,5
<b>S4</b>	8	9	8	6	5,5	5,5	5	4,5	4	5	7	7,5	9	9,5	10

	D44	D45	D46	D47	D48	D48	D50	D51	D52	D53	D54	D55	D56	D57	D58
<b>S1</b>	8,5	9	7	10	10,5	11	9,5	8	7,5	7	6,5	7	7,5	8	9
<b>S2</b>	6	7	8	6,5	5,5	3,5	3	3,5	5	5,5	7	8	8,5	9	5
<b>S3</b>	5	4	5	6	7	8,5	9	10	8,5	7	6	5	7	8	8,5
<b>S4</b>	9	8	7	7,5	8	9,5	10	11	12,5	9	8	7	5	6	7,5

	D59	D60	D61	D62	D63	D64	D65	D66	D67	D68	D69	D70	D71	D72
<b>S1</b>	10	11,5	12	11,5	13	14	15,5	16	15	14	2,5	3	4	4,5
<b>S2</b>	4	3,5	5	5,5	6	12	14	15	14	12,5	10	8	9	10
<b>S3</b>	9,5	9	8	7	6	8	8,5	10	8	7	7	7,5	9	9,5
<b>S4</b>	8	7	6,5	5	3	2	3	3,5	4,5	6	9	9,5	11	10

Personel servis güzergâh ve uzaklıklarını gösteren bu tablodaki D değerleri personelin alınacağı durak noktalarını göstermektedir ve karşılıkları aşağıdaki tablodadır.

**Tablo 7. Durakların Listesi**

D1	ANA DEPO	D25	İŞLEK GIDA	D49	HOŞGÖR FIRINI
D2	ZİYA PAŞA	D26	OTEL MAYA	D50	KOOP-1
D3	MİTHAT PAŞA	D27	KARAKOL	D51	YAZGAN MOBİLYA
D4	SAĞLIK OCAĞI	D28	ÖZTÜRK FIRINI	D52	GÜLEN MARKET
D5	OTOGAR	D29	P.T.T HARB-İŞ	D53	GÜNYÜZÜ LOKANTA
D6	D.M.O	D30	SARAY MOBİLYA	D54	ŞAHBAZLAR
D7	SÜMER	D31	CEZAEVİ	D55	HİSAR MARKET
D8	YOĞURT PAZARI	D32	GEZER YAPI	D56	KAREŞ TİC.
D9	END.MES.LİS	D33	EGESoy MARKET	D57	GÜLNAR CAMCILIK
D10	P.T.T	D34	GÜLİZAR ÇİÇEKÇİLİK	D58	CAN KREŞ
D11	AKBANK	D35	AKINCI ÇEŞMESİ	D59	DOĞA ECZANESİ
D12	AS.D.BŞK.LIĞI	D36	HUZUR TAKSİ	D60	YAVUZ SELİM İLK.OK.
D13	T.M.O	D37	AKGÜL KREŞ	D61	ESER OTO
D14	STADYUM	D38	ATAKÖY KAVŞAĞI	D62	ÇİHAN GIDA(2)
D15	ÖĞRETMEN LİSESİ	D39	DURMAZLAR TİC	D63	TUNÇER YAPI
D16	İL JANDARMA	D40	ŞANLI ECZANESİ	D64	FUAR KAVŞAĞI
D17	DOĞUM EVİ	D41	LALECİK	D65	ATA ECZANESİ
D18	ÖZER SİTESİ	D42	GAZANFER	D66	İNAN TİCARET
D19	TÜRBE	D43	SEZERLER BAKIM EVİ	D67	GÜVEN ELEKTRİK
D20	P.T.T BAŞ.MD	D44	GÜRCAN TAKSİ	D68	KIRAÇ MARKET
D21	EMNİYET	D45	FATİH KAVŞAĞI	D69	MALİYE
D22	MÜZE	D46	ADLIYE	D70	TREN GEÇİDİ
D23	ANTEP PASTANESİ	D47	ESER KIRTASIYE	D71	ZAFER
D24	ARAS KARGO	D48	CAN GIDA	D72	ANADOLU LİSESİ

Tablo 8. Tez Modelinin Win QSB 2.0 Programındaki Görünümü

Network Modeling															
File Edit Format Solve and Analyze Results Utilities Window WinQSB Help															
Sami Aslan Y.L.Tez Modeli: Minimization (Transportation Problem)															
Mecidiye : Ziya Paşa 8.5															
From \ To	Ana Depo	Ziya Paşa	Mithat Paşa	Sağlık Ocağı	Otogar	DMO	Sümer	Yoğurt Pazarı	End.Mes.Lis.	PTT	Akbank	Ask.D.Bşk.	TMO	Stadyum	Öğretmen Lis.
Mecidiye	9	8.5	8	7	6.5	7	4	3.5	3	2.5	2	2.5	3	3.5	4
Ataköy	7	6.5	6	5	5.5	6	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	9	9.5
Fatih	3.5	4	4.5	5	6	5.5	7	7.5	8	9	9.5	10	10.5	11	10.5
Sahipata	6	6.5	7	7.5	8	7.5	8	8.5	9	9.5	9	8.5	8	7.5	7
Demand	2	2	3	4	4	3	14	2	1	6	5	2	7	9	5
From \ To	il Jandarma	Doğum Evi	Özer Sitesi	Türbe	PTT Baş. Müd.	Emniyet	Müze	Antep Pastanesi	Aras Kargo	işlek Gıda	Otel Maya	Karakol	öztürk Fırını		
Mecidiye	4.5	3	2.5	2	2	2	3	2.5	2	3	3.5	8.5	3.5		
Ataköy	10	12	13	13.5	15	15.5	4	6	6.5	6.5	6	5.5	6		
Fatih	10	11.5	12	12.5	14	14.5	6.5	7.5	8	6.5	6	4.5	4		
Sahipata	6.5	8	8.5	9	11	12	5	6.5	7	5	5.5	7	7.5		
Demand	4	10	16	15	18	10	10	8	16	6	14	6	4		
From \ To	PTT (Harb-iş)	Saray Mobilya	Cezaevi	Gezer Yapı	Egesoy Market	Gülizar Çiçekçilik	Akıncı Çeşmesi	Huzur Taksi	Akgül Kreş	Ataköy Kavşağı					
Mecidiye	4	4.5	5	4	4.5	5	6	6.5	7	8					
Ataköy	5.5	6	6.5	7	7.5	6.5	6	5	6	6					
Fatih	3.5	3	4	4.5	6	3	2.5	2	3.5	4					
Sahipata	8	9	8	6	5.5	5.5	5	4.5	4	5					
Demand	18	4	14	18	12	6	4	1	6	18					
From \ To	şanlı Eczanesi	Lalecik	Gazenfer	Sezerler Bakımevi	Gürcan Taksi	Fatih Kavşağı	Adliye	Eser Kırtasiye	Can Gıda	Hoşgör Fırını	Kooperatif 1				
Mecidiye	6.5	6	7	8	8.5	9	7	10	10.5	11	9.5				
Ataköy	5	4.5	4	5	6	7	8	6.5	5.5	3.5	3				
Fatih	5	5.5	6	6.5	5	4	5	6	7	8.5	9				
Sahipata	7.5	9	9.5	10	9	8	7	7.5	8	9.5	10				
Demand	8	10	16	6	4	20	10	12	6	8	26				
From \ To	Gülen Market	Günyüzü Lokantası	şahbazlar	Hisar Market	Kardeş Tic.	Gülınar Camcılık	Can Kreş	Doğa Eczanesi	Yavuz Selim İlkokulu	Eser Oto					
Mecidiye	7.5	7	6.5	7	7.5	8	9	10	11.5	12					
Ataköy	5	5.5	7	8	8.5	9	5	4	3.5	5					
Fatih	8.5	7	6	5	7	8	8.5	9.5	9	8					
Sahipata	12.5	9	8	7	5	6	7.5	8	7	6.5					
Demand	6	8	12	8	6	4	2	2	14	6					
From \ To	Cihan Gıda 2	Tunçel Yapı	Fuar Kavşağı	Ata	ınan Ticaret	Güven	Kıraç	Maliye	Tren	Zafer	Anadolu Lisesi	Supply			
Mecidiye	11.5	13	14	15.5	16	15	14	2.5	3	4	4.5	154			
Ataköy	5.5	6	12	14	15	14	12.5	10	8	9	10	154			
Fatih	7	6	8	8.5	10	8	7	7	7.5	9	9.5	154			
Sahipata	5	3	2	3	3.5	4.5	6	9	9.5	11	10	154			
Demand	8	4	6	4	4	10	4	12	8	18	6	616			

Bu veriler ışığında WINQSB 2.0 paket programı yardımıyla Vogel Yaklaşım Yöntemi (VAM) kullanılarak, 22 iterasyon (adım) sonucunda bulunan en uygun çözüm aşağıdaki gibidir.

Tablo 9. Modelin Çözüm Sonuçları

<b>Sami Arslan Y.L.Tez Modeli: Minimization (Ulaştırma Problemi)</b>					
	<b>Nereden</b>	<b>Nereye</b>	<b>Taşıma</b>	<b>Birim Maliyet</b>	<b>Toplam Maliyet</b>
1	Mecidiye	End.Mes.Lis.	1	3	3
2	Mecidiye	PTT	6	2.5	15
3	Mecidiye	Akbank	5	2	10
4	Mecidiye	Ask.D.Bşk.	2	2.5	5
5	Mecidiye	TMO	7	3	21
6	Mecidiye	Doğum Evi	10	3	30
7	Mecidiye	Özer Sitesi	16	2.5	40
8	Mecidiye	Türbe	15	2	30
9	Mecidiye	PTT Baş. Müd.	18	2	36
10	Mecidiye	Emniyet	10	2	20
11	Mecidiye	Antep Pastanesi	4	2.5	10
12	Mecidiye	Aras Kargo	16	2	32
13	Mecidiye	Maliye	12	2.5	30
14	Mecidiye	Tren Geçidi	8	3	24
15	Mecidiye	Zafer	18	4	72
16	Mecidiye	Anadolu Lisesi	6	4.5	27
17	Ataköy	Sağlık Ocağı	4	5	20
18	Ataköy	Otogar	4	5.5	22
19	Ataköy	Sümer	14	5	70
20	Ataköy	Yoğurt Pazarı	2	5.5	11
21	Ataköy	Müze	8	4	32
22	Ataköy	Şanlı Eczanesi	8	5	40
23	Ataköy	Lalecik	10	4.5	45
24	Ataköy	Gazenfer	16	4	64
25	Ataköy	Sezerler Bakımevi	6	5	30
26	Ataköy	Can Gıda	6	5.5	33
27	Ataköy	Hoşgör Fırını	8	3.5	28
28	Ataköy	Kooperatif 1	26	3	78
29	Ataköy	Yazgan Mobilya	4	3.5	14
30	Ataköy	Gülen Market	6	5	30
31	Ataköy	Günyüzü Lokantası	8	5.5	44
32	Ataköy	Can Kreş	2	5	10
33	Ataköy	Doğa Eczanesi	2	4	8
34	Ataköy	Yavuz Selim İlkokulu	14	3.5	49
35	Ataköy	Eser Oto	6	5	30
36	Fatih	Ana Depo	2	3.5	7
37	Fatih	Ziya Paşa	2	4	8
38	Fatih	Mithat Paşa	3	4.5	13.5
39	Fatih	DMO	3	5.5	16.5
40	Fatih	Karakol	6	4.5	27
41	Fatih	Öztürk Fırını	4	4	16

42	Fatih	PTT (Harb-iş)	18	3.5	63
43	Fatih	Saray Mobilya	4	3	12
44	Fatih	Cezaevi	14	4	56
45	Fatih	Gezer Yapı	18	4.5	81
46	Fatih	Gülizar Çiçekçilik	6	3	18
47	Fatih	Akıncı Çeşmesi	4	2.5	10
48	Fatih	Huzur Taksi	1	2	2
49	Fatih	Durmazlar Tic.	6	4	24
50	Fatih	Gürcan Taksi	4	5	20
51	Fatih	Fatih Kavşağı	20	4	80
52	Fatih	Adliye	10	5	50
53	Fatih	Eser Kırtasiye	9	6	54
54	Fatih	Şahbazlar	12	6	72
55	Fatih	Hisar Market	8	5	40
56	Sahipata	Stadyum	9	7.5	67.5
57	Sahipata	Öğretmen Lis.	5	7	35
58	Sahipata	il Jandarma	4	6.5	26
59	Sahipata	Müze	2	5	10
60	Sahipata	Antep Pastanesi	4	6.5	26
61	Sahipata	İşlek Gıda	6	5	30
62	Sahipata	Otel Maya	14	5.5	77
63	Sahipata	Egesoy Market	12	5.5	66
64	Sahipata	Akgül Kreş	6	4	24
65	Sahipata	Ataköy Kavşağı	18	5	90
66	Sahipata	Eser Kırtasiye	3	7.5	22.5
67	Sahipata	Kardeş Tic.	6	5	30
68	Sahipata	Gülınar Camcılık	4	6	24
69	Sahipata	Cihan Gıda 2	8	5	40
70	Sahipata	Tunçel Yapı	4	3	12
71	Sahipata	Fuar Kavşağı	6	2	12
72	Sahipata	Ata Eczanesi	4	3	12
73	Sahipata	İnan Ticaret	4	3.5	14
74	Sahipata	Güven Elektrik	10	4.5	45
75	Sahipata	Kıraç Market	25	6	24
Toplam Amaç Fonksiyonu Değeri = 2420					

**Tablo 10. Mecidiye Güzergâhı Çözüm Sonuçları**

	Hareket	Durak	Yolcu Sayısı	Uzaklık (Km)
Minibüs 1	Mecidiye	Zafer	18	261,8 km
Minibüs 2	Mecidiye	PTT Baş. Müd.	18	
Minibüs 3	Mecidiye	Aras Kargo	16	
	Mecidiye	Ask. D. Bşk.	2	
Minibüs 4	Mecidiye	Doğum Evi	10	
	Mecidiye	Tren Geçidi	8	
Midibüs 1	Mecidiye	Maliye	12	
	Mecidiye	Türbe	15	
Midibüs 2	Mecidiye	Emniyet	10	
	Mecidiye	Özer Sitesi	16	
	Mecidiye	End. Mes. Lisesi	1	
Midibüs 3	Mecidiye	PTT	6	
	Mecidiye	Akbank	5	
	Mecidiye	TMO	7	
	Mecidiye	Stadyum	4	
	Mecidiye	Anadolu Lisesi	6	
<b>Toplam</b>	<b>Mecidiye</b>	<b>16 DURAK</b>	<b>154 Kişi</b>	<b>37,4 km*</b>

\* Hareket Noktası ile son durak arasındaki gerçek uzaklık (gidiş – dönüş)

**Tablo 11. Ataköy Güzergâhı Çözüm Sonuçları**

	Hareket	Durak	Yolcu Sayısı	Uzaklık (Km)
Minibüs 1	Ataköy	Lalecik	10	273 km
	Ataköy	Müze	8	
Minibüs 2	Ataköy	Yavuz Selim İlkokulu	14	
	Ataköy	Yazgan Mobilya	4	
Minibüs 3	Ataköy	Hoşgör Fırını	8	
	Ataköy	Şanlı Eczanesi	8	
	Ataköy	Doğa Eczanesi	2	
Minibüs 4	Ataköy	Sezerler Bakımevi	6	
	Ataköy	Eser Oto	6	
	Ataköy	Gülen Market	6	
	Ataköy	Can Kreş	2	
Midibüs 1	Ataköy	Kooperatif 1	26	
Midibüs 2	Ataköy	Sağlık Ocağı	4	
	Ataköy	Gazenfer	16	
	Ataköy	Günyüzü Lokantası	8	
Midibüs 3	Ataköy	Sümer	14	
	Ataköy	Yoğurt Pazarı	2	
	Ataköy	Otogar	4	
	Ataköy	Can Gıda	6	
<b>Toplam</b>	<b>Ataköy</b>	<b>19 DURAK</b>	<b>154 Kişi</b>	<b>39 km*</b>

\* Hareket Noktası ile son durak arasındaki gerçek uzaklık (gidiş – dönüş)

**Tablo 12. Fatih Güzergâhı Çözüm Sonuçları**

	Hareket	Durak	Yolcu Sayısı	Uzaklık (Km)
Minibüs 1	Fatih	PTT (Harb-iş)	18	233,8 km
Minibüs 2	Fatih	Gezer Yapı	18	
Minibüs 3	Fatih	Adliye	10	
	Fatih	Hisar Market	8	
Minibüs 4	Fatih	Cezaevi	14	
	Fatih	Akıncı Çeşmesi	4	
Midibüs 1	Fatih	Huzur Taksi	1	
	Fatih	Gülizar Çiçekçilik	6	
	Fatih	Fatih Kavşağı	20	
Midibüs 2	Fatih	Karakol	6	
	Fatih	Durmazlar Ticaret	6	
	Fatih	Öztürk fırını	4	
	Fatih	Ana Depo	2	
	Fatih	Eser Kırtasiye	9	
Midibüs 3	Fatih	Mithat Paşa	3	
	Fatih	Saray Mobilya	4	
	Fatih	Gürcan Taksi	4	
	Fatih	Ziya Paşa	2	
	Fatih	DMO	3	
	Fatih	Şahbazlar	12	
<b>Toplam</b>	<b>Fatih</b>	<b>20 DURAK</b>	<b>154 Kişi</b>	<b>33,4 km*</b>

\* Hareket Noktası ile son durak arasındaki gerçek uzaklık (gidiş – dönüş)

**Tablo 13. Sahipata Güzergâhı Çözüm Sonuçları**

	Hareket	Durak	Yolcu Sayısı	Uzaklık (Km)
Minibüs 1	Sahipata	Ataköy Kavşağı	18	245 km
Minibüs 2	Sahipata	Fuar Kavşağı	6	
	Sahipata	Tunçel Yapı	4	
	Sahipata	Cihan Gıda II	8	
Minibüs 3	Sahipata	Güven Elektrik	10	
	Sahipata	Antep Pastanesi	8	
Minibüs 4	Sahipata	Kardeş Ticaret	6	
	Sahipata	Egesoy Market	12	
Midibüs 1	Sahipata	Artık Kapasite	21	
	Sahipata	Akgül Kreş	6	
	Sahipata	Müze	2	
Midibüs 2	Sahipata	İşlek Gıda	6	
	Sahipata	İnan Ticaret	4	
	Sahipata	Kıraç Market	4	
	Sahipata	Gülнар Camlılık	4	
	Sahipata	Stadyum	5	
	Sahipata	Öğretmen Lisesi	5	
Midibüs 3	Sahipata	İl Jandarma	4	
	Sahipata	Ata Eczanesi	4	
	Sahipata	Eser Kırtasiye	3	
	Sahipata	Otel Maya	14	
<b>Toplam</b>	<b>Sahipata</b>	<b>20 DURAK</b>	<b>154 Kişi</b>	<b>35 km*</b>

\* Hareket Noktası ile son durak arasındaki gerçek uzaklık (gidiş – dönüş)

### 3.5.2. Optimum Sonuçlar Işığında Karar Süreci

Fabrika personel servisinin yapılabilmesi için şubelerde bulunan araçlardan 12 midibüs ve 16 minibüsün çalışması gerekir. Buna göre fabrika servisinin yapılarak 616 personelin iş yerlerine taşınabilmesi için 12 midibüs ve 16 minibüsün toplam 1.013,6 km. (tek sefer için) yol alması gereklidir. Aynı şekilde diğer servisler içinde maliyet hesabında kullanılacak değerler aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

**Tablo 14. Optimum Çözüm Sonuçları**

<b>Güzergâh</b>	<b>Servis Araçları</b>	<b>Günlük (km)</b>	<b>Personel</b>
Mecidiye	4 Minibüs 3 Midibüs	261,8	154
Ataköy	4 Minibüs 3 Midibüs	273	154
Fatih	4 Minibüs 3 Midibüs	233,8	154
Sahipata	4 Minibüs 3 Midibüs	245	154
<b>Toplam</b>	<b>16 Minibüs 12 Midibüs</b>	<b>1.013,6</b>	<b>616</b>

Bu tablo doğrultusunda servisler için ayda (bir ay 22 işgünü olarak alınmıştır.) kaydedilecek km.'den aylık yakıt maliyeti, aylık bakım-onarım giderleri ve aylık vergi giderleri toplanarak, servis maliyetleri bulunabilir. Her serviste kullanılacak araçlar minibüs veya midibüs olduğundan her km. tüketilen yakıt tutarı servisteki araçlara göre ağırlıklı ortalamadan hesaplanabilir. Minibüs için her km.'de tüketilecek yakıt tutarı 0,262 YTL ve midibüs için 0,375 YTL alınırsa aşağıdaki tablo elde edilebilir.

**Tablo 15. Optimum Sonuçlara Göre Toplam Yakıt Maliyetleri**

<b>Servis Araçları</b>	<b>Toplam Yakıt Tüketim Tutarı</b>
Minibüs	$37,4 \text{ km/gün} \times 0,262 \text{ YTL} = 9,80 \text{ YTL} \times 4 \text{ araç} = 39,20 \text{ YTL}$ $39,0 \text{ km/gün} \times 0,262 \text{ YTL} = 10,22 \text{ YTL} \times 4 \text{ araç} = 40,87 \text{ YTL}$ $33,4 \text{ km/gün} \times 0,262 \text{ YTL} = 8,75 \text{ YTL} \times 4 \text{ araç} = 35,00 \text{ YTL}$ $35,0 \text{ km/gün} \times 0,262 \text{ YTL} = 9,17 \text{ YTL} \times 4 \text{ araç} = 36,68 \text{ YTL}$ Günlük Toplam = 151,75 YTL Aylık Toplam = 3.338,50 YTL Yıllık Toplam = 40.062 YTL
Midibüs	$37,4 \text{ km/gün} \times 0,375 \text{ YTL} = 14,03 \text{ YTL} \times 3 \text{ araç} = 42,09 \text{ YTL}$ $39,0 \text{ km/gün} \times 0,375 \text{ YTL} = 14,63 \text{ YTL} \times 3 \text{ araç} = 43,88 \text{ YTL}$ $33,4 \text{ km/gün} \times 0,375 \text{ YTL} = 12,53 \text{ YTL} \times 3 \text{ araç} = 37,58 \text{ YTL}$ $35,0 \text{ km/gün} \times 0,375 \text{ YTL} = 13,13 \text{ YTL} \times 3 \text{ araç} = 39,38 \text{ YTL}$ Günlük Toplam = 162,93 YTL Aylık Toplam = 3.584,46 YTL Yıllık Toplam = 43.013, 52 YTL

Servis için gerekli olan araçların aylık bakım-onarım giderleri için aşağıdaki tablo hazırlanabilir.

**Tablo 16. Bakım-Onarım Giderleri Toplamı (YTL)**

Servis Araçları	Bakım-Onarım Giderleri Toplamı
Minibüs	51,5 / ay x 12 = 618 YTL x 16 adet = 3.708 YTL
Midibüs	82,5 / ay x 12 = 990 YTL x 12 adet = 11.880 YTL

Ayrıca her minibüs için verilen yıllık vergi tutarı 1.250 YTL olmak üzere minibüs için toplam yıllık vergi tutarı 20.000 YTL ve midibüs için yıllık vergi gideri 1.438 YTL olmak üzere midibüs için toplam yıllık vergi tutarı 17.256 YTL olarak hesaplanabilir.

Sonuçta her servisinin şirkete toplam maliyeti çıkarılabilir.

**Tablo 17. Toplam Ulaştırma Giderleri (YTL)**

Yakıt Gideri	Bakım-Onarım Gideri	Vergi Gideri	Toplam Gider
83.075,52	15.588	37.256	<b>135.919,52</b>

Şirketin yukarıda belirtilen maliyetler dışında ücretler, sigorta ve sabit maliyetler olmak üzere 223.506,72 YTL daha maliyeti vardır.

Şirketin personel servisi için maliyetinden sonra, toplam geliri bulunarak buradan da net kar hesaplanabilir.

Şirket her servis ihalesi için kişi başı 60 YTL üzerinden ihaleye girmekte ve ihale sonunda, eksiltme oranı en fazla olan teklifi yapması durumunda ihaleyi kazanmaktadır.

**Tablo 18. Toplam Gelirler (YTL)**

<b>Toplam Gelir</b>	<b>Toplam Gider</b>	<b>Net Kar</b>
60 YTL / ay x 616 kişi x 12 ay = 443.520 YTL	359.426,24	84.093,76

Sonuçta şirket elindeki kaynaklarını etkin olarak kullandığında yukarıdaki Tablo 17'de görüldüğü gibi Öztürk Kimya Fabrikası personel servisi taşımasından aylık 7.008 YTL elde edecektir.

## SONUÇ

Bu bölümde, Afyonkarahisar merkezinde bulunan bir fabrikanın servis araçlarının rotalarının belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Ulaşım hizmetleri birim amirliğiyle yapılan görüşmelerle, çalışmanın içeriği ve odak noktası tespit edilmiştir. Bu konuda seçenekler ele alınmış, çalışma alt basamaklara ayrılmıştır. Öncelikle temel unsur olan personel adresleri, harita ve krokilere aktarılmıştır. Müteakiben bu adresler durma noktalarının oluşturulması maksadıyla gruplanmıştır. Bundan sonraki basamak, kabaca belli olan durakları yürüme ve zaman kısıtı göz önünde tutularak düzenlemek olmuştur. Duraklarda gruplanmış ve her grup içinde en uygun güzergâh oluşturulmuştur.

Problem, bir serim üzerinde tüm araçlar tarafından kat edilen toplam mesafeyi enküçükleyecek şekilde, merkez düğüme bağlı kapasite ve uzaklık kısıtlarını aşmayan 4 adet hareket noktasından takip edilecek rotaların belirlenmesi problemi olarak değerlendirilmiştir. Probleme ilişkin bir model geliştirilmiş, modele yönelik geçerli eşitlikler önerilmiş, modelin VAM ile elde edilen en iyi çözümü verilmiştir. Elde edilen çözümün mevcut uygulamayla karşılaştırıldığında daha iyi bir sonuç verdiği gözlenmiştir.

Personel daha az yakıt tüketimiyle daha kısa bir zamanda taşınabilmektedir. Mevcut uygulamada kat edilen mesafe günlük 1.075 km iken 1.013 km ye düşmüştür. Bu azalma bu maksatla sevk edilen araçların miktarını azaltmakta, doğru orantılı olarak ta kaynakların etkin kullanılması ve gider konusunda tasarruf sağlanmaktadır.

Mevcut uygulamada 45 araç ile 1.075 km. yol katedilirken, önerilen çözümle 62 km. azaltılan bu mesafeye ulaşım hizmetinin sağlanması için 28 aracın görevlendirilmesinin yeterli olduğu görülmektedir.

Çalışmada, 72 adet yeni durak tespit edilmiş ve önerilen çözümlerle %8,02 oranında (yıllık 28.752,00 YTL) bir maliyet indirimi öngörülmüştür. Yıllık gider 388.178,00 YTL iken 359.426,00 YTL olarak gerçekleşmiştir. Yıllık kâr'da 55.341,76 YTL iken 84.093,00 YTL ye yükselmiştir.

Mevcut durumda araç planlaması yılda 4 defa yani 3 ayda bir yenilenmektedir. Güzergâhların tespiti bilgisayara dayalı matematiksel modeller kullanılmadan yapıldığından tahsis edilecek araç cins ve miktarı ile rotaların belirlenmesinde küçük değişikliklerde dahi güçlükler yaşanmaktadır. Ancak bu çalışma ile personelin konut değiştirme ve diğer sebeplerle inme ve binme noktalarını değiştirmesine yol açan adres değişikliklerini yönetime bildirme kaygısı ortadan kalkmıştır. Bu tür değişiklikler daha sık yapılan adres tespitleriyle belirlenerek gerekli yenilemeler planlamaya kolaylıkla aktarılabilir. Ara dönemde yapılması gereken değişiklikler ve rotalama faaliyetleri için, yeni durak yerleri ile talep sayıları belirlenerek geliştirilen bilgisayar destekli model vasıtasıyla kolaylıkla yeterli sonuç alınabilecektir.

Bu sayede ayakta personel taşınması önlenmiş, her aracın kendisine tahsis edilen duraklara yönelmesi, kısa güzergâh takip etmek suretiyle hedeflenen noktalara ve kesin varış yerine kısa sürede ulaşması sağlanmıştır.

Geniş coğrafi alanda yapılan çalışmalarda mesafelerin hassasiyetle tespiti güç olduğundan bu tür nokta ve güzergâh tespit faaliyetlerinde bilgisayar destekli haritalar ve coğrafi bilgi sistemlerinden istifade edilmesinin faydalı olacağı, ayrıca uygulamada kullanılan araçların belirli periyotlarla yenilenmesinin, yakıt tüketimini ve motor ömrünü olumsuz etkileyen bakım ve onarım işlemlerinin titizlikle takibinin yapılmasının, elde edilen sonuçları ve iyileştirmeleri daha iyi düzeye getireceği değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan dağıtım programının yenilenmesi şirketin minibüs ve midibüs yerine uzak mesafeli taşımacılıkta tam doluluk oranına

yakın bir kapasite kullanımı ile daha ekonomik olduğu kabul edilen otobüsler ile taşımacılık yapmak üzere araç filosundaki araçların cinslerini değiştirmeye yönelik çalışmalar yapılmasının yıllık getiriye arttıracakđı ve toplam maliyeti azaltacakđı öngörülmektedir.

Daha sonraki görüşmelerde bunun verimli olduğu kadar personel memnuniyeti açısından da iyi bir sonuç getirdiği belirlenmiştir.

**KAYNAKLAR**

AKGÜL, Aziz

1993 “Sistem Tasarımı ve Optimizasyon” Kara Harp Okulu Matbaası,  
ANKARA.

ASSAD,A., B.GOLDEN, R. DAHL ve M.DROR

1982 “Desing of An Inventory/Routing System for A Large Propane  
Distribution Firm”, Proc. of 1982 Southeast TIMS Conference  
(C.Gooding, ed.).

AYAN, Tuba Yakıcı

1999 “Sezgisel Araştırmanın Araç Rotalama Problemlerinde Kullanılması  
ve Bir Sezgisel Metot Denemesi, Doktora Tezi, Atatürk  
Üniversitesi.

BAKIR, M. A. ve B. ALTUNKAYNAK

2003 “Tamsayılı Programlama, Teori, Modeller Ve Algoritmalar”, Nobel  
Yayın Dağıtım, Ankara.

BAKER, E., L. BODIN, W. FINNEGAN ve W. PONDER

1979 "Efficient Heuristic Solutions to an Airline Crew Scheduling  
Problem",AIIE Trans. 11(2), 79 – 85.

BALAS, E. ve N. CHRISTOFIDES

1976 “A New Penalty Method far Travelling Salesman Problem”.  
Budapest: Presented at the Ninth Math.Prog.Symp.

BRYAN, Nora S.

1993 "Government and the Business of Data". G.H. Gilbert (der.)  
Profiting From A Geographic Information System, ABD: GIS  
World.

BAKER, E., L. BODIN, W . FINNEGAN ve W. PONDER

1979 "Efficient Heuristic Solutions to an Airline Crew Scheduling  
Problem",AIIE Trans. 11(2), 79 – 85.

BODIN, L., B. GOLDEN, A. ASSAD ve M. BALL

1983 "Routing and Scheduling of Vehicles And Crews", Computers and  
Operations Research, Special Issue 10, 69 – 211.

BLUMBERG, Donald F.

1998 "Strategie Assesment of Outsorcing And Downsizing in The  
Service Market", Managing Service Quality, Vol.8 No:1, 1998.

CHRISTOFIDES, N.

1976 "Worst-Case Analysis of a New Heuristic for the travelling  
Salesman Problem", Report 388, Graduate School Of Industrial  
Administration, Carnigie Mellon University.

DEXTER, K.

1981 "Scheduling an Urban Railway, Computer Scheduling of Public  
Transportation, Urban Passenger Vehicle And Crew Scheduling:  
Amsterdam North-Holland.

ELLINGER, Alexander E.,P. J. DAUGHERTY ve S. B. KELLER

2000 "The Relationship Between Marketing/Logistics Interdepartmental  
Integration and Performance in U.S. Manufacturing Firms: An  
Empirical Study," Journal of Business Logistics, 21, 1 – 22.

EMBLETON Peter R. ve Philip C. WRIGHT

1998 "A Practical Guide to Successful Outsourcing, Empowerment in Organizations, Vol.6, No.3, 335 – 342.

EMERSON, Carol J. ve C. M. GRIMM

1996 "Logistics and Marketing Components of Customer Service: an Empirical Test of the Mentzer, Gomes and Krapfel Model," International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 26, 29 - 42.

ESİN, Alptekin

1988 "Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri", Gazi Yayınları No:16, Ankara.

GANDREAU, M. G.LAPORTE, C.MUSRAGANYİ, E.D.TAILLARD

1999 "A Tabu Search Heuristic For The Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem", Computers and Operations Research, 2, 81 – 92.

GÜLEÇ, Kemal

1991 "Verimliliğin Arttırılmasında Yeni Gelişen Teknolojilerin Etkileri" Verimlilik Dergisi, Ankara: MPM Yayınları, s. 161 – 168.

GATTORNA, John, Abby DAY ve John HARGREAVES

1991 "Effective Logistics Management," Logistics Information Management, 4(2), 14 – 28.

GOLDEN, B., T. MAGNANTI, H. NGUYEN,

1977 "Implementing Vehicle Routing Algorithms" Networks, 7, 113 – 148.

GOLDEN, B., L. BODİN, T. DOYLE, ve W. STEWARD

1980 "Approximate Travelling Salesman Algorithms", Operations Research, 694 – 711.

HALAÇ, Osman

1991 "Kantitatif Karar Verme Teknikleri", Evrim Basımevi Yayınları, İstanbul.

HENDERSON, B.D.

1983 "The Anatomy of Competition" , Journal of Marketing, 47, Spring, pp. 77 – 85.

KEON, T.L. ve B. MCDONALD

1982 "Job Satisfaction And Life Satisfaction An Empirical Evaluation of Interrelationship", Human Relations, 35, pp. 167-180.

LANGLEY, John, Gary ALLEN ve Gemini YOUNG

2002 "Third Party Lojistics Study; Result and Findings of the Seveth Annual Study", Ryder System Inc.

LARSEN, Tage Skjoett

2002 "Third party lojistics from an interorganizational point of view", international Journal of Physical Distribution & Loistics Management, Vol.30, No: 2, pp 112 – 127.

MCCLAIN, J.O. ve Joseph THOMAS

1985 "Operation Management-Production of Goods and Services", 2<sup>nd</sup> Printed Edition, Prentice Hall Inc.

MORASH, Edward A., Cornelia DRÖGE ve Shawnee VICKERY

1996 "Boundary-Spanning Interfaces Between Logistics, Production, Marketing and New Product Development," International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 26(8), 43 – 62.

MURPHY, Paul R. ve Richard F. POIST

1996, "Comparative Views of Logistics and Marketing Practitioners Regarding Interfunctional Coordination", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 26(8), 15 – 28.

ÖZDEMİR, Mahmut

1991 "Verimlilik Üzerine Düşünceler ve Verimlilik Çalışmaları" Verimlilik Dergisi, Ankara: MPM Yayınları, s. 169 – 174.

ÖZTÜRK, Ahmet

1994 "Yöneylem Araştırması", Ekin Kitabevi yayınları, Bursa.

RIGGS, James L.

1986 "Monitoring With a Matrix That Motivates As It Measures" Industrial Engineering, C. XVIII, No.1

RABINOVICH, Eliot, Robert WINDLE, Martin DRESNER ve Thomas CORSI

1999 "Outsourcing of Integrated Logistics Functions: An Examinations of Industry Practices, International", Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 29, No.6, pp. 21 – 34.

RIGGS,L., M.S. INOUE,

1975 "Introduction to Operation Research And Management Science", Mc Graw-Hill Book Comp, New York.

SARIASLAN, Halil

1986 "Kaynak Dağılımında Doğrusal Programlama", Turhan Kitabevi  
Ankara.

SHAPERO, Albert

1998 "Managing Professional People Understanding Creative  
Performance" The Free Press, New York.

TAHA, Hamdy, A.

2000 "Yöneylem Araştırması", Literatür Yayıncılık, Ankara.

TATAR, Tefvik

1992 "İşletmecilik İlkeleri", Gazi Büro Kitabevi, Ankara.

TATAR, Tefvik

1993 "Yatırımların Seçimi ve Değerlendirilmesi", Gazi Üniversitesi  
Yayınları, Yayın No.182, Ankara.

TEK, Ömer Baybars

1997 "Pazarlama İlkeleri Global Yönetimsel Yaklaşım Türkiye  
uygulamaları" 7 Baskı, İZMİR.

TOKOL, Tuncer

1996 "Pazarlama Yönetimi, Vipaş Yayınları Bursa.

TOTH P, Vigo D.

"The Granular Tabu Search (and its Application to the Vehicle  
Routing Problem)," Technical Report, Dipartimento di Elettronica,  
Informatica e Sistemistica, Vol 15, Issue 4, pp 333 - 346.

TUNA, Okan ve Didem ÖZER

2002 "Pazarlama Faaliyetlerinin Etkinliğinin Sağlanmasında Üçüncü Taraf Lojistik Tedarikçilerin Rolü; Türkiye'ye Yönelik Delphi Çalışması", 7. Ulusal pazarlama Kongresi, Afyonkocatepe Üniversitesi, Yayın No : 32, 7, Ulusal pazarlama Kongresi, (31 Mayıs – 2 Haziran ).

ULUCAN, Aydın

2004 "Yöneylem Araştırması", Siyasal Kitabevi, Ankara.

ÜLENGİN, Füsun ve Nimet URAY

1999 "Current Perspective in logistics: Turkey a Case Study", International Journal of Physical Distributions & Logistics Management", Vol.29,No:1, pp. 41 – 48.

QUINN, James Brian ve Frederic G. HILMER

1995 "Make versus Buy: Strategic Outsourcing", The McKinsey Quarterly, No.1, pp. 54 – 58.

VOORHEES, R.D., R.K. TEAS, B.J. ALLEN ve E. T. DINKLIE

1988 "Changes in the Marketing-Logistics Relationship," Journal of Business Logistics, 9(1), 34 – 50.

WINSTON, W.L

1994 "Operations Research, Applications and Algorithms 3rd Edition. California: Indiana University, An Imprint of Wadsworth Publishing Company, Belmont.

ZHU, Zhiwei, Katy HSU ve Joseph LILLIE

2002 "Outsourcing A Strategic Move: The Process And The Angredients For Success,; Management Decision, 39/5

## ÖZET

Araç Rotalama Problemi; mal, hizmet veya şahısların bir araçlar grubu ile belirli arz noktalarından belirli istek veya alım noktalarına ulaştırılmaları amacıyla kapasite, mesafe, zaman ve maliyet gibi kısıtlara uygun olarak rotaların bulunması suretiyle, en kısa yolların tespit edilmesi problemidir.

Araç Rotalama Problemlerinin zaman kısıtı, değişik özellikli araçlar, eş zamanlı dağıtım ve toplama gibi çok çeşitli uzantıları vardır. Bu tür problemlerdeki amaç ise, tüm kısıtları sağlayan, kat edilen toplam mesafeyi, kullanılan araç sayısını vs. azaltan optimal rotalar oluşturmaktır.

Dağıtım maksadıyla kullanılan otobüs vb. gibi araçların işletim maliyetleri, toplam dağıtım maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu giderlerde sağlanacak küçük tasarruflar zaman geçtikçe ve faaliyetler arttıkça büyük miktarlara varmaktadır.

Bu tez çalışmasında temel amaç, personel servislerinin kat ettikleri toplam mesafelerin ve dolayısıyla gezi sürelerinin, en küçük ölçüye indirilmesidir. Bu husus, kesin varış noktaları ile durma noktalarının sayısı, bunun yan ısıra her durak yeri için değişik hatların belirlenebilirliği ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle model kurulurken öncelikle her durak belli bir yöne giden araca atanmıştır. Daha sonra ele alınan rotalama problemi ise, her araç için atamaları yapılmış olan durma noktalarının gezilmesi hususunun araştırılmasıdır. Bu safhada, Ulaştırma Modeli çözüm yöntemlerinden birisi olan Vogel Yaklaşım Yönteminden istifade edilmektedir.

## ABSTRACT

Vehicle routing problem can be defined as to serve the people at the demand points by a heterogeneous/homogeneous fleet with the shortest paths under the constraints of capacity, time and cost.

Vehicle routing problems have various extensions such as time windows, multiple vehicles, backhauls, simultaneous delivery and pick-up, etc. The objectives of all these problems are to design optimal routes minimizing total distance traveled, minimizing number of vehicles, etc that satisfy corresponding constraints.

The costs associated with operating vehicles and crews for delivery purposes from an important component of total distribution costs. Consequently, small percentage of savings in these expenses could result in substantial total savings over a number of years.

In this study, the main objective is to minimize total distance travelled by personnel shuttle buses. This is closely related to the exact locations and number of stops as well as the availability of alternative routes for each stop location. Therefore, from the modelling point of view, each stop is assigned to vehicles going to a specific direction. The routing problems as to how the assigned stops are travelled by each bus are solved by applying the solution procedure offered by VAM (Vogel's Approximate Model).