

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

**TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİNDE
RİNG TAŞIMACILIK FAALİYETLERİNİN
MALİYET ETKİNLİK ANALİZİ VE ULAŞTIRMA
MODELLERİ YARDIMIYLA GÜZERGAH
OPTİMİZASYONU**

Yüksek Lisans Tezi

DAVUTHAN GÜNAYDIN

İstanbul,2006

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

**TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİNDE
RING TAŞIMACILIK FAALİYETLERİNİN
MALİYET ETKİNLİK ANALİZİ VE ULAŞTIRMA
MODELLERİ YARDIMIYLA GÜZERGAH
OPTİMİZASYONU**

Yüksek Lisans Tezi

DAVUTHAN GÜNAYDIN

Danışman: YRD.DOÇ.DR.FATMA URFALIOĞLU

İstanbul,2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
TABLO LİSTESİ	IV
ŞEKİL LİSTESİ	VI
1.GİRİŞ	1
2.MALİYET-ETKİNLİK ANALİZİ	3
2.1.Maliyet Etkinlik Göstergeleri.....	4
3.KARAYOLU ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ MALİYET ANALİZİ	7
4.KARAYOLU ULAŞTIRMASINDA MALİYETLER	8
4.1.Sabit Maliyetler.....	8
4.2.Değişken Maliyetler.....	9
4.3.Direkt Sefer Maliyetleri.....	10
4.3.1.Akaryakıt Maliyetleri.....	10
4.3.2.Yağ Maliyetleri.....	11
4.3.3.Lastik Maliyetleri.....	12
4.3.4.Otoyol Köprü Ücretleri.....	12
4.3.5.Gemi ve Feribot Ücretleri.....	13
4.3.6.Garaj Otopark Ücretleri.....	13
4.3.7.Harcırah Giderleri.....	13
4.3.8.Diğer Giderler.....	13
4.4.Endirekt Sefer Maliyetleri.....	13
4.4.1.Araç Sigorta ve Vergileri.....	14
4.4.2.Araç Teçhizat Amortismanı.....	15
4.4.3.Araçlara Eklenen Teçhizat ve Aparat Giderleri.....	16
4.4.4.Araçların Bakım Onarım Maliyetleri	16
4.5.Genel Yönetim Giderleri.....	16
5.KARAYOLU ULAŞTIRMASI OPTİMİZASYON PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ	18
5.1.Doğrusal Programla ile Karayolu Dağıtım Rotalarının Optimizasyonu.....	18
5.2.Ulaştırma Modelleri.....	20
5.3.Ulaştırma Problemlerinin Matematiksel Modeli.....	22
5.4.Dengeli ve Dengesiz Ulaştırma Problemleri.....	28

5.5.Ulaştırma Algoritması.....	31
5.6.Ulaştırma Modeli Çözüm Yöntemleri.....	33
5.6.1.Kuzey-Batı Köşe Yöntemi.....	33
5.6.2.En Düşük Maliyetli Gözeler Yöntemi.....	37
5.6.3.VAM Yöntemi (Vogel Yaklaşım Yöntemi).....	38
5.6.4.RAM Yöntemi.....	41
5.7.En İyi Çözümü Bulma Yöntemleri.....	43
5.7.1.Atlama Taşı Yöntemi.....	44
5.7.2.Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi (MODİ).....	47
5.8.Ulaştırma Modelinin Özel Durumları.....	49
5.8.1.Dağıtım Yapılması Yasaklanmış Yollar.....	49
5.8.2.Dağıtım-Kabul Miktarı Sınırlanmış Yollar.....	49
5.8.3.Üst Limit Dağıtım-Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar.....	49
5.8.4.Alt Limit Dağıtım-Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar.....	50
5.8.5.Sınırlanmış Sunum Miktarı.....	50
5.8.6.Sınırlanmış İstem Miktarı.....	51
5.8.7.Dejenerasyon.....	51
5.8.8.Hücre Sayısının ($M + N - 1$)' den Büyük Olduğu Durumlar.....	51
5.8.9.Hücre Sayısının ($M + N - 1$)' den Küçük Olduğu Durumlar.....	52
5.9.Ulaştırma Modelinde Duyarlılık Analizleri.....	52
5.9.1.Maliyetlerdeki Duyarlılık Analizleri.....	52
5.9.2.Sunum Miktarındaki Duyarlılık Analizleri.....	53
5.9.3.İstem Miktarındaki Duyarlılık Analizleri.....	54
5.10.Ulaştırma Modelinin Uzantıları.....	54
5.10.1.Genelleştirilmiş Ulaştırma Problemleri.....	55
5.10.2.Kapasitelendirilmiş Ulaştırma Problemleri.....	56
5.10.3.Karışık Kısıtlı Ulaştırma Problemleri.....	57
5.10.4.Sabit Yüklü Ulaştırma Problemleri.....	61
5.10.5.Tek Kaynaklı Ulaştırma Problemleri.....	62
5.10.6.Temel Köşegen Ulaştırma Problemleri.....	62
5.10.7.Tesis Yerleşim Ulaştırma Problemleri.....	63
5.10.8.Zamanı Azaltan Ulaştırma Problemleri.....	64
5.10.9.Maliyet / Zaman Eğimli Ulaştırma Problemleri.....	64
5.10.10.İki Kriterli Ulaştırma Problemleri.....	64
5.10.11.Çok Amaçlı Ulaştırma Problemleri.....	64
5.10.12.Çok Boyutlu Ulaştırma Problemleri.....	65
5.10.13.Doğrusal Olmayan Ulaştırma Problemleri.....	65
5.10.14.Geniş Ölçekli Ulaştırma Problemleri.....	65
5.10.15.Atama Problemi (Macar Yöntemi).....	65
5.10.16.Üretim Programlaması.....	66
5.10.17.Aktarma Problemleri.....	66
5.10.18.Seyyar Satıcı Problemleri.....	67
5.10.18.1.Seyyar Satıcı Probleminin Çözüm Algoritmaları....	70
5.10.18.2.Tur Kurucu Algoritmalar.....	70
5.10.18.3.Tur Geliştirici Algoritmalar.....	70
5.10.18.4.Karışık Sezgisel Algoritmalar.....	70
5.10.18.5.En Yakın Yaklaşım Yöntemi.....	70

6.UYGULAMA	72
6.1. TSK'lerinde Ring Taşımacılığı.....	72
6.2. Problemin Tanımı.....	74
6.2.1. Problemin Çözümü.....	76
6.2.2. Kuzey Ringi Maliyet Analizi.....	83
6.2.2.1.Akaryakıt Maliyeti.....	83
6.2.2.2.Yağ Maliyeti.....	83
6.2.2.3. Lastik Maliyetleri.....	83
6.2.2.4. Paralı Otoyol Köprü ücretleri.....	84
6.2.2.5. Şoför Araç Komutanı ve Muhafız Harcırahı.....	84
6.2.3. Endirekt Maliyetler.....	84
6.2.3.1. Araç Sigorta ve Vergileri.....	84
6.2.3.2. Araç ve Teçhizat Amortismanı.....	85
6.2.3.3.Araç Komutanı ve Şoför Ücretleri.....	85
6.2.3.4.Araç Bakım ve Onarım Giderleri.....	85
6.2.4. Genel Yönetim Giderleri.....	86
6.2.5. Kuzey Ringi Toplam Maliyeti.....	86
7. SONUÇ	88
EKLER	90
KAYNAKÇA	97

TABLO LİSTESİ

Tablo 1:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 2:	Sunum Miktarının İstem Miktarından Büyük Olduğu Ulaştırma Tablosu
Tablo 3:	Sunum Miktarının İstem Miktarından Küçük Olduğu Ulaştırma Tablosu
Tablo 4:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 5:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 6:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 7:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 8:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 9:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 10:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 11:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 12:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 13:	Ulaştırma Tablosu
Tablo 14:	Atlama Taşı Yöntemi Çevrim Örneği
Tablo 15:	Temel Köşegen Ulaştırma Problemi Tablosu
Tablo 16:	Problem Matrisi
Tablo 17:	Mesafe Matrisi
Tablo 18:	SSP Çözüm Matrisi
Tablo 19:	SSP Çözüm Matrisi
Tablo 20:	SSP Çözüm Matrisi
Tablo 21:	SSP Çözüm Matrisi
Tablo 22:	SSP Çözüm Matrisi
Tablo 23:	SSP Çözüm Matrisi

Tablo 24: SSP Çözüm Matrisi

Tablo 25: SSP Çözüm Matrisi

Tablo 26: SSP Çözüm Matrisi

Tablo 27: SSP Çözüm Matrisi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: m Sunum ve n İstem Merkezli Ulaştırma Probleminin Grafik Açıklaması

Şekil 2: Ulaştırma Tablosu H¼cre Yapısı

Şekil 3: Ulaştırma Modelinin Algoritması

Şekil 4: Maliyet Dağıtım Grafiği

Şekil 5: SSP Turu

Şekil 6: SSP Y¼nlendirme Konsepti

Şekil 7: Ç¼z¼m Grafiği

1. GİRİŞ

Bu çalışmada karayolu ulaştırması maliyet yapısı incelenmiş ve maliyet kalemlerinin hesaplanma yöntemleri açıklanmıştır.

Bu maliyetler içersinde önemli bir kalem tutan direkt araç sefer giderlerinin azaltılması için doğrusal programlanma incelenmiş ve araç güzergah rotalarının optimizasyonunu sağlayabilecek, böylece maliyeti düşürecek ulaştırma modelleri anlatılmıştır.

Karayolu taşımacılık sektöründe rekabet ortamı teknolojinin gelişimine baēlı olarak artmaktadır. Bu rekabet ortamında firmalar varlıklarını sürdürebilmek için öncelikle maliyet hesaplamalarını çok iyi yapmak zorundadırlar. Klasik anlamda araç masraflarının toplanıp araç sayısına bölünerek yapılan hesaplama firmaların rekabet gücünü artırmaktan uzaktır. İlk başlarda firmalar kar ettiēini düşünse de zaman içinde öz kaynaklarını tüketebilirler ve hatta yok olabilirler. Bu sebeplerden dolayı, gerçekçi bir maliyet analizi firma başarısının temelidir.

Diēer ulaştırma sistemlerine oranla çok daha fazla km/maliyet oranına sahip olan karayolu ulaştırması, karmaşık ve planlanmaya muhtaç bir sistemdir. Doğrusal programla metotları firmaların gereksinim duyacakları araç rotalama problemlerinin çözümünde çok büyük kolaylık sağlayacaktır.

Lojistik firmalarında olduēu gibi kamu kurumları da faaliyetlerinde verimliliēi ön planda tutmak zorundadırlar. Sosyal amaçlı kamu faaliyetleri de dahil olmak üzere kıt kaynakları yönetmek zorunda kalan idarenin her türlü faaliyetinde bilimsel metotlar kullanarak maliyet minimizasyonu yapması kaçınılmazdır.

Bu çalışmada TSK'lerinde icra edilen ring taşımacılık faaliyeti değerlendirilmiştir. Her ne kadar TSK'lerin icra ettiēi bu faaliyet ülke savunmasına dair özel durumları bünyesinde barındırsa da yapılan faaliyetin maliyet/etkinliğinin değerlendirilmesi ve ortaya çıkan duruma göre yeni stratejiler belirlenmesi kaçınılmazdır.

Ring taşımacılığı TSK'lerin lojistik faaliyetinin bir unsurudur. İstenilen yer ve zamanda istenilen malzeme ve personeli bulundurma olarak özetlenebilecek ulaştırma konsepti TSK'leri için hayati önem arz etmektedir. Her türlü tehde anında reaksiyon verebilmek, muharebe başarısının temelidir.

Bu çalışmada TSK'lerin 2001 yılından beri kendi olanakları ile icra ettiği ring taşımacılığı incelenmiştir. Bu faaliyeti gerçekleştiren birlik komutanlığında araştırmalar yapılarak birliğin faaliyet masrafları ortaya konulmuş, daha sonra, birliğin sorumlu olduğu bir ring faaliyetinin güzergah optimizasyonu yapılmıştır.

Seyyar satıcı problemi kullanarak yapılan güzergah optimizasyonunda, en yakın yaklaşım yöntemi tekniği kullanılarak mesafe maliyet olarak düşünülmüştür. En kısa mesafeyi veren rotanın bulunmasına çalışılmıştır.

QSB paket program kullanılarak da problemin çözümü yapılmıştır.

2. MALİYET ETKİNLİK ANALİZİ

Yatırım projelerinin analizinde temel unsur projenin imkanlar dahilinde parasal olarak ifade edilen fayda ve maliyetlerin matematiksel teknikler kullanılarak karşılaştırılmasıdır.

Fakat bazı projelerde özellikle kamu projelerinde maliyetlerin parasal ifade edilerek karşılaştırılması mümkün değildir. Bu projeler; Eğitim, sağlık, güvenlik, içme suyu, kanalizasyon gibi sosyal amaçlı projelerdir. Bu projelerde klasik anlamda proje değerlendirme ve analiz teknikleri kullanılmamaktadır. Zira bu projeler insan yaşamını etkileyen ve vazgeçilmez olan projelerdir. Maliyetleri yüzünden vazgeçmek yada alternatif bulmak zor kimi zamanda imkansızdır.

Bu nedenle projenin faydalarının ölçülemediği yada ölçmeye çalışmanın doğru kabul edilmedi durumlarda "Maliyet-Etkinlik Analizi" kullanılır.

Maliyet-Etkinlik Analizi sosyal tercihleri yansıtan hedef düzeylere erişmek amacıyla hazırlanan alternatif projeler arasında indirgenmiş toplam maliyeti (Yatırım tutarı ile diğer projelerinin giderleri toplamı) en düşük olanı yani en ucuz olan çözümü bulmaya yönelik analiz tekniğidir¹.

Bu teknik ile yapılan her çözüm doğru sonucu vermeyebilir. Örneğin okullaşma düzeyini arttırmak için yapılan bir eğitim projesi ile hastane kapasitelerini arttırmaya yönelik bir sağlık projesi arasında seçim yapılması gerektiğinde, bu teknik uygulanamaz bu gibi durumlarda proje maliyetini daha önce gerçekleştirilmiş ya da başka kurumlarca yürütülmekte olan benzer ölçek ve nitelikteki diğer projelerinin karşılaştırılması gerekir. Diğer ülkelerde gerçekleştirilen projeler baz alınabilir.

Maliyetlerin etkinliğini ölçmek amacıyla kullanılan kriterler her faaliyet için farklı olabilir. Hatta, aynı faaliyetlerde güdülen farklı amaçlar bile kriterleri değiştirebilir. Örneğin; içme suyu olmayan bir köye yapılacak olan içme suyu yatırımındaki maliyet-etkinlik göstergesi, bir şehre yapılacak olan içme suyu yatırımındakinden farklı olabilir.

¹ .<http://www.dpt.gov.tr/dptweb/ekutup96/priplan/prj6.html>. (10 Aralık 2005)

2.1. Maliyet Etkinlik Göstergeleri

Aşağıda çeşitli projelerin maliyet etkinlik göstergeleri verilmiştir².

- İçme suyu
 - Kişi başına maliyet (gelirle bağlantılı olarak)
 - Kişi başına tüketim
 - İçme suyu kaynaklı hastalıkların oranı
- Eğitim
 - Öğrenci sayısı
 - Öğretmen / öğrenci oranı
 - M2 inşaat maliyeti
 - Öğrenci başına yatırım maliyeti
 - Öğrenci başına yıllık maliyet
 - Sınıf kullanım oranı
- Sağlık
 - Hasta başına maliyet
 - Yatak başına maliyet
 - Yatak başına kullanım oranı
 - Yatak kullanımı
 - Yatak başına nüfus
 - Doktor/hemşire oranı

² .<http://www.dpt.gov.tr/dptweb/ekutup96/priplan/t12.html>. (10 Aralık 2005)

- Sağlık personeli/hasta oranı
- Tedavi maliyeti
- Ortalama hasta kalma süresi
- Klinik başına nüfus
- Ulaştırma
 - Trafik akışı (günlük araç akışı vb.)
 - Km maliyeti
 - Araç başına maliyeti
 - Ulaşımda sağlanan tasarruf
 - Bölgede nakledilen malın değeri
- Enerji
 - Kwh maliyeti
 - Tüketici başına maliyet
 - Kişi başına tüketim
- Konut
 - M2 maliyeti
 - Birim başına kullanım alanı
 - Maliyet/kullanan geliri oranı
 - Kira maliyet oranı
- Taşıt alımı
 - Kullanım km'si

- Mevcut araç parkının kullanımı
- Ek çıktı oranı
- Hizmet birimleri
 - Toplam alan
 - M2 maliyeti
 - Kullanıcı başına m2 maliyeti
 - Çiftçi başına maliyet
 - Maliyet/üretim oranı
- Hektar maliyeti
- Hayvancılık
 - Hayvan maliyeti
 - Çiftlik başına maliyet

Ayrıca Birim maliyetlerle ilgili ulusal göstergeler yoksa uluslararası istatistiklerden de yararlanılabilir.

Bu çalışma ile TSK'lerinin lojistik faaliyetlerinin önemli bir parçasını oluşturan bölgeler arası ring taşımacılığı değerlendirilmek istenmektedir.

TSK'lerinin icra ettiği bu faaliyeti değerlendirirken parasal parametreleri kullanarak değerlendirme yapmak çok doğru olmayacaktır. Çünkü bölgeler arası ring taşımacılığı ile TSK'lerinin yapısına has özel ve gizliliğe haiz malzemeler taşınmaktadır.

Her ne kadar TSK'lerinin icra ettiği faaliyetlerde sosyal fayda kavramı ön plana çıksa da günümüz sıkı ekonomik disiplinlere bağlı devlet politikalarında her türlü faaliyette bilimsel modeller kullanarak minimum maliyetle maksimum faydayı elde etme esas amaçtır.

3. KARAYOLU ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ MALİYET ANALİZİ

Maliyet, verimlilik çalışmaları arasında hedeflenen ana amaçlardan biridir. Hatta bütün verimlilik çalışmalarının ana amacı olarak maliyet minimizasyonu gösterilebilir³.

Taşımacılık, lojistik sektörü içerisinde en büyük harcama kalemlerindedir. Bu sebepten ötürü lojistik faaliyetler içerisinde ekonomik olarak önemli miktarlar tutar⁴.

Taşımacılık şirketlerinin hali hazırda uygulayabilecekleri verimlilik çalışmalarını;

➤ Dağıtım Verimliliği

- Bölgeleme Çalışmaları
- Optimum takas noktalarının oluşturulması
- Araçların ve İlgili Bölgelerin Kapasitelerinin Uyumlaştırılması.
- Şirkette iç Lojistiğin optimizasyonu

➤ Taşıma Birimlerinin Geliştirilmesi

• Yükleme ve boşaltmalarına mekanizmalarına sahip araçların kullanılması.

- Taşıma kapasitesine göre değişken kapasiteli araç kullanımı.
- Şoförlerin eğitimi ve test edilmesi

➤ Taşıma Harici Harcanan Kilometrelerin Azaltılması

- Araç takip sistemleri uygulamaları
- Dağıtım rotalarının optimizasyonu Olarak sıralayabiliriz⁵.

³ .Göksel ATAMAN, **İşletme Yönetimi**, 1.Basım, İstanbul: Türkmen Kitabevi, 2001, s.95.

⁴ .Habip KOÇAK, **Lojistik Yönetiminde Taşıma Sistemleri ve İçin Bir Model Önerisi**, (Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi SBE, İstanbul 2003), s.48.

4. KARAYOLU ULAŖTIRMASINDA MALİYETLER

UlaŖtırma sistemleri arasında deęiŖken maliyet yapısı itibariyle en yüksek orana sahip taŖıma sistemi karayolu taŖımacılıęıdır. Sabit maliyetler %10 dolaylarında kalmasına rağmen deęiŖken maliyetler %90 oranına varmaktadır.

4.1. Sabit Maliyetler

Sabit maliyetler, yapılan üretim ya da taŖıma miktarı ile ilgili olmayıp taŖıma faaliyeti olduğu müddetçe katlanılan maliyetler, baŖka bir ifade ile aracın kullanımıyla ilgili olmayıp zamana bağlı olan sabit maliyetler Ŗöyle sınıflandırılabilir⁶;

- Sermaye Maliyeti
- Sigorta
 - Yangın, hırsızlık, kaza
 - Kamu mallarını zarara uğratma
 - TaŖınan mal/yolcu sigortası
 - Bina sigortası
- Park ücretleri
- Garaj ücretleri
- Vergiler
- Lisans harçları
- Ŗoför harçları

⁵ .International Road Transport Union Best Industry Pratices, Second Report on Road Transport, Switzerland, 2002, s.56.

⁶ .Feryal ORHON, **UlaŖtırma İŖletmelerinde Maliyet Muhasebesi**, 1. Basım, İstanbul: EKO-BİL Yayınları, 1983, s.201.

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

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

4.2. Değişken Maliyetler

Kilometreye bağlı olarak değişen maliyetlere değişken maliyetler denir.

Karayolu ulaştırmasında araç sayısındaki artış veya azalış taşınan yük hacmini ya da kapasitesini doğrudan etkilediğinden, değişken maliyetlerin ağırlık oranı sabit maliyetlerden fazla olmaktadır⁷.

Değişken maliyetleri şöyle sınıflandırabiliriz⁸:

⁷ .John R. Mejer ve diğerleri, **The Economics of Competition in the Transportation Industries**, 4 th. Edition, Cambrige Mass: Harvard University Pres, 1969, s.64.

⁸ .Orhon, s.206.

- Yakıt (Benzin veya Mazot)
- Motor yağı
- Yağlama yağı
- Lastikler
- Bakım malzemesi ve yedek parça maliyetleri (veya dışarıya yaptırılan bakım ve onarım)

- Gövde bakımı
- Frenlerin bakımı
- Şase bakımı
- Elektrik donanımı bakımı
- Motor bakımı
- Güç bağlantı mekanizmasının bakımı

4.3. Direkt Sefer Maliyetleri

Direkt sefer maliyetleri; karayolu ulaştırması yapan firmaların taşıma işlemini başlatmasıyla yani aracın işletilmesi ile taşıma faaliyetinin yapılmasıyla doğrudan ilişkili olan maliyetlerdir⁹.

Bu maliyetler şöyledir:

4.3.1. Akaryakıt Maliyetleri

Ulaştırma faaliyetlerinin icrasında kullanılan araçların enerji kaynağı akaryakıttır. Motorin ve benzin olmak üzere iki çeşit akaryakıt vardır. Akaryakıt sarfiyatı aracın ağırlığına, beygir gücüne bağlıdır. Aynı zamanda aracın lastik durumu, silindir ı,

⁹ .Kadir BOZKURT, Uluslararası Karayolu Yük Taşımacılığı Yapan İşletmelerinde Muhasebe Organizasyonu ve Yük Maliyetlerinin Oluşumu (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi SBE, İstanbul, 2002), s.94.

pistonun hareket ettiği yatağın boyu, ateşleme ve soğutma sistemi gibi faktörler ile sürücünün durma, kalkma, hız ayarlama gibi marifetleri ile aracın hızı da akaryakıt maliyetlerini etkileyen unsurlardır.

Akaryakıt maliyetleri aracın tükettiği yakıt miktarının kat ettiği mesafeye oranı ile bulunur.

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

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

4.3.2. Yağ Maliyetleri

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

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

Yağ Maliyetleri;

$$\text{Km başına yağ maliyeti} = \frac{\text{Yağ değişimi maliyeti}}{\text{Yağ değişimi yapılan (km)}}$$

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

4.3.3. Lastik Maliyetleri

Lastik maliyeti genellikle üç kaynaktan doğar yırtınma ve delinmeler. Jant kusurları ve dış lastik aşınması¹⁰.

Ayrıca yolun kaplama durumu aracın yük miktarı, lastik hava basınçları araç ön düzen ayarları, aracın fren donanımı da lastik maliyetlerini arttırır.

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

$$\text{Km başına lastik maliyeti} = \frac{\text{Araca takılı lastik adedi} * \text{lastik fiyat}}{\text{Lastik ömrü (km)}}$$

İle hesaplanır.

4.3.4. Otoyol Köprü Ücretleri

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

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

$$\text{Km başına köprü ve otoyol ücretleri} = \frac{\text{Köprü ve otoyol ücreti}}{\text{Sefer kilometresi}}$$

şeklinde hesaplanır.

¹⁰.Orhon, s.207.

4.3.5. Gemi ve Feribot Ücretleri

Karayolu taşımacılığında uzun mesafeli seferlerde araçlar belli mesafelerde gemi ve feribotlarla yolculuk yapabilir.

Bunun için ödenen ücretlerde direkt sefer maliyetlerine yüklenmelidir.

4.3.6. Garaj Otopark Ücretleri

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

4.3.7.Harcırah Giderleri

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

Ödeme şekline göre direkt sefer giderlerine eklenir.

4.3.8.Diğer Giderler

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

Bu giderler direkt sefer giderlerine eklenir.

4.4. Endirekt Sefer Maliyetleri

Esas faaliyetlerin dışında kalan, yardımcı faaliyetlerden kaynaklanan, aracın çalışmasına yardımcı olmak için oluşturulan maliyetlerdir. Belirli kurullarla sefer maliyetlerine eklenirler¹¹.

Bunlar:

¹¹ .Bozkurt, s.101.

- Maddi duran varlıkların amortisman giderleri
- Vergiler
- Sigortalar
- Bakım onarım maliyetleri
- Şoför taban ücretleri
- Ek maliyetlerdir.

Bu maliyetler aracın katettiği mesafeye bağlı olmaksızın tutarları sabittir.

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

4.4.1. Araç Sigorta ve Vergileri

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

Verginin miktarı, aracın kilo-istiap haddi beygir gücü ile doğru orantılı, yaşı ile ters orantılıdır¹².

Sefer başına ödenen vergi miktarı,

$$\text{Sefer vergi maliyeti} = \frac{\text{Ödenen taşıt vergisi}}{\text{Yıl içinde yapılan sefer sayısı}}$$

şeklinde hesaplanır.

Araç sigortaları ise zorunlu ve isteğe bağlı Kasko sigortası olarak ikiye ayrılır.

¹² .Motorlu Taşıtlar Vergisi Kanunu Madde 6.

Karayolları trafik kanununun zorunlu mali mesuliyet sigortasına göre motorlu taşıt, müteharrik makine veya lastik tekerlekli traktör sahipleri bunların kullanmasında üçüncü şahıslar aleyhine doğacak zararları tazmin etmek üzere mali mesuliyet sigortası akdine mecburdurlar¹³.

Mali mesuliyet sigortası ve yaptırılmış ise kasko sigortası;

$$\text{Sefer başına kasko ve mesuliyet sigortası} = \frac{\text{Yıllık sigorta giderleri}}{\text{Yıllık sefer günü sayısı}}$$

şeklinde hesaplanır.

4.4.2. Araç Teçhizat Amortismanı

Amortisman; işletme tarafından malı ve hizmet üretiminde ve diğer işletme görevlerinde kullanılmak üzere elde tutulan, bir yıldan fazla süre kullanılan ve bu süre içinde ister fiziki, ister ekonomik nedenlerle olsun bir değer kaybına uğrayan duran varlıkların (maddi duran varlıklar , maddi olmayan duran varlıklar ve özel tükenmeye tabi varlıklar) değer kayıplarını ifade eder. Dağıtım yaklaşımına göre varlık için katlanılan maliyet dönemler itibariyle gider olarak kaydedilir¹⁴.

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

$$1/\text{Ekonomik ömür}$$

oranıyla hesaplanmaktadır¹⁵.

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

¹³ .Karayolları Trafik Kanunu Madde 51.

¹⁴ .Orhan SEVİLENGÜL, **Genel Muhasebe**, Ankara: Gazi Büro Kitabevi, 1999, s.350.

¹⁵ .http://www.alomaliye.com/vuk_39_eki.html.

4.4.3. Araçlara Eklenen Teçhizat ve Aparat Giderleri

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

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

4.4.4. Araç Bakım Onarım Maliyetleri

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

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

Kilometre Başına Bakım Onarım Giderleri =
$$\frac{\text{Yıllık Bakım Onarım Giderleri}}{\text{Yıllık Kat Edilen Kilometre}}$$

4.5. Genel Yönetim Giderleri

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

Bu giderler:

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

- Yemek vs. ücretleri
- Personel servis hizmetleri

gibi hizmetlerdir.

Bu giderleri araç sefer maliyetlerine eklemek için toplam tutar bir günlük, bir araç başına ve bir kilometre başına olmak üzere hesaplanarak birim maliyetlere eklenir. Hesapların yapıldığı dönem itibariyle gerçekleşmiş genel yönetim giderlerine ilişkin verileri bulmak her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumda geçmiş yılın gerçekleşen değerleri aynen veya belli bir oranda artırılarak alınabilir. Üçüncü yöntem ise içinde bulunan yıl dönem başına cari giderler için belli bir ödenek ayrılmış hesaplamaların bu bedel üzerinden yapılmasıdır. Her üç yöntemde de dönem sonunda gerçekleşmiş değerler tahmin edilenden ya da hesap edilen değerden fazla ise fark maliyetlerde artış, az ise maliyetlerde azalış olarak dikkate alınmalıdır¹⁶.

¹⁶.Nalan AKDOĞAN, **Maliyet Muhasebesi Uygulamaları**, Ankara: Cem Web Ofset, 1999, s.333.

5. KARAYOLU ULAŞTIRMASI OPTİMİZASYON PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

5.1. Doğrusal Programlama ile Karayolu Dağıtım Rotalarının Optimizasyonu

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

“Kit kaynakların kullanımını optimum yapmak için tasarlanmış bir matematiksel modelleme”¹⁷ olarak tanımlayabiliriz.

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

Başlangıçta askeri ihtiyaçlar için geliştirilmiş olmakla beraber,

Sayısal teknikler arasında büyük bir etki alanı olan doğrusal programlama, endüstriyel ve ekonomik analizlerde yaygınca kullanılmaktadır. Firmaların ulaşım, finansman, dağıtım ve reklamcılık gibi sayısız alanlarda karşılaştıkları problemlerin giderilmesinde, üretim teknikleri arasından seçim yapmasında, kit kaynakların etkin kullanımında ve gölge fiyatların belirlenmesinde en iyi çözüme ulaştıracak politikaların saptanmasında doğrusal programlama modelleri kullanılır¹⁸.

Pek çok uygulama alanı olmakla beraber, doğrusal programlama uygulamaları endüstriyel ve ekonomik programlama olmak üzere iki gruba ayırabiliriz¹⁹.

Endüstriyel Probleme Doğrusal Programlamanın Uygulanması

¹⁷ .Hamdy A. TAHA, **Yöneylem Araştırması**, 1. Basım, İstanbul: Literatür Yayınları, 2000, s.11.

¹⁸ .Ahmet ÖZTÜRK, **Yöneylem Araştırması**, 5. Basım, Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları, 1997, s.23.

¹⁹ .Alptekin ESİN, **Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri**, Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları, 1988, s.25.

- Standart taşıma problemlerine
- Üretim tahsisi problemlerine
- İşletmelerde görevlerin planlanması problemlerine
- İş makinelerini yerleşim problemlerine
- Normal ve fazla zaman problemlerine
- En iyi ürün karışım ve faaliyetlerinin düzenlenmesi problemlerine
- İşletmelerin kuruluş yerlerinin tespiti problemlerine
- Beslenme problemlerini çözümlenmesinde v.b gibi

Ekonomik Teoriye Doğrusal Programlamanın Uygulanması

- Firma teorisine klasik yaklaşım problemlerine
- Dual (ikili) doğrusal programlama, problemlerinin ekonomik yorumu
- Pratikte kullanılan girdi-çıktı modelleri ve bunların analizleri v.b. gibi

Doğrusal programlama modelinden tutarlı sonuçların elde edilebilmesi şu varsayımlara bağlıdır²⁰.

- Doğrusallık Varsayımı

İşletmenin girdileri ile çıktıları arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu gösterir.

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

²⁰.Öztürk, s.24.

Kuadratik, kübik, logaritmik veya başka bir fonksiyonel bağlantıyı ifade etmeyen doğrusal programlamada, eşitlik veya eşitsizlikler doğrusal bir karakter ifade eder²¹.

- Sınırlılık Varsayımı

Üretimde kullanılan kaynaklar sonludur. Bu nedenle üretime giren girdiler ile üretim miktarı kısıtlanır.

- Negatif Olmama Varsayımı

Doğrusal programlamada yer alan değişkenlerin değeri sıfır ya da sıfırdan büyük olmalıdır.

- Toplanabilirlik Varsayımı

Değişik üretim faaliyetlerine kaynak olan üretim girdilerinin toplamının her bir işlem için ayrı ayrı kullanılan girdilerin toplamına eşit olduğunu gösterir.

5.2. Ulaştırma Modelleri

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

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

Ulaştırma problemleri mal ve hizmetlerin genellikle birden fazla arz noktasından birden fazla talep noktasına dağıtımı ile ilgilenildiği durumlarda ortaya çıkar. Genellikle dağıtım yapılacak mal ve hizmet talep noktalarındaki bilinen toplam talebi karşılamak bağlamında sınırlıdır²².

²¹ .İbrahim DOĞAN, **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**, 1. Basım, İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi, 1995, s.6.

²² .M. Akif BAKIR, Bülent ALTUNKAYNAK, **Tamsayılı Programlama Teori Modeller ve Algoritmalar**, 1. Basım, Ankara: Nobel Yayınları, 2003, s.117.

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

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

1954 yılında A. Henderson ve R. Schlaifer, Yönteme bazı düzeltmeler getirmiş ve 1955 yılında R.O. Ferguson tarafından " Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi (MODİ) geliştirilmiştir, 1963 yılında G.B. Dantzing, modelin dejenerasyon durumları ve dejenerasyon durumunun ortadan kaldırılmasına ilişkin çözümleri ortaya koymuřtur²³.

Genel olarak simpleks yöntemiyle çözülen doğrusal programlamada, ulaştırma modeli şeklinde kurulan bir problem de simpleks yöntem ile çözülebilir. Fakat ulaştırma problemleri kendine özgü teknikleri, ulaştırma algoritması, atama ve aktarma modelleri gibi tekniklerle çok daha az hesaplama zamanı ile çözüm mümkündür²⁴.

Bir ulaştırma probleminin simpleks ve kendi çözüm tekniği kıyaslandığında ulaştırma modelinin;

- Hesaplama zamanı simplekse göre 100 – 150 kez daha hızlı,
- Bilgisayar destekli çözümlerde simpleks yöntemine göre daha az yer kaplayan ve çok geniş problemlerin çözümüne olanak tanıdığı görölmüştür.
- Tam sayılı sonuçlar üreten bir modeldir²⁵.

Ulaştırma Modelleri;

²³ .Süleyman KOTAMAN, Silahlı Kuvvetlerde İkmal Sistemlerinin Ulaştırma Modelleri Yardımıyla Maliyet Olarak Minimizasyonu (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi SBE, İstanbul, 1998), s.2.

²⁴ .Öztürk, s.189.

²⁵ .Barry RENDER, Ralph M. STAIR, **Introduction to Management Science**, Boston: Ally and Bacon, s.215.

- Üretim ve tüketim merkezleri arasında optimal dağıtımının belirlenmesinde.

- İşlerin makinelere dağıtımında.
- Üretimin planlanmasında.
- Çeşitli şebeke ağı problemlerinde.
- İşletmelerin kuruluş yeri seçimi

gibi alanlarda kullanılabilir²⁶.

5.3. Ulaştırma Problemlerinin Matematiksel Modeli

Doğrusal Programlama'nın özel bir türü olan ulaştırma modellerinde de Doğrusal Programlama varsayımları geçerlidir²⁷.

Bu varsayımlar;

1. Modelde bulunan fonksiyonlar doğrusal ve birinci dereceden olmalıdır.
2. Modeldeki değişkenler toplanabilir olma özelliğine sahip olmalıdır.
3. Modelde yer alan parametre ve katsayıların öngörülen dönemde sabit olduğu ve parametre değişimlerine duyarlılıkları, duyarlılık çözümleriyle belirlenir.
4. Doğrusal programlama modelinde bulunan değişkenlerin değeri sıfır ya da pozitiftir.

Ulaştırma modelleri yukarıda bahsedilen varsayımlara ilaveten şu varsayımları da içerir²⁸:

²⁶ .Öztürk, s.189.

²⁷ .Doğan, s.75.

²⁸ .George B. DANTZİNG, Mukund N. THOPO, **Linear Programming Introduction**, First Edition, New York: Hamilton Printing Co, 1997, s.205.

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

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

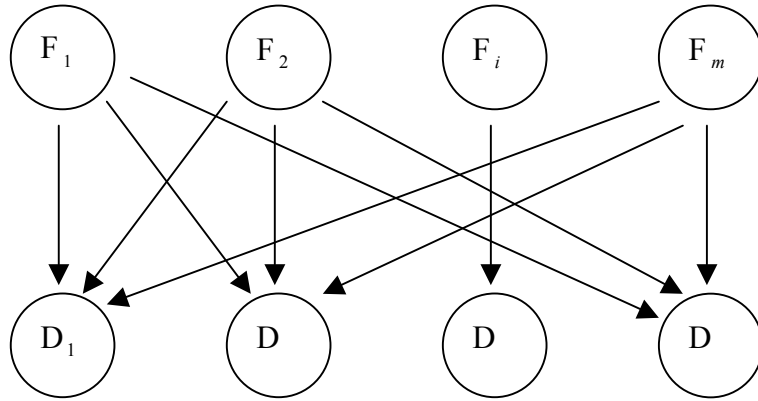
3. Üretim ve tüketim merkezlerindeki istem ve sunum miktarları bilinmelidir.

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

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

Üretim
Merkezleri

Tüketim
Merkezleri



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

Şekil 1. m sunum ve n istem merkezli ulaştırma probleminin grafik açıklaması

Doğrusal Programlama Modelleri'nde olduğu gibi, Ulaştırma Modelleri de üç temel unsur içerir²⁹.

Bunlar;

²⁹ .Doğan, s.76.

1. Amaç Fonksiyonu.
2. Kısıtlayıcı Fonksiyonlar.
3. Pozitiflik Koşulu.

Amaç Fonksiyonu:

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

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

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

modelde kullanılan sembollerin anlamları;

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

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

i: kaçınıcı üretim merkezi olduğu.

j: kaçınıcı tüketim merkezi olduğu.

C_{ij} : i. üretim merkezinden j. Tüketim merkezine taşınan bir birim malın taşıma maliyeti.

X_{ij} : i. üretim merkezinden j. Tüketim merkezine taşınan mal miktarı.

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

Amaç fonksiyonunda X_{ij} 'ler karar değişkenleri C_{ij} 'ler sabit katsayılarıdır. Ulaştırma modellerinde amaç fonksiyonu genelde maliyeti minimum veya karı maksimum yapmayı amaçlar.

Kısıtlayıcı Fonksiyonlar:

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

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

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

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

.....

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

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

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

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

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

.....

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

Sonuçta m sayıda üretim merkezi ve n sayıda tüketim merkezi olan bir ulaştırma modelinde m + n tane kısıtlayıcı fonksiyon olacaktır.

Pozitiflik Koşulu:

Taşıma üretim merkezlerinden tüketim merkezlerine yapıldığı için negatif değerler alamaz.

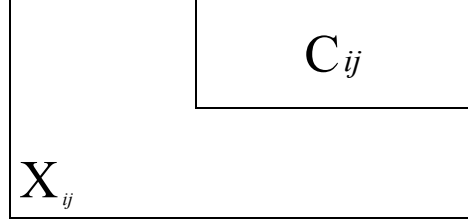
$$X_{ij} \geq 0 \quad (i = 1,2,\dots,m ; \quad j = 1,2,\dots,n)$$

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

Tablo 1 : Ulaştırma Tablosu

Uygun bir şekilde ulaştırma problemlerinin standart gösterimi grafik ve denklemlerden çok Ulaştırma Tablosu ile olur. Tablo 1 örnek bir ulaştırma tablosu modelini göstermektedir.

Tablo 1 de bulunan her özel kutucuğa " göze " veya " hücre " ismi verilir. Her hücre (i) inci sunum merkezinden (j) inci işlem merkezine ulaştırılacak X_{ij} miktarına ve birim malın ulaştırma maliyeti C_{ij} ye sahiptir³⁰.



Şekil 2. Ulaştırma Tablosu Hücre Yapısı

5.4. Dengeli ve Dengesiz Ulaştırma Problemleri

Ulaştırma modelinde tüm sunum merkezlerinin sunum miktarları, tüm istem merkezlerinin istem miktarlarına eşit olduğu kabul edilir. Bu tür problemlere "dengeli ulaştırma problemleri " denir ve şöyle gösterilir.

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

Gerçek hayatta problemler her zaman bu şekilde dengeli olmaz. İstem miktarı sunum miktarına eşit olabileceği gibi az veya çok da olabilir. İstem ve sunum miktarları eşit değilse problem dengesiz ulaştırma problemi şeklindedir. Ulaştırma tekniklerinin çözüme uygulanabilmesi için problem dengeli hale getirilmelidir. İstem ve sunum eşitliğini sağlamak için ilgili probleme kukla, üretim ve tüketim merkezleri eklenir.

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

$$\sum_{i=1}^n a_i - \sum_{j=1}^m b_j \text{ bir kukla üretim merkezi programa sokulur.}$$

³⁰ Ignizio JAMES, **Linear Programming in Simplexmultiple-Objective System**, First Edition, New Jersey: Prentice Hall Inc., 1984, s.28.

Bu tüketim merkezinin istem miktarı, toplam istem miktarı ile toplam sunum miktarı arasındaki fark alınarak belirlenir ve ulaştırma tablosunun en sağına Tablo 2'de görüldüğü gibi sütun olarak eklenir³¹.

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

Eğer toplam sunum toplam istemden az ise problemi dengelemek için.

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

miktarındaki sunum eksikliğini kukla üretim merkezi tarafından karşılanması istenir.

Bu sunum merkezinin sunum miktarı da toplam sunum ve istem miktarları arasındaki fark bulunarak belirlenir. Ulaştırma tablosuna ek satır olarak kukla Fabrika eklenir (Tablo 3).

³¹ .Yılmaz TULUNAY, **Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları**, 3. Baskı, İstanbul: Renk İş Matbaası, 1984, s.281.

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

Tablo 2 : Sunum Miktarının, İstem Miktarından Büyük Olduğu Ulaştırma Tablosu

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

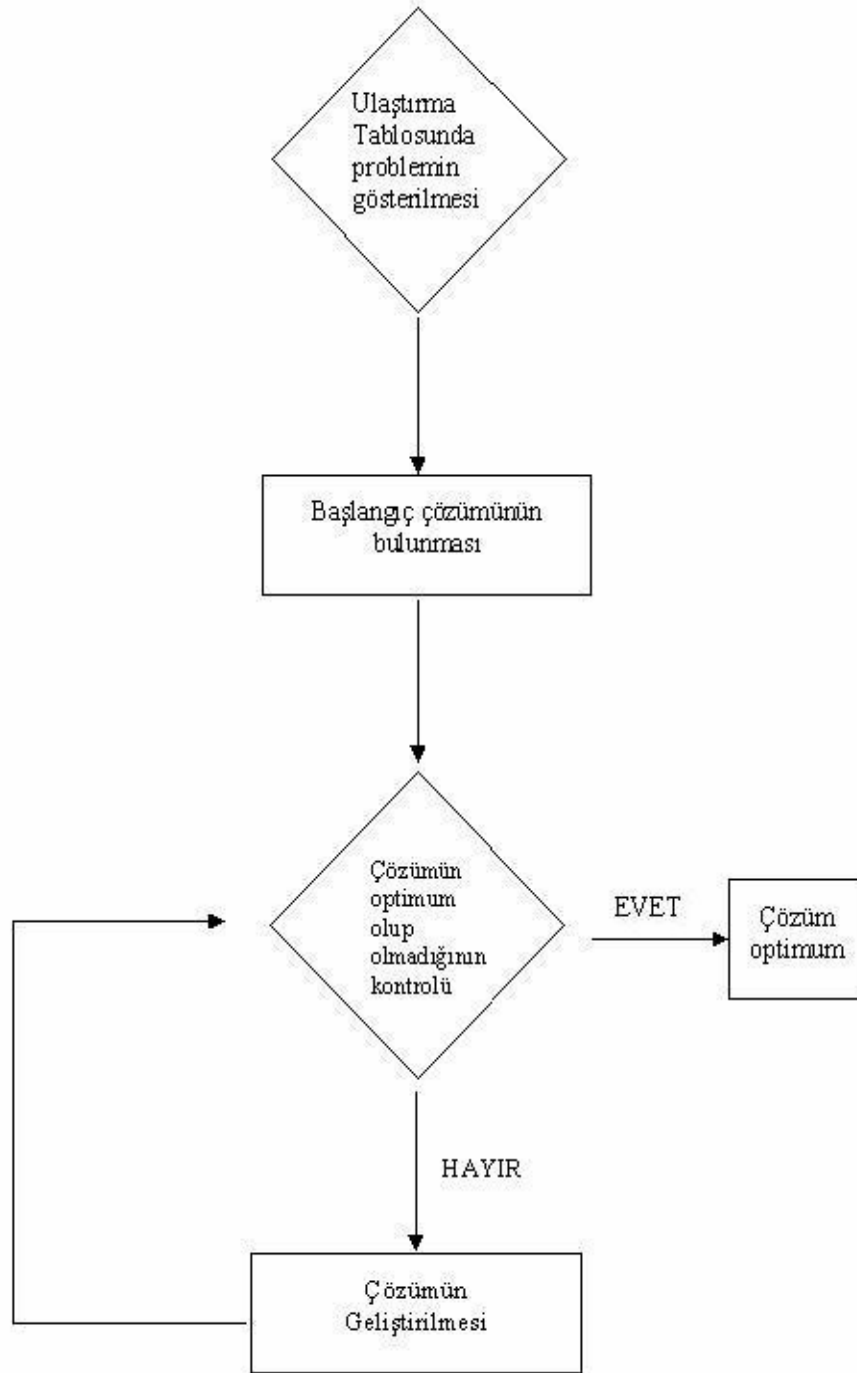
Tablo 3: Sunum Miktarının, İstem Miktarından Küçük Olduğu Ulaştırma Tablosu

5.5. Ulaştırma Algoritması

Ulaştırma problemlerinin çözümünde uygulanan aşamalar řöyledir³²:

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

³².Doğan, s.83.



Şekil 3. Ulaştırma Modelinin Algoritması³³

³³ .W.J. STEVENSON, *Introduction to Management Science*, 3. Edition, Boston: 1989, s.207.

5.6. Ulaştırma Modeli Çözüm Yöntemleri

Bir ulaştırma modelinin çözümünde kullanılan kavramların tanımları şöyledir³⁴:

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

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

1. Kuzey-batı köşesi yöntemi.
2. En düşük maliyetli gözeler yöntemi.
3. VAM yöntemi. (Vogel Yaklaşım Yöntemi)
4. RAM yöntemi.

5.6.1 Kuzey Batı Köşesi Yöntemi

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

Yöntem başlangıç dağıtımını sistematik bir yaklaşım içerisinde yaptığından kolay anlaşılabilir olmakla birlikte diğer başlangıç çözüm yöntemlerine göre çok büyük

³⁴ .Doğan, s.83.

boyutlu problemlere rahatlıkla uygulanabilmektedir. Dağıtım esnasında maliyetleri göz önünde bulundurmadığından dolayı optimal çözümden uzak kalmakta ve optimal çözüme ulaşmak için daha fazla hesaplamayı gerektirmektedir³⁵.

Yöntemin çözümü için izlediği basamaklar şöyledir:

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir ve başlangıç tablosunun sol üst köşesindeki göze saptanır (Tablo 4).

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

3. İkinci adımda yapılan dağıtım sonucunda ilgili üretim merkezinin üretimi tamamen kullanılmış fakat bu gözenin ait olduğu sütunda yer alan tüketim merkezinin talebi tam olarak karşılanmamışsa Tablo 5 de gösterildiği gibi aşağıya doğru inildiğinde rastlanılan ilk gözeye satır sütun gereklerine uygun olan yine en yüksek dağıtım yapılır. Bu işlem ilgili tüketim merkezinin talebi karşılanıncaya kadar tekrarlanır.

4. Yapılan dağıtımlarla deponun talebi karşılanmış ancak üretim merkezinin talebi karşılanmış ancak üretim merkezinin üretimi tamamıyla dağıtılmamışsa Tablo 6 deki ulaştırma tablosundaki ilk gözeden sağa doğru kayıldığında rastlanılan ilk gözeye en yüksek miktarda dağıtım yapılır ve işlem üretim merkezinin üretimi tam olarak dağıtılabildiği kadar tekrarlanır diğer yandan, sol üst köşeye dağıtım yapıldıktan sonra hem satır hem sütun ihtiyacı karşılanmışsa Tablo 7'de gösterildiği gibi ihtiyacı karşılanan satır ve sütun kaldırılarak bu gözenin sağ altına inilir ve işlemlere aynen devam edilir.

³⁵ .Osman HALLAÇ, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, 4.Baskı, İstanbul: Alfa Yayıncılık Dağıtım, 1983, s.431.

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

Tablo 4 : Ulaştırma Tablosu

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

Tablo 5 : Ulaştırma Tablosu

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

Tablo 6 : Ulaştırma Tablosu

tm \ üm	1	2	---	n-1	n	Toplam Arz
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	---	$C_{1,n-1}$ $X_{1,n-1}$	C_{1n} X_{1n}	A_1
2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	---	$C_{2,n-1}$ $X_{2,n-1}$	C_{2n} X_{2n}	A_2
⋮	⋮	⋮	---	⋮	⋮	⋮
m-1	$C_{m-1,1}$ $X_{m-1,1}$	$C_{m-1,2}$ $X_{m-1,2}$	---	$C_{m-1,n-1}$ $X_{m-1,n-1}$	$C_{m-1,n}$ $X_{m-1,n}$	A_{m-1}
m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	---	$C_{m,n-1}$ $X_{m,n-1}$	C_{mn} X_{mn}	A_m
Toplam Talep	b_1	b_2	---	b_{n-1}	b_n	Σb_j Σa_i

Tablo 7 : Ulaştırma Tablosu

5.6.2. En Düşük Maliyetli Gözeler Yöntemi

Kuzey-Batı köşesi yöntemi uygun çözüm elde etmek için basit bir yöntem olmasına rağmen maliyetleri göz ardı ettiğinden muhtemelen başlangıç çözümü iyi bir çözüm olmayabilir³⁶.

Bu yöntem ile maliyetler göz önüne alınarak çözüme ulaşılmaya çalışıldığından kuzey-batı köşe yöntemine göre daha az maliyetli sonuçlar verir³⁷.

Sıklıkla küçük ölçekli problemlerin çözümünde kullanılan yöntem üç farklı yaklaşım içerir³⁸:

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

Satır Yaklaşım;

Arz ve talep gereksinimleri göz önüne alınarak alınarak, her satırın en düşük maliyetli hücresine dağıtım yapılması esasına dayanır. Dağıtım mümkün olan en üst miktarda yapılır. Dağıtım yapılacak ürün miktar itibarıyla dağıtım maliyeti eşit olan birden fazla gözeeye dağıtılabiliyorsa, o satırdaki en düşük ikinci maliyetli gözeeye dağıtım yapılır. Sunum merkezinin ürünleri tükenene kadar aynı işlem yapılır ve bir alt satıra geçilir.

Sütun Yaklaşım;

Satır yaklaşımındaki gibi hareket edilir. Ancak burada satır yerine sütundaki en düşük maliyetli göze dikkate alınır.

³⁶ . Bakır, Altunkaya, s.123.

³⁷ .W. Bernard TAYLOR, **Introduction to Management Science**, 4 th. Edition, Boston: Allyn and Bacon, 1991, s.180.

³⁸ .Doğan, s.86.

Birden fazla en düşük maliyetli gözeyle karşılaşıldığında satır numarası küçük olan gözenin seçilmesine dikkat edilir.

Genel Yaklaşım;

Bu yaklaşımda en düşük maliyetli gözenin belirlenmesinde bütün tablo dikkate alınır. Dağıtım yapılacak ilk göze tablonun en düşük maliyetli gözesidir. Bu göze satır-sütun gereklerine göre yapılabilecek en yüksek miktarda dağıtım yapılır. Birden fazla en düşük maliyetli göze olması durumunda dağıtım rasgele yapılır.

5.6.3. VAM Yöntemi (Vogel Yaklaşım Yöntemi)

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

VAM Yöntemi ile başlangıç çözümü elde edilirken, en düşük maliyetli gözeler yönteminde olduğu gibi her gözedeki maliyetler hesaba katılır. En az düşük maliyetli hedefleri seçmemekten doğan ek giderler hesaplanır bu giderlere pişmanlık veya cezalı adı verilir³⁹.

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

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

Satır ve sütun ceza değerleri hesaplanırken birden fazla en büyük ceza ortaya çıkabilir. Bu durumda çözüme daha çabuk ulaşmak için en büyük ceza bir satır ve

³⁹ .Öztürk, s.201.

sütunda aynı anda varsa ve bunların kesiştiği göze en düşük maliyetli ise bu gözeye dağıtım yapılan kesişim gözesi en düşük maliyetli değilse söz konusu satır ve sütundan maliyeti en düşük olan gözeye dağıtım yapılır. Daha sonra en büyük ceza birden fazla satırda veya birden fazla sütunda varsa, satırlar veya sütunlar içinden en büyük istem ya da sunum miktarı olan seçilir⁴⁰.

Tablo 8 de hesaplanan ceza değerleri büyüğünün yer aldığı sıra veya sütundan başlanarak Tablo 9 hazırlanış en küçük birim maliyetli hücreye en fazla miktarda dağıtım yapılmış Tablo 10 sütun genişliği karşılanmış olan tüketim merkezi hariç tutularak oluşturulmuştur.

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

Tablo 8 : Ulaştırma Tablosu

⁴⁰.Hallaç, s.570.

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

Tablo 9 : Ulaştırma Tablosu

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

Tablo 10 : Ulaştırma Tablosu

5.6.4. RAM Yöntemi

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

1. Problem başlangıç tablosunda gösterilir. Sonra her satır veya sütundaki en yüksek maliyet katsayıları seçilerek tabloda satır ve sütun maksimumları olarak Tablo 11'de belirtildiği gibi gösterilir.

2. Yeni maliyet katsayıları için boş bir tablo hazırlanarak her hücrenin ilk tablodaki birim taşıma maliyeti ilgili satır ve sütun maksimumlarının toplamından çıkarılarak yeni birim taşıma maliyetleri olarak tabloya yerleştirilir. Yeni oluşturulan tablodaki en yüksek birim taşıma maliyetine sahip hücreye dağıtım yapılır (Tablo 12).

3. İhtiyacı karşılanmış olan satır ve sütunlar tablodan çıkartılır ve yeni tablo hazırlanır. Düzenlenen tablolarda satır ve sütun sayısı bire ininceye kadar işlemlere devam edilir (Tablo 13)⁴¹.

⁴¹ .Doğan, s.94.

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

Tablo 11 : Ulaştırma Tablosu

Tüketim merkezi Üretim merkezi	1	2	3	Üretim miktarı
1	$\text{Max}C_{1i} + \text{max}C_{j1}$ $1 - C_{11} = C'_{11}$	$\text{Max}C_{1i} + \text{max}C_{j1}$ $1 - C_{12} = C'_{12}$	$\text{Max}C_{1i} + \text{max}C_{j1}$ $1 - C_{13} = C'_{13}$	a_1
2	$\text{Max}C_{2i} + \text{max}C_{j1}$ $1 - C_{21} = C'_{21}$ a_2	$\text{Max}C_{2i} + \text{max}C_{j2}$ $1 - C_{22} = C'_{22}$ 0	$\text{Max}C_{2i} + \text{max}C_{j3}$ $1 - C_{23} = C'_{23}$ 0	0
3	$\text{Max}C_{3i} + \text{max}C_{j1}$ $1 - C_{31} = C'_{31}$	$\text{Max}C_{3i} + \text{max}C_{j2}$ $1 - C_{32} = C'_{32}$	$\text{Max}C_{3i} + \text{max}C_{j3}$ $1 - C_{33} = C'_{33}$	a_3
Tüketim miktarı	$b_1 - a_2$	b_2	b_3	$a_t = b_t$

Tablo 12 : Ulaştırma Tablosu

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

Tablo 13 : Ulaştırma Tablosu

5.7. En İyi Çözüm Bulma Yöntemleri

En uygun çözüme ulaşmak için öncelikle çözüme başlangıç çözümle ulaşılan başlangıç dağıtım ile başlanır. Bu dağıtım daha önce bahsedilen dört yöntem ile elde edilir. Daha sonra ortaya çıkan çözümün optimallik kontrolünün yapılması gerekmektedir. Yani dağıtım yapılamayan herhangi bir hücrenin toplam maliyette tasarruf veya düşüş yaratıp yaratmayacağı değerlendirilmesi yapılır. Eğer değerlendirme sonucunda toplam maliyette tasarruf sağlayan bir veya birden fazla hücre varsa belirlenir ve bahsedilen dört yöntemin herhangi biriyle bulunan başlangıç çözümü geliştirilir⁴².

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

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

⁴² .Öztürk, s.205.

5.7.1. Atlama Taşı Yöntemi

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

Yapılan bir çözümün optimalliğini belirlemek demek; dağıtım programındaki boş gözelerle ayırma yapıldığında, toplam maliyetin azalıp azalmadığını bulmak anlamına gelir. Eğer yeni yapılan ayrımlar ile dağıtım bileşeni değiştiğinde daha düşük bir toplam maliyet elde ediliyorsa, yani bir anlamda tasarruf söz konusu ise optimal çözüme daha yaklaşılmış olur. Eğer yeni yapılan ayrımlar ile dağıtım bileşeni değiştiği halde daha düşük bir toplam maliyete ulaşamıyorsa optimal çözüme ulaşılmış demektir⁴³.

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

Yöntem değerlendirmeyi dahi hücreleri takip ederek yaptığı için "atlama taşı" veya "taş atlama" adını almıştır. "Temel olmayan değişkenlerin değerlendirilmesi" adı da verilen yöntemin temelinde üç aşama yatmaktadır⁴⁴.

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

Atlama taşı yöntemi, boş bir gözeeye ayırım yaptığımızda toplam maliyetin ne kadar değişeceğini hesaplayabilmektir. Boş bir hücreye bir birimlik bir ayırım yapıldığında maliyetteki net değişim veya test miktarı hesaplanır. Herhangi bir boş hücreye bir birim mal ayrıldığında o hücrenin bulunduğu satır veya sütun koşullarının

⁴³ .Öztürk, s.206.

⁴⁴ .Turgut OZAN, **Applied Mathematical Programming for Engineering and Production Management**, New Jersey: A. Reston Book-Prentice Hall, 1994, s.131.

yani sunum ve istem miktarlarının aynen kalması gerekmektedir. Bu nedenle ayırım yaptığımız hücreden başlayarak artırma veya azaltma işlemiyle denge korunmuş olur.

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

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

2. Boş olan herhangi bir hücre değerlendirme için seçilir.

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

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

5. Çevrime giren hücrelerin maliyet değerleri toplanır çıkan bu değer (D_{ij}) seçilen boş hücrenin değerlendirmesi olur.

6. Tablodaki bütün boş hücreler için ardışık işlemler tekrarlanır.

7. Boş hücrelerin (D_{ij}) değerleri aşağıdaki kıyaslamalara göre değerlendirilir.

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

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

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

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

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

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

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

Tablo 14' de herhangi bir boş maliyetli X gözesi seçilerek, bu gözeden başlanarak komşu dağıtım yapılmış dolu gözeler 90 derecelik açılar takip edilerek seçilen ilk boş maliyetli X gözesine ulaşılır. Daha sonra seçilen boş x gözesine pozitif çevrimdeki dolu gözeler $(X_{12}, X_{14}$ ve $X_{34})$ sırasıyla $(-), (+), (-)$ işaretleri konur. Çevrime giren gözeler ait C_{ij} maliyetleri gözelerin maliyetleri dikkate alınarak toplanır. Bu toplam boş X gözesinin maliyeti olan (D_{ij}) değerini verecektir.

$$d_{32} \text{ boş gözesinin gizli maliyeti: } d_{32} = C_{32} - C_{12} + C_{14} - C_{34}$$

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

Tablo 14: Atlama Taşı Yöntemi Çevrim Örneği

5.7.2. Basitleştirilmiş Dağıtım Yöntemi (MODİ)

Atlama taşı yönteminde yolların saptanması ve izlenmesi yorucu olduğundan MODİ (Modified Distribution) adı altında işlem sayısı az olmamakla beraber çok basit olan bir yol daha geliştirilmiştir. Bu yolun esası sıra ve sütunlara bazı katsayılar geliştirmekten ibarettir⁴⁵.

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

⁴⁵ .İlhami KARAYALÇIN, **Yöneylem Araştırması**, 3. Basım, İstanbul: Mentek Kitabevi, 1993, s.30.

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

Dual model:

Amaç fonksiyonu:

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

1. Kısıtlayıcı fonksiyonlar:

$$U_i + V_j \leq C_{ij} \quad i = 1, 2,, m ; \quad j = 1, 2,, n$$

2. U_i ve V_j değişkenleri pozitif veya negatif değerler alabilir.

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

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

Bütün d_{ij} değerleri sıfır veya negatifse incelediğimiz çözümün en iyi olduğuna karar verilir. Boş gözelerden biri veya bir kaçının gizli maliyeti negatif ise çözüm en iyi

değildir. Boş gözelerden mutlak değeri büyük olana (gizli maliyetinin mutlak değeri) dağıtım yapılması gerekir. Atlama taşı yöntemindeki gibi bir çevrim oluşturularak yeni dağıtım planı bulunur. Elde edilen bu yeni çözüm içinde $U_i + V_j$ değerleri hesaplanarak sırasıyla işlemler yapılır. Bu işlem, en iyi çözüm elde edilinceye kadar devam eder.

5.8. Ulaştırma Modelinin Özel Durumları

5.8.1. Dağıtım Yapılması Yasaklanmış Yollar

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

Bu tip durumlarda çok büyük pozitif sayı olan " M " sayısı birim taşıma maliyeti olarak sisteme sokulur⁴⁶.

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

5.8.2. Dağıtım-Kabul Miktarı Sınırlandırılmış Yollar

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

5.8.3. Üst Limit Dağıtım-Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar

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

⁴⁶ .Tulunay, s.378.

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.

2. st limit dağıtım kabul miktarı belirtilmiş olan hücrenin bulunduğu sütunun aynısı paralel olarak yanına yaratılır. Yaratılan sütundaki hücrelerin birim taşıma maliyetleri esas stundakilerin aynısı olur. Sadece yaratılan sütundaki st limit dağıtım-kabul miktarı belirtilmiş olan hücrenin birim taşıma maliyeti olarak " M " atanır ve bu hücreye yapılacak dağıtım yasaklanmış olur. Yaratılan sütunun istem miktarı, esas sütunun istem miktarından belirtilen st limit miktarı çıkartılarak belirlenir. Esas sütun istem miktarı da belirtilen st limit miktarı olarak belirlenir⁴⁷.

5.8.4. Alt Limit Dağıtım Kabul Miktarı Belirtilmiş Yollar

Hücre ve ya yolların dağıtım-kabul miktarları çeşitli kısıtlamalardan dolayı sınırlandırılmış olabilir. zme geçmeden önceki adımlar řyledir⁴⁸:

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.

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

5.8.5. Sınırlandırılmış Sunum Miktarı

Sunumları arttırarak ya da azaltarak maliyetteki değişimleri son bulduğumuz optimal zm üzerinden inceleyebiliriz.

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.

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

⁴⁷ .Kotaman, s.25.

⁴⁸ .Lopin LAWRANCE, **Quantitive Methods for Business Decisions With Cases**, 6. Edition, The Dreden Pres, 1996, s.526.

5.8.6. Sınırlandırılmış İstem Miktarı

İstem miktarında yapılacak arttırım sonucu maliyetteki değişikliğin ne olacağını gözlemlemek amacındadır. Adımları şöyledir.

1. Problem ulaştırma tablosunda gösterilir.

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

5.8.7. Dejenerasyon

Bir ulaştırma probleminde dağıtım planında ($M + N - 1$) adet dolu hücre bulunuyorsa, çözüm için bilinen işlemler tekrar edilir. Bu kuralın gerçekleşmediği problemlere dejenere problem adı verilir ve bu duruma iki şekilde rastlanılabilir⁴⁹:

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

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

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

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

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

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

⁴⁹ .Tulunay, s.370.

1. Başlangıç dağıtım planındaki dejenerasyon.
2. Çözümün diğer kademelerindeki dejenerasyon.

5.9. Ulaştırma Modelinde Duyarlılık Analizleri

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

Ulaştırma modelindeki sonuçların daha iyi yorumlanması ve verilerdeki değişikliklere göre optimal sonucun nasıl değişeceğinin incelenmesinde duyarlılık analizi vardır⁵⁰.

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

5.9.1. Maliyetlerdeki Duyarlılık

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

Önce temel değişken olmayan gözenin birim taşıma maliyetinin duyarlılığı ele alınır, bu durumda dual değişkenlerin yani (U_i ve V_j) değeri aynı kalır. Eğer birim taşıma maliyeti (C_{ij}) değişirse, bundan etkilenecek miktar X_{ij} temel olmayan değişkenin test miktarı olacaktır. $U_i + V_j - C_{ij} \leq 0$ olduğunda optimum çözüme ulaşıyor yani her C_{ij} değeri $u_i + v_j$ değerine eşit olduğu ya da ondan büyük olduğu sürece bulunan çözüm optimaldir. Kar tipi problemlerinin duyarlılığını ele alırken maliyet tipi problemlerin tam karşıtı düşünülür. Cari çözümün optimal olması $U_i + V_j - C_{ij} \geq$

⁵⁰ .Öztürk, s.228.

0 koşuluna bağlıdır. Eğer bu koşul sağlanıyorsa çözüm optimaldir. Temel olmayan değişkenlerin maliyetlerindeki duyarlılık analizi ise aşağıdaki şekilde bulunur.

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

5.9.2. Sunum Miktarındaki Duyarlılık Analizleri

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

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

Ayrıca toplam taşıma maliyeti de aşağıdaki şekilde hesaplanır:

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

5.9.3. İstem Miktarında Duyarlılık Analizleri

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

Şu şekilde formüle edilir:

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

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

5.10. Ulaştırma Modelinin Uzantıları

Standart ulaştırma modelinin geliştirilmesinden bu yana bazı araştırmacılar tarafından standart probleme benzer ama küçük farkları olan yeni problemlere uygun modeller ve çözüm algoritmaları geliştirildi. Standart modelin uzantıları olan, birkaç noktada farklılık taşıyan modeller aşağıda sıralanmıştır⁵¹.

1. Genelleştirilmiş ulaştırma problemi
2. Kapasitelendirilmiş ulaştırma problemi
3. Karışık kısıtlı ulaştırma problemi
4. Sabit yüklü ulaştırma problemi
5. Tek kaynaklı ulaştırma problemi
6. Temel köşegen ulaştırma problemi
7. Tesis yerleşim ulaştırma problemi
8. Zamanı azaltan ulaştırma problemi
9. Maliyet/zaman eğimli ulaştırma problemi
10. İki kriterli ulaştırma problemi
11. Çok amaçlı ulaştırma problemi

⁵¹ .Turgut OZAN, **Applied Mathematical Programming for Engineering and Production Management**, New Jersey: A. Reston Book-Prentice Hall, 1989, ss.248-295.

12. Çok boyutlu ulaştırma problemi
13. Doğrusal olmayan ulaştırma problemi
14. Geniş ölçekli ulaştırma problemi
15. Atama problemi (Macar yöntemi)
16. Üretim programlaması
17. Aktarma problemi
18. Seyyar satıcı problemi

5.10.1. Genelleştirilmiş Ulaştırma Problemleri

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

Modelin standart modelden farkı, karar değişken katsayılarının değişken olmasıdır. Modelde diğer tahditlere ek olarak dağıtılacak ürünlere belirli amaçlar doğrultusunda sınırlamalar getirilir.

İşletmelerin daha çok makine dağıtım konusunda kullandığı problemin modeli şöyledir;

$i = 1, 2, \dots, M$ adet farklı malzeme ve her makinenin belirtilen periyotta a_i kadar çalışma süresi vardır.

$j = 1, 2, \dots, N$ adet farklı ürün ve belirtilen periyotta b_j kadar üretilmesi şartı vardır.

Her ürün C_{ij} maliyette ve d_{ij} süresi ile mal olmaktadır. Problem (i) ürününün (j) makinesinde belirtilen zaman içinde maliyeti minimize edecek şekilde ne kadar üretilmesi gerektiğini araştırır.

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Kısıtlar:

1. Sunum kısıtları

$$\sum_{i=1}^m d_{ij} X_{ij} \pm S_i = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

2. İstem kısıtları

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = b_i \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

Pozitiflik koşulu

$$X_{ij} \geq 0 \quad S_i \geq 0 \quad d_{ij} \geq 0$$

5.10.2. Kapasiteleştirilmiş Ulaştırma Problemi

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

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

Problemin çözümünde gözeler içerisine üst sınırlarda yazılır ve çözüm esnasında dikkate alınır. Diğer işlemler aynıdır⁵².

⁵².Dantzing, s.240.

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{ij} X_{ij}$$

Kısıtlar:

1. Sunum kısıtları

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

2. İstem kısıtları

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

Pozitiflik koşulu

$$0 \leq X_{ij} \leq h_{ij}$$

5.10.3. Karışık Kısıtlı Ulaştırma Problemleri

1977 yılında Klingman ve Russel tarafından geliştirilmiştir. Modelin standart modelden farkı, istem ve sunum miktarlarının eşitsizliğine dayanmasından kaynaklanır problemde M sunum merkezi, S_i sunum miktarı olmak üzere⁵³

S_i ($i \in I$, $i = 1, 2, \dots, M$) k_i I_1, I_2, I_3 olarak üç sete bölünür:

S_i ($i \in I_1$) en az a_i miktarı kadar dağıtım yapılabilir

S_i ($i \in I_2$) tam olarak a_i miktarı kadar dağıtım yapılabilir

⁵³ .M.Yekta SOYLU, Ulaştırma Modelleri Kıyaslaması ve Bowman'ın Üretim Programlaması İçin Ulaştırma Problemine Bir İşletme Uygulaması (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi SBE, İstanbul, 1997), s.38.

S_i ($i \in I_3$) en fazla a_i miktarı kadar dağıtım yapılabilir

N istem merkezi D_j istem miktarı olmak üzere ;

D_j ($j \in I, j = 1, 2, \dots, N$) j_1, j_2, j_3 olarak üç sete bölünür

D_j ($j \in j_1$) en az b_j kadar istekte bulunabilir

D_j ($j \in j_2$) tam olarak b_j kadar istekte bulunabilir

D_j ($j \in j_3$) en az b_j kadar istekte bulunabilir

Amaç fonksiyonu

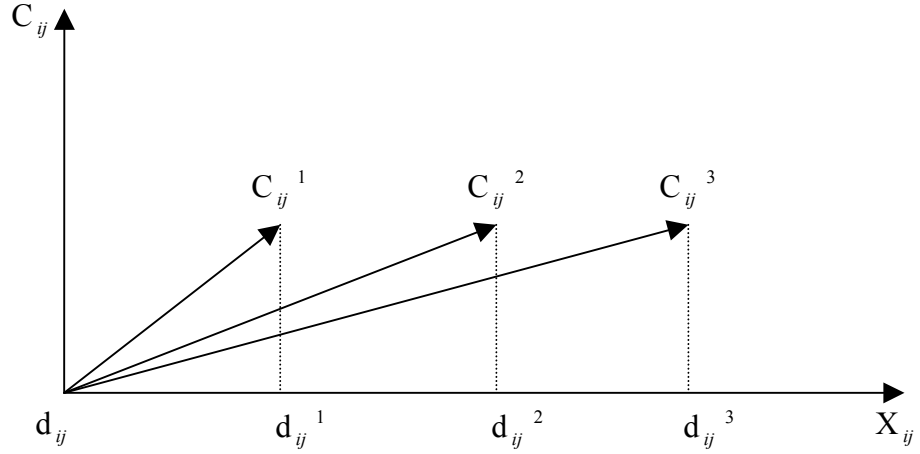
$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in j} C_{ij} X_{ij}$$

Kısıtlar

$$\sum_{j \in j_1} X_{ij} \geq a_i \quad i \in I_1 = (1, 2, 3, \dots, M_1) \quad \sum_{i \in I} X_{ij} \geq b_j \\ j_1 \in I_1 = (1, 2, 3, \dots, N_1)$$

$$\sum_{j \in j_2} X_{ij} = a_i \quad i \in I_2 = (1, 2, 3, \dots, M_2) \quad \sum_{i \in I} X_{ij} = b_j \\ j_2 \in I_2 = (1, 2, 3, \dots, N_2)$$

$$\sum_{j \in j_3} X_{ij} \leq a_i \quad i \in I_3 = (1, 2, 3, \dots, M_3) \quad \sum_{i \in I} X_{ij} \leq b_j \\ j_3 \in I_3 = (1, 2, 3, \dots, N_3)$$



Şekil 4. Maliyet Dağıtım Grafiği

$d_{ij}^0 = 0$ olmak üzere $d_{ij}^1, d_{ij}^2, d_{ij}^3, \dots, d_{ij}^k, \dots, d_{ij}^r \leq \infty$

$d_{ij}^{k-1} < d_{ij}^k$ ($k = 1, 2, 3, \dots, r$)

$d_{ij}^{k-1} < X_{ij} < d_{ij}^k$

$C_{ij}^k > C_{ij}^{k+1}$

Amaç fonksiyonu:

$$Z_{\text{minimum}} = \sum_{I=1}^M \sum_{J=1}^N C_{ij}^* X_{ij}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{I=1}^M X_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, M)$$

$$\sum_{J=1}^N X_{ij} = b_i \quad (J = 1, 2, 3, \dots, N)$$

Pozitiflik koşulu

$$0 < X_{ij} \leq d_{ij} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, M ; j = 1, 2, 3, \dots, N)$$

$$C_{ij}^* = \begin{array}{ll} d_{ij}^0 = 0 \text{ ve } d_{ij}^0 \leq X_{ij} < d_{ij}^1 \text{ ise;} & C_{ij}^1 \\ d_{ij}^1 \leq X_{ij} < d_{ij}^2 \text{ ise;} & C_{ij}^2 \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ d_{ij}^{k-1} \leq X_{ij} < d_{ij}^k \text{ ise;} & C_{ij}^k \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \\ d_{ij}^{r-1} \leq X_{ij} < d_{ij}^r \leq \infty \text{ ise;} & C_{ij}^r \end{array}$$

d_{ij}^1 = Miktar birim aralıkları olup (C_{ij}^*) nin tanımladığı noktanın miktar kısıtlarını belli eder.

C_{ij}^* , (i) inci sunum merkezinin (j) inci istem merkezine ulaştırılan maliyettir. Bu maliyet, ulaştırılan X_{ij} miktarının değişmesine bağlı olarak değişmektedir.

Ve C_{ij}^k, d_{ij}^I ($I, I = 1, 2, 3, \dots, k, \dots, r$) birim aralığındaki en az maliyeti temsil etmektedir.

5.10.4. Sabit Yüklü Ulaştırma Problemi

Model 1961 yılında Balinski, 1986 yılında Marty tarafından geliştirilmiştir. Çözüm algoritması Grey tarafından ortaya konulmuştur. 1981 yılında Glever, Barr ve Klingman model için dal sınır tekniği geliştirilmiştir⁵⁴.

Modelde her gözeve sabit bir miktar (f_{ij}) atanmaktadır f_{ij} modele, C_{ij} ve X_{ij} ile birlikte girer. Modelde ayrıca, ij noktasındaki dağıtım miktarını kontrol eden, valf görevi gören Y_{ij} değeri mevcuttur. Eğer Y_{ij} pozitif ise ij noktasında dağıtım yapılabilir.

Amaç fonksiyonu

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_{ij}^* X_{ij} + f_{ij}^* Y_{ij})$$

Kısıtlar

1. Sunum kısıtlar

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

2. İstem kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

Pozitiflik koşulu

$$0 \leq X_{ij} \leq m_{ij}^* Y_{ij} \quad m_{ij}^* = \text{minimum} (a_i, b_j) \quad Y_{ij} = \begin{cases} 1, X_{ij} > 0 \text{ ise} \\ 0, X_{ij} = 0 \text{ ise} \end{cases}$$

⁵⁴.Kotaman, s.40.

5.10.5. Tek Kaynaklı Ulaştırma Problemi

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

Tesis yerleşimi ve tekel ürünlerinin dağıtımı alanında kullanılmaktadır.

5.10.6. Temel Köşegen Ulaştırma Problemi

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

$$|i - j| \leq 1 \text{ ise, } C_{ij} = C_{ij} \text{ ve } X_{ij} = X_{ij}$$

$$|i - j| > 1 \text{ ise, } C_{ij} = M \text{ ve } X_{ij} = 0$$

İstem Merkezi Sunum Merkezi	D_1	D_2	D_3	Sunum Miktarı
F_1	C_{11}	C_{12}	M	a_1
F_2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	a_2
F_3	M	C_{32}	C_{33}	a_3
İstem Miktarı	b_1	b_2	b_3	$b_T = a_T$

Tablo 15 : Temel Köşegen Ulaştırma Problemi Tablosu

5.10.7. Tesis Yerleşim Problemi

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

Problemde sunum merkezlerinin yerleşim yerleri kapasite dağıtım bölgeleri yer alır. Maliyet olarak zaman veya uzaklıklar alınır. Çözümde optimum maliyeti gerektiren yerleşim planı seçilir.

5.10.8. Zamanı Azaltan Ulaştırma Problemi

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

5.10.9. Maliyet-Zaman Eğilimli Ulaştırma Problemleri

Model 1997 yılında Gliskom ve Berger tarafından geliştirilmiştir.

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

5.10.10. İki Kriterli Ulaştırma Problemi

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

5.10.11. Çok Amaçlı Ulaştırma Problemi

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

5.10.12. Çok Boyutlu Ulaştırma Problemi

Model 1962 yılında Haley tarafından dual değişken metoduna dayanılarak geliştirilmiştir.

Standart ulaştırma problemi iki boyutlu olup maliyet ve dağıtım miktarları ile ilgilenir. Bu modelde üçüncü bir boyut olan farklı bir özellik eklenir. Bu özellik aynı malın farklı markaları, farklı ulaştırma sistemleri olabilir.

Üçüncü boyut (k) olmak üzere ($k=1,2,3,\dots,p$) sunum merkezlerinden istem merkezlerine dağıtılacak ürünler vardır. Çözüm algoritması özellikleri şöyledir.

1. Başlangıç Kabul edilebilir çözüm dağıtımı

[m.n.p-(m-1)(n-1).p] gözeye olmalıdır.

2. Her zaman başlangıç kabul edilebilir çözüm bulunmayabilir

3. Çözüm bütün kısıtları içeriyor olabilir, fakat pozitiflik koşulu her zaman sağlanmayabilir

5.10.13. Doğrusal Olmayan Ulaştırma Problemi

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

5.10.14. Geniş Ölçekli Ulaştırma Problemi

1962 yılında Williams tarafından geliştirilmiştir. Modelin amacı büyük ulaştırma problemlerine yönelik olup bu tip problemleri parçalayarak veya birbirlerine bağlı alt modeller oluşturarak çözmeyi esas almaktadır⁵⁵.

5.10.15 Atama Problemi (Macar Yöntemi)

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

Model personelin işe, işlerin makinelere dağıtımı gibi alanlarda kullanılır problemin matematiksel modeli şöyledir⁵⁶.

Amaç fonksiyonu:

$$Z \text{ optimum} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

⁵⁵ .Hiller, F.S., G.J. LIEBERMAN, **Operation Research**, San Francisco: 1974, s.142.

⁵⁶ .Tulunay, s.385.

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,3,\dots,m)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j=1,2,3,\dots,n)$$

$$X_{ij} = 0,1$$

Atama probleminde arz noktaları sayısı, talep noktaları sayısına ve her kaynaktan sağlanan, her talep noktasında ihtiyaç duyulan miktar birbirine eşittir⁵⁷.

5.10.16. Üretim Programlaması

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

5.10.17. Aktarma Problemleri

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

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

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

⁵⁷.Behçet ALTAYLI, **Yönetim Kararlarında Kantitatif Yöntemler**, 1. Basım, Ankara: Cem Web Ofset, 1996, s.273.

5.10.18. Seyyar Satıcı Problemi

Seyyar satıcı problemi, başladığı noktaya tekrar dönmek şartı ile n sayıda şehri ziyaret eden bir satıcının toplam mesafeyi minimize edecek yolun seçimidir⁵⁸. Seyyar satıcı probleminde her bir şehir yalnızca bir kez ziyaret edilir ve en kısa yoldan rota tamamlanarak başlangıç noktasına tekrar dönülür.

İlk defa Euler tarafından 1759 yılında ortaya konulmuştur 1831 yılında Voight adında bir seyyar satıcı tecrübelerini anlatan bir kitap yayımlamıştır seyyar satıcı terimi ilk defa 1931–32 yıllarında kullanılmış, daha sonraki yıllarda da popülaritesini arttırmıştır.

Seyyar satıcı problemleri çok sayıdaki alanlara uygulama yeteneğine sahip problemlerdir. Değişik alanlardaki bazı uygulamalarına şu örnekler gösterilebilir⁵⁹.

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

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

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

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

⁵⁸ .Hallaç, s.585.

⁵⁹ .Bakır, Altunkaynak, s.208.

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

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

Seyyar satıcı problemi, başlangıç şehriden çıkıp sırasıyla tüm ziyaret edilmesi gereken tüm şehirleri ziyaret etme sırasında izlenecek en kısa yolu belirlemeye çalışan problemdir⁶⁰.

Maliyet, her bir müşteri çifti arasındaki seyahat süresini veya mesafesini ifade etmektedir. Seyahat mesafesi; $C = [C_{ij}]$ matrisi ile gösterilmektedir.

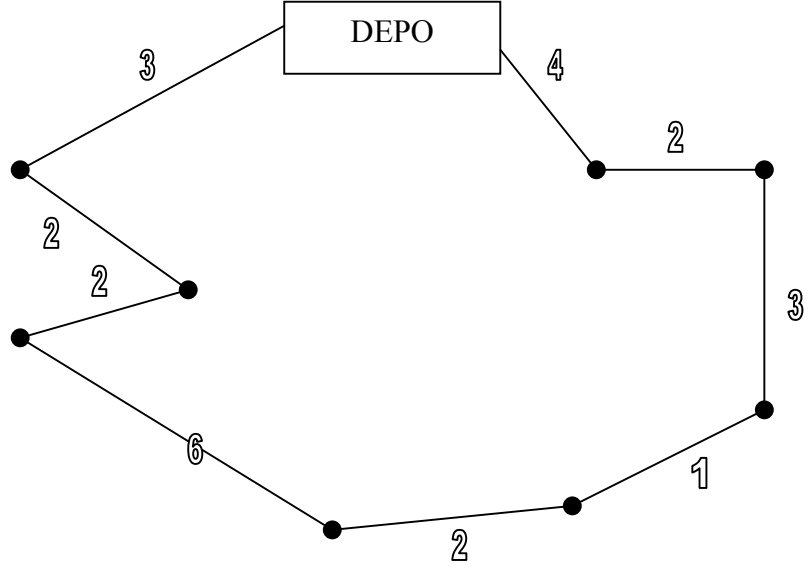
C_{ij} , i müşteriden j müşterisine seyahat maliyetidir. Bu maliyetin seyahat yönünden bağımsız yani $C_{ij} = C_{ji}$ olması durumunda " yönsüz " yani " simetrik " SSP olarak adlandırılan problem ortaya çıkmaktadır.

Maliyetin seyahat yönüne bağlı olarak değiştiği yani $C_{ij} \neq C_{ji}$ olduğu problem ise " yönlü " veya " asimetric " SSP dir.

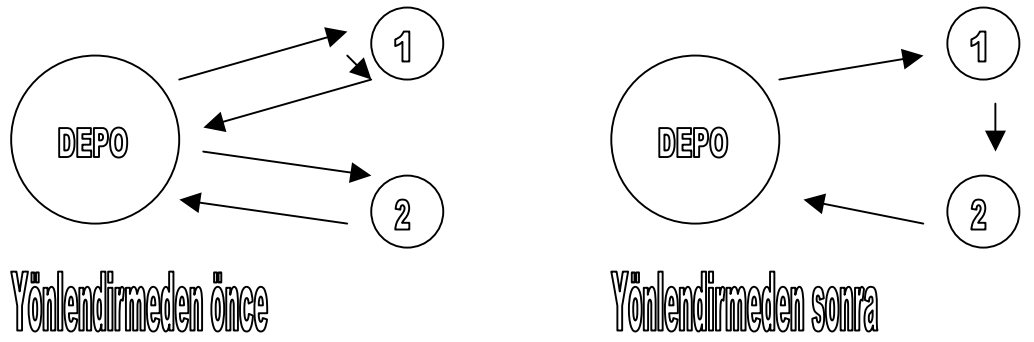
Şekil da SSP örneği görülmektedir. Kanallar üzerindeki rakamlar söz konusu kanalları kat etmenin maliyetleridir ve bu maliyetler simetriktir⁶¹.

⁶⁰ .Taha, s.368.

⁶¹ .İsmail TOP, Araç Rotalama Problemlerinin Çözümünde Yeni Bir Sezgisel Algoritma (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Kara Harp Okulu, Ankara, 2004), s.7.



SEKİL 5. SSP Turu



Sekil 6. SSP Yönlendirme Konsepti

5.10.18.1. Seyyar Satıcı Probleminin Çözüm Algoritmaları

5.10.18.2. Tur Kurucu Algoritmalar

En uygun olanı tasarruf algoritmasıdır. Tasarruf algoritmasının dışında en yakın komşu veya greedy yaklaşımı, keyfi araya ekleme işlemi, dış bükey ekleme işlemi, en büyük açığı ekleme işlemi, oran farkı ekleme işlemi gibi algoritmaları da tur kurucu algoritmalara örnek gösterebiliriz.

5.10.18.3. Tur Geliştirici Algoritmalar

Tur geliştirici sezgisellerde temel düşünce mümkün çözümlerden birini başlangıç çözümü olarak almak ve çözümü geliştirmektir.

5.10.18.4. Karışık Sezgisel Algoritmalar

Bu algoritmalar problemi iki aşamada çözdükleri için literatürde iki aşamalı sezgiseller olarak da geçer. Karışık sezgisel algoritmalar, tur kurucu sezgisel algoritmalarından biri ile başlangıç çözümü bulup, bu çözümü tur geliştirici sezgisellerle geliştirmeye çalışırlar. Karışık sezgisel algoritmalar en az tur kurucu sezgiseller kadar iyi sonuç verebilmektedir. Süpürme algoritmasında ilk aşama olarak müşteriler polar kordinat sisteminde tanımlanırlar ve saat istikametinde araç kapasitesi dolana kadar yollara atanırlar. İkinci aşama ise her bir araç için SSP çözüm algoritmalarından herhangi birisini kullanarak rotalar oluşturulur⁶².

5.10.18.5. En Yakın Yaklaşım Yöntemi

Seyyar satıcı problemleri için optimale yakın bir çözüm veren yöntemdir.

Seyyar satıcı problemlerinde amaç sayısı n olan yerleşim yerlerinden bir satıcının $n-1$ sayıdaki kente en kısa sürede, ya da mesafede uğrayarak başladığı kente dönmesini sağlayacak bir gezi planı hazırlamaktır.

⁶² .Mehmet ERYAVUZ, Araç Rotalama Problemi ve Örnek Bir Uygulama (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi, Ankara, 2001), s.11.

Böyle bir gezi planını sağlayabilecek yöntem aşağıdaki adımları içermektedir⁶³.

1. Verilen problemin maliyet matrisinde boş gözeler var ise bu gözeler çok büyük değerli sayı yerleştirilir. Sonra matriste yer alan en küçük değerli eleman daire içine alınarak gezi planının halkasına eklenir.

2. Adım 1 de daire içine alınan elemanın satırında ve sütununda bulunan tüm diğer elemanların yerine çok büyük değerli sayılar yerleştirilerek yeni bir maliyet matrisi teşkil edilir.

3. Adım 2 işlemi ile ulaşılan maliyet matrisinde daire içine alınmayan en küçük değerli eleman işaretlenir ve sonra henüz tamamlanmamış gezi planında karşılık olduğu halkaya deneme yönünde eklenir. Sonuçlanan gezi uygun değil ise işaretlenen maliyet daire içine alınarak adım 5'e geçilir.

4. Eğer sonuçlanan gezi planı uygun değil ise en son halka plandan çıkarılır ve onun maliyeti yerine daha önce verdiğimiz büyük değerli maliyet sayısı verilerek adım 3 işlemlerine geçilir

5. Gezi planı tamamlanmış ve optimale yakın ise kabul edilir. Optimale yakın değilse adım 2 işlemlerine geçilir. Boş bırakılan herhangi bir yerleşim yeri adım 2 deki işlemler ile yeniden geriye bırakılmaz ve herhangi bir yerleşim yeri gezi planına girdi ise tekrar plana girmez.

⁶³.Öztürk, s.244.

6. UYGULAMA

6.1.TSK' lerinde Ring Taşımacılığı

TSK'lerinde mevcut ulaştırma sistemleri ile gönderilmesi ekonomik olmayan ikmal maddelerinin birlik ve kurumları askeri fabrikalar, depolar ve ulaştırma terminal birlikleri arasında emniyetle ve süratle taşınabilmesi maksadı ile Haziran 1998 tarihinden itibaren bölgeler arası ring taşımacılığı icra edilmeye başlanmıştır. Bu maksatla da orta oto bölükleri bünyesinde yük aktarma takımları kurulmuş böylece sistemin gerektirdiği uzman kadrolar oluşturmuştur.

2001 yılına kadar sivil firmalara ait araçlarla yapılan taşımacılık 2001 yılının ikinci yarısında itibaren TSK'lerine ait araç ve teçhizatlarla yapılmaya başlanmıştır.

Ring faaliyetleri bölgeler arası 6 ana güzergahta yapılmaya başlanmıştır. Faaliyetlerin uygulanmasındaki esaslarda şu şekilde belirlenmiştir.

- a. Taşımalar öncelikle Devlet Demir Yolları ile yapılacaktır.
- b. Ulaştırma hizmetlerinin devamlı, elastiki ve yeterli olması sağlanacaktır.
- c. En ekonomik ulaştırma vasıtasını kullanmak esas olacaktır
- d. Aktarmalı nakliyat asgari halde tutulacaktır
- e. Ters nakliyat ve çapraz nakliyattan mümkün olduğu kadar kaçınılacaktır.
- f. İhtiyaçların karşılanması için öncelikler dikkate alınacaktır.
- g. Ulaştırmanın planlanması kontrolü ve icrasında bilgisayar desteğinden azami ölçüde yararlanılacaktır.

Ring taşımacılığı sistemi bölgesel taşımacılık şeklinde faaliyet göstermekte olup ring güzergahları belirlenirken coğrafi koşullar, yol durumları birlik ve fabrika konusu dikkate alınarak;

- a. İstanbul ringi

- b. Doğu ringi
- c. GÜneydoğu ringi
- d. Akdeniz ringi
- e. Ege ringi
- f. Batı karma ringi Şeklinde tespit edilmiştir.

Her bölgesel ringde yük aktarma noktaları belirlenmiştir. Bu bölgesel ringin bağlı olan birlikler veya fabrika komutanlıklarının gönderecekleri ikmal maddeleri bölge içi ring seferleri vasıtasıyla yük aktarma noktalarına taŐınmakta burada gideceği fabrika veya depo komutanlıklarına göre tasnif edilerek yeniden yüklenmektedir.

Herhangi bir bölgesel ringe bağlı birlikler veya fabrika komutanlıkları ile yük aktarma noktaları arasındaki ulaşım bölge içi ring seferleri Şeklinde yapılmaktadır. Bölge içi ring seferlerinin icrasından ve planlanmasından ordu komutanlıkları sorumludur. Ordu komutanlıkları bu planlamayı kendi ringine bağlı birliklerden veya fabrika komutanlıklarından gelen taleplere göre yapmaktadır. Ancak birlikler, bölgesel ring güzergahı üzerinde ise bölge içi ringe dahil olmayıp bölgesel ring ile ikmal maddeleri taŐımaktadır.

Bölgesel ring taşımacılığı faaliyetlerinin hepsi Ankara'da son bulmaktadır. Bölgesel ring taşımacılığı faaliyetleri planlanırken Kara Kuvvetleri Lojistik Komutanlığına bağlı depo ve fabrika komutanlıklarının konuları dikkate alınmıştır. Bu sayede bölgesel ring taşımacılığı faaliyetleri icra edilirken güzergah üzerindeki depo ve fabrika komutanlıklarında yükleme ve boşaltma faaliyetleri de icra edilebilmektedir. Örneğin İstanbul bölgesel ring Arifiye'ye uğramakta ve ilgili ikmal maddelerini bu fabrikaya teslim edebilmektedir.

Bu bölümde, icra edilen bu faaliyetlerden kuzey ringi maliyet analizi yapılacak ve en az maliyeti veren optimum güzergahın belirlenmesine çalışılacak.

6.2. Problemin Tanımı

Kuzey ringi İstanbul ring bölgesi kapsamındadır.

Kuzey ringi x mevkiinde konuşlandırılmış olan Ulaştırma Orta Oto Bölük Komutanlığı bünyesindeki Yük Aktarma Takımı tarafından icra edilmektedir.

İstanbul Ringi

- ✓ Kuzey ringi
- ✓ Güney ringi
- ✓ Doğu ringi
- ✓ Batı ringi
- ✓ Balıkesir ringi

Olarak 5 ana güzergaha ayrılmıştır. En uzun güzergah Balıkesir Ring güzergahı olup toplam 400 km (gidiş) dir.

İstanbul ringini icra eden birlik tarafından kullanılan araç Mercedes Actros (3331) marka araçtır.

Araçlar yılda 45 sefer yapmaktadırlar.

Araç x bölgesinde konuşlu Ulaştırma Orta Oto Bölük komutanlığından sefere başlamakta ve;

A-B-C-D-E-F-G-H-I şehirlerini ziyaret ederek geri dönmektedir*.

Görev süresi bir günü gidiş bir günü dönüş olmak üzere toplam iki gündür. Görev bir şoför bir muhafız ve bir araç komutanı olmak üzere toplam üç personel tarafından icra edilmekte, şoför ve araç komutanı görev harcırahı almakta, muhafız ise kumanya ile iâşe edilmektedir.

* . Şehirler gizli olduğundan harflerle kodlanmıştır.

Göreve çıkan aracın en az maliyetli güzergahı takip etmesi istenmektedir. Bu durumda güzergahın seyyar satıcı problemi kullanılarak optimizasyonu yapılmaya çalışılacaktır.

Bilindiği gibi seyyar satıcı problemi minimum toplam mesafeyi, zamanı veya maliyeti veren rotayı bulmaya çalışan bir modeldir⁶⁴.

Problemin çözümünü yapabilmek için ilk önce güzergahtaki şehirler arası mesafeyi gösteren güzergah matrisini oluşturmak gerekir. Tablo 16' da problemimizi gösteren matris oluşturulmuştur.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A		51	111	120	229	165	185	197	262
B	51		60	69	178	95	115	153	210
C	111	60		17	118	42	62	86	151
D	120	69	17		109	45	65	77	142
E	229	178	118	109		64	56	65	33
F	165	95	42	45	64		20	58	97
G	185	115	62	65	56	20		35	66
H	197	153	86	77	65	58	35		57
I	262	210	151	142	33	97	66	57	

Tablo 16 : Problem Matrisi

Bu uygulamada problemin çözümü " en yakın yaklaşım yöntemi " kullanılarak hem elle hem de qsb paket programı kullanılarak yapılacaktır.

Çözüm sonucunda elde edilecek minimum gezi mesafesini veren toplam kilometre kuzey ringi maliyetlerini hesaplamamızda kolaylık sağlayacaktır.

⁶⁴ .Ahmet ACAR, **Linear Programming for Managerial Decisions**, Second Edition, Ankara: METU, s.304.

6.2.1. Problemin Çözümü

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A		51	111	120	229	165	185	197	262
B	51		60	69	178	95	115	153	210
C	111	60		17	118	42	62	86	151
D	120	69	17		109	45	65	77	142
E	229	178	118	109		64	56	65	33
F	165	95	42	45	64		20	58	97
G	185	115	62	65	56	20		35	66
H	197	153	86	77	65	58	35		57
I	262	210	151	142	33	97	66	57	

Tablo 17 : Mesafe Matrisi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	111	120	229	165	185	197	262
B	51	2000	60	69	178	95	115	153	210
C	111	60	2000	17	118	42	62	86	151
D	120	69	17	2000	109	45	65	77	142
E	229	178	118	109	2000	64	56	65	33
F	165	95	42	45	64	2000	20	58	97
G	185	115	62	65	56	20	2000	35	66
H	197	153	86	77	65	58	35	2000	57
I	262	210	151	142	33	97	66	57	2000

Tablo 18 : Çözüm Matrisi

Önce tablo 17' de boş bırakılan gözelere 2000 gibi çok büyük değerli bir eleman yerleştirilerek tablo 18 elde edilir.

Tablo 18' de en küçük eleman C_{34} ve C_{43} dür. C_{34} seçelim ve gezi güzergahının bir halkası olarak $3 \rightarrow 4$ olarak kabul edelim. Sonra C_{34} elemanın dışında kalan 3. sıra ve 4. sütundaki elemanlar ile aynı değerdeki elemanların yerine büyük değerlikli 2000 değeri yerleştirip Tablo 19' u elde edelim. Aynı zamanda C_{34} ü kare içine alalım.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	111	2000	229	165	185	197	262
B	51	2000	60	2000	178	95	115	153	210
C	2000	2000	2000	17	2000	2000	2000	2000	2000
D	120	69	2000	2000	109	45	65	77	142
E	229	178	118	2000	2000	64	56	65	33
F	165	95	42	2000	64	2000	20	58	97
G	185	115	62	2000	56	20	2000	35	66
H	197	153	86	2000	65	58	35	2000	57
I	262	210	151	2000	33	97	66	57	2000

Tablo 19 : Çözüm Matrisi

Tablo 19' da işaretlenmemiş en küçük değer olan $C_{67} = 20$ işaretlenerek gezi güzergahına $6 \rightarrow 7$ olarak dahil edilir. Bulunduğu satır ve sütuna ve dönüşüm elemanı olan C_{76} 'ya büyük değerli 2000 sayısı yazılarak Tablo 20 elde edilir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	111	2000	229	165	2000	197	262
B	51	2000	60	2000	178	95	2000	153	210
C	2000	2000	2000	17	2000	2000	2000	2000	2000
D	120	69	2000	2000	109	45	2000	77	142
E	229	178	118	2000	2000	64	2000	65	33
F	2000	2000	2000	2000	2000	2000	20	2000	2000
G	185	115	62	2000	56	2000	2000	35	66
H	197	153	86	2000	65	58	2000	2000	57
I	262	210	151	2000	33	97	2000	57	2000

Tablo20 : Çözüm Matrisi

Tablo 20 de işaretlenmemiş en küçük eleman $C_{95} = 33$ dür. Buda gezi güzergahına $9 \rightarrow 5$ olarak eklenir. C_{95} in bulunduğu ilgili satır ve sütunlara yüksek değerli 2000 sayısı yazılarak Tablo 21 elde edilir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	111	2000	2000	165	2000	197	262
B	51	2000	60	2000	2000	95	2000	153	210
C	2000	2000	2000	17	2000	2000	2000	2000	2000
D	120	69	2000	2000	2000	45	2000	77	142
E	229	178	118	2000	2000	64	2000	65	2000
F	2000	2000	2000	2000	2000	2000	20	2000	2000
G	185	115	62	2000	2000	2000	2000	35	66
H	197	153	86	2000	2000	58	2000	2000	57
I	2000	2000	2000	2000	33	2000	2000	2000	2000

Tablo 21 : Çözüm Matrisi

Tablo 21 de işaretlenmemiş en küçük eleman $C_{78} = 35$ dir. Bu da gezi güzergahına $7 \rightarrow 8$ olarak eklenir. C_{78} in bulunduğu ilgili satır ve sütun ile dönüşüm elemanına büyük değerli 2000 sayısı yazılarak Tablo 22 elde edilir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	111	2000	2000	165	2000	2000	262
B	51	2000	60	2000	2000	95	2000	2000	210
C	2000	2000	2000	17	2000	2000	2000	2000	2000
D	120	69	2000	2000	2000	45	2000	2000	142
E	229	178	118	2000	2000	64	2000	2000	2000
F	2000	2000	2000	2000	2000	2000	20	2000	2000
G	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	35	2000
H	197	153	86	2000	2000	58	2000	2000	57
I	2000	2000	2000	2000	33	2000	2000	2000	2000

Tablo 22 : Çözüm Matrisi

Tablo 22' de işaretlenmemiş en küçük değerli eleman $C_{46} = 45$ dir. Bu da gezi güzergahına $4 \rightarrow 6$ olarak eklenir. C_{46} in bulunduğu ilgili satır ve sütunlara büyük değerli 2000 sayısı yazılarak Tablo 23 elde edilir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	111	2000	2000	2000	2000	2000	262
B	51	2000	60	2000	2000	2000	2000	2000	210
C	2000	2000	2000	17	2000	2000	2000	2000	2000
D	2000	2000	2000	2000	2000	45	2000	2000	2000
E	229	178	118	2000	2000	2000	2000	2000	2000
F	2000	2000	2000	2000	2000	2000	20	2000	2000
G	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	35	2000
H	197	153	86	2000	2000	2000	2000	2000	57
I	2000	2000	2000	2000	33	2000	2000	2000	2000

Tablo 23 : Çözüm Matrisi

Tablo 23' de işaretlenmemiş en küçük değerli eleman $C_{12}=51$ dir. Bu da gezi güzergahına $1 \rightarrow 2$ olarak eklenir. C_{12} in bulunduğu ilgili satır ve sütun ile dönüşüm elemanın yerine yüksek değerli 2000 sayısı yazılarak. Tablo 24 elde edilir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
B	2000	2000	60	2000	2000	2000	2000	2000	210
C	2000	2000	2000	17	2000	2000	2000	2000	2000
D	2000	2000	2000	2000	2000	45	2000	2000	2000
E	229	2000	118	2000	2000	2000	2000	2000	2000
F	2000	2000	2000	2000	2000	2000	20	2000	2000
G	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	35	2000
H	197	2000	86	2000	2000	2000	2000	2000	57
I	2000	2000	2000	2000	33	2000	2000	2000	2000

Tablo 24 : Çözüm Matrisi

Tablo 24 de işaretlenmemiş en küçük değerlikli eleman $C_{89} = 57$ dir. Bu da gezi güzergahına $8 \rightarrow 9$ olarak eklenir. C_{89} in bulunduğu ilgili satır ve sütunlara büyük değerli 2000 sayısı yazılarak Tablo 25 elde edilir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
B	2000	2000	60	2000	2000	2000	2000	2000	2000
C	2000	2000	2000	17	2000	2000	2000	2000	2000
D	2000	2000	2000	2000	2000	45	2000	2000	2000
E	229	2000	118	2000	2000	2000	2000	2000	2000
F	2000	2000	2000	2000	2000	2000	20	2000	2000
G	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	35	2000
H	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	57
I	2000	2000	2000	2000	33	2000	2000	2000	2000

Tablo 25 : Çözüm Matrisi

Tablo 25' de işaretlenmemiş en küçük değerli eleman $C_{23} = 60$ dir. Bu da gezi güzergahına $2 \rightarrow 3$ olarak eklenir. C_{23} in bulunduğu ilgili satır ve sütunlara büyük değerli 2000 sayısı yazılarak Tablo 26 elde edilir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
B	2000	2000	60	2000	2000	2000	2000	2000	2000
C	2000	2000	2000	17	2000	2000	2000	2000	2000
D	2000	2000	2000	2000	2000	45	2000	2000	2000
E	229	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
F	2000	2000	2000	2000	2000	2000	20	2000	2000
G	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	35	2000
H	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	57
I	2000	2000	2000	2000	33	2000	2000	2000	2000

Tablo 26 : Çözüm Matrisi

Tablo 26' da işaretlenmemiş en küçük değerli eleman $C_{51} = 229$ dir. Bu da gezi güzergahına $5 \rightarrow 1$ olarak eklenir. C_{51} in bulunduğu ilgili satır ve sütunlara büyük değerli 2000 sayısı yazılarak Tablo 27 elde edilir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A	2000	51	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
B	2000	2000	60	2000	2000	2000	2000	2000	2000
C	2000	2000	2000	17	2000	2000	2000	2000	2000
D	2000	2000	2000	2000	2000	45	2000	2000	2000
E	229	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
F	2000	2000	2000	2000	2000	2000	20	2000	2000
G	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	35	2000
H	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	57
I	2000	2000	2000	2000	33	2000	2000	2000	2000

Tablo 27 : Çözüm Matrisi

Tablo 27'de gezi güzergahına dahil edilecek herhangi bir değer kalmadığı görüldüğünden gezi güzergahının tamamlandığı anlaşılır. Oluşan gezi güzergahı

1 → 2, 2 → 3, 3 → 4, 4 → 6, 6 → 7, 7 → 8, 8 → 9, 9 → 5, 5 → 1 şeklindedir.

Oluşturulan güzergah sonucunda toplam mesafe

$$(Z) = 51 + 60 + 17 + 45 + 20 + 35 + 57 + 33 + 229$$

$$(Z) = 547 \text{ km olarak bulunur.}$$

Problemin QSB Paket Programı ile Çözümü

QSB paket programı yöneylem araştırması problemlerini çözmek için geliştirilmiş Windows tabanlı bir paket programdır.

Programa ilgili parametreler girildikten sonra otomatik olarak çözüm elde edilmektedir.

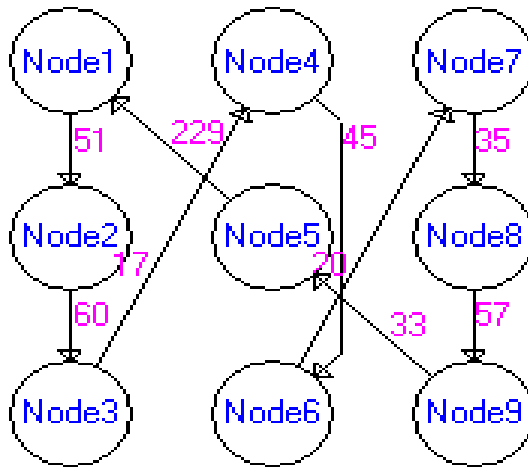
Yukarıda çözümü yapılan kuzey ringi güzergah optimizasyonu QSB paket programla çok daha az zaman harcayarak çözümü yapılmıştır. Çözüm aşamaları şöyledir.

Program çalıştırmak için Network Modeling kısa yoluna tıklanır. Ek – 1 de yer alan ana menü karşımıza çıkar. Bu menüden file tıklanır çıkan alt menüden new problem seçilir.

Ek- 2 deki Net Problem Specification menüsü görülür. Bu menünün problem type kısmından traveling salesman problem kutucuğu işaretlenir. Daha sonra problemin türüne göre minimization ya da maximization kutucuklarından biri aktifleştirilir. Problem title kısmına problemin adı number of nodes kısmına ise uğranılacak merkez sayısı girilir ve Ok tuşuna basılır.

Karşımıza Ek – 3 de yer alan ana menü ve mesafe matrisi çıkar. Bu menünün edit kısmından node names'e girilerek uğranılacak merkez adları matris üzerinden girilir. Mesafe matrisi üzerine mesafeler girilir. Menüdeki solve and analyze kısmından solve the problem aktifleştirilir ve karşımıza Ek- 4 deki traveling salesman solution method menüsü çıkar. Bu menüden kullanılmak istenen çözüm tekniği işaretlenir.(Bu problemde en yakın yaklaşım yöntemi kullanıldığından programda nearest neighbor heuristic kutucuğu işaretlenmiştir) Solve kutucuğu tıklanır ve karşımıza Ek- 5 de görülen çözüm matrisi çıkar. Bu çözüm matrisi grafik olarak gösterilmek istendiğinde menüdeki results kutucuğundan graphic solution seçilerek Ek- 6 da görülen grafiksel çözüm elde edilir. Elde edilen çözüm sonucunun manuel çözümden farkı olmadığı ve toplam gezi güzergahının 547 km olduğu görülür.

Rota güzergahı şekil 7'de görüldüğü gibi oluşur.



Şekil 7. Çözüm Grafiği

6.2.2. Kuzey Ringi Maliyet Analizi

6.2.2.1. Akaryakıt Maliyeti

Mercedes Actros (3331) aracı teknik tarifnamesine göre;

Mazot sarfiyatı = Km'de 0,45 lt.

Mazot Birim Fiyatı
(111.Akaryakıt Saymalığını Göre) = 1,011 Ytl

Tüketilen yakıt miktarı = 547 x 0,45 = 246,15 lt

Yakıt masrafı = 246,15 x 1,011 = 248,86 Ytl dir.

6.2.2.2. Yağ Maliyeti

Araç Motor Yağı Kapasitesi = 32 lt

Yağ değişim periyodu = 5000 km

Yağ Değişim Maliyeti (1 lt için) = 8 Ytl

Toplam yağ değişim maliyeti = 256 Ytl

Km başına yağ maliyeti = 0,051 Ytl

Sefer yağ maliyeti = 547 * 0,051 =28 Ytl

6.2.2.3. Lastik Maliyetleri

Araba lastiği ücretleri lastik ömrünün 100.000–110.000 km olduğunu beyan etmektedir. Ülkemizin yol koşulları dikkate alınarak lastik ömrünün 100.000 km olduğu kabul edilmiştir.

Lastik adedi = 10 + 1

Lastik Fiyatı = 1200 Ytl

Lastik Ömrü = 100.000 Km

Lastiklerinin toplam maliyeti $1200 \times 11 = 13.200$ Ytl

Km Başına lastik maliyeti $\frac{13.200}{100.000} = 0,132$ Ytl

Sefer Lastik maliyeti $= 0,132 \times 547 = 72,7$ Ytl

6.2.2.4. Paralı Otoyol ve Köprü Ücretleri

Boğaziçi köprüsü geçiş ücreti $= 6$ Ytl

Otoyol geçiş ücreti (gidiş, dönüş) $= 8$ Ytl

Sefer otoyol köprü maliyeti $= 14$ Ytl

6.2.2.5. Şoför Araç Komutanı ve Muhafız Harcırası

Araç komutanı ve şoför harcırası $= 14,00 \times 2 = 18,00$ Ytl

Araç muhafızı iâşe bedeli $= 3,80$ Ytl

Toplam $= 21.80$ Ytl

Görev Günü $= 2$

Toplam Sefer Harcırâh gideri $21,80 \times 2 = 43,60$

6.2.3. Endirekt Maliyetler

6.2.3.1. Araç Sigortaları ve Vergileri

Askeri araçlar motorlu araçlar vergisinden muaf olup zorunlu mali mesuliyet sigortası ve kasko sigortaları bulunmaktadır.

Zorunlu mali mesuliyet sigorta primi $= 2.000$ Ytl

Kasko bedeli $= 12.000$ Ytl

Yıllık sefer sayısı = 45

Sefer başına isabet eden vergi = $14.000 / 45 = 311,1$ Ytl

6.2.3.2. Araç ve Teçhizat Amortismanları

Mercedes Actros (3331) aracı bedeli = 218.000 \$

Konteyner Yandan Kapaklı = 5.200 \$

Toplam = 223.000 \$

Araçların ekonomik ömrü 10 yıl olup cari yıl amortisman gideri

$223.000 \times \% 10 = 22.300$ \$

Yıllık sefer sayısı = 45

Sefer amortisman maliyeti = $22.300 / 45 = 495,6$ \$ = 693,8 Ytl

(1 USD = 1,4 Ytl kabul edilmiştir.)

6.2.3.3. Araç Komutanı ve Şöför Ücretleri

Araç Komutanı Maaşı = 1.600 Ytl

Araç Şöför Maaşı = 1.200 Ytl

Toplam = 2.800 Ytl

Bir günlük maaş gideri = $2.800 / 30 = 93,3$ Ytl

Sefer maaş gideri = $93,3 \times 2 = 186,6$ Ytl

6.2.3.4. Araç Bakım ve Onarım Giderleri

2005 yılı içerisinde birlik tarafından toplam 40.000 Ytl lik bakım ve onarım gideri yapılmıştır.

Birlikteki toplam araç sayısı = 30

Araç başına ortalama gider = 1333,3 Ytl

Sefer başına ortalama maliyet = $1333.3/45 = 29,63$ Ytl

6.2.4. Genel Yönetim Giderleri*

Personel maaşları = 300.000 Ytl

Yıllık telefon gideri = 3.000 Ytl

Yıllık aydınlatma = 15.000 Ytl

Yıllık kırtasiye gideri = 5.000 Ytl

Yıllık su gideri = 4.000 Ytl

Yıllık ısınma gideri = 7.000 Ytl

Yıllık er maaşı = 10.970 Ytl

Akaryakıt gideri = 5.000 Ytl

Posta gideri = 1.000 Ytl

Yıllık er iâşesi = 102.200 Ytl

Genel yönetim giderleri toplamı = 513.154 Ytl

Araç başına genel yönetim gideri = $513.154 / 30 = 17.105$ Ytl

Sefer başına genel yönetim gideri = $17.105 / 45 = 380,11$ Ytl

6.2.5. Kuzey Ringi Toplam Maliyeti

Direkt Maliyetler

Akaryakıt Maliyeti = 246,86 Ytl

Yağ Maliyeti = 28 Ytl

Lastik Maliyeti = 72,2 Ytl

* . Ulaştırma Orta Oto Bölüğünün 2005 yılı giderleri baz alınmıştır

Otoyol Köprü Ücretleri = 14 Ytl
Şoför Araç Komutanı ve Muhafız Harcırahı = 43,60 Ytl
Direkt Maliyetler Toplamı = 404,66 Ytl

Endirekt Maliyetler

Araç Sigorta ve Vergi Maliyeti = 311,1 Ytl
Araç Amortismanı = 693,8 Ytl
Araç Bakım Onarım Giderleri = 29,63 Ytl
Araç Komutanı ve Şoför Ücretleri = 186,6 Ytl
Endirekt Maliyetler Toplamı = 1221,13 Ytl

Genel Yönetim Giderleri

Genel Yönetim Giderleri Toplamı = 380,11 Ytl

Toplam Sefer Maliyeti = 2005,9 Ytl

7. SONUÇ

Bu çalışmada lojistik firmalarının maliyet yapıları incelenmiş dağıtım merkezlerinde bulunan müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılarken minimum maliyeti veren dağıtım rotalarının bulunması için ulaştırma modelleri ve uzantıları anlatılmıştır.

Dağıtım rotalarının optimizasyonu maliyetlerin azaltılmasına, araç filolarının etkin kullanılmasına ve emniyetine olanak vermektedir. Bu nedenle çalışmada seyyar satıcı problemi ve çözüm algoritmaları üzerinde durulmuştur.

Uygulamada ele alınan TSK ring taşımacılığı tüm maliyet kalemleri ile incelenmiş, kapsamlı bir maliyet analizi yapılmıştır. Analiz, yürütülmekte olan faaliyetin ne kadara mal olduğu hakkında bir bilgi oluşturmuştur. Ayrıca seyyar satıcı problemi yardımıyla yapılan güzergah optimizasyonu ile benzer faaliyetlerde kullanılacak bir model oluşturulmuş böylece en az maliyeti veren sistemin-güzergahın seçimine olanak sağlanmıştır.

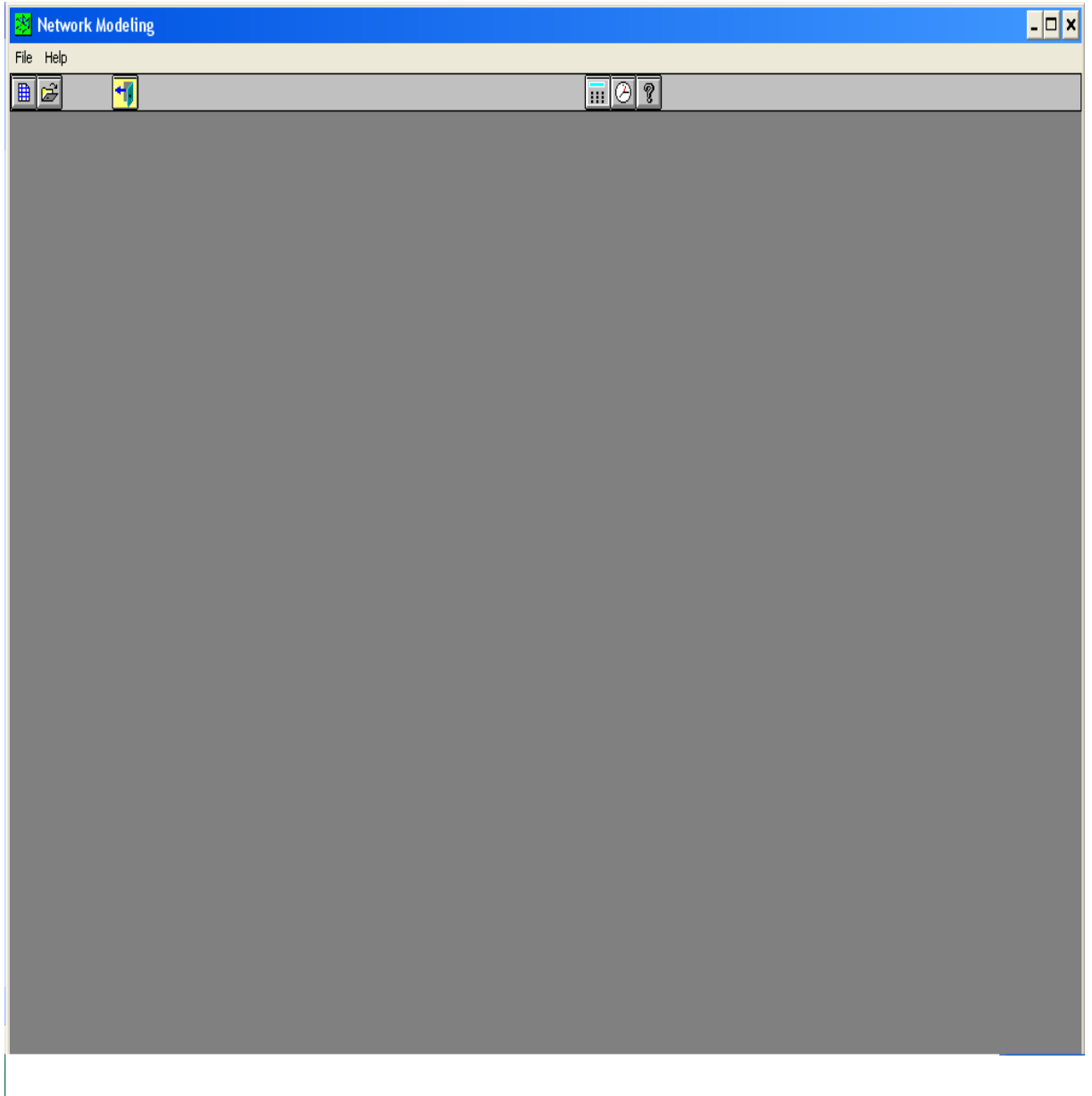
Çalışma ile TSK'lerinin ulaştırma sistemlerinde daha önce hesaplamadığı maliyet kalemlerinin hesaplama metotları da ortaya konulmuş, böylece daha gerçekçi bir maliyet oluşturulmuştur. Ayrıca seyyar satıcı problemi ile daha önce yapılmayan güzergah optimizasyonu yapılmıştır.

Uygulamada TSK lerinin endirekt araç sefer giderlerinin yüksekliği göze çarpmaktadır. Bunun nedeni olarak da TSK'lerinde görevli personelin belli stratejiler gereği birliklerde görevlendirilmesi, bu tip birliklerin sefer durumunda barış durumundan farklı görevler üstlenmesi, birlik personelinin her türlü ihtiyacının birlik ödeneklerinden karşılanması gösterilebilir. Bir diğer neden olarak da ulaştırma birliklerinde personel kadrosunun sefer durumuna göre uygulanması gösterilebilir; çünkü bu tip birliklerin reaksiyon sürelerinin minimum düzeye indirilmesi mevcut araç sayısının belli bir oranı kadar fazla şoför bulundurulmasını gerektirmektedir. Bu nedenle oluşan maliyet, TSK'lerinin bu durumu göz önüne alınarak değerlendirilmelidir.

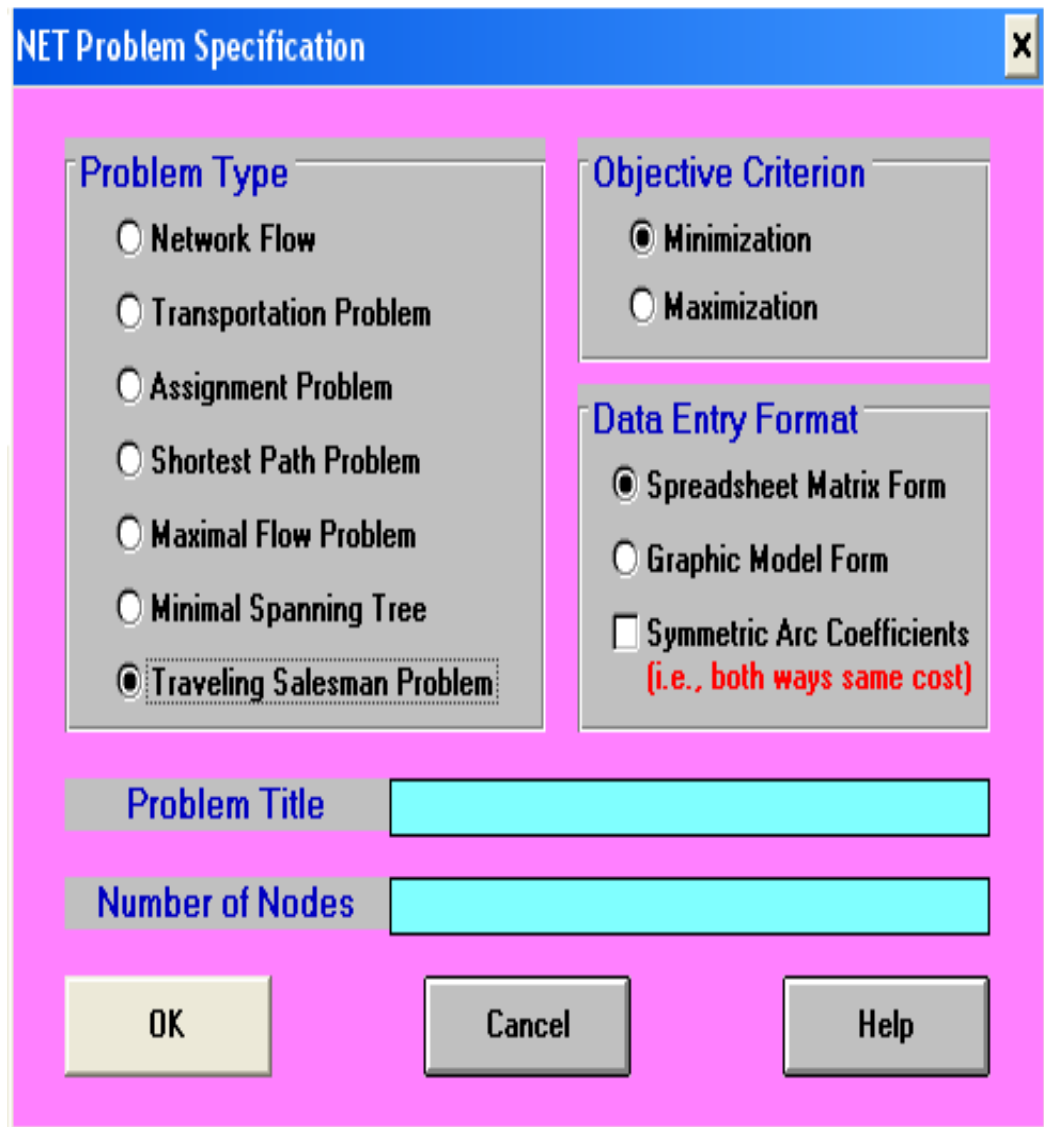
Bu çalışma, TSK lerinin ulaştırma sistemlerini mali yönden tekrar gözden geçirme olanağı verecektir. Benzer ölçekte işler yapan firmaların maliyetleri incelenip ton başına, km başına, araç başına maliyet durumları değerlendirilip bazı faaliyetlerin bu firmalar aracılığı ile yapılıp yapılamayacağı, mevcut faaliyetlerin maliyetlerini düşürmede alınabilecek önlemlerin neler olabileceği hususlarına açıklık getirilebilecektir.

EKLER

EK 1 Ana Menü



EK 2 Problem Türü Seçim Menüsü



The image shows a dialog box titled "NET Problem Specification" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into several sections:

- Problem Type:** A list of radio buttons for selecting the problem type. The selected option is "Traveling Salesman Problem".
 - Network Flow
 - Transportation Problem
 - Assignment Problem
 - Shortest Path Problem
 - Maximal Flow Problem
 - Minimal Spanning Tree
 - Traveling Salesman Problem
- Objective Criterion:** A list of radio buttons for selecting the objective criterion. The selected option is "Minimization".
 - Minimization
 - Maximization
- Data Entry Format:** A list of radio buttons for selecting the data entry format. The selected option is "Spreadsheet Matrix Form". There is also a checkbox for "Symmetric Arc Coefficients (i.e., both ways same cost)".
 - Spreadsheet Matrix Form
 - Graphic Model Form
 - Symmetric Arc Coefficients
(i.e., both ways same cost)
- Problem Title:** A text input field.
- Number of Nodes:** A text input field.
- Buttons:** Three buttons at the bottom: "OK", "Cancel", and "Help".

EK 3 Mesafe Matrisi Menüsü

Network Modeling

File Edit Format Solve and Analyze Results Utilities Window WinQSB Help

KUZEY RINGİ: Minimization (Traveling Salesman Problem)

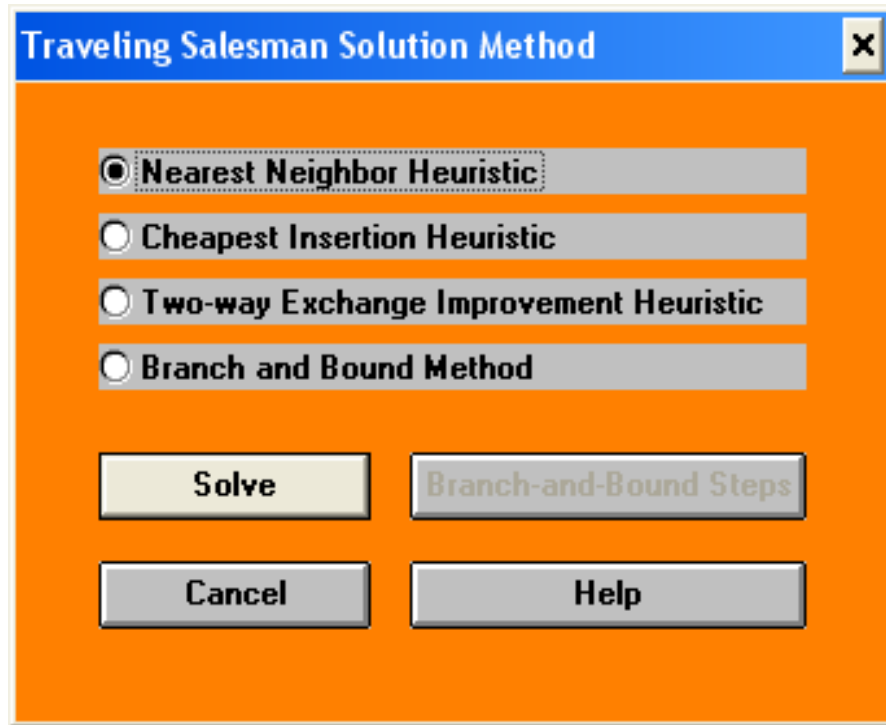
Node1 : Node1

From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7	Node8	Node9
Node1									
Node2									
Node3									
Node4									
Node5									
Node6									
Node7									
Node8									
Node9									

NET

Matrix Form Empty cell represents no direct connection.

EK 4 Problem Çözüm Metodu Menüsü



EK 5 Çözüm Matrisi

Network Modeling

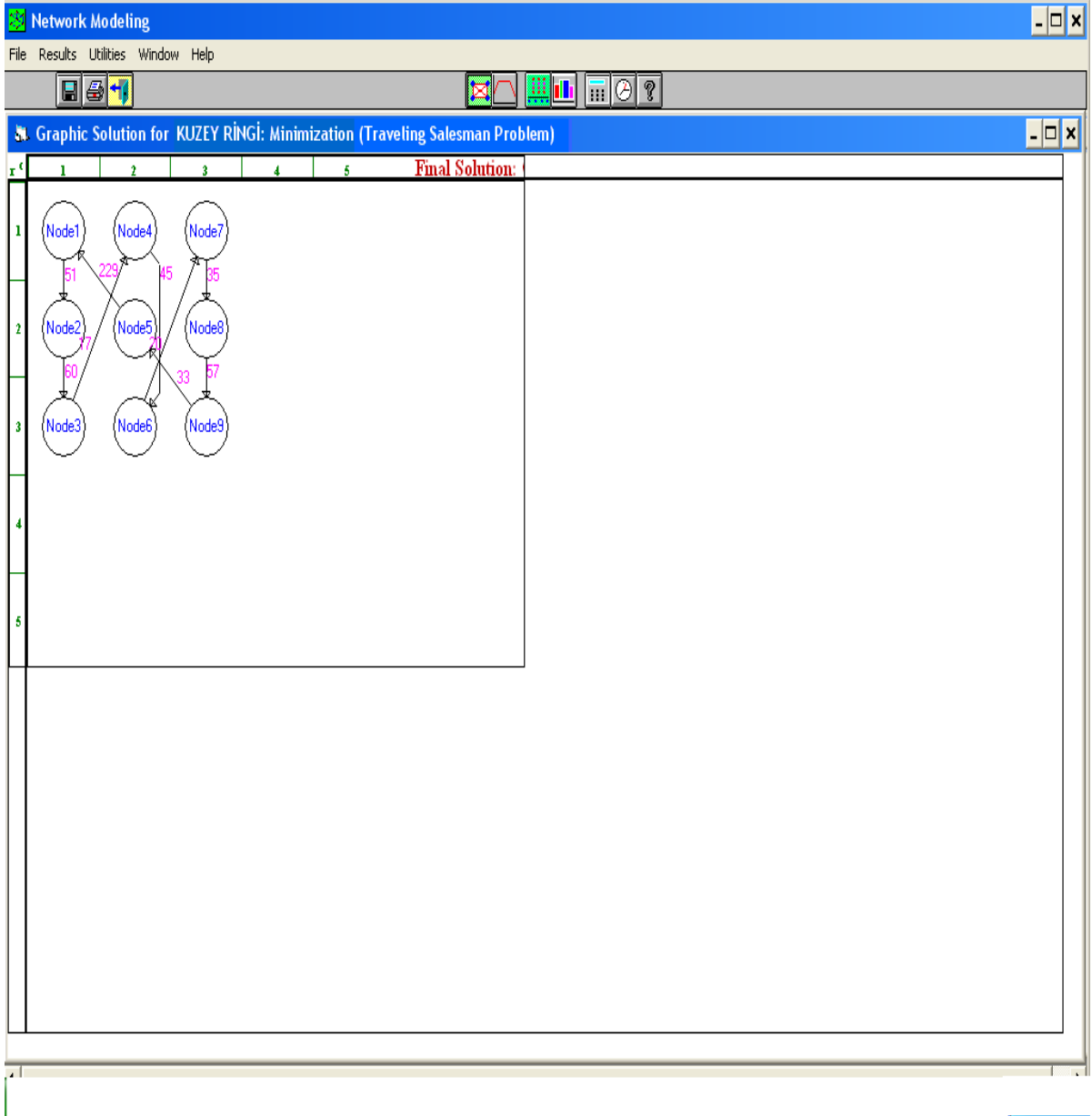
File Format Results Utilities Window Help

0.00 A

Solution for KUZZEY RİNGİ: Minimization (Traveling Salesman Problem)

05-09-2006	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	51	6	Node7	Node8	35
2	Node2	Node3	60	7	Node8	Node9	57
3	Node3	Node4	17	8	Node9	Node5	33
4	Node4	Node6	45	9	Node5	Node1	229
5	Node6	Node7	20				
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	547
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

EK 6 Çözüm Grafiği



KAYNAKÇA

- Acar, Ahmet. **Linear Programming for Managerial Decisions**, Second Edition, METU, Ankara, 1989.
- Alptekin, Esin. **Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri**, Gazi Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1988.
- Akdoğan, Nalan. **Maliyet Muhasebesi Uygulamaları**, Ankara, Cem Web Ofset, 1999.
- Altaylı, Behçet. **Yönetim Kararlarında Kantitatif Yöntemler**, 1.Basım, Cem Web Ofset, Ankara, 1996.
- Ataman, Göksel. **İşletme Yönetimi**, 1.Basım, İstanbul, Türkmen Kitapevi, 2001.
- Bakır, M. Akif ve Altunkaynak, Bülent. **Tamsayı Programlama Teori Modeller ve Algoritmalar**, 1. basım, Nobel yayınları, Ankara, 2003.
- Bozkurt, Kadir. "Uluslararası Karayolu Yük Taşımacılığı Yapan İşletmelerinde Muhasebe Organizasyonu ve Yük Maliyetlerinin Oluşumu", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi SBE, 2002.
- Dantzing, George B. Thopo, Mukund N. **Linear Programming Introduction**, 1 st Edition Hamilton Printing Co., New York, 1997.
- Doğan, İbrahim. **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1995.
- Eryavuz, Mehmet. "Araç Rotalama Problemi ve Örnek Bir Uygulama", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi FBE, 2001.
- Hallaç, Osman. **Kantitatif Karar Verme Teknikleri**, 4. Baskı, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 1983.
- Hamdy A. Taha. **Yöneylem Araştırması**, 1. Basım Literatür Yayınları, İstanbul, 2000.
- Hiller, F.S. ve Lieberman, G.J. **Operation Research**, Mc Graw-Hill Pub., San Francisco, 1924.
- International Road Transport Union Best Industry Practices" Second Report on Road Transport, Switzerland, 2002.
- James, Ignizio. **Linear Programming İn Singlexmultiple-Opjective System**, 1. Edition ,Prentice / Hall Inc., New Jersey 1984.
- John R.Mejer ve diğerleri, **The Economics of competition in the transportation industries**, 4 th. Edition, Cambrige Mass, Harvard Universty Press, 1969.

- Karayalçın, İlhami. **Yöneylem Araştırması**, 3.Basım, Mentesh Kitabevi, İstanbul, 1993.
- Karayolları Trafik Kanunu.
- Koçak, Habip. "Lojistik Yönetiminde Taşıma Sistemleri ve İçin Bir Model Önerisi",
Yayınlanmamış Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi SBE, 2003.
- Kotaman, Süleyman. "Silahlı Kuvvetlerde İkmal Sistemlerinin Ulaştırma Modelleri
Yardımlarıyla Maliyet Olarak Minimizasyonu", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
Marmara Üniversitesi SBE, 1998.
- Lawrance, Lopin. **Quantitive Methods for Business Decisions With Cases**, 6.
Edition, The Dreden Press, 1996.
- Motorlu Taşıtlar Vergisi Kanunu
- Orhon, Feryal. **Ulaştırma İşletmelerinde Maliyet Muhasebesi**, 1. Basım, İstanbul,
EKO-BİL Yayınları, 1983.
- Ozan, Turgut. **Applied Mathematical Programming for Engineering and
Production Management**, New Jersey, A. Reston Book-Prentice Hall, 1994.
- Ozan, Turgut. **Applied Mathematical Programming for Engineering and
Production Management**, New Jersey, Reston Book-Prentice/Hall, 1989.
- Öztürk, Ahmet. **Yöneylem Araştırması**, 5. Basım Ekim Kitabevi Yayınları, Bursa,
1997.
- Render, Barry. Stair, Ralph M. **Introduction to Management Science**, Boston Allyn
and Bacon.
- Sevilengül, Orhan. **Genel Muhasebe**, Gazi Büro Kitabevi, Ankara, 1999.
- Stevenson , W.J. **Introduction to Management Science**, 3. Edition, Boston, 1989.
- Soylu, M. Yekta. "Ulaştırma Modelleri, Kıyaslaması ve Bowman'ın Üretim Proglamlaması
İçin Ulaştırma Problemine Bir İşletme Uygulaması", Yayınlanmamış Yüksek
Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi SBE, 1997.
- Taylor, W. Bernard. **Introduction to Management Science**, 4. Edition, Allyn and
Bocon, Boston, 1991.
- TC. Maliye Bakanlığı Genel Tebliği Vuk. Md. 315. Maddi Duran Varlıklarda Amortisman.
- Top, İsmail. "Araç Rotalama Problemlerinin Çözümünde Yeni Bir Sezgisel Algoritma"
Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi Kara Harp Okulu, 2004.
- Tulunay, Yılmaz. **Matematik Programlama ve İşletme uygulamaları**, 3. baskı,
Renk İş Matbası, İstanbul 1984.

Tulunay, Yılmaz. **Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları**, 3. Baskı,
İstanbul, Renk İş Matbaası, 1991.

<http://www.dpt.gov.tr>

<http://www.alomaliye.com.tr>

Marmara Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

Tez Onay Belgesi

EKONOMETRİ Anabilim Dalı YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI Bilim Dalı
Yüksek Lisans öğrencisi DAVUTHAN GÜNAYDIN'ın TÜRK SİLAHLI
KUVVETLERİNDE RİNG TAŞIMACILIK FALİYETLERİNİN MALİYET ETKİNLİK ANALİZİ
VE ULAŞTIRMA MODELLERİ YARDIMIYLA GÜZERGAH OPTİMİZASYONU
adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 22.06.2006 tarih ve 2006-6/13 sayılı
kararı ile oluşturulan jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 06.07.2006

- 1) Tez Danışmanı : YRD. DOÇ.DR. FATMA URFALIOĞLU
2) Jüri Üyesi : PROF. DR. İBRAHİM DOĞAN
3) Jüri Üyesi : PROF. DR. DOĞAN ARGUN

