

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

139755

**LOJİSTİK VE ULAŞTIRMA  
Tasarım ve Planlama**

139755

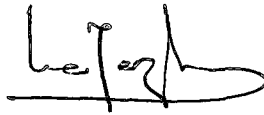
Şehir Plancısı Ümit YILDIRIM

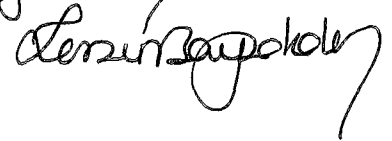
**FBE İnşaat Anabilim Dalı Ulaştırma Programında Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**



**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aydın EREL (YTÜ)**

Prof. Dr. Nadir YAYLA (YTÜ)  


Prof. Dr. Lenzin BAYRAKDAR  


**İSTANBUL, 2003**

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

|                                                            |      |
|------------------------------------------------------------|------|
| SİMGE LİSTESİ.....                                         | i    |
| KISALTMA LİSTESİ .....                                     | vii  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                         | viii |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                      | ix   |
| ÖNSÖZ .....                                                | x    |
| ÖZET .....                                                 | xi   |
| ABSTRACT.....                                              | xii  |
| 1. Lojistik ve Ulaştırmaya Giriş.....                      | 1    |
| 1.1 GİRİŞ .....                                            | 1    |
| 1.2 LOJİSTİĞİN FALİYET ALANI .....                         | 6    |
| 1.2.1 Satın Alma .....                                     | 6    |
| 1.2.2 Envanter Kontrolü.....                               | 7    |
| 1.2.3 Tesis Planlaması.....                                | 7    |
| 1.2.4 Tesis-içi Lojistik.....                              | 7    |
| 1.2.5 Ulaştırma.....                                       | 8    |
| 1.3 LOJİSTİK ARABİRİMLERİ.....                             | 9    |
| 1.3.1 Finans.....                                          | 9    |
| 1.3.2 Pazarlama .....                                      | 9    |
| 1.3.3 Bilgi Teknolojileri.....                             | 10   |
| 1.3.4 Üretim .....                                         | 11   |
| 2. Lojistik Sistem Analizi .....                           | 12   |
| 2.1 GİRİŞ .....                                            | 12   |
| 2.2 SAFHA 1: PROBLEMİN TANIMI.....                         | 14   |
| 2.2.1 Ayrıntı Düzeyi .....                                 | 14   |
| 2.2.2 Sistemin Amaçları.....                               | 15   |
| 2.2.3 Lojistik Ürün.....                                   | 16   |
| 2.2.3.1 Ürünün Pazarı .....                                | 16   |
| 2.2.3.2 Ürünün Önemi .....                                 | 17   |
| 2.2.3.3 Ürün Karakteristiği .....                          | 17   |
| 2.2.3.4 Ürün Paketlemesi .....                             | 18   |
| 2.3 SAFHA 2: VERİ ANALİZİ.....                             | 18   |
| 2.3.1 Veri Toplama .....                                   | 20   |
| 2.3.2 Örnek Boyutu.....                                    | 20   |
| 2.3.3 Uç Değer Elemesi .....                               | 22   |
| 2.3.4 Veri Toplama .....                                   | 22   |
| 2.3.4.1 Benzerlik Ölçütleri.....                           | 22   |
| 2.3.4.2 Kümelenme Metotları .....                          | 23   |
| 2.3.5 Mevcut Olmayan veya Eksik Verinin Hesaplanması ..... | 24   |
| 2.3.5.1 Regresyon Modelleri.....                           | 26   |
| 2.3.5.2 Rezervasyon Tahmini .....                          | 28   |

|         |                                                   |    |
|---------|---------------------------------------------------|----|
| 2.3.5.3 | Oran Rezervasyon Metodu .....                     | 29 |
| 2.3.5.4 | Artan Rezervasyon Metodu .....                    | 29 |
| 2.3.6   | Olasılık Dağılımı: Biçim ve Parametreler.....     | 30 |
| 2.4     | SAFHA 3: PROBLEMİN ANALİZİ .....                  | 30 |
| 2.4.1   | Matematiksel Modeller .....                       | 31 |
| 2.4.2   | Sezgisel Metotlar .....                           | 31 |
| 2.4.3   | Simülasyon Metotları.....                         | 33 |
| 2.4.4   | Strateji Formülasyonu İçin Esaslar .....          | 33 |
| 2.4.4.1 | Toplam Maliyet Yaklaşımı .....                    | 33 |
| 2.4.4.2 | Farklılaştırılmış Dağılım.....                    | 34 |
| 2.4.4.3 | Erteleme .....                                    | 34 |
| 2.4.4.4 | Birleşme .....                                    | 34 |
| 2.5     | SAFHA 4: SİSTEM UYGULAMASI .....                  | 35 |
| 3.      | Lojistik Ağ Planlaması.....                       | 37 |
| 3.1     | GİRİŞ .....                                       | 37 |
| 3.2     | LOJİSTİK AĞ MODELİ .....                          | 38 |
| 3.3     | LOJİSTİK AĞ MODELLEME YAKLAŞIMI .....             | 39 |
| 3.4     | LOJİSTİK AĞ MODELİNİN BİLEŞENLERİ.....            | 40 |
| 3.4.1   | Satıcılar .....                                   | 40 |
| 3.4.2   | Ürünler .....                                     | 40 |
| 3.4.3   | Fabrikalar .....                                  | 41 |
| 3.4.4   | Dağıtım Merkezleri .....                          | 41 |
| 3.4.5   | Ulaştırma Hizmetleri.....                         | 41 |
| 3.4.6   | Müşteriler.....                                   | 41 |
| 3.5     | GENELLEŞTİRİLMİŞ LOJİSTİK AĞ MODELİ.....          | 42 |
| 3.5.1   | Modelin Özellikleri.....                          | 42 |
| 3.5.2   | Genelleştirilmiş Çözüm Yöntemi .....              | 43 |
| 3.5.3   | Ağ modelinde Kullanmak İçin Genel Esaslar.....    | 44 |
| 4.      | Satıcı Seçimi .....                               | 45 |
| 4.1     | GİRİŞ .....                                       | 45 |
| 4.2     | SATICI SEÇİMİ KARARLARININ SINIFLANDIRILMASI..... | 48 |
| 4.3     | DENEYSEL METOTLAR .....                           | 48 |
| 4.3.1   | Faktör Analizi .....                              | 49 |
| 4.3.1.1 | Faktör Analiz Modeli.....                         | 49 |
| 4.3.2   | Ağırlıklı Faktör Analizi.....                     | 51 |
| 4.3.2.1 | Ağırlıklı Faktör Analiz Modeli .....              | 51 |
| 4.3.3   | Satıcı Profili Analizi .....                      | 52 |
| 4.3.4   | Analitik Hiyerarşik Süreç .....                   | 52 |
| 4.4     | OPTİMİZASYON METOTLARI .....                      | 58 |
| 4.4.1   | Basit Fabrika Yeri Modeli .....                   | 58 |
| 4.4.2   | Küme Kapsama Modeli .....                         | 60 |
| 4.4.3   | Kalite Maliyet Modeli.....                        | 61 |
| 5.      | Envanter Planlaması.....                          | 63 |
| 5.1     | ENVANTERİN İŞLEVLERİ.....                         | 63 |
| 5.2     | ENVANTER MALİYETLERİ .....                        | 65 |

|           |                                                                       |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.1     | Alım ve Üretim Maliyetleri .....                                      | 65  |
| 5.2.2     | Envanter Sürdürme Maliyeti .....                                      | 66  |
| 5.2.3     | Açık Maliyeti .....                                                   | 67  |
| 5.2.4     | Ulaştırma ve Nakliye Envanter Maliyetleri .....                       | 68  |
| 5.2.5     | Kalite Maliyetleri .....                                              | 69  |
| 5.3       | ENVANTER KONTROL PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI .....               | 69  |
| 5.4       | BASİT ENVANTER KONTROL MODELLERİ .....                                | 70  |
| 5.4.1     | Tek-periyot Modeli .....                                              | 71  |
| 5.4.2     | Çok-periyot Modeli .....                                              | 73  |
| 5.4.2.1   | Doğrusal programlama modeli .....                                     | 73  |
| 5.4.2.2   | Ulaştırma Modeli .....                                                | 75  |
| 5.4.2.3   | Vogel'in Metodu .....                                                 | 75  |
| 5.4.3     | Genel Analitik Model .....                                            | 78  |
| 5.5       | TAM-ZAMANINDA (JUST-IN TIME) MODELLERİ .....                          | 79  |
| 5.5.1     | Genel Sipariş Modeli .....                                            | 79  |
| 5.5.2     | Tam-zamanında Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli.....                    | 82  |
| 5.5.3     | Tam-zamanında Envanter ve Satıcı Seçim Modeli (Gnanendran, 1995)..... | 84  |
| 6.        | Tesis Planlaması.....                                                 | 88  |
| 6.1       | GİRİŞ .....                                                           | 88  |
| 6.2       | TESİS YERİ PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI .....                     | 89  |
| 6.2.1     | Tesislerin Karakteristikleri.....                                     | 89  |
| 6.2.2     | Problem Karakteristikleri.....                                        | 90  |
| 6.3       | TESİS YERİ.....                                                       | 92  |
| 6.3.1     | Tekli-tesis Yeri .....                                                | 93  |
| 6.3.1.1   | Doğrusal Yer Modeli .....                                             | 93  |
| 6.3.1.2   | Öklidiyen Yer Modeli .....                                            | 95  |
| 6.3.1.3   | Ağırlıklı Faktör Analizi.....                                         | 98  |
| 6.3.2     | Çoklu-tesis Yeri.....                                                 | 99  |
| 6.3.2.1   | Kümelenme-tabanlı Metot.....                                          | 100 |
| 6.3.2.2   | Tamamlanan Numaralama .....                                           | 102 |
| 6.3.3     | Dinamik Tesis Yeri .....                                              | 103 |
| 6.3.3.1   | Dinamik Programlama Modeli .....                                      | 103 |
| 6.3.4     | Tesis Yeri İçin Matematiksel Modeller .....                           | 104 |
| 6.3.4.1   | Çoklu-tesis Yeri Formülasyonu .....                                   | 107 |
| 6.3.4.2   | Farklı Üretim Yeri Modeli .....                                       | 108 |
| 6.3.4.3   | Kapsama Modelleri.....                                                | 109 |
| 6.3.4.3.1 | Toplam Minimum Büyüklük Problemi.....                                 | 109 |
| 6.3.4.3.2 | Küme Kapsama Problemi .....                                           | 110 |
| 6.3.4.3.3 | İkinci Dereceden Programlama Modeli .....                             | 111 |
| 6.3.4.4   | Yer-tahsis Modeli .....                                               | 112 |
| 6.4       | ARAÇ-GEREÇ YERLEŞTİRMESİ .....                                        | 115 |
| 6.4.1     | Yaygın Yerleştirme Türleri.....                                       | 115 |
| 6.4.1.1   | Ürün Yerleştirme .....                                                | 115 |
| 6.4.1.2   | Süreç Yerleştirme.....                                                | 116 |
| 6.4.1.3   | Sabit Ürün Yerleştirme .....                                          | 116 |
| 6.4.1.4   | Hücrel Yerleştirme .....                                              | 116 |
| 6.4.2     | Yerleşim Planlama Metodolojileri.....                                 | 117 |
| 6.4.2.1   | Sistemik Yerleştirme Planlaması .....                                 | 117 |
| 6.4.2.2   | CRAFT.....                                                            | 121 |



|           |                                                      |     |
|-----------|------------------------------------------------------|-----|
| 6.4.2.3   | ALDEP .....                                          | 122 |
| 7.        | Tesis-içi Lojistik .....                             | 123 |
| 7.1       | GİRİŞ .....                                          | 123 |
| 7.2       | MALZEME ELLEÇLEME EKİPMANLARININ TÜRLERİ .....       | 123 |
| 7.2.1     | Sabit Yol Ekipmanı .....                             | 124 |
| 7.2.2     | Değişken Yol Ekipmanı .....                          | 125 |
| 7.2.3     | Programlanabilir Yol Ekipmanı .....                  | 125 |
| 7.3       | EKİPMAN SEÇİMİ VE EKONOMİK ANALİZ .....              | 127 |
| 7.3.1     | Ağırlıklı Faktör Analizi .....                       | 128 |
| 7.3.2     | Ekonomik Analiz .....                                | 129 |
| 7.3.2.1   | Şimdiki Değer Metodu .....                           | 130 |
| 7.3.2.2   | Yıllık Maliyet Metodu .....                          | 130 |
| 7.3.2.3   | İç Verimlilik Oranı .....                            | 131 |
| 7.3.3     | Sistematik Ekipman Seçim Yöntemi .....               | 131 |
| 7.4       | MALZEME ELLEÇLEME EKİPMAN ANALİZİ .....              | 134 |
| 7.4.1     | Konveyör Modelleri .....                             | 135 |
| 7.4.1.1   | Tek Yönlü Konveyör Sistemleri .....                  | 135 |
| 7.4.1.2   | Döngülü Konveyör Sistemleri .....                    | 136 |
| 7.4.2     | Atlıkarınca Depolama ve Elleçleme Sistemleri .....   | 137 |
| 7.4.3     | Otomatik Kılavuzlu Araçlar .....                     | 139 |
| 7.4.3.1   | OKA Kapasite Planlaması .....                        | 139 |
| 7.4.3.2   | Analitik Model .....                                 | 139 |
| 7.4.3.3   | Matematiksel Modeller .....                          | 141 |
| 8.        | Ulaştırma Planlaması .....                           | 144 |
| 8.1       | GİRİŞ .....                                          | 144 |
| 8.2       | ULAŞTIRMA SİSTEMİ .....                              | 145 |
| 8.3       | ULAŞTIRMA EKONOMİSİ .....                            | 146 |
| 8.3.1     | Ulaştırma Maliyeti Modellemesi .....                 | 148 |
| 8.3.1.1   | Genel Ulaştırma Maliyeti Modeli .....                | 148 |
| 8.3.1.2   | İç taşıma hizmetlerinin değerinin belirlenmesi ..... | 150 |
| 8.3.1.2.1 | Fiyat-tabanlı Taşıma Değerinin Belirlenmesi .....    | 150 |
| 8.3.1.2.2 | Piyasa-tabanlı Taşıma Değerinin Belirlenmesi .....   | 150 |
| 8.3.1.2.3 | Bileşim Tabanlı Taşıma Değerinin Belirlenmesi .....  | 150 |
| 8.3.1.2.4 | Seyahat Maliyetlerinin Hesaplanması .....            | 151 |
| 8.3.1.2.5 | Özel Değer Belirleme Faktörleri .....                | 151 |
| 8.3.2     | Ulaştırma Fiyatları .....                            | 152 |
| 8.3.2.1   | Ağırlık-tabanlı Fiyatlar .....                       | 152 |
| 8.3.2.2   | Mesafe-tabanlı Fiyatlar .....                        | 152 |
| 8.3.2.3   | Talep-tabanlı Fiyatlar .....                         | 153 |
| 8.3.2.4   | Sözleşme Fiyatları .....                             | 153 |
| 8.3.2.5   | Uzak-mesafelere-taşıma Fiyatları .....               | 153 |
| 8.3.2.6   | Diğer Özel Fiyatlar .....                            | 154 |
| 8.4       | GENEL ULAŞTIRMA MODELLERİ .....                      | 154 |
| 8.4.1     | Ulaştırma Türü Seçimi .....                          | 155 |
| 8.4.2     | Rota Seçimi .....                                    | 155 |
| 8.4.2.1   | Başlangıç ve Son Farklı İse .....                    | 158 |
| 8.4.2.2   | Başlangıç ve son aynı ise .....                      | 158 |

|           |                                                                            |     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.4.2.3   | Ara Noktalar Olmadan Birçok Başlangıç ve Birçok Son .....                  | 161 |
| 8.4.2.4   | Ara Noktalar, Aktarma Noktaları İle Birlikte Birçok Başlangıç ve Son ..... | 161 |
| 8.4.3     | Filo Boyutlandırması .....                                                 | 163 |
| 8.4.3.1   | Homojen Filo Boyutlandırma Modeli (Wyatt, 1961) .....                      | 163 |
| 8.4.3.2   | Homojen–olmayan Filo Boyutlandırma Modeli .....                            | 164 |
| 8.4.3.3   | Filo Atama Modeli .....                                                    | 165 |
| 8.4.4     | Araç Çizelgeleme .....                                                     | 167 |
| 8.4.4.1   | Mal Çizelgelemesi İçin Temel İlkeler (Ballou, 1992) .....                  | 168 |
| 8.4.4.2   | Araç Çizelgelemesi İçin Çözüm Yöntemleri .....                             | 168 |
| 8.4.5     | Yük Birleştirme.....                                                       | 169 |
| 8.4.5.1   | Zaman–tabanlı Birleştirme.....                                             | 169 |
| 8.4.5.2   | Envanter Birleştirme .....                                                 | 169 |
| 8.4.5.3   | Ekipman Birleştirme .....                                                  | 170 |
| 8.4.5.4   | Yük Birleştirme Stratejileri.....                                          | 172 |
| 8.4.5.4.1 | En Yakın Terminal Rotalama .....                                           | 172 |
| 8.4.5.4.2 | Minimum Mesafe Rotalama .....                                              | 172 |
| 8.4.5.4.3 | Minimum Maliyet Rotalama.....                                              | 172 |
| 8.4.6     | Kombine Taşımacılık.....                                                   | 173 |
| 8.4.6.1   | Kombine Taşımacılık Rotalama Sorunları.....                                | 173 |
| 8.4.6.1.1 | Ulaştırma Maliyeti .....                                                   | 173 |
| 8.4.6.1.2 | Yola–bağlı Aktarma Maliyeti (Link–dependent transfer cost).....            | 174 |
| 8.4.6.1.3 | Hizmet Düzeyi ve Malın Türü .....                                          | 174 |
| 8.4.6.2   | Modelleme Karmaşıklıkları .....                                            | 174 |
| 8.4.6.2.1 | Tekli ve Çoklu Rotalar.....                                                | 175 |
| 8.4.6.2.2 | Doğrusal ve Doğrusal–olmayan Maliyetler .....                              | 175 |
| 8.4.6.2.3 | Yük Ayırma .....                                                           | 175 |
| 8.4.6.2.4 | Çoklu Amaçlar .....                                                        | 176 |
| 8.4.6.2.5 | Bilginin Bulanık veya Kesin Olmayan Yapısı.....                            | 176 |
| 8.4.6.3   | Kombine Taşımacılık İçin Seçim Modeli (Reddy ve Kasilingam, 1995).....     | 176 |
| 8.4.6.4   | Çözüm Yöntemi .....                                                        | 177 |
| 8.5       | GELİŞMİŞ ULAŞTIRMA MODELLERİ.....                                          | 182 |
| 8.5.1     | Kargo Gelir Yönetimi (Kasilingam ve Hendricks, 1993).....                  | 182 |
| 8.5.1.1   | Yolcu Verimlilik Yönetimi Kargo Gelir Yönetimine Karşı .....               | 183 |
| 8.5.1.1.1 | Belirsiz Kapasite .....                                                    | 183 |
| 8.5.1.1.2 | Üç–boyutlu Kapasite.....                                                   | 183 |
| 8.5.1.1.3 | Seyahat Programı Kontrolü.....                                             | 184 |
| 8.5.1.1.4 | Tahsisatlar (Allotments).....                                              | 184 |
| 8.5.1.2   | Kargo Gelir Yönetim Süreci .....                                           | 184 |
| 8.5.1.3   | Kargo Gelir Yönetim Modelleri.....                                         | 186 |
| 8.5.1.4   | Kapasite Tahmini .....                                                     | 186 |
| 8.5.1.4.1 | Tahsisat Saptama .....                                                     | 187 |
| 8.5.1.4.2 | Rezervasyon–fazlasının Modellenmesi .....                                  | 188 |
| 8.5.1.4.3 | Özel Yer Tahsisi Modellemesi.....                                          | 190 |
| 8.5.1.4.4 | Talep Tahmini .....                                                        | 193 |
| 8.5.1.4.5 | Kargonun Kârlılığı .....                                                   | 193 |
| 8.5.2     | Dorse Yönetim Sistemi (Kasilingam ve Ong, 1995) .....                      | 193 |
| 8.5.2.1   | Dorse Yönetim Sisteminin İşlevsel Gereksinimleri.....                      | 194 |
| 8.5.2.2   | Dorse Yönetim Sisteminin Özellikleri.....                                  | 194 |
| 8.5.2.3   | Dorse Yönetim Sisteminin İşlevsel Özeti .....                              | 195 |
| 8.5.2.3.1 | Talep Tahmin Modeli .....                                                  | 195 |

|           |                                               |     |
|-----------|-----------------------------------------------|-----|
| 8.5.2.3.2 | Sezgisel Model.....                           | 196 |
| 8.5.2.3.3 | Simülasyon Modeli .....                       | 197 |
| 8.5.2.3.4 | Veritabanı.....                               | 197 |
| 8.5.3     | Lokomotif Dağıtım Planlaması.....             | 198 |
| 8.5.3.1   | Lokomotif Dağıtım Modeli (Zirati, 1997) ..... | 198 |
| 8.5.3.2   | Çözüm Yöntemi .....                           | 201 |
| 8.5.4     | Demiryolu Bloklama Problemi .....             | 201 |
| 8.5.4.1   | Bloklama Planı Örneği.....                    | 202 |
| 8.5.4.2   | Bloklama Modeli (Barnhart ve Jin, 1997) ..... | 203 |
| 9.        | Lojistik Performans Ölçütleri .....           | 206 |
| 9.1       | GİRİŞ .....                                   | 206 |
| 9.2       | LOJİSTİK ÖLÇÜTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI ..... | 208 |
| 9.3       | LOJİSTİK ÖLÇÜTLERİ .....                      | 209 |
| 9.3.1     | Sistem–düzeyinde İçsel Ölçütler.....          | 209 |
| 9.3.1.1   | Mali Ölçütler .....                           | 210 |
| 9.3.1.1.1 | İşletim Oranı .....                           | 210 |
| 9.3.1.1.2 | Net Kâr Oranı.....                            | 210 |
| 9.3.1.1.3 | Envanter Dönüşüm Oranı .....                  | 210 |
| 9.3.1.2   | Mali–olmayan Ölçütler .....                   | 211 |
| 9.3.1.2.1 | Varlık Kullanımı .....                        | 211 |
| 9.3.1.2.2 | Toplam Döngü Süresi .....                     | 211 |
| 9.3.1.2.3 | Sistemin Çalışma Süresi .....                 | 211 |
| 9.3.1.2.4 | Defolu Olma Yüzdesi .....                     | 211 |
| 9.3.1.2.5 | Karşılanan Talep Yüzdesi .....                | 212 |
| 9.3.1.2.6 | Güvenlik.....                                 | 212 |
| 9.3.2     | İşlev–düzeyinde İçsel Ölçütler.....           | 213 |
| 9.3.2.1   | Satıcı Seçimi .....                           | 213 |
| 9.3.2.1.1 | Kaliteli Parçaların Yüzdesi .....             | 213 |
| 9.3.2.1.2 | Birim Maliyet.....                            | 213 |
| 9.3.2.1.3 | Teslimatın Güvenirliği .....                  | 213 |
| 9.3.2.1.4 | Eksiksiz Teslimat.....                        | 214 |
| 9.3.2.2   | Ulaştırma.....                                | 214 |
| 9.3.2.2.1 | Nakliye Süresi.....                           | 214 |
| 9.3.2.2.2 | Nakliye Süresinin Değişkenliği .....          | 214 |
| 9.3.2.2.3 | Birim Başına Ulaştırma Maliyeti .....         | 215 |
| 9.3.2.2.4 | Zarar–görmemiş Teslimat .....                 | 215 |
| 9.3.2.2.5 | Sorunsuz Teslimat.....                        | 215 |
| 9.3.2.2.6 | Ekipmandan Faydalanma.....                    | 215 |
| 9.3.2.2.7 | Tesisten Faydalanma.....                      | 216 |
| 9.3.2.2.8 | Tam Zamanında Geliş ve Gidiş .....            | 216 |
| 9.3.2.3   | Envanter Kontrolü.....                        | 217 |
| 9.3.2.3.1 | Birim Başına Envanter Maliyeti .....          | 217 |
| 9.3.2.3.2 | Envanterin Toplam Değeri.....                 | 217 |
| 9.3.2.3.3 | Envanter Dönüşümü.....                        | 217 |
| 9.3.2.3.4 | Talebin Karşılanamaması.....                  | 217 |
| 9.3.2.4   | Depolama .....                                | 217 |
| 9.3.2.4.1 | Zaman .....                                   | 218 |
| 9.3.2.4.2 | Ekipmandan Faydalanma.....                    | 218 |
| 9.3.2.4.3 | Deponun Ürettiği İş.....                      | 218 |

|           |                                                               |     |
|-----------|---------------------------------------------------------------|-----|
| 9.3.2.4.4 | Birim Başına Depoyu İşletme Maliyeti .....                    | 218 |
| 9.3.2.5   | Üretim ve İmalat .....                                        | 219 |
| 9.3.2.5.1 | Üretim Oranı .....                                            | 219 |
| 9.3.2.5.2 | Birim Başına Üretim Oranı .....                               | 219 |
| 9.3.2.5.3 | Defolu Ürünler .....                                          | 219 |
| 9.3.2.5.4 | Makine veya Tesisten Faydalanma .....                         | 219 |
| 9.3.2.6   | Bakım .....                                                   | 220 |
| 9.3.2.6.1 | Lojistik Gecikme Süresi .....                                 | 220 |
| 9.3.2.6.2 | Onarım İçin Ortalama Süre .....                               | 220 |
| 9.3.2.6.3 | Arızalar Arasındaki Ortalama Süre .....                       | 220 |
| 9.3.2.6.4 | Üretilen Birim Başına Bakım Maliyeti .....                    | 221 |
| 9.3.3     | Dışsal Ölçütler .....                                         | 221 |
| 9.3.3.1   | Müşteri Hizmetleri .....                                      | 221 |
| 9.3.3.1.1 | Hizmetin Güvenirliliği .....                                  | 221 |
| 9.3.3.1.2 | Müşterilerin Şikayetleri .....                                | 222 |
| 9.3.3.2   | Devlet Yönetiminin Bakış Açısı .....                          | 222 |
| 9.3.3.3   | Yatırımcıların Bakış Açısı .....                              | 222 |
| 9.3.3.3.1 | Hisse Başına Kazanç .....                                     | 222 |
| 9.3.3.3.2 | Mali Kaldıraç .....                                           | 223 |
| 9.4       | LOJİSTİK ÖLÇÜTLERİNDEKİ KONULAR .....                         | 223 |
| 9.4.1     | Ölçütler İçin Kriterler .....                                 | 223 |
| 9.4.2     | Ölçüm Birimleri .....                                         | 224 |
| 9.4.3     | Ölçütlerin Raporlanması .....                                 | 224 |
| 9.4.4     | Ölçütlerin Etkenlerini Anlamak .....                          | 225 |
| 10.       | Lojistikteki Son Eğilimler .....                              | 228 |
| 10.1      | GİRİŞ .....                                                   | 228 |
| 10.2      | ÜÇÜNCÜ-PARTİ LOJİSTİK .....                                   | 228 |
| 10.2.1    | Dış-kaynaklardan-edinmenin Sebepleri .....                    | 229 |
| 10.2.2    | Üçüncü-parti Lojistik Hizmetini Uygulama Süreci .....         | 230 |
| 10.2.3    | Üçüncü-parti Lojistiğin Büyümesinin Önündeki Engeller .....   | 232 |
| 10.2.3.1  | Alıcının Sınırlamaları .....                                  | 232 |
| 10.2.3.2  | Üçüncü-parti Lojistik Hizmet-Sağlayıcının Sınırlamaları ..... | 233 |
| 10.3      | KARŞILAŞTIRMALI-DEĞERLENDİRME .....                           | 234 |
| 10.3.1    | Karşılaştırmalı-değerlendirmenin Türleri .....                | 235 |
| 10.3.2    | Karşılaştırmalı-değerlendirme Süreci .....                    | 236 |
| 10.4      | TERSİNDEN LOJİSTİK .....                                      | 239 |
| 10.4.1    | Tersinden Lojistik İçin Seçenekler .....                      | 240 |
| 10.4.2    | Bütünleşik Lojistik .....                                     | 241 |
| 10.5      | GLOBAL LOJİSTİK .....                                         | 241 |
| 10.5.1    | Global Lojistikteki Akışlar .....                             | 242 |
| 10.5.1.1  | Malzeme Akışı .....                                           | 242 |
| 10.5.1.2  | Nakit Akışı .....                                             | 243 |
| 10.5.1.3  | Belge Akışı .....                                             | 243 |
| 10.5.2    | Global Lojistik Modeli .....                                  | 243 |
| 10.6      | SANAL DEPOLAMA .....                                          | 244 |
| 10.6.1    | Sanal Depolamayı Destekleyen Teknolojik Gelişmeler .....      | 245 |
| 11.       | Ulaştırma Tür Seçimi Yapan Programın Geliştirilmesi .....     | 247 |

11.1 PROBLEM TANIMI .....247

11.2 ÇÖZÜM METODU .....247

11.3 YAZILIM.....251

11.3.1 Kullanılan Kütüphaneler .....251

11.4 KULLANIM KILAVUZU.....251

12. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....260

KAYNAKLAR .....261

EKLER.....262

Ek 1 Terimler Sözlüğü .....263

Ek 2 Elleçlemede Kullanılan Araçlar .....268

ÖZGEÇMİŞ .....270



## SİMGE LİSTESİ

|               |                                                                                                                         |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $1-\alpha$    | Güven düzeyi.                                                                                                           |
| $a_k$         | $k$ türünden bir ulaştırma türü ile tek araçla taşınabilecek birim miktarı.                                             |
| $a_{w,ij}^k$  | Bağlantı $(i, j)$ 'nin $w$ görevini kapsama indisi.                                                                     |
| $A$           | Bağlı doğruluk.                                                                                                         |
| $A$           | Sipariş verme maliyeti.                                                                                                 |
| $A_{jk}$      | $k$ uçuşunun $j$ yönlendirilmesinin bir parçası olması indisi.                                                          |
| $b$           | Malın birim maliyetidir.                                                                                                |
| $B$           | Gerçekleşme düzeyi, olasılık yoğunluk fonksiyonu.                                                                       |
| $B(i)$        | $i$ düğümünden çıkabilecek blok sayısı.                                                                                 |
| $c_a$         | $a$ bağlantısında her birim için akımın maliyeti.                                                                       |
| $c_d$         | Defolu girdi sonucunda mamul ürünün defolu olmasının birim maliyeti.                                                    |
| $c_{dm}$      | Hatalı üretim ve defolu girdi sonucunda oluşan defolu mamul ürünün birim maliyeti.                                      |
| $c_{ijk}$     | $i$ ve $j$ noktaları arasındaki $k$ ulaştırma türü ile bir birim malı taşımanın toplam maliyeti.                        |
| $c_{ij}^k$    | $k$ sınıfı lokomotifin $(i, j)$ bağlantısında çektiği tonajın maliyeti.                                                 |
| $c_{i,i+1}^k$ | $i$ şehirden $i + 1$ şehrine $k$ ulaştırma türünü kullanarak seyahat etmenin ulaştırma maliyeti.                        |
| $c_j$         | $j$ satıcısından satın alınan birim maliyeti.                                                                           |
| $c_{jk}$      | $j$ tipi kamyonun $k$ seyahatine atanmasının maliyeti.                                                                  |
| $c_{jk}$      | $c_{jk} = \sum_l d_{kl} v_{jl}$ olduğu yerde, yeni tesis $j$ 'yi $k$ alanına yerleştirmenin maliyeti.                   |
| $c_{kj}$      | $k$ mal kaleminin tümünün $j$ satıcısından alınmasının maliyeti.                                                        |
| $c_{kj}$      | $j$ üretim tesisinden $k$ müşterisinin tüm talebinin karşılanmasının maliyeti.                                          |
| $c_{kjl}$     | $k$ müşterisin talebinin $l$ yerinde inşa edilen $j$ üretim tesisi ile karşılanmasının maliyeti.                        |
| $c_m$         | Hatalı üretim süreci sonucunda oluşan defolu mamul ürünün birim maliyeti.                                               |
| $C$           | Birim satın alma fiyatı.                                                                                                |
| $C$           | Kesikli veya sürekli olasılık dağılımı ile birlikte kapasite.                                                           |
| $C_0$         | Girdilerin defosuz olması durumunda defolu mamul ürünün beklenen maliyeti.                                              |
| $C^{gen}$     | Genel maliyet.                                                                                                          |
| $C^{is}$      | İşletme maliyetleri.                                                                                                    |
| $C_{ij}$      | $j$ rotası boyunca, siparişi gönderme piyasası veya $i$ ürünü için, birim değişken rota maliyeti.                       |
| $C_j$         | $j$ satıcı için beklenen birim maliyet ve beklenen defolu mamul ürün maliyeti ile birim satın alma maliyetinin toplamı. |
| $C_{jlk}$     | $k$ türündeki araç ile $j$ 'den $l$ 'ye yapılan boş seyahatin maliyeti.                                                 |



|                           |                                                                                                                                           |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $C_k$                     | $k$ türündeki araç için yıllık satın alma ve bakım maliyetleri.                                                                           |
| $C^{ekip}$                | Ekipman maliyeti.                                                                                                                         |
| $C_q^k$                   | $q$ yolunda bir birim $k$ malının akmasının sonucunda oluşacak yol maliyeti.                                                              |
| $C_t$                     | $t$ periyodundaki satın alma fiyatı.                                                                                                      |
| $C^{tes}$                 | Tesis maliyeti.                                                                                                                           |
| $C^{traf}$                | Trafik maliyeti.                                                                                                                          |
| $C^{tot}$                 | Toplam yıllık maliyet.                                                                                                                    |
| $C^{ser}$                 | Sermaye maliyetleri.                                                                                                                      |
| $C^{ulas}$                | Ulaştırma maliyeti.                                                                                                                       |
| $C_{top}^{ulas}$          | Toplam ulaştırma maliyeti.                                                                                                                |
| $C^{EB}$                  | Ekipman bakım maliyeti.                                                                                                                   |
| $C^{TB}$                  | Tesis bakım maliyeti.                                                                                                                     |
| $C^l(K_n)$                | $n$ periyodunda $K$ yerine yeni tesis yerleştirmenin maliyeti.                                                                            |
| $C_n^{tot}(A_{n-1}, K_n)$ | $n - 1$ periyodundaki $A$ yerinden $n$ periyodundaki $K$ yerine tesisin yerini değiştirmek için gereken $n$ periyodundaki toplam maliyet. |
| $C^r(A_{n-1}, K_n)$       | $n - 1$ periyodundaki $A$ yerinden $n$ periyodundaki $K$ yerine tesis yer değiştirme maliyeti.                                            |
| $d_k$                     | $k$ müşterisinin yıllık talebi.                                                                                                           |
| $d_{ij}^k$                | $k$ sınıfı lokomotifin $(i, j)$ bağlantısında boş yol almasının maliyeti.                                                                 |
| $d_j$                     | $j$ tüketim noktasındaki talep miktarıdır.                                                                                                |
| $d_{jk}$                  | $j$ günündeki $k$ tipi araç için yük talebi.                                                                                              |
| $d_{kl}$                  | $l$ mevcut tesisi ile $k$ alanı arasındaki mesafe.                                                                                        |
| $d_{nk}$                  | 1 birim malın $n$ ulaştırma türünden alınarak $k$ ulaştırma türüne aktarılmasını maliyetidir.                                             |
| $D$                       | Boş seyahat mesafesi.                                                                                                                     |
| $D$                       | Yıllık talep.                                                                                                                             |
| $D_i$                     | $(\mu_i, \sigma_i)$ parametreleri ile normal dağılımı izleyeceği varsayılan talep ve $i$ ürünü için talep.                                |
| $D_k$                     | Haftanın başlangıcında düğüm kaynağındaki kullanılabilir $k$ sınıfı lokomotif sayısı.                                                     |
| $D_t$                     | $t$ periyodundaki talep.                                                                                                                  |
| $e$                       | İstenen doğruluk.                                                                                                                         |
| $E(k)$                    | $k$ malı için gerçekleştirilen maksimum ilave elleçleme sayısı.                                                                           |
| $f$                       | yıllık faiz oranıdır.                                                                                                                     |
| $f_j$                     | $j$ satıcısını çalıştırmayla ilgili sabit maliyetler.                                                                                     |
| $f_j$                     | $j$ yerinde üretim tesisi kurmak ile ilgili sabit maliyetler.                                                                             |
| $f_{jl}$                  | $j$ üretim tesisini $l$ yerinde inşa etmenin yıllık maliyeti.                                                                             |
| $f_{jl}$                  | $j$ ve $l$ istasyonları arasındaki akım.                                                                                                  |
| $f_q^k$                   | $q$ yolundaki $k$ malının oranı.                                                                                                          |
| $F$                       | Günlük sabit maliyet.                                                                                                                     |
| $F_k$                     | $k$ tipi aracın günlük sabit maliyeti.                                                                                                    |



|                  |                                                                                                                                         |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $F_{ij}^k$       | $(i, j)$ bağlantısındaki, tren görevini kapsayan, lokomotif katarındaki boş olarak kalkan tren sayısı.                                  |
| $F_{jlk}$        | $k$ türündeki araç ile $j$ 'den $l$ 'ye yapılan yüklü seyahatin maliyeti.                                                               |
| $G_k$            | Zaman birimleri içinde $k$ türündeki araç temin edilebilirliği.                                                                         |
| $h$              | $i(C + T)$ tarafından verilen birim envanter sürdürme maliyeti.                                                                         |
| $h_{jk}$         | $j$ gününde gerekli olan $k$ tipi kiralanana araç sayısı.                                                                               |
| $h_t$            | $t$ periyodundaki envanter sürdürme maliyeti.                                                                                           |
| $H$              | Elleçleme süresi.                                                                                                                       |
| $H$              | Her araç için günlük kiralama maliyeti.                                                                                                 |
| $H_k$            | $k$ tipi aracın günlük kiralama maliyeti.                                                                                               |
| $i$              | Piyasa ürün indeksi, $i = 1, \dots, N$ .                                                                                                |
| $i$              | Yıllık faiz oranı.                                                                                                                      |
| $I_0$            | Modeli planlama sürecinin başı.                                                                                                         |
| $l_{ijk}$        | $i$ ve $j$ noktaları arasındaki $k$ ulaştırma türünden olan yolun kilometre cinsinden değeridir.                                        |
| $I_n$            | Arzu edilen dönem sonu envanteri.                                                                                                       |
| $I_t$            | $t$ periyodu sonundaki envanter.                                                                                                        |
| $j$              | Rotalama indeksi, $j = 1, \dots, J_i$ .                                                                                                 |
| $k$              | $k$ uçuşunun indeksi, $k = 1, \dots, K$ .                                                                                               |
| $K$              | Mallar kümesi.                                                                                                                          |
| $K^c$            | Atölyeye yönlendirilmesi gereken lokomotif sayısı.                                                                                      |
| $L$              | Yol hattının performansı.                                                                                                               |
| $L$              | Gün olarak gecikme zamanı.                                                                                                              |
| $L$              | Rezervasyon-fazlası düzeyi.                                                                                                             |
| $L$              | Yüklü seyahat mesafesi.                                                                                                                 |
| $L_j$            | $j$ istasyonundaki yükleme süresi.                                                                                                      |
| $L_n^*(A_{n-1})$ | Yer $n-1$ periyodundaki $A$ olmuşsa $n$ periyodundaki en iyi yer seçeneği.                                                              |
| $m$              | Mevcut tesis sayısı.                                                                                                                    |
| $n$              | Faktör sayısı.                                                                                                                          |
| $n$              | Her sipariş için teslimat adedi.                                                                                                        |
| $n$              | Yeni tesis sayısı.                                                                                                                      |
| $n_k$            | $k$ türündeki OKA'nın kapasitesi.                                                                                                       |
| $n_w$            | Tren görevlerini kapsayacak gerekli minimum lokomotif sayısı.                                                                           |
| $N$              | Filodaki araç sayısı.                                                                                                                   |
| $N$              | Yıllık teslimat adedi.                                                                                                                  |
| $N$              | Planlama periyodundaki toplam periyot sayısı.                                                                                           |
| $N^k$            | $o(k)$ başlangıç noktasından kalkan $d(k)$ son noktasına varan $k$ sınıfındaki lokomotifler tarafından uğranılabilecek yerlerin sayısı. |
| $N_k(j)$         | $j$ istasyonunda $k$ türü taşıtın net akımı.                                                                                            |
| $p$              | Mevcut alan sayısı.                                                                                                                     |
| $p_j$            | $j$ satıcısından defolu parça gelme olasılığı.                                                                                          |
| $p_j(1-q)$       | $j$ satıcısının defolu girdi yapması sonucunda defolu mamul ürün üretme olasılığı.                                                      |
| $p^k$            | İşletilen $k$ sınıfı lokomotifin beygircüsü.                                                                                            |

|              |                                                                                                              |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $p_{kj}$     | $j$ satıcısı tarafından geç teslim edilen $k$ mal kaleminin sipariş yüzdesi.                                 |
| $P$          | İlave bir araç tarafından yapılan ekstra iş günü sayısı.                                                     |
| $P^{OD}$     | Başlangıç ve sondaki yerel birimlerin birleşik performansı.                                                  |
| $p_w$        | Tren için gerekli olan beygircüğü.                                                                           |
| $q$          | Müşterinin üretim süreci sonunda defolu mamul ürün ile karşılaşma olasılığı.                                 |
| $q_{ij}^k$   | $k$ sınıfı lokomotifin $(i, j)$ bağlantısında çekebileceği toplam ağırlık.                                   |
| $qp_j$       | Hatalı üretim süreci ve $j$ satıcısının defolu girdi yapması sonucunda defolu mamul ürün üretme olasılığı.   |
| $q_w$        | Lokomotifler tarafından çekilen trenin tonajı.                                                               |
| $q(1 - p_j)$ | Üretim sürecinin hatalı olması sonucunda mamul ürünün defolu üretilmesi olasılığı.                           |
| $Q$          | Sipariş miktarı.                                                                                             |
| $Q(k)$       | $k$ malı için geçerli olan yollar kümesi.                                                                    |
| $r_{jlk}$    | $k$ türündeki araç ile $j$ 'den $l$ 'ye yapılan boş seyahatin süresi.                                        |
| $R$          | Envanteri yeniden sipariş etme noktası.                                                                      |
| $R$          | Kapasitenin her birimi için yük hasarı maliyeti.                                                             |
| $R_i$        | Satış piyasasından veya $i$ ürününden gelen birim gelir.                                                     |
| $s$          | Emniyet stoku.                                                                                               |
| $s$          | Nüfus değişimi veya tahmini.                                                                                 |
| $s_j$        | $j$ üretim noktasından diğer noktalara yapılan sunudur.                                                      |
| $s_j$        | $j$ üretim tesisinin kapasitesi.                                                                             |
| $s(i, j)$    | Satıcı $j$ 'nin faktör $i$ üzerindeki puanı.                                                                 |
| $s(i, j)$    | $i$ faktöründeki ekipman türü veya modelinin puanı.                                                          |
| $S$          | Birim depolama maliyeti.                                                                                     |
| $S$          | Kullanılabilir alanlar kümesi.                                                                               |
| $S_t$        | $t$ periyodundaki sununun temin edilebilirliği.                                                              |
| $t$          | Gün olarak geçiş süresi.                                                                                     |
| $t_i^{kl}$   | $i$ şehrinde $k$ ulaştırma türünden $l$ ulaştırma türüne aktarma yapmanın maliyeti.                          |
| $t_{ij}^k$   | $i$ düğümünden $j$ düğümüne seyahat süresi.                                                                  |
| $t_{jlk}$    | $k$ türündeki araç ile $j$ 'den $l$ 'ye yapılan yüklü seyahatin süresi.                                      |
| $t_k$        | 1 birim malın $k$ ulaştırma türü kullanılarak 1 km taşınması için harcanan ortalama süre.                    |
| $T$          | Terminal performansı.                                                                                        |
| $T$          | Birim ulaştırma maliyeti.                                                                                    |
| $T_i^k$      | Haftanın başında önceki hareket noktasından başlayan, $i$ düğümündeki $k$ biriminin birikmiş işletme zamanı. |
| $T_k$        | $k$ uçuşunun izin verilen kargo kapasitesi.                                                                  |
| $T_i$        | $t$ periyodundaki ulaştırma maliyeti.                                                                        |
| $u_a$        | $a$ bağlantısının kapasitesi.                                                                                |
| $U_l$        | $l$ istasyonundaki boşaltma süresi.                                                                          |
| $v(j)$       | Ekipman türü veya modeli için ağırlıklı değer.                                                               |

|               |                                                                                                                                  |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $v(j)$        | $j$ alanı için ağırlıklı değer.                                                                                                  |
| $v(j)$        | $j$ satıcısı için ağırlıklı değerlendirme.                                                                                       |
| $v(j)$        | $j$ satıcısı için birleşik değer.                                                                                                |
| $v^k$         | $k$ malının hacmi.                                                                                                               |
| $v_{jl}$      | $l$ mevcut tesisi ile $j$ yeni tesisi arasındaki akım.                                                                           |
| $V$           | Günlük değişken maliyet.                                                                                                         |
| $V$           | Her teslimat için ulaştırma maliyeti.                                                                                            |
| $V$           | Kapasitenin her birimi için satış-fazlası maliyeti.                                                                              |
| $V$           | OKA'nın hızı.                                                                                                                    |
| $V(i)$        | Tüm mallar için $i$ düğümünde sınıflanabilecek hacim.                                                                            |
| $V_k$         | $k$ tipi aracın günlük değişken maliyeti.                                                                                        |
| $V^{st}$      | Depolama kapasitesi.                                                                                                             |
| $w(i)$        | $i$ faktörü için ağırlık.                                                                                                        |
| $w(i)$        | $i$ için ağırlık faktörü.                                                                                                        |
| $W_{ij}$      | $j$ rotalamasını ( $R_i - C_{ij}$ 'ye eşit) kullanan ve satış piyasasından veya $i$ ürününden gelen birim katkısı.               |
| $W_{jlk}$     | $k$ türündeki araçlar ile $j$ 'den $l$ 'ye yol alan boş seyahat adedi.                                                           |
| $W^n$         | $W$ tren kümesi içinde lokomotifler tarafından çekilmesi gereken bir trenin tahrik gücünün minimum lokomotif sayısı ile ifadesi. |
| $W^p$         | $W$ tren kümesi içinde lokomotifler tarafından çekilmesi gereken bir trenin tahrik gücünün ağırlık-güç oranıyla ifadesi.         |
| $W^q$         | $W$ tren kümesi içinde lokomotifler tarafından çekilmesi gereken bir trenin tahrik gücünün tonaj ile ifadesi.                    |
| $x_{ijk}$     | $i$ ve $j$ noktaları arasında $k$ ulaştırma türü ile taşınacak mal miktarıdır.                                                   |
| $X$           | Örnek ortalaması.                                                                                                                |
| $X_{ij}$      | $j$ rotalaması kullanılarak $i$ piyasası veya ürünü için yapılan atama.                                                          |
| $X_{ij}^k$    | $(i, j)$ bağlantısındaki, tren görevini kapsayan, çekilen $k$ sınıfı lokomotif sayısı.                                           |
| $X_{i,i+1}^k$ | Malların $i$ şehrinde $i + 1$ şehrine $k$ ulaştırma türü kullanılarak gönderilme indisi.                                         |
| $X_{jk}$      | Yeni tesis $j$ 'nin $k$ alanına yerleştirilme indisi.                                                                            |
| $X_{jk}$      | $j$ gününde gerekli olan $k$ tipi şirket aracı sayısı.                                                                           |
| $X_{jk}$      | $j$ tipi kamyonun $k$ seyahatine atanma indisi.                                                                                  |
| $X_k$         | $k$ türünde gerekli olan araç adedi.                                                                                             |
| $X_{kj}$      | $j$ üretim tesisinden $k$ müşterisine ulaştırılan birim sayısı.                                                                  |
| $X_{kj}$      | $j$ yerinde inşa edilecek olan üretim tesisi (depo) tarafından sunulacak $k$ müşterisinin talebinin kısmı.                       |
| $X_{kj}$      | $k$ mal kaleminin talebinin $j$ satıcısından alınan bölümü.                                                                      |
| $X_t$         | $t$ periyodunda sipariş edilen ve alınan miktar.                                                                                 |
| $y_a$         | $a$ bloğunun dahil olma indisi.                                                                                                  |
| $Y$           | Yılda çalışılan gün sayısı.                                                                                                      |

|                |                                                                                                 |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Y_i^{kl}$     | Malların $i$ şehrinde $k$ ulaştırma türünden $l$ ulaştırma türüne aktarılma indisi.             |
| $Y_j$          | $j$ satıcısının seçilme indisi.                                                                 |
| $Y_j$          | Üretim tesisinin $j$ yerinde inşa edilme indisi.                                                |
| $Y_{jlk}$      | $k$ türündeki araçlar ile $j$ 'den $l$ 'ye yol alan yüklü seyahat adedi.                        |
| $z_k$          | Malın $k$ türünden bir ulaştırma türüne ait dolu taşıt kullanılarak 1 km taşınmasının maliyeti. |
| $Z_{\alpha/2}$ | Standart normal tesadüfi değişken.                                                              |
| $\delta_a^q$   | $a$ bağlantısının $q$ yolundaki indisi.                                                         |
| $\xi_i^a$      | $i$ 'nin $a$ 'nın orijininde olmasının indisi.                                                  |
| $\Delta C_j$   | $j$ satıcısından defolu parçalar gelmesi nedeniyle birim başına artan maliyetler.               |



## KISALTMA LİSTESİ

|           |                                                             |
|-----------|-------------------------------------------------------------|
| AHS       | Analitik Hiyerarşik Süreç.                                  |
| AK        | Akreditif.                                                  |
| ALDEP     | Yapı–algoritma–tabanlı Araç–gereç Yerleştirme Programı.     |
| B&İ       | Yıllık Bakım ve İşletme Maliyetleri.                        |
| BS        | Başlangıç–son.                                              |
| COFC      | Düz Araç Üzerindeki Konteynır.                              |
| CRAFT     | Araç–gereç Yerleştirmeyi Saptamanın Gelişme–tabanlı Metodu. |
| DYS       | Dorse Yönetim Sistemi.                                      |
| EA        | Ekipman Ağırlığı.                                           |
| EEC       | Avrupa Ekonomik Topluluğu.                                  |
| ESM       | Ekonomik Sipariş Miktarı.                                   |
| GSP       | Gezgin Satıcı Problemi.                                     |
| GT        | Grup Teknolojisi.                                           |
| IMF       | Uluslararası Para Fonu.                                     |
| INCOTERMS | Uluslararası Ticari Anlaşma Koşulları.                      |
| İVO       | İç Verimlilik Oranı.                                        |
| KFÖ       | Kritik Faktör Ölçümü.                                       |
| KGY       | Kargo Gelir Yönetimi.                                       |
| LTL       | Kamyon–dolusundan–az.                                       |
| NAFTA     | Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması.                    |
| NFM       | Nesnel Faktör Maliyeti.                                     |
| NFÖ       | Nesnel Faktör Ölçümü.                                       |
| OKA       | Otomatik Kılavuzlu Araçlar.                                 |
| OYF       | Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu.                               |
| ÖFA       | Öznel Faktör Ağırlığı.                                      |
| ÖFÖ       | Öznel Faktör Ölçüsü.                                        |
| SD        | Sanal Depolama.                                             |
| SÖ        | Sonuç Ölçüsü.                                               |
| Tİ        | Teklif–isteme.                                              |
| TOFC      | Düz Araç Üzerindeki Dorse.                                  |
| UKP       | Ulaştırma Kaynak Planlaması.                                |
| WTO       | Dünya Ticaret Örgütü.                                       |
| YVY       | Yolcu Verimlilik Yönetimi.                                  |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 1.1 Zaman ve yer değerinin matris içerisinde gösterimi.....          | 2   |
| Şekil 1.2 Lojistik Tedarik Zinciri.....                                    | 3   |
| Şekil 1.3 Envanter maliyeti ulaştırma maliyetine karşı. ....               | 3   |
| Şekil 1.4 Lojistik ve diğer fonksiyonlar arasındaki ortak sınırlar.....    | 10  |
| Şekil 2.1 Lojistik sistem analiz süreci.....                               | 14  |
| Şekil 4.1 Zaman içinde malzeme yönetiminin gelişimi.....                   | 46  |
| Şekil 4.2 Arzu edilen satıcı ölçütleri.....                                | 47  |
| Şekil 4.3 Satıcı seçimi için hiyerarşik model.....                         | 54  |
| Şekil 4.4 Hiyerarşik modeller için ağırlıklar.....                         | 58  |
| Şekil 5.1 Talep .....                                                      | 68  |
| Şekil 6.1 Yeni tesis karakteristiklerini baz alarak sınıflandırma. ....    | 90  |
| Şekil 6.2 Problem karakteristikleri bazlı sınıflandırma. ....              | 91  |
| Şekil 6.3 Sistematik yerleştirme planlaması süreci.....                    | 118 |
| Şekil 6.4 Faaliyet ilişki diyagramı örneği. ....                           | 119 |
| Şekil 6.5 İlişkiler diyagramı örneği .....                                 | 119 |
| Şekil 6.6 Alan ilişkileri diyagramına örnek. ....                          | 121 |
| Şekil 7.1 Atlıkarınca sistemi: üstten görünüş. ....                        | 137 |
| Şekil 8.1 Ulaştırma sisteminin yapısı.....                                 | 144 |
| Şekil 8.2 Hava ulaştırma ağı: bir merkez–ve–dallar sistemi.....            | 171 |
| Şekil 8.3 Kargo gelir yönetimi modelleri. ....                             | 187 |
| Şekil 8.4 Dorse yönetim sisteminin bileşenleri.....                        | 196 |
| Şekil 9.1 Lojistik ölçütlerinin sınıflandırılması. ....                    | 209 |
| Şekil 9.2 Boyama atölyesindeki faydalanmanın performansının izlemesi. .... | 225 |
| Şekil 9.3 %80 hizmet güvenilirliği için performans eğrileri.....           | 227 |
| Şekil 10.1 Karşılaştırmalı–değerlendirme kavramı. ....                     | 235 |
| Şekil 10.2 Karşılaştırmalı–değerlendirme türü: analiz piramidi.....        | 236 |
| Şekil 10.3 Karşılaştırmalı–değerlendirme süreci.....                       | 237 |
| Şekil 10.4 Global lojistikteki akışlar.....                                | 242 |
| Şekil 10.5 Sanal depolamanın kavramsal modeli. ....                        | 246 |
| Şekil 11.1 Klasik Ulaşım Ağı Yapısı.....                                   | 249 |
| Şekil 11.2 Önerilen Ulaşım Ağı Yapısı. ....                                | 249 |
| Şekil 11.3 Kullanıcı arayüzü.....                                          | 251 |
| Şekil 11.4 İstasyonların sisteme girilmesi. ....                           | 253 |
| Şekil 11.5 Yolların sisteme girilmesi.....                                 | 253 |
| Şekil 11.6 Çözüm penceresi.....                                            | 254 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 1.1 Temel lojistik fonksiyon ve aktiviteler .....                                                                   | 6   |
| Çizelge 2.1 Regresyon modellerinin fonksiyonel biçimleri .....                                                              | 27  |
| Çizelge 4.1 Satıcı seçim kararlarının sınıflandırılması .....                                                               | 49  |
| Çizelge 4.2 Dickson'ın (1966) bulgularının özeti.....                                                                       | 50  |
| Çizelge 4.3 İkili karşılaştırma matrisi için ölçek .....                                                                    | 55  |
| Çizelge 4.4 Şekil 4.4'de gösterilen kriterin (seviye 1) ikili karşılaştırma matrisi gösterimi ....                          | 55  |
| Çizelge 4.5 Şekil 4.4'de gösterilen teslimat boyutlarının ikili karşılaştırma matrisi ile<br>biçimlendirilmesi .....        | 55  |
| Çizelge 4.6 Şekil 4.4'de gösterilen kalite boyutlarının ikili karşılaştırma matrisi ile<br>biçimlendirilmesi .....          | 55  |
| Çizelge 4.7 Şekil 4.4'de gösterilen satıcıların fiyat üzerindeki ikili karşılaştırma matrisi ile<br>biçimlendirilmesi ..... | 56  |
| Çizelge 4.8 Şekil 4.4'de gösterilen satıcıların ikili karşılaştırma matrisi ile biçimlendirilmesi<br>.....                  | 57  |
| Çizelge 4.9 Şekil 4.4'de gösterilen seviye 1 için normalize edilmiş ağırlıkların hesaplanması<br>.....                      | 57  |
| Çizelge 6.1 Önemli yer seçim faktörleri (Ghosh ve McLafferty, 1987).....                                                    | 98  |
| Çizelge 7.1 Önemli malzeme elleçleme ekipman seçim faktörleri.....                                                          | 129 |
| Çizelge 7.2 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 1: örnek .....                                                          | 133 |
| Çizelge 7.3 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 2: örnek .....                                                          | 133 |
| Çizelge 7.4 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 3a: örnek .....                                                         | 134 |
| Çizelge 7.5 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 3c: örnek .....                                                         | 134 |
| Çizelge 7.6 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 4: örnek .....                                                          | 134 |
| Çizelge 9.1 Bir lojistik ölçütler araştırmasının sonuçları (Byers ve Cole, 1996) .....                                      | 207 |



## ÖNSÖZ

Bu lisansüstü çalışmayı hazırlarken olumlu ve olumsuz eleştirileri ile yol gösteren, en az benim kadar çalışarak hiçbir sorumu cevapsız bırakmayan ve daima bilgi birikimini benimle paylaşan, Danışmanım Prof. Dr. Aydın Erel'e;

Birçok çalışmamda olduğu gibi bu çalışmamda da yardım çağrılarımı hiçbir zaman yanıtsız bırakmayan Bilgisayar Mühendisi arkadaşım, Engin Deveci'ye;

içten teşekkürlerimi sunarım.



## ÖZET

Ekonomik aktivitenin globalleşmesi gelişmiş ülkelerdeki endüstriler üzerinde önemli değişimlerin oluşmasını sağlamıştır. Bu değişime bağlı olarak büyük şirketler yedek parça, bileşen ve son olarak da mamul ürünlerini yurt dışındaki partnerlerine üretirmek için anlaşmalar yaptılar. Bununla birlikte, ticari ilişkiler gelişirken ve kolaylaşırken ülkeler arasındaki sınırlar da ortadan kalkmaya başladı. Bu yeni yapılanma içerisinde ülkeler kendi ekonomik-siyasal-yönetimsel gelişmişlik yapılarına göre değişik roller ve pastadan farklı paylar aldılar. Ön plana çıkmak için bazı ekonomiler ucuz işgücünü kullanırken, bazıları hammaddenin bolluğunu, diğerleri belki de kaliteli üretim yapılarını kullandılar. Değişik karakterlere sahip yapıların farklı yerlerde yer alması “taşıma” kavramının önemini artırdı. Bugün geline nokta Amerika Birleşik Devletlerindeki lojistik sektörünün yıllık büyüklüğü yaklaşık 700 milyar dolardır. Şirketler bu kadar önemli hâle gelmiş, bu büyüklükteki bir sektörde tutunabilmek için organizasyon yapılarında iyileştirmeye gitmekte; zaman, maliyet, güvenlik ve yaygınlık gibi konularda optimum çözümleri yaratmak için çaba sarf etmektedirler.

Bu çalışmanın kapsamı ulaştırma ve lojistiğin işlevsel alanlarındaki temel aktivitelerle sınırlandırılmıştır. Lojistikteki tasarım ve planlama sorunları öncelikle vurgulanmıştır. Bu çalışmanın amacı lojistik ile ilgili çeşitli problemleri çözmek için yaygın olarak kullanılan karar modellerini ve algoritmaları ve lojistikteki son eğilimleri göstermektir.

Lojistik ve Ulaştırma alanında yeterli sayıda Türkçe kaynak bulunmadığı için çalışmanın ilk bölümünde Raja G. Kasilingam’ın “Logistics and Transportation, Design and Planning” kitabı tümüyle Türkçe’ye çevrilmiştir. Kitabın çevirisi 10 bölümden oluşmaktadır. 1. Bölümde lojistik ve ulaştırmaya giriş anlatılmıştır. 2. Bölümde lojistik sistemlerin analiz sürecine, ve 3. Bölümde bütünleşik lojistik ağ planlaması kavramına değinilmiştir. 4.’den 8. Bölüme kadar fonksiyonel alanlardaki temel lojistik kararları işaret eden çeşitli lojistik fonksiyonlar, mevcut modeller ve algoritmalar tanımlanmıştır. 9. Bölümde lojistikte performans ölçmede kullanılan ölçütler, ve 10. Bölümde lojistikteki son eğilimler anlatılmıştır.

Çalışmanın sonunda ise kitapta anlatılanlar ışığında, maliyet ve envanter verilerini kullanarak ulaştırma türü seçimini yapabilen bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım C++ programlama dili ile Windows işletim sistemi altında çalışacak şekilde hazırlanmıştır. Kullanıcı için en uygun veri giriş ekranları tasarlanmıştır. Problemin çözümü için LINDO doğrusal programlama kütüphanesi kullanılmıştır. Program kullanıcıdan aldığı verileri işleyerek LINDO kütüphanesinin sağladığı fonksiyonlara girmektedir. Fonksiyonun çıktısı olarak LINDO uygun çözümü verir. Bu çözüm kullanıcıyı kolayca anlayabileceği bir şekle dönüştürülerek gösterilir. Problemin tanımı, çözüm metodolojisi ve programın kullanımı anlatıldıktan sonra program üzerinde yapılan örnek çalışmalar verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Lojistik, ulaştırma, ulaştırma modelleri ve algoritmaları, envanter, yazılım.

## ABSTRACT

Globalization of economic activity has generated vital changes in industries of developed countries. Due to this change, large companies have made contracts with foreign partners in order to produce spare parts, components and even finished products there. While commercial partnerships are emerging and made easier, borders between countries have begun to disappear. In this structuring, countries took different roles and different shares from the profit according to their economical–political–managerial development structures. While some economies are using cheap workforce, and some others are using plenty of raw materials, the rest are using high quality production procedures in order to be the best. Structures with different characteristics stays in different places, and this increases the importance of “transportation” concept. Today, annual size of logistics sector in United States of America is approximately 700 billion dollars. In order to stand in a sector with this size and with this importance, companies must improve their organizational structures, and must work hard in order to find optimum solutions in time, cost, security, and wideness subjects.

Coverage of this study is limited with fundamental activities of transportation and logistics in functional areas. Design and planning problems in logistics are taking precedence. Aim of this study is to show decision models, algorithms, and recent trends in order to solve various problems of logistics.

Since there does not exist enough resources about Logistics and Transportation area in Turkish, in the first part of this study Raja G. Kasilingam’s book, named “Logistics and Transportation, Design and Planning” is translated into Turkish. Translation is composed of ten sections. In Section 1, introduction to logistics and transportation is described. In Section 2, analysis process, and in Section 3, integrated logistic network planning concept are mentioned. Section 4 to 8 various logistic functions that point fundamental logistic decisions in functional areas, available models, and algorithms are defined. In Section 9, metrics of performance evaluation in logistics, and in Section 10, recent trends in logistics are described.

At the end of this study, a software, which can handle transportation mode selection using inventory and production cost data is developed. Software is developed using C++ programming language and it is designed to work on Windows operating system. User-friendly data input screens are designed. LINDO programming library is used in order to find the optimum solution to the problem. Data is processed by the software and input to the functions provided by LINDO library. Functions return the optimum solution. This solution is converted to an appropriate format for ease of understanding. After the problem definition, solution strategies, and user guide sections, sample calculations are given.

**Keywords:** Logistics, transportation, transportation models and algorithms, inventory, software.

## 1. Lojistik ve Ulaştırmaya Giriş

### 1.1 GİRİŞ

Lojistik, doğru ürünlerin doğru müşterilere doğru miktarda ve doğru zamanda ulaştırılmasını sağlayan aktiviteler bütünü olarak ifade edilebilir. Lojistik aktiviteler üretim ve tüketim arasında bir bağlantı oluşmasını sağlar, aslında üretim ve tüketim merkezleri arasında bir köprü oluştururlar veya mesafe ve zaman olarak birbirinden ayrılmış olan sunucuları birleştirici görev üstlenirler. Bu durum ürünlere veya fiziksel mallara odaklanmayı, insan ve mal için insan ve bilgi gerektirir. Bu hayat döngüsünün çeşitli bölümlerinde ürüne farklı değerler eklenir. Hammadde işlenirken veya parçalardan yeni parçalar yada son hali verilmiş ürünler ortaya çıkartılırken, bu üretim ve işleme aşamalarında ürünlere katma değerleri her aşamada eklenmiş olur. Daha sonra gerekli yerlere imal edilen ürünlerin taşınması ile de ulaştırma değeri eklenmiş olur. Ürünün istenildiği anda talep eden kişilere ulaştırılmasını sağlamak için depolama ve envanter kontrolünün sağlanması ile de zaman değeri eklenmiş olur. Son olarak, pazarlama ve satış aşaması ile de sahip olma değeri eklenmiş olur. Bazı temel lojistik fonksiyonları tarafından eklenen yer ve zaman değerleri Bölüm 1.2’de ayrıntılı olarak incelenmiştir. Örnek 1.1 zaman ve yer değerini göstermektedir.

Aşağıda Şekil 1.1’de (Wilson, 1996) görülen matris, zaman ve yer değerine bağlı lojistik değerini göstermektedir. Ürün doğru zamanda doğru yerde olabiliyor ise lojistik değeri en yüksektir. Eğer ürün yanlış zamanda yanlış yerde veya doğru zamanda yanlış yerde olabiliyorsa lojistik değeri sıfırdır. Ürünün doğru yerde fakat yanlış zamanda olduğu durumlarda ise lojistik değeri önemli ölçüde düşüktür.

---

#### Örnek 1.1

Bir firma Noel için 200 Noel ağacı siparişi alır. Ancak aracın arıza yapması ve kötü hava koşulları nedeniyle bu ağaçlar ancak Noel sonrası eline geçer. Normal koşullarda birim ulaşım ve elleçleme maliyeti 5\$ ve satış fiyatı 30\$’dır. Firma gecikme nedeniyle ağaçları Noel sonrası fiyatı olan 15\$’dan satmak zorundadır. Lojistik maliyeti nedir?

$$\text{Ağaç başına kâr kaybı} = 15\$$$

$$\text{Toplam kâr kaybı} = 3000\$ = \text{lojistik maliyeti}$$

Şimdi, firmanın araç arıza yaptığı zaman başka bir araç temin ederek siparişleri zamanında yerlerine ulaştırdığını varsayalım. Ancak ek ulaşım maliyeti ağaç başına 10\$ olsun. Bu durumda lojistik değeri ne olur?

İkinci araç kullanılmaması durumundaki kâr kaybı = 15\$ /ağaç

İkinci aracın maliyeti = 10\$ /ağaç

İkinci araçla ulaşımın değeri =  $(15\$ - 10\$) / \text{ağaç} = 5\$ / \text{ağaç}$

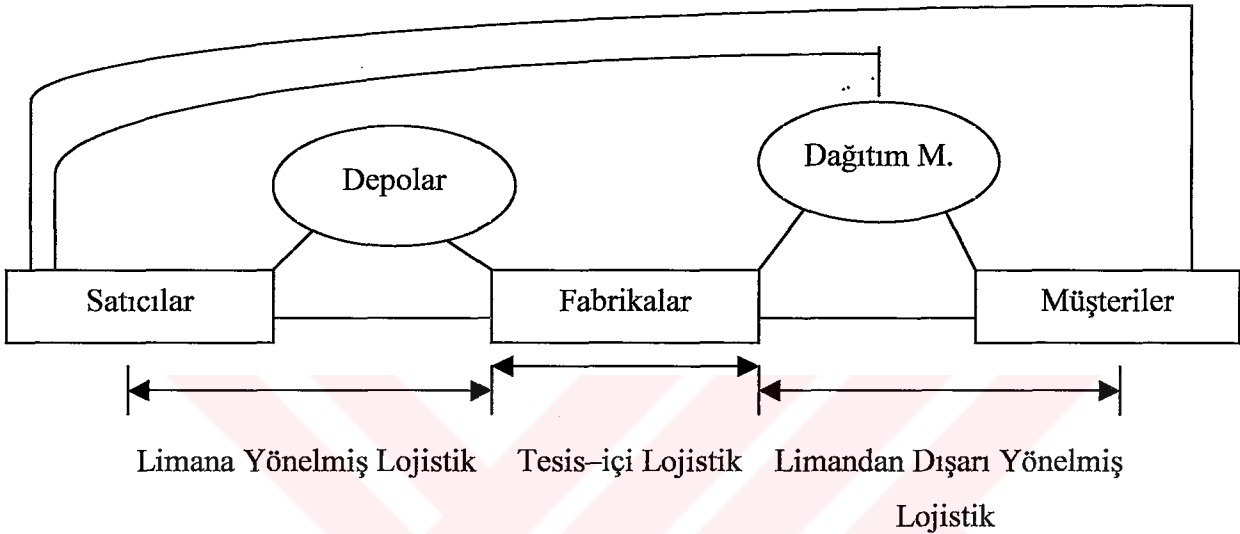
Lojistik değeri =  $5\$ \times 200 = 1000\$$

|                                                                                                   |                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğru Yer<br>Yanlış Zaman<br>Noel ağaçları ABD'de<br>ama Noel'den sonra<br>Lojistik Değer = Düşük | Doğru Yer<br>Doğru Zaman<br>Noel ağaçları Noel zamanı<br>ABD'de<br>Lojistik Değer = Maksi. |
| Yanlış Yer<br>Yanlış Zaman<br>Noel ağaçları, Noel'den<br>sonra Irak'ta<br>Lojistik Değer = 0      | Yanlış Yer<br>Doğru Zaman<br>Noel Ağaçları Noel<br>zamanı Irak'ta<br>Lojistik Değer = 0    |

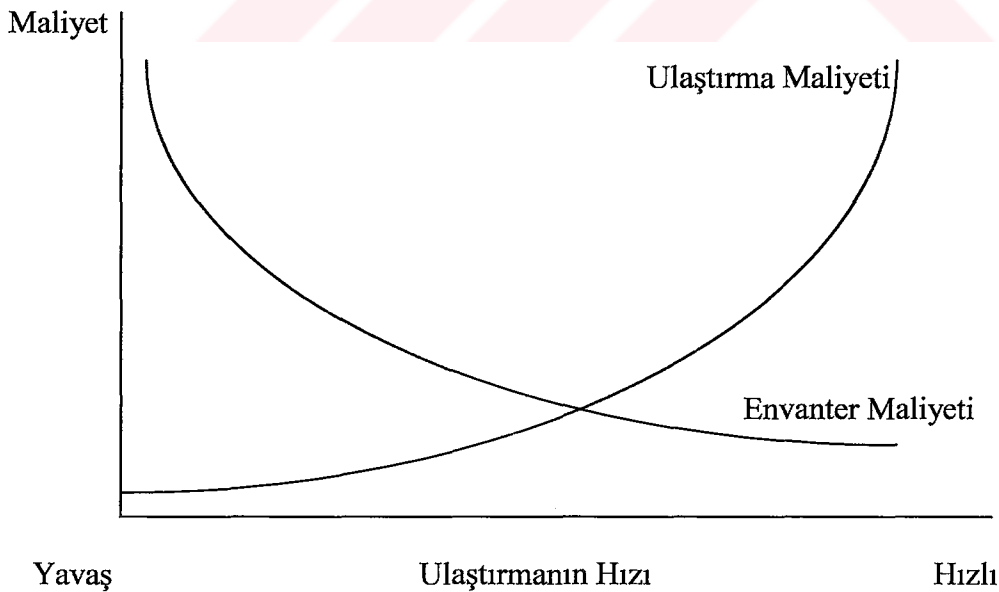
Şekil 1.1 Zaman ve yer değerinin matris içerisinde gösterimi. Kaynak: Wilson, 1996.

Lojistik Yönetim Konseyi (The Council of Logistics Management), lojistiği, planlamanın bir süreci, hammaddenin depolanması, süreç-içi envanterleşme, tamamlanmış ürünler ve ilgili bilgilerin müşterinin ihtiyacına uygun olan amaçlarla başlangıç noktasından tüketim noktasına kadar ulaştırılması olarak tanımlamaktadır. Lojistik sürecin tüm endüstri türlerine uygulanabilir olması zorunludur: üretim, perakende satış, sağlık ile ilgili yapılanmalar, ulaştırma ve kimyasal madde. Lojistik içerisinde yer alan bazı önemli fonksiyonları şu şekilde sıralayabiliriz: satıcı seçimi, envanter kontrolü, depolama, tesis-içi malzeme elleçlemesi, depo seçimi ve yerleşim dağılımı, tesislerin yerleşim planlaması ve ulaştırma. Belki de tüm lojistik zinciri üç parçaya ayrılabilir: limana yönelmiş lojistik, tesis-içi lojistik, limandan dışarı yönelmiş lojistik. Şekil 1.2'de lojistik, tedarik zincirinin içerisindeki çeşitli fonksiyon ilişkilerini göstermektedir. Bazı lojistik fonksiyonlar tedarik zincirinin tek bir parçasını kapsarken, diğerleri birden çok parçayı kapsayabilir. Özel bir şirket için tedarik zinciri

İNCELEDİĞİNDE tüm parçalara veya bazılarına (Şekil 1.2’de kutular içerisinde gösterilenler) ve tüm bağlantılara veya bazılarına sahip olduğu görülebilir. Bir perakende satış mağazası “fabrika” ögesine ve ona bağlı bağlantı yapılarına sahip olmayabilir. Bir üretici eğer hammadde ve bileşenlerinin doğrudan deniz yolu vasıtası ile fabrikasına ulaşmasını sağlayabiliyor ise “depo” ögesine ihtiyacı olmayabilir. “Dağıtım merkezi” ögesi hiyerarşi düzeni içerisinde birçok dağıtım merkezlerinden oluşabilir. Bunlar ulusal, bölgesel ve yerel dağıtım merkezleri olabilirler.



Şekil 1.2 Lojistik Tedarik Zinciri. Kaynak: Kasilingam, 1998



Şekil 1.3 Envanter maliyeti ulaştırma maliyetine karşı. Kaynak: Kasilingam, 1998



Planlama ve işlevsel kararlar tek parça olduğu için tipik olarak diğer parçalar ve lojistik kararlar üzerine yaptığı etki genellikle toplam maliyet yaklaşımına dayanır. Örneğin, envanter ve ulaştırma kararları birbirleri ile çok yakından ilişkilidir. Eğer kaliteli ve hızlı ulaştırma türü kullanılırsa düşük envanter düzeyi korunabilir. Öte yandan, eğer yavaş ulaştırma türü kullanılırsa yüksek envanter düzeyi gerekebilir. Bundan dolayı optimum envanter düzeyini belirlemek için bir takım değişiklikler yapmak gerekebilir. Şekil 1.3 envanter ile ulaştırma maliyetleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Benzer biçimde yer, ulaştırma türü ve taşıyıcı kararları birbirine etki eder. Yer maliyetleri mülkiyeti elde tutma maliyetleri, vergiler, sigorta v.b. sebebiyle düşük olabilir fakat bu sefer de ulaştırma maliyetleri yüksek olabilecektir. Başka bir örnek olarak, gelişmekte olan ülkelerde üretilen malların gelişmiş ülkelerdeki tüketim noktalarına ulaştırılmasını verebiliriz. Burada ki değiş-tokuş düşük hammadde ve üretim maliyetleri ile yüksek ulaştırma ve depolama maliyetleri arasındadır. Örnek 1.2’de toplam maliyet yaklaşımı kavramı gösterilmiştir.

---

### Örnek 1.2

ABC Şirketi iki farklı satıcıdan kritik bir parça alacaktır. A satıcısının fiyatı kutu başına 4 \$ iken B satıcısının verdiği fiyat kutu başına 4.1\$’ dir. Sadece satış fiyatı göz önüne alındığında A satıcısının teklifinin daha iyi bir seçenek olduğunu söylenebilir. Şimdi ABC Şirketinin yeni bir şehre taşındığını varsayalım. A ve B ulaştırma maliyeti nedeniyle birim başına sırasıyla 0.3\$ ve 0.15\$ daha eklemek zorundadır. Toplam maliyete bakıldığında B satıcısının daha avantajlı olduğu söylenebilir. Fakat bu noktada satın alma ve ulaştırma fiyatı dışında ulaştırmanın güvenilirliği, ele geçen malların kalitesi, küçük miktarlarda sunma yeteneği gibi konularında hesaba katılması gerekmektedir.

---

Çeşitli lojistik kararlar arasındaki bağımlılık ilişkisi toplam maliyet yaklaşımını doğrular. Çoğu zaman aynı anda tüm maliyetleri düşünmek ve tüm kararları vermek pek mümkün değildir. Diğer bir deyişle, tedarik zincirinin karmaşıklığı ve büyüklüğü sebebiyle tüm tedarik zincirini tasarlamak oldukça zordur. Bununla birlikte, birbiriyle çok yakın ilişkideki bazı kararların birlikte düşünülmesi faydalıdır. Bunların dışında kalan durumlarda ise hiyerarşi yaklaşımı kullanılmalıdır. Lojistik fonksiyonlar ve aktiviteler, pazarlama, finans ve üretim gibi bazı diğer iş fonksiyonları ile ara birim ve bazen de örtüşen bir yapı gösterirler. Bu bakış açısı ayrıntılı olarak Bölüm 1.3’de tartışılacaktır.



Lojistiğin başlıca amacı, olabilecek en düşük maliyet ile müşterilere dünya standartlarında hizmet sunmaktır. Müşteri hizmetlerinin yüksek olmasını, gerekli olan ürünü, kabul edilebilir bir kalite ile istenilen zamanda müşteriye sunulması ile ölçebiliriz. Toplam maliyet, müşteriye dünya standartlarında hizmeti sunmak için karşılaşılabilecek tüm lojistik işlevleri gerçekleştirme maliyetlerini de içermelidir. Lojistik maliyetleri ve müşteri hizmeti (Davis ve Drumm, 1996) ile ilgili bir araştırma göstermiştir ki lojistik maliyetler 1995’den 1996’ya satışların %8’i kadar ve 80.5/cwt değerinde artmıştır. 1996’da sadece firmaların %20’si lojistik maliyetlerini düşürebilmişlerdir. Bu artışın başlıca nedeni olarak, daha zorlu müşteri hizmetleri şartlarının oluşmuş olması ve bu durumun daha yüksek envanter seviyeleri gerektirmesi ile daha pahalı katma değer servislerinin kullanılması olarak gösterilebilir. Bu araştırma ayrıca aşağıdaki tespitleri de açığa çıkartmıştır:

- birçok endüstri sektöründe lojistik maliyetleri artmıştır;
- birçok şirket müşteri hizmet düzeylerini artıramamaktadır;
- depo sayısı sürekli olarak azalma göstermektedir;
- genellikle envanter üzerindeki kazanç oranı artış göstermemektedir;
- en fazla artış depolama ile ilgili maliyetlerde olmaktadır.

Bu araştırma, firmanın lojistik yönetiminin kontrolü dışında ürün gurubu, ürünün değeri ve firma büyüklüğü gibi başlıca üç maliyet eksenini olduğunu göstermektedir. Lojistik maliyetleri aynı ürün gurubu ve guruplar arasında firmadan firmaya büyük oranlarda değişiklik göstermektedir. Satışların yüzdesi cinsinden lojistik maliyetler üretim değeriyle ters orantılı olarak değişir. Büyük firmaların lojistik maliyetleri, ekonomik büyüklüğün sonucu olarak ve üçüncü-parti servisler için daha iyi oranlarda müzakere kapasitelerine sahip olmaları sebebiyle, küçük firmalarinkinden daha azdır. Bu araştırma ayrıca ortalama büyüklükteki firmaların taşıma fiyatlarının müşteri hizmetleri (siparişleri doğru şekilde, hemen ve bütünüyle teslim etme) bakımından daha iyi olduğunu ortaya koymuştur. Müşteri hizmetleri toplam döngü zamanı, nakliye süresi, ürünün mevcudiyeti, şikayetler, hata oranları ve yük talebi verilerinin tümünün her zaman en iyi olması durumu ile ölçülebilir. Bu performans değerleri her yıl daha yüksek değerlere ulaştırılmalı ve dünya standartları yakalanmalıdır.

Çizelge 1.1 Temel lojistik fonksiyon ve aktiviteler

| Lojistik fonksiyon         | Aktiviteler/kararlar                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| + Satın alma               | + Satıcı seçimi, sipariş süreci, sipariş takibi                                                                                                                                         |
| + Envanter kontrolü        | + Sipariş miktarı, sipariş sıklığı, envanter değerlendirilmesi, envanter düzenlemesi                                                                                                    |
| + Tesis yeri ve planlaması | + Tesis yeri ve adedi, tesis-içi bileşenlerin planlanması                                                                                                                               |
| + Ulaştırma                | + Filo ölçeklendirilmesi, rota ve zaman planlaması, personel planlaması, ana veya aktarma terminalinin yeri, taşıma şekli ve taşıyıcı seçimi                                            |
| + Tesis-içi lojistik       | + Malzeme elleçleme ekipmanının seçimi, kapasite planlaması, otomatik çalışan araçlar için izlenecek yol tasarımı, yer ve kullanım açısından depo tasarımı, seçim kurallarını düzenleme |

## 1.2 LOJİSTİĞİN FALİYET ALANI

Lojistik, bir ürün için gerekli olan yer ve zaman değerini sağlayan tüm fonksiyonları içerir. Tüm bu fonksiyonları içermesi ürünün üretim noktasından alınarak tüketileceği noktaya güvenli ve verimli bir şekilde ulaştırılması demektir. Bu fonksiyonların her biri belirli aktiviteler ile ilgili olabilir. Örneğin satıcı seçimi, sipariş süreci ve siparişin takibini içine alan satın alma. Temel lojistik fonksiyonlar ve ilişkilendirilmiş aktiviteler Çizelge 1.1’de gösterilmektedir.

### 1.2.1 Satın Alma

Satın alma malzemelerin zamanında mevcut olmasını sağlamak için gerçekleştiren aktivitelerin tümünü içerir. Günümüzün satın alma müdürleri için en zorlu konuların başında hammadde, bileşen, parça veya ürünün tamamı için doğru satıcıyı seçmek ve her satıcı için sipariş miktarını tespit etmek gelir. Satıcıya ulaşan parçaların kalitesi ve sunma hızı firmanın müşterilerinin taleplerini karşılama kabiliyeti açısından olumlu bir etki yaratmak için önemlidir. Satıcı seçimi yaygın olarak fiyat, kalite, teslimat zamanı ve hizmet gibi çeşitli önemli ve zorlu kriterlere göre yapılır. Bunların dışında satıcı seçimini etkileyen başka

faktörlerde vardır. Satıcı seçimi ile ilgili bazı analitik araçlar ve konunun ayrıntılı incelenmesi Bölüm 4’de yer almaktadır. Satın alma fonksiyonun diğer önemli faaliyetleri sipariş süreci, siparişin takibi ve geçmiş performanslara göre satıcı değerlendirmesini içerir.

### 1.2.2 Envanter Kontrolü

Envanter planlaması ve kontrol kararları genel olarak satıcı seçimini takip eder. Bazı durumlarda bunlar satıcı seçimi ile birlikte aynı zamanda yapılır. Envanter kontrol kararları sipariş miktarı ve siparişler arasındaki zamanlama noktalarına odaklanmıştır. Bu gecikme zamanı, sipariş maliyeti, envanter taşıma maliyeti, ulaştırma maliyeti, eksiklik maliyeti, nakliye envanter maliyeti ve kabul edilebilir envanter veya eksiklik açısından hizmet düzeyine dayanarak yapılır. Burada amaç toplam maliyeti minimize etmek ve maksimum müşteri hizmeti sağlayabilmektir. Bu iki durum yaşam içerisinde sık sık çeliştiği için envanter düzeyleri ve müşteri hizmet düzeyleri arasında ekonomik değişim gerekmektedir. Tedarik zinciri içerisindeki envanter kontrol kararları stok yerlerinin sayısı, stok noktalarındaki ürün birleşimleri ve envanter stratejisinin türünü içerir – tam-zamanında (just-in-time), sevk etme (push), toplama (pull) –. Bazı envanter kontrol kararlarının analitik model yaklaşımı ile incelenmesi Bölüm 5’de gösterilmiştir.

### 1.2.3 Tesis Planlaması

Tesis planlaması, dikkati genel olarak planlamanın ve lojistik sistem tasarımının başlangıçtaki aşamalarında yapılan iki temel lojistik karara yöneltir: tesis yeri ve tesis yerleştirme. Planlama ve yer seçimi, toplam lojistik maliyetlerini minimize etmek için hayati rol oynamaktadırlar. Tesisin kurulduğu yer, arazi ve inşaat maliyetleri, yerel vergiler ve sigorta, işgücü yoğunluğu ve maliyeti ve diğer tesislere ulaşırken karşılaşılabilecek ulaştırma maliyetleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Tesislerin sayısı, büyüklüğü ve yerleri envanter ile ilgili maliyetler ve müşteri hizmet düzeyleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Tesisin planı, malzeme elleçleme maliyetleri ve malzeme elleçleme ekipmanlarının maliyetleri gibi tesis-içi lojistik maliyetlerini etkiler. Tesis yeri ve planlama problemlerini çözmek için kullanılan matematiksel ve sezgisel yaklaşımlar Bölüm 6’da gösterilmiştir.

### 1.2.4 Tesis-içi Lojistik

Bu bölüm fabrika veya depo gibi büyük bir tesis içindeki malzeme elleçlemesi ile ilgilidir. Tesis-içi lojistik, tesisin planı, malzeme elleçleme ekipmanı, depo içerisindeki stok yerleri, malzeme elleçleme ekipman hareketi için işlevsel kurallar ve sipariş toplama stratejilerinden

etkilenmektedir. Genellikle bir parça, toplam üretilme süresinin yaklaşık %50 kadarını makineler arasında hareket etme ve depolama esnasında harcar. Tesis-içi lojistik maliyetlerini minimize etmek için çeşitli önemli planlama ve operasyon problemlerinin çözülmesi gerekmektedir. En başta malzeme elleçleme ekipmanının seçimi ağırlık, hacim, hareketin sıklığı ve büyüklüğü, mal kaleminin değeri ve paketlenmesi gibi malzeme elleçleme gerekliliklerini karşılayacak şekilde yapılır. Bir sonraki adım ise gerekli olan ekipman türlerinin adedinin tespit edilmesi ve eğer sabit ekipman ise yerinin belirlenmesidir. Eğer hareketli bir ekipman yerleştirilecek ise rota yapısı veya kılavuz yolu tasarlanmalıdır. Operasyon problemleri, malzemelerin ve parçaların malzeme elleçleme ekipmanı ve araçlara atanması için zaman çizelgelerinin hazırlanması ve farklı türlerdeki araçların istasyonlar arasındaki atamalarının yapılmasını içerir. Yukarıda bahsedilen konuların bazılarına Bölüm 7’de değinilecektir.

### 1.2.5 Ulaştırma

Ulaştırma maliyetleri genellikle satış değerinin %2.88’i olarak hesaplanmıştır (Davis ve Drumm, 1996). Bunlar lojistik maliyetinin en büyük bileşeni olup maliyetin %40’ını oluşturur. Ulaştırma hem hammadde veya parçaların – kaynaklarından tesise yönelmiş – depolar vasıtasıyla veya doğrudan üretim tesislerine hem de mamul ürün veya bileşenlerinin – üretim tesisinden dışarıya yönelmiş – üretim tesisinden doğrudan müşterilere veya dağıtım merkezleri vasıtasıyla ulaştırılmasını içerir. Ulaştırma geniş anlamda planlama ve operasyon problemlerini içerir. Başlıca planlama problemleri arasında filo ölçeklendirilmesi, araç rota tespiti, personel planlaması, ağ tasarımı, merkez ve terminal yer seçimi sayılabilir. Personel ve araç zaman çizelgelemesi, dağıtım ve yer ayırma kontrolleri başlıca operasyon problemleridir. Kamyonlar ve tırlar, lokomotifler, arabalar, hava taşıtları ve deniz taşıtları gibi taşıma kaynaklarının boyutlandırılması filo boyutlandırılması şemsiyesi altındadır. Araç rota tespiti, çeşitli başlangıç-son trafiği için optimum rota tespiti, rota yapısını dikkate alma, mesafeler ve rota kapasitesi gibi konulara odaklanmıştır. Ulaştırma türü ve taşıyıcı seçimi rota tespit planının bir parçasıdır, fakat çoğu zaman problem büyüklüğü ve karmaşıklığını aşmak için ayrı olarak yapılır. Personel planlaması tüm filo operasyon planını karşılamak için gerekli personel ihtiyaçlarını içerir. Ağ tasarımı genel olarak rotaların, zaman çizelgelerinin ve taşıma şekillerinin geliştirilmesi ile merkez yerlerinin saptanmasını içerir. Benzer şekilde problemin büyüklüğü ve karmaşıklığı sebebiyle hiyerarşi yolu kullanılarak çözülmesi gerekmektedir. Yukarıdaki problemleri içeren model ve yöntemler Bölüm 8’de gösterilmiştir.

### 1.3 LOJİSTİK ARABİRİMLERİ

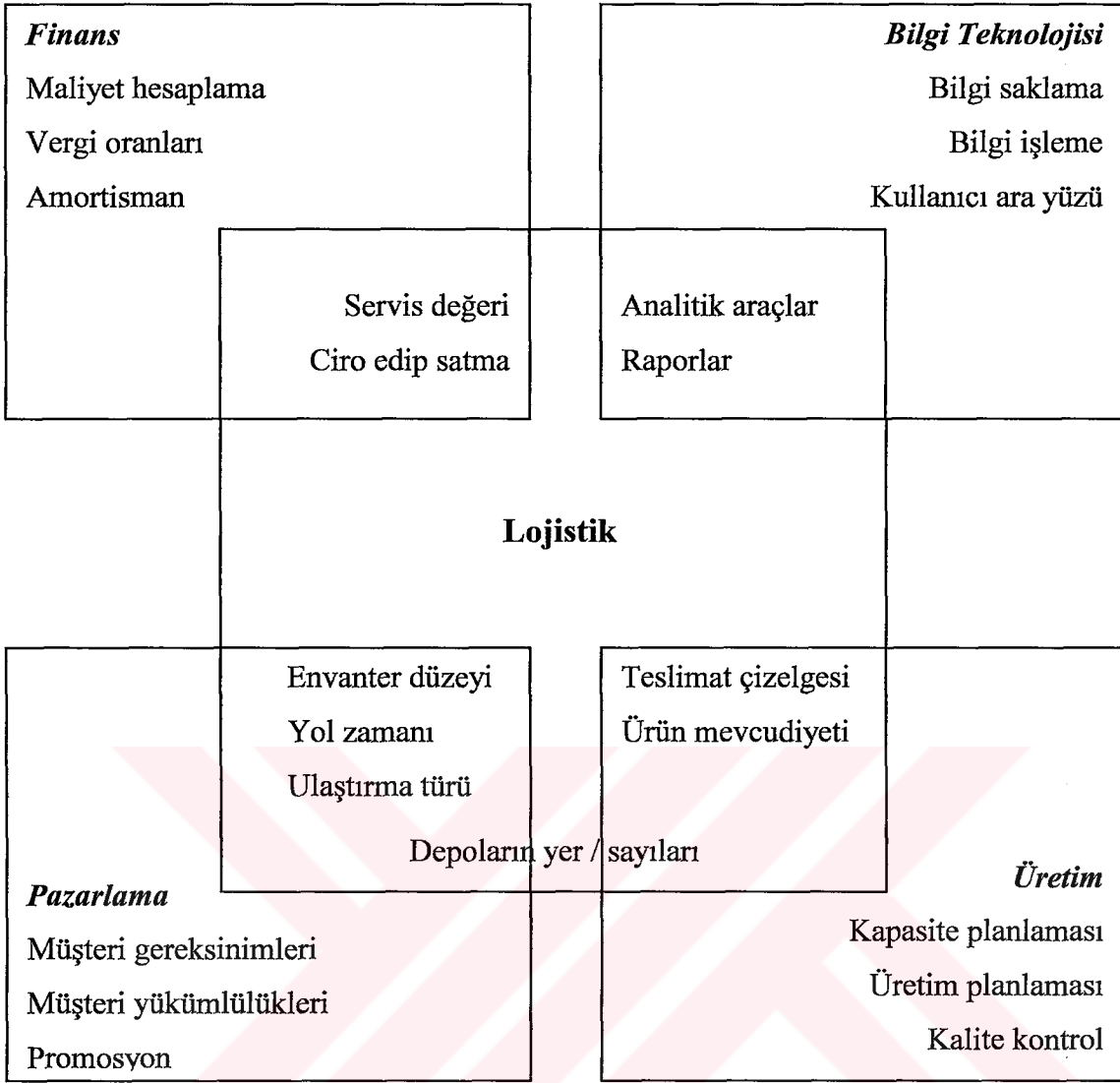
Lojistik işlevler ve faaliyetler şirketin diğer işlev ve faaliyetleri ile önemli oranda üst üste örtüşür. Bu işlevler ile yüksek derecede örtüşenler finans, pazarlama, bilgi teknolojileri ve üretimdir. Diğer iş fonksiyonları ile lojistik arasındaki ilişkiler Şekil 1.4’de gösterilmiştir. Her fonksiyon kutusu lojistik tarafından etkilenen veya etkileyen faaliyetleri içermektedir. Örneğin, pazarlamadaki müşteri hizmet düzeyleri envanter düzeyi ve ulaştırma türünü işaret etmektedir. Veya, envanter düzeyleri ve ulaştırma seçenekleri sağlanan müşteri hizmet düzeylerini etkiler.

#### 1.3.1 Finans

Finans ve lojistik arasındaki esas bağlantı maliyet verisi boyuncadır. Maliyet verisi tüm lojistik kararları almak için gerekli olan temeli sağlamaktadır. Operasyon stratejilerinin geliştirilmesi gibi alternatif lojistik sistemlerin değerlendirilmesinde sabit ve değişken maliyet bilgisine ihtiyaç duymaktadır. Ulaştırma ve depolama hizmetlerinin fiyatlandırılmasında yakıt, bakım, elleçleme, işçi, malzeme ve genel giderler hakkında ayrıntılı maliyet verilerine gereksinim duyulmaktadır. Ekipman alımı ve mevcut ekipmanların yenileri ile değiştirilmesi gibi durumlarda vergi yapısı ve amortisman metotları hakkında bilgi sahibi olunmadan karar verilemez. Üçüncü-parti ve sunucu firmalar ile oranlar veya fiyatlar üzerine görüşmeler yapılırken doğru maliyet verilerine ihtiyaç vardır.

#### 1.3.2 Pazarlama

Lojistik sistem tasarımının ilk aşamasında pazarlama gerekli bilgileri sağlar. Pazarlama ürün çeşitliliği ve talebe cevap verme zamanı açısından müşteri gereksinimlerini, zaman, kalite ve miktar açısından müşteri yükümlülüklerini ve pazar promosyonlarını içerir. Hemen hemen tüm lojistik kararlar müşteriye ulaşmak amacı ile alınır ve depolama noktalarının yeri/sayısı, stokların adedi ve çeşitliliği, ulaştırma yöntem seçenekleri ve paketleme alternatifleri gibi yükümlülük ve gereklilikleri içerir. Lojistik zinciri, pazarlama bölümü tarafından başlatılan tüm promosyonlara zaman, yer, miktar ve ürün çeşitliliği anlamında cevap verebilmelidir.



Şekil 1.4 Lojistik ve diğer fonksiyonlar arasındaki ortak sınırlar.

### 1.3.3 Bilgi Teknolojileri

Bu fonksiyon firmadaki diğer tüm fonksiyonlar karşısında önem kazanmaktadır. Bu önem artışı temel olarak yüksek hacimdeki veri işlenmesi ve kullanım kolaylığı açısından yazılım ve donanımdaki gelişmeler ile olmaktadır. Ayrıca yazılım ve donanımın kabul edilebilir maliyetlere edinilmesi de bu önem artışını desteklemektedir. Birçok lojistik fonksiyon depolama, büyük miktarlardaki verilere erişim ve bu verileri işleme, gerçek zamanlı iletişim olanakları ve kapasitesi, basit ve kolay kullanılabilir kullanıcı ara yüzü ve karmaşık analitik araç desteği ile rapor oluşturma kabiliyeti gerektirir. Günümüzde bilgi teknolojilerindeki son gelişmeler, lojistik fonksiyonun tüm gereksinimlerini karşılayabilecek düzeydedir.

### 1.3.4 Üretim

Pazarlama müşteri gereksinimlerini karşıladığından beri üretim de kalite, özellikler, miktar ve zamanındalık açısından müşteri gereksinimlerini sağlamaktadır. Ürün tasarım grubu yerinde malzemeleri seçerek, renkleri ve uygun boyutları tespit ederek müşterilerin istek listelerini gerçeğe dönüştürmektedir. Süreç planlama grubu tasarlanan ürünü üretebilmek için gerekli olan makineler, araçlar ve demirbaşları sürecin her adımında tanımlar. Kapasite planlaması arzu edilen parçaların üretilebilmesi için gerekli olan sayı ve tipteki makineleri tespit eder. Üretim planlama ise gerekli teslim zamanını ve miktarını gözeterek üretilecek parçalar için kullanılacak kaynakların (makine ve iş gücü) ve envanterin etkin olarak kullanılabilmesini planlar.





## 2. Lojistik Sistem Analizi

### 2.1 GİRİŞ

Birinci bölümde tartışıldığı gibi lojistik, bir hareket, depolama ve malzemeyi geri kazanma süreci, insan ve bilginin verimli ve ekonomik olarak kullanılması durumudur. Lojistik sistemler arzu edilen verimlilik ve/veya ekonomiklik amaçlarını başarmak için lojistik ile ilgili gerekli fonksiyonların tümünü veya bazılarını gerçekleştirirler. Lojistik sistem örneği olarak perakende satış yapan bir şirketin dağıtım sistemini ele alalım. Bu durumda gerekli lojistik fonksiyonlar depoların yeri, ulaştırma olanaklarının seçimi, depolar ve mağazalar için envanter kararları, birleşme ve yeniden dağıtım noktalarının yerleri, taşıyıcı seçimi v.b. olacaktır. Bu fonksiyonların bir kısmı müessese-içi kişiler tarafından diğerleri ise üçüncü-parti oluşumlar tarafından taşınmalıdır. Sistem bazı durumları önemsemeyen gerçek amaçlara ulaşmak için bu fonksiyonları gerçekleştirecek şekilde tasarlanmalıdır.

Lojistik sistem tasarım problemi iki durum altında ortaya çıkmaktadır. İlk durum yeni bir lojistik sistem tasarlanmaya başladığında ortaya çıkar. İkinci durum ise mevcut olan sistemin yeniden tasarlanarak belirlenen değişikliklerin yerleştirilmesidir. Bu değişimler takip eden öğelerin herhangi birinde ortaya çıkabilir: müşteri hizmetleri, talep, ürün karakteristikleri, maliyetler ve fiyatlandırma politikası (Ballou, 1992).

Müşteri hizmet gereksinimleri rekabetin veya müşteri hizmetleri politikasının değişmesi sonucunda değişiklik gösterebilir. Örneğin kamyonla taşımacılık yapan bir nakliye firması rekabet sonucunda kendisini limandan-limana hizmet güvenilirliğini artırmaya zorlayabilir (söz verilen günün x'inci saatinde müşteriye teslimat yapılması). Alternatif olarak, bir şirket daha fazla pazar payı almak ve/veya daha fazla fiyat talep etmek için hizmet güvenilirliği yükseltmeye karar verebilir. Diğer müşteri hizmet gereksinimleri zaman ve çeşitlilik ve daha iyi hizmeti garanti etmesi açısından daha kısa gecikme zamanı ve ürünlerin temin edilebilirliği olabilir. Müşteri hizmet gereksinimlerinin değişmesi çeşitli lojistik fonksiyonların değişmesini gerekli kılar: ilave depolar, taşıyıcı ve/veya ulaştırma türü veya yüksek envanter düzeyleri. Bu tür değişikliklerin meydana gelmesi mevcut sistemin yeniden tasarlanmasına sebep olur.

Talebin değişmesi nüfustaki değişim sebebiyle olduğu kadar müşteri davranışlarının değişmesi ile de ilgilidir. Bu durum talep değişikliğinin yere, zamana ve ürün tipine göre değişimine neden olur. Bunun sonucunda yeni mağazaların veya depoların açılması gerekebilirken, diğer bölgelerde tesislerin kapanması ve farklı ürünlerin depolanma düzeylerinin değişmesi sonucu doğabilir.

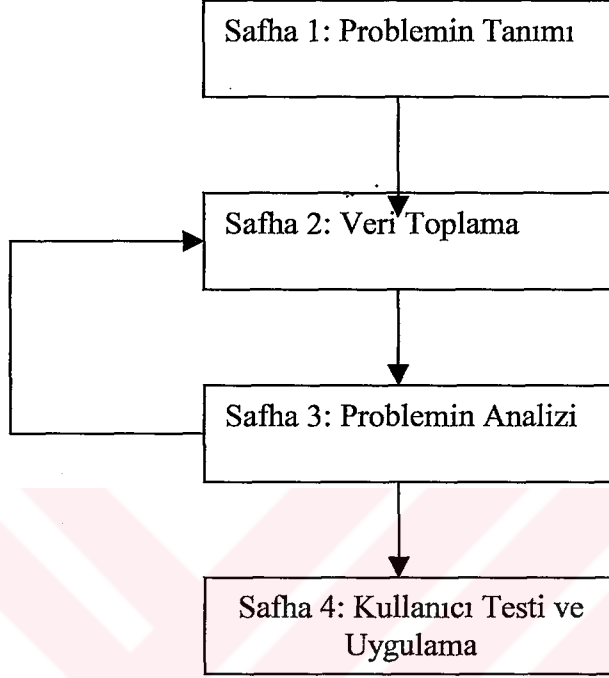
rn karakteristikleri, yeni pazarlara açılmak veya değişen müşteri ihtiyaçlarını karşılama gerekliliğinden dolayı işlevsel veya estetik anlamda yeniden-tasarlama sonucunu doğurabilir. Teknolojik değişimler sonucunda bilgisayar donanımındaki yenilikler ve yeni malzemelerin keşfedilmesi daha küçük ve daha hafif ürünlerin sayısının artmasını sağlıyor. Böylece ağırlık, paketlemeye hacim ve şekil etkisi, elleçleme, depolama ve ulaştırma seçenekleri gibi ürün karakteristikleri değişiklik gösteriyor.

İşçi ücretlerindeki değişimler, bilgi teknolojilerindeki gelişmeler, malzeme elleçleme tekniklerindeki teknolojik gelişmeler, depolama ve ulaştırma ile yeni taşıma oranları ve yeni gümrük düzenlemelerine bağlı olarak lojistik maliyetlerinde artış veya azalış meydana gelebilir.

Firma lojistik maliyetlerinde meydana getiren değişimleri yansıtabilmek için fiyat politikasında değişiklik yapabilir. Hatta, bazen piyasa payını veya gelirleri artırmak için fiyat indirimi yapılması da söz konusu olabilir. Ayrıca fiyatlarda oluşacak değişiklikler teslimat veya ulaştırma süresine göre de değişiklik gösterebilir. Fiyatlarda oluşacak değişiklikler ürün talebi üzerinde de etkilere sahip olacaktır.

Verimli ve ekonomik olarak çalışan bir lojistik sistem oluşturmak tasarımı, geliştirme ve uygulama bakımından çeşitli önemli adımları içermektedir. Lojistik sistem analiz sürecini 4 safha altında gruplayabiliriz. Birinci safha problemi tanımlamak ile ilgilidir. Bu kısım odaklanılacak alan(lar), sistemin amacı ve temel lojistik ürünlerini anlamayı içerir. İkinci safha veri analizinin yapıldığı kısımdır. Bu kısım veri kaynaklarının tespiti, mevcut kullanılabilir verinin doğruluğu ve yeterliliğinin analizi, ilave veriler toplamak için metodolojiler geliştirilmesi, mevcut olmayan verilerin tahmin edilmesini v.b. içerir. nc safha mevcut ve tahmin edilen verilerin kullanılması ile problemin analiz edilmesini içerir. Lojistik sistem analizi için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Yaygın olarak kullanılan yöntemler ise simülasyon, yöneylem araştırması modelleri ve sezgisel yöntemlerdir. Bu tür yöntemler

lojistik idarecilerine alternatif tasarımlar oluşturma ve sistemin en son hali için uygun tasarımı seçme imkanı verir. Son safha ise, kullanıcı testi ve lojistik sistemin güncel uygulamalarının yapılmasını içerir. Bu süreç Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Dört safhaya ait örnekler ve ayrıntılı inceleme izleyen bölümlerde verilmiştir.



Şekil 2.1 Lojistik sistem analiz süreci

## 2.2 SAFHA 1: PROBLEMİN TANIMI

Problemin tanımı daha sonra gelecek olan sistemin tasarımı için çok önemlidir. Öncelikle sistem ve belirti arasındaki fark anlaşılmalıdır. Birçok sefer belirtiler problem olarak tanımlanmaya çalışılmıştır. Buna en güzel örnek belirli bir mal kaleminin stokta olmaması durumudur. Yüzeysel bakıldığında bu durumun başarısız envanter kararlarının bir sonucu olduğu düşünülebilir. Bununla birlikte, gerçek sorun belki de güvenilir olmayan ulaştırma olabilir. Problem mutlaka uygun düzeyde tespit edilmelidir. Sistemin tanımı yeni sistemden beklentileri, iş uygulama kurallarını, sınırları ve çeşitli alternatifler arasından seçilecek en iyi sistem kriterlerini içermelidir. Problem tanımı ile ilgili kritik konulara aşağıda değinilmiştir.

### 2.2.1 Ayrıntı Düzeyi

Yeni bir sistemi oluştururken veya varolan bir sistemi yeniden tasarlariken sorulması gereken temel soru lojistik sistemin tümünün mü yoksa sistemin birkaç önemli bileşenin mi göz önüne

alınacağıdır. Bu sorunun cevabı kaynakların mevcudiyetine, lojistik ağının büyüklüğüne, bileşenlerin göreceli büyüklüğüne, maliyetlere ve sistemin bütünlük derecesine göre değişiklikler gösterir. İdeal yaklaşım tüm ağı yoğunlaştırma durumudur. Bununla birlikte, bazı durumlarda sistem girdilerindeki değişim ana bileşenler arasında zayıf bağlantılar oluşmasına neden olabilir veya zaman ve kaynaklar yeterli olmayabilir veya lojistik ağının boyutunun çok büyük olması nedeni ile tek bir sistemle çözüm üretmek zor olabilir. Daha pratik olan yaklaşım ise problemi hiyerarşik biçimde incelemek ve her bir bileşeni ayrı olarak tasarladıktan sonra bütünleştirmektir.

Ayrıntı düzeyi aynı zamanda lojistik planın türü ile de ilgilidir. Bir stratejik plan için uzun periyotlu ve makro düzeyde bir tanımlama gerekir. İşlevsel lojistik planların ise, sistemin ayrıntılı tanımını içermesi sebebiyle kısa vadeli olması gerekmektedir. Pazara hizmet sunarken kullanacağınız uçak türünü seçmek stratejik probleme örnek iken, bu tür pazara özel uçakla, istenilen zaman diliminde doğru şekilde sunmak ise bir operasyon problemidir. Ayrıntı düzeyi aynı zamanda problemin fiziksel büyüklüğüne de bağlıdır. Örneğin, ülke çapında hizmet veren bir firma için talep merkezinin tanımı, ulusal dağıtım merkezlerinin yerinin tespiti problemi çözülürken oldukça bütünleşik bir düzeyi işaret eder. Bu durum bir bölgede veya şehrin metropoliten alanında hizmet veren firma için bir ayrıntı düzeyi olacaktır.

### 2.2.2 Sistemin Amaçları

Lojistik sistemin etkin olarak tasarlanması ve geliştirilmesi için firmanın işe yönelik amaçlarının net olarak ortaya konulması gerekmektedir. İş amaçları, lojistik ağ ve/veya bileşenlerinin tasarımını saptayan lojistik strateji türlerinin üzerinde etkiye sahiptir. Genel olarak benimsemiş olan üç iş amacı vardır: sermaye maliyetlerini minimize etmek, işletme maliyetlerini minimize etmek, müşteri hizmetlerini maksimize etmek. Sermayeye dönük maliyetleri düşürme amacı lojistik sistem üzerindeki toplam yatırım miktarını minimize etmek anlamına gelmektedir. Lojistik ile ilgili stratejiler ise depolamadan sakınmak, doğrudan müşteriye satış, özel yerine kamuya ait depoların kullanılması olabilir. Örneğin, bu stratejiyi destekleyecek lojistik ağları, etkin ulaştırma alternatiflerine ve pazara yakın fabrika yerleşimlerine odaklanacaktır.

İşletme maliyetlerini düşürmeyi amaçlayan strateji, çeşitli taşıma ve depolama maliyetlerini minimize etmeyi gerektirir. İlgili lojistik stratejiler ise daha iyi depolama ve ulaştırma seçeneklerini seçmek olacaktır. Bazı taşıma firmalarında doldurulması gereken minimum

ağırlık miktarı bulunmaktadır; bu tür firmalar ile çalışmak yerine böyle kısıtları olmayan firmalara yönelmek ve özel depolama olanaklarını kullanmak buna örnek olarak verilebilir. Hizmeti maksimize eden amaçta ise, ürünün temin edilebilirliği maksimum olurken siparişe cevap verme hızı minimum düzeydedir. Bu stratejiyi destekleyecek lojistik ağ, daha çok depoya, perakende depolarında daha çok ürün karışımını sağlamaya ve kaliteli ulaştırma hizmeti sunmaya gereksinim duyacaktır.

### 2.2.3 Lojistik Ürün

Lojistik ürünün, lojistik boru hattından akan bir ticari mal olduğunu anlamak oldukça önemlidir. Lojistik sistemin türü, hangi özelliklere sahip ürün olduğuna (ürünün hangi pazara yönelik olduğunun anlaşılması gibi), ürünün önemine, karakteristiklerine ve paketleme yapısına göre değişiklik gösterir.

#### 2.2.3.1 Ürünün Pazarı

Bu ayrım, bir ürünün son pazarına göre yapılır. Firmalar veya kişiler tarafından satın alınan ürünler, başka mallar veya hizmetler yaratmak için kullanılıyorsa endüstriyel ürünler adını alır. Buna örnek olarak makine aletleri ve diğer başlıca mamul ürünlerin montaja hazır parçaları verilebilir. Yerinde servis hizmeti veya hızlı ve karşılamaya hazır satış-sonrası hizmetler bu tür ürünlerde çoğu kez önemlidir. Eğer ürünler doğrudan bireyler tarafından kullanılıyorsa bu kullanıcılara son kullanıcı bu tür ürünlere ise tüketici ürünleri adı verilir. Tüketici ürünlerini daha ayrıntılı sınıflandırmak gerekirse rahatlık, alış-veriş ve özellikli ürünler olarak sıralanabilir. Rahatlık ürünleri doğrudan, hemen ve sık sık alınan çok az karşılaştırma yapılan ürünlerdir. Örneğin, otomatik yiyecek satın alınabilen makinelerden yapılan alışverişler, marketlerde kasanın hemen yanında bulunan şeyler ve “Seven Eleven” gibi mağazalarda bulunabilen mal kalemleridir. Bu tür ürünler geniş dağıtım ağlarına gereksinim duyarlar, ürünün temin edilebilirliği ve rahat ulaşılabilmesi önemlidir. Alışveriş ürünleri diğer bir deyişle fiyatlarını, kalitelerini ve performanslarını karşılaştırdıktan sonra aldığımız ürünlerdir. Tüketiciler bu tür ürünleri almadan önce ürün araştırmalarını okurlar, arkadaşlarına danışırlar ve hatta ürünü almadan önce test etmek, ürüne dokunmak daha sonra almak isterler. Bu tür ürünlere örnek olarak müzik seti, otomobil, mobilya ve çeşitli cihazlar verilebilir. Bu tür ürünlerde depolama noktasının sayısı ve elde stok tutma oranı oldukça düşüktür. Sadece vitrinde sergilenecek ürünler ve maketler elde tutulur. Özellikli ürünler ise tüketiciler bu tür ürünler için karar vermek ve satın almak için ciddi miktarda zaman harcarlar. Bu ürünlerde marka tercihi ön plandadır. Bu tür ürünlere örnek olarak ise lüks

otomobiller ve özel ev mobilyaları verilebilir. Bu tür durumların çoğunda sadece katalog üzerinde tanıtıcı bilgiler bulunur ve siparişe göre bu ürünler temin edilir.

### 2.2.3.2 Ürünün Önemi

Bu ürünün firma için olan değerini belirtir. Burada değer gelire, kârlılığa veya ürünün katkısına göre tanımlanabilir. Birçok firma bazı ürünlerinden diğerlerine göre hep daha fazla gelir veya kârlılık elde eder. Bu tür ürünler A kalemi olarak sınıflandırılır. Genel olarak A kalemini oluşturan ürünler tüm ürünlerin %20'sini oluştururken gelire %70 – %80 katkıda bulunurlar. B kalemini oluşturan ürünler ise tüm ürünlerin %30'unu oluştururken gelire katkısı %10 – %20 düzeyindedir. Son olarak C kalemi, ürünlerin %50'sini oluşturur ve sadece gelire %10 katkıda bulunur. ABC sınıflandırması envanter kontrolünde, depolardaki stokta ve dağıtım planlamasında son derece yaygın olarak kullanılır. A kalemi geniş dağıtım yapısına ve yüksek stok sağlanabilirliğine, depoda elleçleme makinelerinin yakınına yerleştirilmeye ve stok kontrolünün sık ve sıkı olarak yapılmasına gereksinim duyar. C kalemi ise tamamen zıt bir şekilde sınırlı dağıtım kanallarına ve düşük stok düzeylerine, depoda elleçleme makinelerinin uzağına yerleştirilmeye ve envanter kontrolünün sık ve sıkı olmadan yapılmasına ihtiyaç duyar. B kalemini oluşturan ürünler ise A ve B kalemlerinin ortasında bulunur.

### 2.2.3.3 Ürün Karakteristiği

Bir ürünün önemli karakteristikleri yoğunluk, değer/ağırlık oranı, yerine konulabilirlik ve ürünün risk durumudur. Yoğunluk depolama ve ulaştırma kapasitesinin tayini bakımından çok önemli rol oynamaktadır. Düşük yoğunluklu ürünlerin depolanmasında ve taşınmasında ağırlık kapasitesinden önce hacim kapasitesi göz önüne alınır. Eğer ağır ürünler söz konusu ise ağırlık kapasitesi hacim kapasitesinin önünde yer alır. Genel olarak, ulaştırma değeri ağırlık, ve depolama değeri ise hacim ve paha birimleri ile ölçülür. Bu yüzden normal olmayan düşük değerlerden sakınmak amacıyla, taşıyıcılar tarafından, ulaştırmada çok hafif ürünler, depolamada ise çok ağır ürünler için minimum yükleme koşulu konmuştur. Paha/ağırlık oranı ulaştırma ve depolama oranları üzerinde etkilidir. Genel olarak, paha/ağırlık oranı artarsa depolama oranı da artar ve ulaştırma oranı düşer. Yoğunluk ve paha/ağırlık oranının ulaştırma ve depolama maliyetleri üzerinde etkisinin olması lojistik sistem tasarımı üzerinde de etkilerin oluşmasına yol açar.



Yerine konulabilirlik, müşterilerin almak istedikleri model yoksa bir diğerini alabilecekleri durumlar için geçerlidir. Her zaman ürünlerin yüksek oranla yerine yenisinin konulabilmesi için, yüksek envanter düzeylerinin tutturulması ve zamanında tekrar stoklama ile güvenilir ulaştırmanın kullanılması gerekmektedir; aksi halde satışlar düşecektir. Ürün ile ilgili riskler, kolay bozulabilirlik, tehlike oluşturmak ve hırsızlığa maruz kalmaktır. Kolay bozulabilir ürünler sıkı envanter kontrolünün yanı sıra soğutulmuş ulaştırma ve depolama koşullarına ihtiyaç duyarlar. Kirletici ve patlayıcı ürünlerin, ısı kontrolü, üst üste koyma, diğer mallarla saklama ve elleçleme ile ilgili kısıtları vardır. Küçük mal kalemleri ise, kolayca çalınabildiği için sık stok kontrolü ve yüksek güvenlik koşullarına ihtiyaç duyarlar.

#### 2.2.3.4 Ürün Paketlemesi

Ürünler koruma ve satış promosyonlarına yönelik olarak paketlenir. Paketleme bu amaçların yanı sıra depolama, elleçleme ve ulaştırma eylemlerini kolaylaştırmak için de yapılır. Paketleme türünün depolama, elleçleme ve ulaştırma alternatifleri üzerinde etkili olması ile birlikte depolama, elleçleme, ulaştırma, paket ve zarar maliyetleri üzerinde de etkiye sahiptir.

### 2.3 SAFHA 2: VERİ ANALİZİ

İkinci safha veri toplanma ile ilgilidir. Bu bölüm gerekli verilerin tanımlanması, veri kaynakları, kullanılabilir verinin yeterliliği ve doğruluğunun analizi, veri toplama, ilave veri toplamak için metodolojiler geliştirme, mevcut olmayan veriler için tahminler geliştirmek v.b. gibi aşamaları içerir. Veri gereksinimleri projenin karakterine, veri kaynakları ise veri ihtiyaçlarına göre değişiklik gösterir. Örneğin, satıcı seçimi üzerine olan bir problemde satıcıların yerleri, satıcı kapasitesi, satış fiyatı, kalite, yükleme miktarı, gecikme zamanı, satış sonrası hizmetler, tarz ve ulaştırmanın maliyeti v.b. gibi verilere ihtiyaç duyulur. İlgili veri kaynakları satıcılar, taşıyıcılar ve önceki satıcı performansları olabilir. Depo yerleri seçimi ile ilgili bir problemde gerekli olacak veriler şunlardır: yer maliyeti, inşaat maliyeti, yer değiştirme maliyeti, depolama gereksinimleri, malzeme kaynaklarına olan uzaklık, ulaştırma alternatifleri ve maliyetleri, istenilen hizmet düzeyi v.b. Ayrıca veri kaynakları pazar talep veritabanı, oran çizelgeleri, Ticaret Odası v.b. olabilir.

Öncelikle veri kaynakları tanımlanırken verinin yeterliliğinin ve doğruluğunun analizi çok önemlidir. Yeterliliğin iki boyutu vardır: eksiksizlik (tamamlık) ve örnek boyutu. Bir kere veri akışı tamamlandığında belirli günlere veya aylara ait eksik verinin bulunmaması gerekir. Bazı



veri özellikleri eksikse veri tamamlanmamış demektir. Buradaki “özellik” terimi verinin çeşitli parçalarını işaret eder. Örneğin, yük için gerekli olan günlük talep verisi tarih, ağırlık ve hacmi içermelidir; ağırlık veya hacim tek başına yeterli değildir. “Örnek büyüklüğü” terimi ise analizin istenilen doğrulukta gerçekleşmesi için gerekli olan veri noktası adedini belirtir. Veri doğruluğu elde edilen verilerin ne kadar güvenilir olduğudur. Verilerin doğruluğu, kabul edilebilir aralığın dışındaki çok büyük veya küçük değerlerin taranması sonucunda onaylanabilir. Aynı veri ögesi için iki veya daha fazla kaynak kullanılarak yapılacak olan veri kıyaslaması da veri doğruluğunu onaylamak için yardımcı olabilir. İki veya daha fazla bağımlı veri ögesinin değeri ilişkili değildir hatta doğru olmayan veriyi göstermektedir. Bu en iyi şekilde Örnek 2.1’de açıklanmıştır.

### Örnek 2.1

A pazarı için üç günlük yük talep verisi aşağıdaki gibidir.

| <i>Tarih</i> | <i>Ticari mal</i> | <i>Ağırlık (lb)</i> | <i>Hacim (ft<sup>3</sup>)</i> |
|--------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1 Ocak 1997  | 1                 | 200                 | 10                            |
| 2 Ocak 1997  | 2                 | 400                 | 40                            |
| 3 Ocak 1997  | 1                 | 300                 | 10                            |

Açıkça görüldüğü gibi 1 Ocak ve 3 Ocak verileri ile ilgili bir problem var. Her iki tarihte de yükleme, 1 malı için yapılmış fakat ağırlıklar ve hacimler ilişkili değildir.

Veri toplama, problemi, yönetilebilir büyüklüğe indirmesi bakımından yararlıdır. Lojistik sistem analizinde birkaç yer tek yer olarak veya benzer ürün grupları bir aile olarak toplanmalıdır. Gruplandırma normal olarak belirli karakteristikler baz alınarak yapılır. Ürünlerin gruplandırılması ağırlık, hacim, zarar görme veya riske maruz kalma gibi ürün karakteristiklerindeki benzerliğe dayanarak yapılır. Bir kere gruplandırma yapıldıktan sonra, aynı grupta yer alan ürünlere benzer elleçleme, depolama veya ulaştırma usulleri uygulanır. Mevcut olmayan veya eksik olan veriler için tahmin yürütülürken uzman görüşü alınabilir, basit interpolasyon (değer kestirimi) veya karmaşık yapıları basitleştiren tahmin metotları kullanılabilir. Belirli durumlarda, fonksiyonlar, veri elemanları arasındaki ilişkileri göstermek, zaman içindeki veri değişimlerini yakalamak ve veri ile birleşmiş olan belirsizlikleri anlamak için geliştirilirler.

### 2.3.1 Veri Toplama

Veri mevcut değilse veri toplamaya başlamak için metotlar ve sistemler geliştirmek gerekir. Veri toplama, basit ve gelişmiş toplama yöntemlerinden veritabanına bilgi girişine kadar çeşitlilikler gösterir. Veri toplama metodu çeşitleri verinin büyüklüğüne, bilgi teknolojileri düzeyine ve veri toplamaya ayrılan bütçenin sınırlarına göre değişiklik gösterir. Verilerin kodlanması veri toplamasını ve analizini kolaylaştırır. Örnek 2.2 veri kodlamayı göstermektedir.

#### Örnek 2.2

ABC Havayolları Avrupa içine yük taşıma işindedir. Firma çeşitli şehirlere, farklı türdeki malları taşımakta ve müşterilerine değişen hizmet düzeylerinde servis sunmaktadır. Firma için uygun olan kodlama şeması aşağıdaki gibi olabilir.

| <i>Hizmet düzeyi türü</i> | <i>Hizmet düzeyi kodu</i> | <i>Ticari mal türü</i> | <i>Ticari mal kodu</i> |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| Aynı gün                  | SMD                       | Bozulabilir            | SCR                    |
| Sonraki gün               | NXD                       | Genel                  | GEN                    |
| Geceleyin                 | OVN                       | Ekspres                | EXP                    |

Şehir kodları standart üç karakterli havaalanı kodları (örneğin, Frankfurt için FRA ve Londra Heathrow için LHR) ile aynı olmalıdır.

### 2.3.2 Örnek Boyutu

Lojistik analizden elde edilen sonuçların geçerliliğinin sınanması örnek boyutu ve analizde kullanılan veri noktalarının sayısına bağlıdır. Örnek boyutunun artması arzu edilen doğruluk düzeyi, güven düzeyi ve veri içindeki değişkenliğe bağlıdır. Doğruluk düzeyi, tahminin gerçek değerden ne kadar saptığını tanımlar. Eğer verinin değişkenliği deneyden önce bilinemiyorsa, tahmin etmek için kabul edilebilir büyüklükte bir örnek kullanmak gerekir (30'dan büyük). Ayrıca eğer bizim amacımız veriyi, kesin değişkenin ortalamasını hesaplamak için kullanmaksa, aşağıdaki formül örnek boyutu  $n$ 'i hesaplamak için kullanılabilir:

$$n = \left( \frac{sZ_{\alpha/2}}{e} \right)^2 \quad (2.1)$$

Burada;

- $s$  :nüfus değişimi veya tahmini;  
 $e$  :istenen doğruluk;  
 $1-\alpha$  :güven düzeyi;  
 $Z_{\alpha/2}$  :standart normal tesadüfi değişken.

İstenen doğruluk, göreceli doğruluğun fonksiyonu ve ortalamanın hesaplanması olarak da açıklanabilir. Başlangıç örneğinin ( $n > 30$ ) ortalaması 25 ve ortalama istenen göreceli doğruluk %10 olsun. Bu durumda istenen doğruluk  $(25 \times 0.1) = 2.5$  olur. Burada örnek boyutu aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$n = \left( \frac{sZ_{\alpha/2}}{AX} \right)^2 \quad (2.2)$$

Burada;

- $A$  :bağıl doğruluk;  
 $X$  :örnek ortalamasıdır.

Denklemin (2.2) kullanımı Örnek 2.3’de gösterilmiştir.

---

### Örnek 2.3

LMT Ulaştırma şirketi günlük hizmet performansını, müşterilerine söz verilen iki saat içerisinde yükledikleri malın yüzdesini baz alarak ölçmektedirler. Aşağıda verilen verileri kullanarak ortalama hizmet güvenilirliği performansını hesaplamak için gerekli olan örnek boyutunu saptayınız:  $s = 0.3$ ,  $e = 0.05$ , ve  $1 - \alpha = 0.95$ . Buradan  $\alpha/2 = 0.025$  ve, standart normal çizelgelerden,  $Z_{\alpha/2} = 1.96$ . Böylece, denklemden (2.1)

$$n = \left( \frac{0.3 \times 1.96}{0.05} \right)^2 \approx 138$$


---

Bazen mevcut olan veri noktaları sayısının, verilen güven düzeyi ve doğruluk için yeterli olup olmadığı öğrenilmek istenebilir. Bu durumda kabul edilebilir varyans (değişim),  $S_{ac}$ , aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$S_{ac} = \frac{en^{1/2}}{Z_{\alpha/2}} \quad (2.3)$$

Veriden güncel varyans hesaplanır. Eğer güncel varyans kabul edilebilir varyanstan küçük veya eşit ise o zaman örnek boyutu yeterlidir.

### 2.3.3 Uç Değer Elemesi

Uç değerler normal veriler tarafından temsil edilmeyen veri noktalarıdır. Örnek olarak bir kerelik büyük ve çok hafif yükleme, özel bir yükleme için çok yüksek fiyat, Noel dönemindeki demiryolu performans istatistikleri v.b. Eğer bir büyük ve hafif yüklemenin ortalama yükleme yoğunluğu hesaplanmak istenirse yoğunluğun düştüğü görülecektir. Aynı şekilde bir özel yükleme için çok yüksek fiyat kullanılırsa ortalama fiyatın arttığı görülecektir. Verilerdeki uç değer iki basit metot kullanılarak gösterilebilir: yüzdeler metot ve değer tabanlı metot. Yüzdeler metotta yukarıdaki ve aşağıdaki kesin veri yüzde değerleri elenir. Örneğin, tüm veri noktalarındaki yoğunluk değeri yüzde 5'den az ve yüzde 95'den çok ise bunlar uç değer olarak tanımlanır ve elenir. Bu metodun zayıf yönü bazıları uç değer olmasa bile %10'luk verinin elenecek olmasıdır. Değer tabanlı metotta ise veri noktalarından, belirlenmiş değerin altındaki değerler ve belirlenmiş değerin üstündeki değerler çıkartılır. Örnek olarak, 0.1 lbs/ft<sup>3</sup>'den küçük ve 30 lbs/ft<sup>3</sup>'den büyük tüm yoğunluk değerlerinin dışlanması verilebilir. Bu metotta kesilen değerlerin belirlenmesine ve bilinmesine ihtiyaç vardır.

### 2.3.4 Veri Toplama

Taşıt kümeleme metodları, yaygın olarak, problemin boyutunu küçültmek için benzer ürünleri veya yerleri gruplamada kullanılır. Bir benzerlik ölçütünün tanımlanması için belirli nitelikler kullanılmalıdır. Ürünlerdeki benzerliği ifade ederken boyut, şekil, renk, ağırlık ve yoğunluk gibi terimlerin kullanılması buna örnek olarak verilebilir.

#### 2.3.4.1 Benzerlik Ölçütleri

Benzerlik ölçütlerinin farkların ölçümüne dayanarak tanımı, aşağıdaki örnekte ürünler kullanılarak açıklanmıştır. Her bir  $j$  ürünü  $n$  boyutlu nitelik değerleri kümesine  $X_{j1}, X_{j2}, X_{j3}, \dots, X_{jn-1}, X_{jn}$  atanabilir.  $j$  ve  $k$  gibi iki ürün arasındaki benzerlik Minkowski farklılık ölçümü yardımıyla aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$d_{jk} = \left[ \sum_{p=1}^n |X_{jp} - X_{kp}|^r \right]^{1/r} \quad (2.4)$$

burada  $r$  pozitif tam sayıdır.  $r = 1$  için denklem (2.4) mutlak ölçü ve  $r = 2$  için Öklidiyen ölçü olarak bilinir. Ağırlıklı Minkowski ölçütü ve Hamming farklılık ölçütü gibi farklılık ölçütünün başka tanımları da vardır. Örnek 2.4 bu konunun uygulamasını içermektedir.

#### 2.3.4.2 Kümelenme Metotları

Kümelenme, benzer mal kalemlerini bir araya toplamak anlamında çeşitli istatistiksel ve matematiksel modellerde kullanılan genel bir terimdir. Yaygın olarak kullanılan kümelenme metotları: tek bağlanım kümelenmesi, ortalama bağlanım kümelenmesi, eksiksiz bağlanım kümelenmesi ve doğrusal hücre kümelenmesi. Tüm metotlarda kullanılan temel adımlar büyük oranda benzerlik gösterir (Singh ve Rajamani, 1996). Bütün bağlanım kümelenme algoritması bu bölümde gösterilmiştir.

Adım 1: nihai hale gelmiş grup adedi seçilir. Herhangi bir farklılık ölçüsü kullanılarak çeşitli ürünler arasındaki benzerlik matrisi hesaplanır. Başlangıçta her ürünün farklı grupta yer aldığı varsayılır.

Adım 2: farklılık ölçüsü içinde yer alan maksimum değer (maksimum benzerlik anlamında) bulunur. İki grup ( $j$  ve  $k$ ) birleştirilir ve bu yeni grupla ( $t$ ) uyuşacak yeni değer bulunur. Yeni grup ile diğer gruplar arasındaki benzerlikler tekrar hesaplanır (bir grubun sadece bir ürün veya çeşitli ürünleri içereceği unutulmamalıdır).  $t$  grubu ve  $s$  grubu arasındaki benzerlik minimum  $\{\text{benzerlik}(l, m)\}$   $l \in t$  ve  $m \in s$  (maksimum  $\{\text{benzerlik}(l, m)\}$  tek bağlanım kümelenmesi metoduna göre). Matristen  $j$  ve  $k$  grupları kaldırılır.

Adım 3: istenen miktarda grup sayısına ulaşıldığında matris sonlandırılır aksi halde adım 2 tekrarlanır. Açıklaması Örnek 2.5'de gösterilmiştir.

### Örnek 2.4

Bir firma ürünlerini tanımlamak için ağırlık, yoğunluk, uzunluk ve genişliği kullanmaktadır. Dört ürün için veri özellikleri 0'dan 10'a kadar sayısal olarak aşağıdaki gibi ölçeklendirilmiştir. Parçalar arasındaki mutlak farklılık ölçüsünü hesaplayınız.

| Ürün | Ağırlık | Yoğunluk | Uzunluk | Genişlik |
|------|---------|----------|---------|----------|
| 1    | 4       | 2        | 6       | 7        |
| 2    | 7       | 5        | 11      | 6        |
| 3    | 5       | 3        | 7       | 6        |
| 4    | 8       | 6        | 12      | 8        |

Ağırlık, yoğunluk, uzunluk, genişlik sırasıyla 1, 2, 3, 4 ürünlerinin özelliği olsun. 1 ve 2 ürünleri için mutlak Minkowski ölçüsü aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= |X_{11} - X_{21}| + |X_{12} - X_{22}| + |X_{13} - X_{23}| + |X_{14} - X_{24}| \\
 &= |4 - 7| + |2 - 5| + |6 - 11| + |7 - 6| \\
 &= 3 + 3 + 5 + 1 = 12
 \end{aligned}$$

Aynı şekilde, diğer tüm ürünler ile farklılık ölçüsü arasındaki hesaplama ve sonucu gösteren matris aşağıda gösterilmiştir. Matris simetriktir ve bu yüzden üst ve alt üçgen matrisine odaklanmak yeterlidir. İki ürün arasındaki fark ne kadar küçükse benzerlik de o kadar büyüktür.

| Ürün | 1  | 2  | 3  | 4  |
|------|----|----|----|----|
| 1    | 0  | 12 | 4  | 15 |
| 2    | 12 | 0  | 8  | 5  |
| 3    | 4  | 8  | 0  | 13 |
| 4    | 15 | 5  | 13 | 0  |

### 2.3.5 Mevcut Olmayan veya Eksik Verinin Hesaplanması

Veri akışı esnasındaki eksik veri, interpolasyon metotları kullanılarak hesaplanabilir. Doğrusal interpolasyon doğru sonuç için yeterli olacaktır. Örneğin, eğer Eylül ve Kasım ayları için talep değeri 200 ve 240 ise Ekim ayı için talep değeri 220 olarak hesaplanabilir. Veri akışının fonksiyonel biçimi, eksik değerlerin doğrusal–olmayan interpolasyonuna gereksinim duyar. Bu, doğrusal–olmayan regresyon modelleri yardımı ile çözülebilir.

Mevcut olmayan veri çoğunlukla geleceğe ait bilgiler ile ilgilidir. Genel olarak bunlar tahmin metotları kullanılarak hesaplanır. Burada tahmin için regresyon bazlı modeller ve ‘rezervasyon tahmini’ (booking profile forecasting) olarak bilinen ve genellikle havayolu endüstrisinde yaygın olarak kullanılan metot üzerinde durulacaktır.

### Örnek 2.5

Aşağıdaki benzerlik değerlerine sahip beş ürün tek bağlantım kümelenmesi kullanılarak iki gruba ayrılmıştır.

| Ürün | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1    | –   | 0.2 | 0.5 | 1   | 0.8 |
| 2    | 0.2 | –   | 0.4 | 0.7 | 0.6 |
| 3    | 0.5 | 0.4 | –   | 0.3 | 0.9 |
| 4    | 1   | 0.7 | 0.3 | –   | 0.5 |
| 5    | 0.8 | 0.6 | 0.9 | 0.5 | –   |

Adım 1: benzerlik matrisi zaten önceden verilmiş. Her ürünün bir grup olduğu varsayılır.

İstenilen son grup sayısı iki olarak belirtilmiş.

Adım 2: matris içindeki maksimum değer 1 ve 1 ile 4 ürünleri arasında bir benzerlikten kaynaklanan uyumun var olduğu göze çarpıyor. 1 ve 4 yeni bir grupta (1 4) bir araya getirilir. Geri kalan tüm gruplar ile 1 4 grubu arasındaki benzerlik hesaplanır. Benzerlik  $(1\ 4, 2) = \min \{benzerlik(1,2), benzerlik(4,2)\} = \min \{0.2, 0.7\} = 0.2$ . Benzer şekilde diğer yeni benzerlik değerleri hesaplanır. 1 ve 4 grupları bırakılır. Yeni matris aşağıdaki gibidir.



| Grup | 1 4 | 2   | 3   | 5   |
|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 4  | –   | 0.2 | 0.3 | 0.5 |
| 2    | 0.2 | –   | 0.4 | 0.6 |
| 3    | 0.3 | 0.4 | –   | 0.9 |
| 5    | 0.5 | 0.6 | 0.9 | –   |

Grup sayısı, arzu edilen grup sayısına eşit değilse, adım 2 tekrarlanır. Matristeki en büyük değer 0.9, bu da 3. ve 5. grup ile uyushmaktadır. İkisi 3 5 grubu olacak şekilde birleştirilir. Benzerlik değerleri tekrar hesaplanır. 3 ve 5 grupları düşer onların yerine 3 5 grubu dahil olur. Yeni benzerlik matrisi aşağıdaki gibidir.

| Grup | 1 4 | 2   | 3 5 |
|------|-----|-----|-----|
| 1 4  | –   | 0.7 | 0.3 |
| 2    | 0.7 | –   | 0.4 |
| 3 5  | 0.3 | 0.4 | –   |

İkinci adımın tekrarlanması yeni bir grup kazandırdı, 1 4 2, ve toplam grup sayısı ikiye ininceye kadar devam etmek gerekir. Sonuç grubu  $\{1,4,2\}$  ve  $\{3,5\}$ .

### 2.3.5.1 Regresyon Modelleri

Regresyon modelleri, değişken tahmininde bulunmak için fonksiyon tanımlarlar ve buradaki değişkenler tahminlerde bulunmak için sevk edici olurlar. Tahmin bağımlı değişken ve sevk ediciler veya nedensel değişkenler ise bağımsız değişkendir. Tahmin edilmiş değişken üzerindeki tarihsel veriler ve türü tanımlamak için kullanılmış olan sevk ediciler regresyon modelin parametreleridir. Eğer bağımsız değişken sayısı bir tane ise basit regresyon, birden fazla ise de çoklu regresyon adını alır. Örneğin, motor talebi otomobil sayısına bağlıdır (basit). Özel bir otomobil markasına olan talep istihdam oranına, endüstriyel büyüme oranına, fiyata, kaliteye, rekabete ve reklamcılığa bağlı olabilir. Bağımsız değişken(ler) ve bağımlı değişken arasındaki ilişki doğrusal veya doğrusal–olmayan bir yapıda bulunabilir.

Regresyon modellerini geliştirirken birinci adım nedensel değişkenin(lerin) tanımlanmasıdır. Bu, tecrübe, yargı ve uzmanların görüşlerinin alınması ile gerçekleştirilir. Sonraki adım bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait önceki verilerin toplanmasıdır. Üçüncü adım ise

fonksiyonel ilişkileri tanımlamak (doğrusal, üssel veya polinom) ve bir araya getirmektir. Son adımda regresyon modelinin parametreleri tanımlanır. Çizelge 2.1’de birkaç regresyon model türünün işlevsel biçimi gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Regresyon modellerinin fonksiyonel biçimleri

| Form             | Model                        | Bağımlı değişken | Bağımsız değişken | Parametreler |
|------------------|------------------------------|------------------|-------------------|--------------|
| Basit doğrusal   | $Y = aX + b$                 | $Y$              | $X$               | $a, b$       |
| Çoklu doğrusal   | $Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + d$ | $Y$              | $X_1 + X_2 + X_3$ | $a, b, c, d$ |
| Üssel            | $Y = \exp(a + bX)$           | $Y$              | $X$               | $a, b$       |
| Doğrusal-olmayan | $Y = ab^x$                   | $Y$              | $X$               | $a, b$       |

Üssel ve doğrusal-olmayan regresyon modelleri, her iki tarafın logaritması alınarak doğrusal modele dönüştürülebilir. Parametrelerin değerlerini hesaplama metotları herhangi bir standart istatistik kitabında bulunabilir. Bunun yanı sıra regresyon analizlerinden verimli sonuç almak için istatistik yazılım paketlerinden (SAS, BMDP, SPSS) de faydalanılabilir. Birçok yazılım paketi hem doğrusal hem de doğrusal-olmayan regresyon modellerini çözebilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvetini belirleyen korelasyon kat sayısını ölçmek modelin “iyiliği” açısından önemlidir. 1 değeri, yüksek pozitif korelasyonu ve -1 mükemmel negatif korelasyonu gösterir. Bunun uygulaması Örnek 2.6’da gösterilmiştir.

### Örnek 2.6

Aşağıda verilen geçmiş yedi ayın oranlarını göz önüne alarak firmanın müşteri memnuniyet değerlendirmesini basit regresyon modeli geliştirerek hesaplayınız.

|      |      |      |      |     |     |      |     |
|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|
| Ay   | 1    | 2    | 3    | 4   | 5   | 6    | 7   |
| Oran | 1.76 | 2.12 | 2.35 | 2.8 | 3.2 | 3.75 | 3.8 |

$Y$  oranı,  $X$  ayı ve  $j$  verinin dizinini gösterisin. Regresyon modeli  $Y = a + bX$  olsun.  $a$ ,  $b$  ve  $\gamma$  korelasyon katsayısını hesaplayacak formül aşağıdaki gibidir:

$$b = \frac{n \sum X_j Y_j - \sum X_j \sum Y_j}{n \sum Y_j - (\sum Y_j)^2}$$

$a = Xbar - bYbar$  ( $Xbar$   $X$  değerlerinin ortalamasıdır)

$$\gamma = \frac{[n \sum X_j Y_j - \sum X_j \sum Y_j]}{[n \sum Y_j - (\sum Y_j)^2]^{1/2} [n \sum X_j - (\sum X_j)^2]^{1/2}}$$

(2.5) – (2.7) denklemleri kullanılarak  $a$  ve  $b$ 'nin değeri 1.3641 ve 0.3654 bulunur. Aşağıdaki regresyon modeli  $X$  ve  $Y$  arasında son derece yüksek pozitif ilişkiler olduğunu göstermektedir:

$$Y = 1.3641 + 0.3654X$$


---

### 2.3.5.2 Rezervasyon Tahmini

Bu metot kısa-periyotlu talep tahmini diye adlandırılan güncel talepten birkaç gün veya hafta önce yer alacak siparişler veya rezervasyon durumları için kullanışlıdır. Özellikle havayolu sektöründe olmak üzere, ulaştırma endüstrisinde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Hendricks ve Kasilingam, 1993). Rezervasyon ve sipariş bilgisinin mevcut olduğu durumlarda kolaylıkla kullanılabilir. Metot önceki rezervasyon verisi ve şimdiki rezervasyon bilgisini kullanmaktadır. İki tür rezervasyon metodu bulunmaktadır: oran metodu ve artan metot. Her iki durumda da birinci adım rezervasyon bilgisini oluşturmaktır. Bu adım çeşitli ilgili rezervasyonlardan alınan verilerin bir araya getirilmesi ile yapılır. Geçmiş haftalara ait rezervasyon verilerinin uç değerlerden ayıklandıktan sonra ortalama değerin oluşturulması buna örnek olarak verilebilir. Eğer rezervasyon veya sipariş davranışı talebin olduğu haftadaki bir güne bağlı ise – Perşembeye ait rezervasyon bilgisi, geçmiş Perşembelere ait rezervasyon verisinin ile oluşturulur – talep ortalanmalıdır. Oran metodu, talebin gerçek gününden önceki belirli günde rezerve edilen talebin yüzdesini gösterir. Havayolu terminolojisinde bu ‘veri okuma günü’ (reading day) olarak bilinir. Veri okuma günü 3, uçuştan 3 gün önce anlamına gelmektedir. Artan metot ise veri okuma günü ile gidiş günü arasında yer alacak ilave rezervasyonları gösterir. İkinci adımda ise tahmini elde etmek için geçmiş ve şimdiki rezervasyon bilgisi birleştirilir.

Örnek 2.7 ve 2.8’de bu süreçler ile ilgili basit alıştırmalar gösterilmiştir.

**Örnek 2.7**

Londra'dan Frankfurt'a gidecek 732 numaralı uçuşa ait yük rezervasyon verileri aşağıda verilmiştir. 13 Ocak 2002'de gerçekleşecek uçuş için veri okuma günü 3'de (10 Ocak 2002) 630 lb yer ayrılmıştır.

| <i>Kalkış tarihi</i> / <i>Veri okuma günü</i> | 0    | 1    | 2    | 3   | 4   | 5   | 6   |
|-----------------------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 13 Ocak 2002                                  | 1900 | 1330 | 930  | 630 | 430 | 230 | 150 |
| 20 Ocak 2002                                  | 2000 | 1400 | 1000 | 600 | 500 | 300 | 200 |

Bu uçuş için oran ve artan metotlarını kullanınız. Her iki veri noktası da Pazartesiye uymalıdır.

**2.3.5.3 Oran Rezervasyon Metodu**

İlk olarak rezervasyon verisi, değerlerin yığışımli (kümülatif) yüzdesine dönüştürülmelidir. İki gün için rezervasyon verisinin yığışımli yüzdesi aşağıdaki gibidir (örneğin, 20 Ocak 2002 için %50 (1000 / 2000) veri okuma günü 3 tarafından ayrılmıştır).

| <i>Kalkış tarihi</i> / <i>Veri okuma günü</i> | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |
|-----------------------------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|
| 13 Ocak                                       | 100 | 70 | 49 | 33 | 23 | 12 | 8  |
| 20 Ocak                                       | 100 | 70 | 50 | 30 | 25 | 15 | 10 |

Her ikisinin de veri noktalarını (uç değerler değil) temsil ettiğini farz edelim; bu iki veri noktasının ortalaması aşağıdaki oran rezervasyon bilgisini verir.

| Veri okuma günü | 0   | 1  | 2    | 3    | 4  | 5    | 6 |
|-----------------|-----|----|------|------|----|------|---|
| Ortalama        | 100 | 70 | 49.5 | 31.5 | 24 | 13.5 | 9 |

**2.3.5.4 Artan Rezervasyon Metodu**

Öncelikle rezervasyon verisi artan rezervasyon bilgisine çevrilir. Artan rezervasyon, kalkış günü ile veri okuma günü arasında verilen ilave rezervasyon ile ilgilidir. Örneğin, 20 Ocak 2002 için veri okuma günü 3 ile kalkış günü arasındaki ilave rezervasyon  $2000 - 600 = 1400$  dür.

| <i>Kalkış tarihi / Veri okuma günü</i> | 0 | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|----------------------------------------|---|-----|------|------|------|------|------|
| 13 Ocak 2002                           | 0 | 570 | 970  | 1270 | 1470 | 1670 | 1750 |
| 20 Ocak 2002                           | 0 | 600 | 1000 | 1400 | 1500 | 1700 | 1800 |

Her ikisinin de veri noktalarını (uç değerler değil) temsil ettiğini farz edelim; bu iki veri noktasının ortalaması aşağıdaki artan rezervasyon bilgisini verir.

| Veri okuma günü | 0 | 1   | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    |
|-----------------|---|-----|-----|------|------|------|------|
| Ortalama        | 0 | 585 | 985 | 1335 | 1485 | 1685 | 1775 |

### 2.3.6 Olasılık Dağılımı: Biçim ve Parametreler

Olasılık dağılımı, düşünce ve analiz etkisi altındaki lojistik sistem girdileri ile birlikte olan kesinlik içermeyen durumları göstermek için kullanılır. Limana yanaşan gemilerin ve alıcıların yerini ve sayısını saptamak için kamyonların varış zamanı, kamyonların yükleme ve indirme zamanları gibi gerekli olan esas verilerin tam olarak belirlenmesi pek mümkün değildir. Bu gibi durumlarda dağıtımlar, süreç içindeki değişkenlik yakalanarak geliştirilir. Burada veri akışını dağıtıma tahsis ederken, iki önemli konuya dikkat etmek gerekir. Birincisi biçim (normal, Poisson veya tekdüze) ve ikincisi ise parametrelerin (ortalama, değişim, şekil ve büyüklük parametreleri) değerleridir.

## 2.4 SAFHA 3: PROBLEMİN ANALİZİ

Bu safha, eldeki mevcut verinin veya toplanabilecek verinin ışığında problemin analizini içerir. Analiz aşamasının gerçekleştirilmesinin amacı alternatif tasarımlar geliştirmek, en iyi tasarımı seçmek veya istenilen kriterlere uyan alternatifleri belirlemektir. Analiz türleri basit hesap çizelgesinden karmaşık optimizasyon modellerine kadar uzanır. Benzer şekilde analizi çözmede kullanılan araçlar, basit hesap çizelgesinden karmaşık yöneylem araştırması modellerine kadar uzanır. Bazı analizler mevcut yazılım paketleri ile çözümlenebilirken diğerleri yeni modeller, algoritmalar veya yazılımlar geliştirmeye ihtiyaç duyabilir. Bu bölümde lojistik problemlerini çözmeye yarayan araçların üst düzey tanımlamaları yapılmaktadır.

### 2.4.1 Matematiksel Modeller

Matematiksel modeller doğrusal, tam sayılı ve doğrusal–olmayan programlama modelleri olabilir. Bu tür modeller genel olarak bir amaç fonksiyonu ve kısıtlar kümesinden oluşmuştur. Örneğin, bir depo yeri seçimi probleminde model, seyahat mesafesini, mevcut yer sayısı, bütçe ve yerleştirilebilecek maksimum sayıdaki depo gibi kısıtlar altında minimize etmeye çalışır. Matematiksel modelde yer alan karar değişkenleri sürekli değişkenler (depolanan yakıt miktarı), tam sayılar (taşınan araç sayısı) veya ikili tam sayılar (depo yerleştirelim mi? yoksa yerleştirmeyelim mi?) olabilir. Modelin amaç fonksiyonu ve/veya bir veya daha çok kısıtı doğrusal olmayabilir.

Matematiksel modelleri kullanırken yapılan analizler modellemeyi ve çözümü içerir. Bazı durumlarda modeli etkin algoritmalar yardımı ile çözmek daha faydalı olabilir. Bazen ise bazı yaklaşık hesap işlemlerini kullanarak çözüme ulaşabiliriz. Matematiksel modelin (gerçek problemin değil) çözümünün optimum veya optimuma yakın olup olmadığına, modelin gerçek hayattaki halinin soyut temsili olduğu düşünülene kadar bakılmaz. Çözüm işlemlerinin verimi, hız ve doğruluk özelliklerine bakılarak ölçülür. Buradaki hız kavramı, model bilgisayar üzerinde çözülürken geçen zamanı doğruluk ise, sonucun optimumluğa yakınlığını nitelemektedir. Diğer verimliliğe ait özellikler de basitlik ve modelin kullanımının kolay anlaşılabilir olmasıdır.

### 2.4.2 Sezgisel Metotlar

Sezgisel metotlar yaygın olarak ulaştırma planlaması ve yer modellemesi alanlarında kullanılmaktadır. Kullanılan algoritmaların problemi çözemediği veya problemin büyüklüğü ve karmaşıklığı sebebi ile çözmek için çok uzun zaman gerektirdiği koşullar altında son derece kullanışlıdır. Sezgisel metotlar analitik çözüm metotlarındandır ve problemin veya problemi temsil eden modelin sezgisel olarak anlaşılması üzerine kurulmuştur. Genel olarak karar değişkenleri ve çeşitli kısıtlar ve amaç fonksiyonu arasındaki ilişkinin iyi anlaşılması, iyi sezgisel metotlar formüle etmek için gereklidir. Ayrıca sezgisel metotları geliştirmek için standart yaklaşımlar da mevcuttur. Bunlar yapı metotları, gelişme metotları ve yapı ve gelişme metotları olarak sınıflandırılabilir.

Yapı metotlarında kesin kuralları kullanarak amacı minimize veya maksimize eden çözümler geliştirirken, aynı zamanda kısıtlara uygunluktan da emin olmak gerekmektedir. Kısıt ihlalleri sürecin her adımında takip edilmelidir. Bir fabrika planı geliştirirken makineler arasındaki



akım, makinelerin büyüklüğü ve binanın fiziksel kurulumu bu durum için iyi bir örnek oluşturur (Francis ve White, 1974). Basit sezgisel yapı en büyük akımlı iki makinenin birbirine yakın olarak yerleştirilmesiyle başlar. Daha sonra ilk iki makineyle arasında yüksek akım olan diğer makine 1 ve 2'nin yakınına yerleştirilir. Yöntem bu anda fiziksel koşulların makineyi oraya yerleştirmeye izin verip vermediğini kontrol eder. Diğer sürece uygunluk kısıtları da kontrol edilir. Bazen sürecin doğası gereği belirli tür makineler yüksek akıma sahip olmalarına rağmen yakına yerleştirilemezler. İşlemler tüm makineler yerleştirilene kadar devam eder.

Gelişme metotları uygulanabilir başlangıç çözümü ile başlar ve sonra başlangıçtaki çözümler değiştirilerek gelişme sağlanmaya çalışılır. Başlangıç çözümü gelişigüzel yaratılmış veya kullanıcı tarafından oluşturulmuş olabilir. Ayrıca yapı metodunun çıktısı da olabilir. Bazı durumlarda gelişme kabul edilebilir eşik değerinden daha büyük olarak gerçekleşebilir. Değişiklikler ilave gelişmelerde yeni sonuçlar doğurmuyorsa işlemler sonlandırılır. Gelişme metodunun sonuç çözümü üç faktöre bağlıdır. Birincisi, başlangıç çözümü yapılmış olan değişiklikler üzerinde etkili olabilir bu yüzden son çözümün kalitesi üzerinde de etkilidir. İkincisi, her aşamada yapılan değişim türleri ve düzensizlikler yerindedir; örneğin, problemde on tane karar değişkeni var ise, her durumda bir veya iki değişkeni altüst edebilir miyiz? veya üçünü...bu şekilde nereye kadar sürdürülebilir? Sonuncusu ise, verilen herhangi bir durum için hareket kabul kriterleri, sonuç çözümü üzerinde etkiye sahiptir. Bazen olumsuz gelişmelerle sonuçlanacak hareketler yapmaya değmektedir. Bu hareketler gelecekte daha büyük gelişmelerin oluşacağı umularak yapılmıştır. Problemdeki kısıtların (amaç fonksiyonunun ve kısıt matris karakteristiğinin konveksliği veya konkavlığı) ve amaç fonksiyonun matematiksel özellikleri yukarıda söylenen üç faktörün tümüne de bağlıdır.

Yapı ve gelişme metotlarında başlangıç uygulanabilir çözümü yapı metodu kullanılarak elde edilir. Fabrika plan örneğinde olduğu gibi yapı metodu ile elde edilen çözüm iki makine için yerlerin değiştirilmesi ile geliştirilir. Bu metot ile iki makinenin yerinin değiştirilmesi sonucunda maksimum gelişmenin olduğu görülecektir. Sezgisel tasarımlar yapılırken dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biriside en son elde edilen sonucun iyiliğini saptama yeteneği ve en son sonucu elde etmek için gerekli olan süredir. Bazı sezgisel yöntemler problemin optimum sonucunu verebilir. Oysa diğerleri belirli problem örnekleri için optimum çözümler kazandırabilir.



### 2.4.3 Simülasyon Metotları

Yukarıda tanımlanan metotlar problemleri analitik olarak çözmek için faydalıdır. Bununla birlikte, karmaşıklık, verinin stokastik yapısı, değişkenler ve probleme özgü belirli karakteristikler arasındaki stokastik ilişki sebebiyle gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin tümü matematiksel ve/veya sezgisel metotlar kullanılarak modellenemez ve çözülemez. Bu tür karmaşık gerçek hayat problemleri matematiksel veya sezgisel metotlar kullanarak çözülmek istendiğinde çoğunlukla varsayımlar ile basitleştirilmek zorunda kalınır. Bu, çözümlenen sonuçların ikinci planda kalan sonuçlar olmasına ve bazen de uygulanamaz sonuçlar olmasına neden olur. Bu durumlar için simülasyon mevcut olan yegane çözüm şekli olmaktadır. Simülasyon modellerinde problemin karmaşıklığı ve çeşitli değişkenler arasındaki ilişkiler denklem vasıtasıyla modellenir. Modelin girdileri sıklıkla olasılık dağılımları olarak tanımlanır. Sistem zaman içerisinde çıktıları analiz etmek için simülasyonu kullanır. Simülasyon tipik olarak çeşitli işletim yöntemleri ve politikaları altındaki gerçek hayat sistemlerini analiz etmek için kullanılır. Dikkatlice tasarlanmış olan simülasyon modelleri karar alırken kullanılacak olan sıkı kurallara bağlı araçlar için de kullanılabilir. Çeşitli gerçek hayat durumları için oluşturulan matematiksel modeller veya sezgisel metotlar en iyi sonucu elde etmeye yaklaşımları bakımından simülasyon modelleri ile test edilirler.

### 2.4.4 Strateji Formülasyonu İçin Esaslar

Bazı durumlarda problemleri ve sorunları belirlemeye bir takım esaslar yardımcı olur. Bununla birlikte, esaslar genel olarak yüksek düzeyli stratejileri formüle etmek için daha uygundur. Bu stratejileri planlama veya işlevsel işlemlere dönüştürmek için analitik araçlara ihtiyaç vardır. Lojistik strateji geliştirmek için gerekli olan esasların bazıları aşağıda anlatılmaktadır.

#### 2.4.4.1 Toplam Maliyet Yaklaşımı

Lojistik sistemin tasarımında ve analizinde temel prensiplerden biri tüm ilgili maliyetleri göz önüne almaktır. Tipik maliyet öğeleri, üretim veya satın alma maliyeti, envanter taşıma maliyeti, eksiklik (açık) maliyeti, sipariş maliyeti, nakliye envanter maliyeti, depolama maliyeti, elleçleme maliyeti ve taşıma maliyetidir. Bu maliyetlerin çoğu birbiri ile çelişen yapıya sahiptir. Bu yüzden, sistemin analizi için geliştirilen herhangi bir model veya yöntem, bu maliyetler arasında değiş-tokuş unsurunu araştırmak durumundadır. Maliyetlerin fonksiyonel biçimlerini anlamak, indirimler ve bir kerelik artışlar gibi durumları yansıtmaları bakımından önemlidir. Sistemin kapsamı ve karmaşıklığı sebebiyle ilgili tüm maliyetlerin

açık bir biçimde tanımlanması zorunludur. Bu kapsam tarafından, alıcılar, fabrikalar ve depolar, müşteriler, mağazalar ve depolar, satıcılar, yerler ve diğer üçüncü-parti olanaklar gibi sistemin bileşenleri tanımlanmak zorundadır. Ayrıca sistemin işlevlerinde anahtar rol oynayan alıcılar, satıcılar, iç personel, dış yükleniciler ve devlet yönetimi ve diğer özel temsilciler de tanımlamak zorundadır.

#### **2.4.4.2 Farklılaştırılmış Dağılım**

Farklılaştırılmış dağılımın temeli, tüm ürünlerin aynı müşteri hizmet düzeyine sahip olmamasıdır. Farklı ürünler için ürün karakteristikleri, müşteri hizmetleri ihtiyaçları ve satış düzeyleri farklıdır. Örneğin, yüksek hacimli, yüksek değerli siparişler doğrudan fabrikadan müşteriye sunulurken, diğerleri depolardan sunulabilir. Hızlı hareket edebilen mal kalemleri genellikle müşterilere yakın depolarda muhafaza edilir ve deponun içinde de yükleme noktalarına yakın olarak bulunur. Benzer şekilde, envanter ve emniyet stoku miktarları hizmet yapılan müşterilerin önem değerlerine bağlıdır. Bu farklılaştırılmış stratejiler, sistemin analizinde kısıtlar veya model geliştirme kuralları veya yöntem olarak yer almalıdır.

#### **2.4.4.3 Erteleme**

Ertelemenin arkasında yatan felsefe, talep oluşana kadar ürünün üretiminin ve/veya teslimatının ertelenmesidir. Amaç envanter ile ilgili maliyetleri azaltmaktır. Erteleme zaman veya ürün şekli açısından da yapılabilir. Zamana bağlı erteleme, malların gidecekleri yerlere tahmini olarak gönderilmesi yerine, talep oluşana kadar nakliyenin ertelenmesidir. Ürün şekline bağlı erteleme ise, ürünlere son hali verilirken yapılan boyama, montaj, paketleme, etiketleme gibi işlemlerin talep oluşana kadar ertelenmesidir. Bunlara örnek olarak, ürünlerin ayrı olarak depolanmasını, 6 veya 12'lik paketler halinde paketlenmesini, boruların üretim boyutunda depolanıp istenilen büyüklüğe göre kesilerek sunulmasını verebiliriz.

#### **2.4.4.4 Birleşme**

Birleşmenin amacı, ölçek ekonomilerinin faydalarını gerçekleştirmektir. Birleşme zamanda, yerde veya büyüklükte olabilir. Zaman birleşmesine örnek olarak, iki müşteri için aynı yere gönderilecek malı birisinin Pazar günü diğerinin ise Pazartesi günü istemiş olması durumunda, iki malın aynı anda ulaştırılması durumudur. Zaman birleştirmesine ilişkin olarak unutulmaması gereken önemli konu, bunun yüksek müşteri hizmet düzeyleri için kritik bir durum olduğudur. Yer birleştirmeye örnek olarak ise, ulaştırma maliyetlerini azaltmak için birbirine yakın olan yerlere gönderilecek olan malların birlikte gönderilmesi verilebilir.

Havayollarının merkez-ve-dallar (hub and spoke) türündeki operasyonları ve kamyon-dolusundan-az (less-than-truckload) taşıyıcılar miktar birleştirilmesine örnek olarak verilebilir. Küçük uçaklar yolcuları küçük yerleşim birimlerinden alarak merkezi bir noktada birleştirirler. Daha sonra merkezi noktadan büyük uçaklar ile gidilecek yerlere yakın bir aktarma merkezine ulaştırılan yolcular, buradan yine küçük uçaklar vasıtası ile gidecekleri yerlere ulaştırılırlar. Bazen yolcular sık olarak kullanılan hatlarda, doğrudan büyük uçaklar vasıtasıyla ulaştırılırlar.

Erteleme ve birleştirme gibi stratejiler, lojistik problemi tanımlama amacı ile kullanılmalıdır. Belirli bir biçimde, operasyon kuralları, kısıtlar ve en iyi son sistem tasarımını seçmek için olan kriterler bu stratejilere bağlıdır.

## 2.5 SAFHA 4: SİSTEM UYGULAMASI

Lojistik sistem analizinin son safhası, seçilen alternatifin güncel olarak uygulamasının yapılmasıdır. Doğru ve zamanında yapılan uygulama, yeni lojistik sistemin başarısı için önemlidir. Kullanıcıların katılımı ve yönetime ortak olmaları, kullanıcılar açısından gereklidir. Bazen tüm ilgililerin desteğini ve katılımını elde edebilmek için, en iyi alternatifi en iyi ikinci alternatifle değiştirmek gerekebilir. Başarılı bir uygulama süreci için iki temel adım vardır. Birincisi, sistemin geçerliliğinin doğrulanması ve girdilerin sistemin performansına yönelik duyarlılık analizinin yapılmasıdır. İkincisi ise kullanıcıların eğitimi, testler uygulanması ve sistemin kullanıcılara güncel olarak geri dönmesidir. Son safhada odaklanılması gereken temel alanlardan bazıları, sistemin belgelenmesi, kaynakların hazırlanması, kullanıcı kılavuzları, teknik hazırlık ve kullanıcılara yönelik proje desteği verilmesidir.

Eğer sistemin çıktıları sezgisel ise önerilen alternatif sistem tasarımının onaylanması doğrulamayı içerir. Çıktıları anlamak için uzman görüşleri de alınabilir. Sistemin analizinden elde edilen sonuçlar benzer sistemler ile karşılaştırılabilir. Duyarlılık analizi önerilen sistemin sağlamlığını anlamak için gereklidir. Sistemin girdilerinde yapılan küçük değişiklikler sistemin çıktılarında büyük değişimlere yol açmamalıdır. Gerçek yaşamın gereklerinden dolayı, girdilerin değeri tam olmasa bile yeterli doğrulukta bilinmek zorundadır. İyi bir deneysel tasarım yapmak için duyarlılık analizini gerçekleştirmek hayati önem taşımaktadır.

Kullanıcı eğitimini gerçekleştirmek birkaç farklı şekilde yapılabilir. En yaygın olarak kullanılan yöntem sınıfta verilen eğitimlerin ardından yapılan deneme ve uygulamalı gösterime dayanan atölye çalışmalarındır. Eğitim süreci boyunca kullanıcılara bilgilendirme kitapçıkları ve eğitici notlar dağıtılabilir. Test süreci ise genellikle önerilen sistemin prototip modeli üzerinde gerçekleştirilir. Kullanıcıların yeni sistemin prototipini kabul edilebilir bir süre zarfında kullanmalarına izin verilmelidir. Burada amaç, yeni sistemin anlaşılması, sistemle ilgili problemlerin tanımlanması ve sisteme aşına olmasıdır. Bu süreç boyunca kullanıcılar, sistemin performansını, çıktı kalitesi, kullanım kolaylığı ve mevcut süreç için gerekli olan zaman bakımından karşılaştırırlar. Kullanıcıların test süreci sona erdikten sonra, en son üzerinde mutabık kalınan sistem, devamlı teknik destek ile birlikte kullanıcılara yönlendirilir.



### 3. Lojistik Ağ Planlaması

#### 3.1 GİRİŞ

Bölüm 1’de değinildiği gibi, lojistik, satıcı seçimi, ulaştırma, envanter planlaması, depolama, tesis planlaması ve yer seçimi gibi çeşitli fonksiyonları kapsar. Bunlara ilaveten üretim, pazarlama ve ürün tasarım kararları üzerinde de etkiye sahiptir. Birçok birbiri ile ilgili fonksiyon ve ortak nokta sebebiyle doğru lojistik maliyetlerini ölçmek ve etkin, verimli lojistik sistem tasarımları yapmak zordur. Lojistik fonksiyon üzerinde yer alan gereksinimler ve talepler geçen yıllar içinde değişiklik göstermiştir. Bu değişen gereksinimler üç kategori altında gruplanabilir: rekabete dayalı baskılar, ulaştırma endüstrisi üzerindeki devlet kontrolüne bağlı bazı süreçlerin kaldırılması ve bilgi teknolojileri:

- Şiddetli rekabet ve değişen müşteri gereksinimleri, ürünlerin yaşam sürelerini kısaltmakta, ürünlerde çeşitlilik artışı ve daha küçük üretim miktarlarını zorunlu kılmaktadır. Bunun sonucunda, sürekli değişen, daha çok çeşitli mal kalemlerinin daha yüksek envanterlerinin olması, üretim ve envantere bağlı maliyetlerin artmasına yol açmaktadır. Yüksek müşteri hizmet düzeylerini korurken, düşük envanter değerlerini sürdürmek, tam-zamanında üretim ve dağıtım yapısına geçmek ile mümkün olabilir. Bunun sonucu olarak mal kalemleri sık fakat küçük miktarlarda taşınırlar.
- Ulaştırma endüstrisi üzerindeki devlet kontrolüne bağlı bazı süreçlerin kaldırılması, çeşitli yeni ulaştırma alternatiflerinin oluşmasını sağlar. Bunun sonucunda ulaştırma hizmetlerinde yenilikler, depolama seçeneklerinde rekabet artışı gözlemlenir. Endüstrilerdeki globalleşme artışının yeniden düzenleme ile birleşmesi farklı radikal lojistik stratejilerin oluşmasına öncülük eder.
- Bilgi teknolojisi sahasının tümü göz önüne alındığında, hem donanım hem de yazılım alanında olağanüstü büyüme göze çarpmaktadır. Bilgisayarlar büyük miktardaki verileri depolayabilmekte, yazılım paketleri büyük ve karmaşık lojistik problemleri çözebilmekte ve bilgi ile veriler gerçek zamanlı olarak EDI (Electronic Data Interchange) üzerinden ulaştırılabilmektedir. Yüklemenin tanımlanması ve yükleme verisinin elektronik olarak yollanması, barkodlar ve radyo frekans etiketleri kullanılarak yapılabilmektedir. Ayrıca yükün yeri uydu yardımıyla gözlemlenebilmektedir.

#### 3.2 LOJİSTİK AĞ MODELİ

### 3.2 LOJİSTİK AĞ MODELİ

Değişen gereksinimler ve çevre, lojistiği, müşteri hizmetlerini artırmak ve müşteriye hizmet sonucunda oluşan toplam maliyeti azaltmak için rekabetçi bir araç olarak kullanmaktadır. Ayrıca bu değişim, sürekli olarak gözden geçirme ve çeşitli lojistik sistemlerin yeniden tasarımı gibi firmalar tarafından kullanılan araçlar yaratmaktadır. Lojistik sistemin tasarımı dört ana planlama alanı üzerine kurulmuştur: müşteri hizmet düzeyleri, yer seçimi kararları, envanter planlaması ve ulaştırma yönetimi. Lojistik içerisindeki müşteri hizmetleri, ürün temin edilebilirliği, ürünü elde ederken geçen gecikme zamanı, teslim edilen ürünün durumu ve verilen siparişin hatasız ulaştırılmasını içerir. Yer seçimi kararlarının verilmesi depolardaki araç-gereçlerin yerleştirilmesi, terminaller, ambarlar, fabrikalar ve sunu noktalarında talep atamalarının yapılması ile ilgilidir. Envanter planlaması, envanter düzeylerinin ve envanter yenileme şemalarının oluşturulmasını kapsamaktadır. Ulaştırma yönetimi ulaştırma türü, filo boyutu, rota seçimi, araç planlaması ve yük birleştirmesi ile ilgilidir. Dört alanın tümünün ekonomik olarak birbirleri ile ilgili olması nedeniyle, en fazla faydayı sağlayabilmek için birlikte planlama yapılması gerekmektedir. Metodolojiler ve sistemler, genel olarak, tüm düzeyi içeren ve ayrıntılı problem tanımını içermeyen bütünsel planlama ile ilgilidir. Sistemler ve yöntemler daha ayrıntılıdır fakat dört alanın tümünü de aynı anda belirtmezler. Burada temel sebep büyüklük ve karmaşıklığıdır.

Lojistik ağ modelleme araçları, problemleri olabildiğince ayrıntılı olarak ele almak isterler fakat bu esnada lojistik sistem tasarım problemini bütünsel bir tavır ile ele almaya devam ederler. Aşağıdaki soruların bazıları bütünsel lojistik ağ modeli tarafından cevaplanmalıdır:

- depoların sayısı, yerleri, sahipleri (özel veya kamuya ait) ve büyüklükleri;
- müşterilerin taleplerini karşılayan sunu noktalarının yerleştirilmesi (depolar veya fabrikalar); tekil veya çoğul sunu noktalarının yerleştirilmesi;
- çeşitli yerlerde muhafaza edilen envanter miktarı;
- kullanılan ulaştırma hizmetlerinin türü;
- sağlanan müşteri hizmetleri düzeyi.

Ağ planlama modelini kullanarak tasarlanan lojistik sistem aşağıdaki gibi bazı karmaşıklıklar içerir:



- araç rotalaması ve zaman çizelgelemesinin bütünleşmesi;
- talebin belirsizliği karşısında talebi öngörme ihtiyacı;
- uygun türde maliyet fonksiyonları tanımlamak ve geliştirmek;
- talebin dinamik karakteri ve maliyet fonksiyonlarının zaman içerisindeki değişimi;
- envanter ve ulaştırma kararlarının birbirine bağlı olması;
- müşteri hizmetleri düzeyi ile önemli lojistik kararların arasındaki ilişki;
- problemin büyüklüğü.

En ideal lojistik ağ yapılandırmasının saptanması, çok miktarda satıcı ve müşterinin olması, depolar ve fabrikalar için yüzlerce aday yerin bulunması ve çok fazla sayıda ulaştırma seçeneği bulunması nedeni ile son derece karmaşık bir iştir. Bu kadar karmaşık ve zor olmasına rağmen bazı büyük firmalar periyodik olarak dağıtım ağlarını analiz ederek maliyetleri düşürmeye veya müşteri hizmetlerini artırmaya çalışırlar. Yapılan çalışmalar lojistik ağlarda yapılan iyileştirmelerin genellikle %5 ile %10 arasında lojistik maliyetleri azalttığını göstermiştir.

### 3.3 LOJİSTİK AĞ MODELLEME YAKLAŞIMI

Başlıca lojistik ağ tasarımı ve planlama yaklaşımları iki kategoriye ayrılır. Birinci yaklaşım, ticari olarak satılan tam sayı programlama yazılım paketleri tarafından çözülebilen esnek ve genel modelleri kullanır. Diğer yaklaşım ise, tasarım esnasında oluşacak özel problemleri çözmek için kullanılan özelleşmiş modeller geliştirir. Bu yaklaşımda, verilen uygulamaya yönelik olarak geliştirilmiş model, problemin tasarımında daha kesin sonuç elde edilmesini sağlar. Hatta bu etkin çözüm işlemleri büyük boyutlu lojistik tasarım problemlerini kabul edilebilir zaman dilimi içerisinde çözmek için yapılır. Bununla birlikte, model ve çözümü oluşturmak için önemli miktarda zaman ve kaynak kullanmak gerekmektedir. Bunun aksine genel modeller kolayca anlaşılabilir ve duruma göre uygulanabilirler. Fakat problemi tam ve kesin olarak temsil edemezler. Ayrıca hesaplama için ayrılan zaman ve hafıza, endüstriyel bir lojistik tasarım problemini çözmek için çok fazladır. Bazen genel modeller ile belirli problem boyutlarını çözmek imkansızdır.

Lojistik ağ modeline ideal yaklaşım, genel ve çok yönlü kullanım amacını bir arada gerçekleştirirken, lojistik sistemi yeteri kadar temsil edebilmeli, yeterli kesinlikte olmalı fakat



aynı zamanda kabul edilebilir büyüklükteki bilgisayar zamanı içerisinde uygun özel çözüm işlemini gerçekleştirebilmelidir. Model, hammadde ve bileşenlerin hammadde kaynağından fabrikalara doğrudan veya depolar üzerinden olan hareketi ve saklanması ile son ürün veya bileşenlerin fabrikalardan müşterilere doğrudan veya dağıtım merkezleri kanalı ile hareketini ve saklanmasını göz önüne almak zorundadır. Ağ modeli çeşitli lojistik faaliyetleri düğüm ve bağ olarak gösterir. Düğümler ürün akışının olduğu fabrikalar, sunucular, depolar ve müşterilerinin yerini belirtir. Buralarda çeşitli türdeki depolar (özel veya kamuya ait), satıcılar, farklı kapasitelere, maliyet yapılarına ve teknolojilere sahip fabrikalar bulunabilir. Bağlar ise hammaddeler, ürünler veya bileşenlerin çıktığı yerler arasındaki akımı gösterir. Akım çeşitli ulaştırma olanaklarını, değişik taşıma karakteristiklerini ve maliyetlerini içerir. İdeal olan ise modelin çoklu imkanları (satıcılar, depolar, fabrikalar ve müşteriler), çoklu ticari malları (hammadde ve son hale gelmiş mallar) ve çoklu zaman periyotlarını idare edebilmesidir. Envanter ve ulaştırma maliyetleri ile müşteri hizmetleri ve ulaştırma veya envanter maliyetleri arasındaki değişim model tarafından göz önüne alınarak dahil edilmelidir.

### 3.4 LOJİSTİK AĞ MODELİNİN BİLEŞENLERİ

Lojistik ağın basit bileşenleri satıcılar, ürünler, fabrikalar, depolar veya dağıtım merkezleri, ulaştırma hizmetleri ve müşterilerden oluşur.

#### 3.4.1 Satıcılar

Potansiyel satıcılar ve yerleri ağ modelinin gidilerinden birisidir. Çeşitli ürünlerin temin edilebilirliği, gecikme zamanı, kalite ve fiyat noktası satıcılar ile ilgilidir. Satıcının bulunduğu yer satıcı ile fabrika arasındaki ulaştırma hizmet türünü de belirler. Bir ürün için kullanılabilecek satıcı sayısının bir üst limiti vardır. Satıcılar belirli ürünlerden belirli miktarda alınması ve sipariş edilen ürünün belirli kombinasyonları içermesi halinde grup indirimi önerebilirler.

#### 3.4.2 Ürünler

Bir ticari mal grubu veya ürün takımını tedarik zinciri içerisinde hareket ettirmek modelin girdilerinden biridir. Her ticari malın ağırlığına, boyutuna, ve hacmine bağlı olan belirli fiziksel karakteristikleri vardır. Hatta her ticari malın belirli değeri ve talebi vardır. Ölçü

birimi olarak kamyon–dolusu (truck–load), araba veya vagon–dolusu (car–load), palet–dolusu (palet–load) veya birim–yük (unit–load) olabilir.

### 3.4.3 Fabrikalar

Ürünlerin veya ticari malların üretildiği, toplandığı veya satın alındığı yerlerdir. Her fabrikanın yeri, üretebileceği belirli ürün kapasitesi ve üretim kapasite sınırı vardır. Bir tesis kurmak için belirli bir maliyet ve ürün üretebilmek için de değişken maliyetler bulunmaktadır. Hatta, hazır ürünlerin fabrika içinde bulunmasının yarattığı envanter maliyetleri vardır.

### 3.4.4 Dağıtım Merkezleri

Üretim tesisleri ve talep merkezleri arasında çeşitli dağıtım merkezleri olabileceği gibi, satıcı yerleri ile üretim tesisleri arasında da olabilir. Dağıtım merkezleri hiyerarşik yapıda olmalıdır. Örneğin, ürünler fabrikadan bölgesel depolara ulaştırıldıktan sonra daha küçüğe doğru önce yerel depolara en son olarak ise müşteriye yakın yerel depolara ulaştırılmalıdır. Tüm depolar depolama alanı, elleçlenebilecek ürün türü ve üretilebilecek iş veya elleçleme kapasitesi gibi sınırlara sahiptir. Depoları inşa etme maliyeti başlangıçtaki depo kurma maliyetidir ve bakım ile deponun işletilmesi ise yinelenen maliyetlerdir. Depoların sayısı ve büyüklüğü ve envanter miktarı bazı temel depo planlama ve işletme kararlarındanır.

### 3.4.5 Ulaştırma Hizmetleri

Bu hizmetler yerel teslimat, toplama işlemleri ve taşımacılık hizmetlerini içerir. Ulaştırma kararları taşıtırma türünün seçimi, yükleme miktarı ve kaynaktan gelen ürün akışının atanmasını içerir. Her taşıtırma biçiminin kapasite ve temin edilebilirlik anlamında kısıtları vardır. Göz önüne alınması gereken diğer önemli karakteristikler ise nakliye süresi, nakliye süresinin değişkenliği, maliyet ve taşıyıcı sayısıdır. Maliyetler tüm belirli ve değişken taşıtırma maliyetleri ve iç taşıma maliyetlerini içerir. Örneğin fabrikadan depoya gibi iki yer arasındaki ürün hareketi farklı taşıtırma biçimleri ile taşınmak üzere ayrılabilir. Aynı taşıtırma türü içinde farklı taşıyıcılara ayrıştırma da yapılabilir. Ağ düzeyinde alınan taşıtırma kararları doğası içerisinde bir bütündür, bu yüzden araç rotalama ve çizelgeleme gibi taktik kararlar ile ilgilenmemektedir.

### 3.4.6 Müşteriler

Müşteri hizmetleri, ürün temin edilebilirliği ve mevcut olmayan ürünlerin elde edilebilmesi için gerekli olan gecikme zamanı ile ölçülür. Bir müşteriye sadece tek bir depodan, tek bir

fabrikadan veya birçok fabrikadan veya depodan hizmet sunulabilir. Seyahat süresi ve seyahat mesafesi müşteri hizmetlerinin göstergeleridir. Siparişi hazırlama süresi ve güncel nakliye süresi gecikme zamanını belirler. Müşteri talebi temel girdilerden biridir; talep yer, oluşma zamanı, miktar ve ürün türü açısından bilinmelidir.

### 3.5 GENELLEŞTİRİLMİŞ LOJİSTİK AĞ MODELİ

Bu bölümde genelleştirilmiş lojistik ağ modelinin formülasyonu gösterilmiştir. Lojistik ağ tasarım modelinin amaç fonksiyonu depolar, satıcılar ve fabrikalar için belirli tesis maliyetlerini, fabrikalar ve depoların işletme maliyetlerini, ulaştırma maliyetlerini, yerel teslimat maliyetlerini, envanter maliyetlerini ve ulaşımdaki envanter maliyetlerini minimize etmeye çalışır. Amaç fonksiyonunu en iyi şekilde kullanmak için beş ana kısıtı dikkate almak gereklidir. Birincisi, fabrikaların, depoların ve taşıyıcıların kapasiteleri ile ilgili olmalıdır. İkincisi, modelin iç tutarlılığı ile ilgili olmalıdır. Üçüncüsü, depo ve müşteri arasındaki maksimum mesafe, müşteri talebi ve minimum envanter düzeyleri veya emniyet stoku gibi müşteri hizmetleri gereksinimlerinin ifadesidir. Aynı zamanda hammaddeler veya bileşenleri anlamındaki fabrika gereksinimlerini de içerir. Dördüncüsü, lojistik ağının çeşitli bileşenleri arasındaki akımın korunmasının sağlanması. Son olarak ise, karar değişkenlerinin pozitif ve/veya tam sayı olması sayılabilir. Modelin tüm girdileri aynı zaman periyodu baz alınarak yapılmalıdır.

Lojistik ağı modellemek için çeşitli maliyetlerin tam ve kesin olarak anlaşılmış olması ve aralarındaki ilişkilerin bilinmesi gerekmektedir. Maliyetlerin bazıları doğrusal, bazıları doğrusal–olmayan ve diğerleri kademeli doğrusal veya doğrusal–olmayan olabilir.

#### 3.5.1 Modelin Özellikleri

Genelleştirilmiş lojistik ağ modeli aşağıdaki şekilde formüle edilir.

Minimum  $Z$  = satıcı firma kuruluş maliyeti + fabrika sabit maliyeti

- + bileşenler veya hammaddeler için satın alma maliyeti
- + üretim maliyeti + fabrika envanter maliyeti
- + depo envanter maliyeti + ulaşımdaki envanter maliyeti
- + ulaştırma maliyeti + yerel toplama maliyeti veya teslimat maliyeti

$$+ \text{ depo elleçleme maliyeti} \quad (3.1)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

Tüm fabrikalara satıcı sunusu  $\leq$  satıcı kapasitesi

Tüm depolara fabrika sunusu  $\leq$  fabrika kapasitesi

Müşterilere depo sunusu  $\leq$  depo kapasitesi

Noktalar arasındaki ulaştırma  $\leq$  taşıyıcı kapasitesi (ağırlık ve hacim)

Satıcı, fabrika ve depo sadece açıksa sunabilir

Satıcılardan gelen gelir  $\geq$  fabrika gereksinimleri

Satıcılardan veya fabrikalardan gelen gelir  $\geq$  depo gereksinimleri

Depolardan, fabrikalardan veya satıcılardan gelen gelir  $\geq$  müşteri gereksinimleri

Sipariş hazırlama ve ulaştırma için harcanan zaman  $\leq$  kabul edilebilir gecikme zamanı

Talep aşım envanteri  $\leq$  kabul edilebilir eksik stok düzeyi

Herhangi bir noktada akımın korunumu: liman doğru yönelmiş = limandan dışarı yönelmiş +  
Negatif-olmayan ve tam sayı kısıtların kullanımı

### 3.5.2 Genelleştirilmiş Çözüm Yöntemi

Çoğu zaman, modelin formülasyonu kullanılacak çözüm yönteminin türünü tespit eder, ve çözüm yönteminin türü çözülebilecek ağ modelinin büyüklüğünü saptar, bilgisayar bellek gereksinimleri ise, çözümü bulma zamanını ve optimum çözümü bulma yeteneğini gösterir (Ballou ve Masters, 1993). Yukarıda gösterilen model büyük ölçekli karışık tam sayı programları kategorisine girmektedir. Bu modelleri çözmek doğrusal veya karşılaştırılabilir ağ akım programlarından daha zordur. Uygun işlem-öncesi metotlar kullanılarak gereksiz kısıtlar ve değişkenler azaltılabilir. İşlem-öncesi metotlar kullanılarak toplamak veya değişkenleri birleştirmek yolu ile daha uygulanabilir çözümler elde edilmesi sağlanabilir. Bazı durumlarda model, fabrika, müşteri, satıcı veya depo şeklinde bileşenlerine ayrılarak alt-problemler ve ana problem bulunabilir. Öte yandan, bazı kısıtlar iki katına çıkabilir ve Lagranj yöntemi kullanılabilir. Sezgisel yöntemler sık başvurulan daha elverişli yöntemlerdir. Büyük lojistik ağ planlama modelleri için (birçok gerçek yaşam problemi oldukça büyüktür) yukarıda sayılan metotların herhangi birisi ile optimum sonuca ulaşmak pek mümkün değildir. Sezgisel modeller hızlı çalışırlar bundan dolayı da daha az bilgisayar kapasitesine ihtiyaç duyarlar. Bununla birlikte sezgisel metotların kullanılması ile elde edilen sonuçların optimum sonuca ne kadar uzak yada yakın olduğunu bilmek pek mümkün olmayabilir.

### 3.5.3 Ağ modelinde Kullanmak İçin Genel Esaslar

Lojistik ağ geliştirmek için formüle edilen ve çözülen model herhangi bir başarıyı garanti edemez. İzlenilmesi gereken üç temel esas vardır (Napolitano, 1997). Birinci esas, herhangi bir senaryo analizi yapılmadan önce modelin onaylanmasıdır. Bir yaklaşım sonuçları geçmişe dayanarak onaylamaktadır. Diğer yaklaşım ise, sezgi ve basit sağduyuya karşı onaylamaktır. Duyarlılık analizi ise, girilen verilerin değişmesine karşı modelin sağlamlığının test edilmesi açısından gereklidir. Önemli sonuçlara ve kararlara ancak modelin onaylanmasından sonra varılmalıdır. İkinci esas ise, lojistik ağ modelinin çözümünün en son elde edilecek sonucu vermediğinin unutulmamasıdır. Uygulama yapılmadan önce uzmanlık, yargı ve sağduyu kullanılarak sonuç üzerinde değişiklik yapılabilir. Optimum çözümün en iyi kabul edilmesinin en yaygın sebebi, seçilen model ve neredeyse tüm modellerin gerçeği tamamen yakalayamamasıdır. Büyük ve karmaşık yapıldığında ise, çözüm sezgisel olarak gerçekleştirilmek zorunda kalınır ve bunun sonucunda tam olarak optimum çözüme ulaşılamaz. Genel olarak, dağıtım modellemesi için mevcut olan yazılım paketlerini kullanmak oldukça ucuzdur ve daha çabuk sonuca ulaşılır. Oluşacak olan doğruluk kaybı zaman ve maliyetten yapılan tasarruf ile telafi edilmiş olur. Son esas ise, lojistik ağ tasarım problemlerini çözmek için kullanılacak en iyi yol, lojistik modelleme yaklaşımı değildir. Bazen modellemenin maliyeti, elde edilecek olan birleşik faydadan daha fazla olabilir. Bazen de basit tecrübeye dayanan yaklaşım ile yer, büyüklük ve müşteri kararlarına göre depo ataması yapılabilir; çünkü aday yerlerin sayısının sınırlı olması veya sistem kısıtlarının sözleşme ile artmış olması veya ulaştırma ve depolama olanaklarının yasal sebepler ile sınırlandırılmış olması bu sonucu doğrular.

## 4. Satıcı Seçimi

### 4.1 GİRİŞ

Lojistiğin bir parçası olan satın alma, ondokuzuncu yüzyılın başlarından itibaren birçok Amerika Birleşik Devletleri demiryolu organizasyonu tarafından bağımsız ve önemli bir işlev olarak adlandırılmaya başlandı. Tamamen satın alma ile ilgili olan ilk kitap 1887 yılında yayımlandı (The Handling of Railway Supplies – Their Purchase and Disposition). Yirminci yüzyılın başından beri satın almanın gelişimi veya malzeme yönetimi işlevlerinde Şekil 4.1’de görülen gelişimler yaşanmıştır.

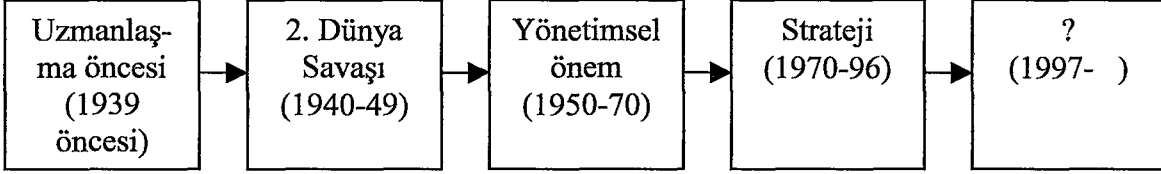
İkinci Dünya Savaşından önce piyasa sınırsız olduğu için, bir firmanın başarısı onun ne satabildiğine çok fazla bağlı değildi. Bunun yerine, örgütsel başarının anahtarı, satıcılardan arz edilen malzeme ve hizmetleri temin edebilme yeteneğiydi. Satın alma fonksiyonun örgüt, politika ve yöntemlerine dikkat ediliyordu; ve bunlar yönetimsel aktivite olarak tanımlanarak ortaya çıktılar. 1950’ler ve 1960’lar boyunca satın alma, işlevlerin daha rafine hale gelmesi için, bir teknik ve satın alma kararlarını artıracak eğitilmiş, işini iyi bilen profesyoneller sağlayan bir yapı olarak büyümeye devam etti. 1970’lerde organizasyonlar iki büyük problemle karşılaştılar: operasyonları desteklemek için gereksinim duyulan neredeyse tüm temel malzemelerdeki dünya çapında eksiklik ve 2. Dünya Savaşının bitimine kadar fiyat artış oranının normalden çok fazla olması. Bu gelişmelerin ışığında satın alma bölümlerinin performansları, gerekli olan malzemelerin satıcılardan uygun fiyata elde edilmesi ile değerlendirilmeye başlandı.

1990’lara gelindiğinde organizasyonlar iç ve uluslararası pazarlarda başarılı bir şekilde rekabet etmek istiyorlarsa, malzemeleri etkin ve yeterli olarak satın almaları gerektiği açık bir şekilde ortaya çıktı. Gelecekte ise, rekabetçi olarak kalabilmek için kademeli olarak savunma stratejisinden saldırgan stratejiye geçmek gerekliliği görülmektedir. Organizasyonlar kısa–vadeli ve uzun–vadeli hedeflerini gerçekleştirmek için malzeme yönetim amaçlarını başarırken yaratıcı yaklaşımlar kullanacaklardır. Malzeme yönetiminin alt kümesinde yer alan satın alma alanının merkezinde sunucu veya satıcı seçimi bulunur. Satın alma ile ilgili diğer aktiviteler ise aşağıdaki gibidir:

- sunucuları niteleme ve seçme



- sunucuları niteleme ve seçme
- sunucu performansını değerlendirme
- sözleşmeleri tartışma
- satın almayı zamanlamak
- fiyatı, hizmeti ve talep değişimlerini tahmin etmek
- yükleme biçimini belirlemek

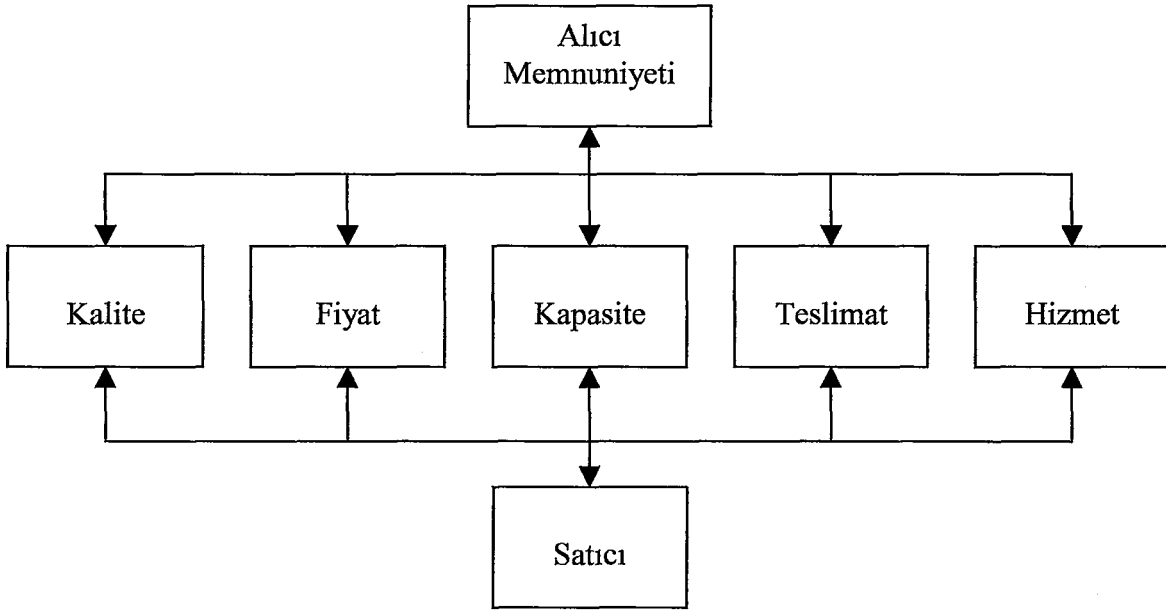


Şekil 4.1 Zaman içinde malzeme yönetiminin gelişimi

Bugünün herhangi bir endüstride çalışan satın alma müdürleri için hizmette veya üretimdeki en önemli konuların başında kendi firmalarına ait bileşenler, parçalar ve sunular için doğru satıcıları seçmektir. Satıcı seçimi yapmak satıcıları tespit etmenin yanında her satıcıya ne kadar siparişin yönlendirileceğinin tespitini yapmayı da içerir. Hemen hemen bütün organizasyonlar için amaçların başında toplam kalite yönetimi ve müşteri memnuniyeti yer aldığından, uygun satıcı veya satıcıları seçme de oldukça önemli hale gelmiştir. Satıcıların performansı, üretkenlik, kalite ve organizasyonun rekabet kabiliyeti üzerinde önemli etkiye sahiptir. Sunucuyu seçmenin önemi ve zorluğu ise, satın alınan parçaların değerinin üretici firmanın toplam geliri içerisindeki payının artması, ithal edilen parçaların ve iktisadi malların artışı, ve teknolojik gelişmenin hızla yaşanması sebebi ile kısalan hayat-döngüleri gibi en son iş eğilimlerinin karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. Örneğin, büyük otomobil üreticilerinin yaklaşık olarak satışlarının %50'si dış satıcılardan aldıkları bileşenlerin ve parçaların maliyetine eşittir. Yüksek teknoloji firmaları satın aldıkları malzeme ve hizmetlere toplam üretim maliyetlerinin %80'ini öderler (Burton, 1988). Japonya'daki otomobil endüstrisi Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa ile karşılaştırıldığında onlardan %40 daha fazla malzeme ve mal almaktadır (Leenders ve Fearon, 1993). Birçok organizasyon genel olarak son ürün gelirlerinin %40 ile %60'ını satın aldıkları parçalara harcamaktadırlar (Birleşik Devletler Sayım Bürosu, 1983).



Genel olarak alıcı memnuniyetini kalite, fiyat, teslimat, hizmet ve kapasiteye göre yapılan satıcı seçimi sağlar. Bu durum Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Arzu edilen satıcı ölçütleri

Mal kaleminin başlangıçtaki satın alma fiyatı toplam maliyetin sadece bir ögesidir. Satıcıları yerleştirme maliyeti, ulaştırma ve depolama maliyetleri, kalitesiz mal kalemi almanın maliyeti gibi diğer ortak maliyetlerde vardır. Firmalar kazanma süreci esnasında satın alınan parça veya malzemenin değeri ile fiyatı arasında bir denge kurmaya çalışırlar. Genellikle satıcılar en iyi fiyatı veya kalite paketlerini sunma kabiliyetlerine göre seçilirler. Satıcıların kalite düzeyleri çeşitli yollarla belirlenir (Lee ve diğerleri, 1990): ticari standartlar, tasarım özellikleri, örnekler, piyasa dereceleri, marka ve ticari isimler, işlevsel özellikler ve hoşgörüler. Satıcıları seçerken göz önünde bulundurulması gereken çeşitli ilave etmenler de vardır. Bunlardan bazıları geçmiş performansları, araç-gereçleri, teknik uzmanlıkları, parasal durumları, şöhretleri, organizasyon ve yönetimleri, işlemlere uyumları, iletişimleri, çalışan ilişkileri ve satıcıların yerleridir. Dickson tarafından satıcı seçimine ilişkin olarak yapılan öncü çalışmaların birisinde, eğilimler üzerindeki değerlendirmelerin satıcı seçimi için önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada satıcı seçiminin çok amaçlı karakteri belgelenmiş ve 170 endüstriyel satın alma acentesi ve müdürleri 23 kriter tarafından önemlerine göre sıralanmıştır.

Satıcıları seçmek ve seçilecek satıcıya verilecek siparişin miktarını tespit etmek için çeşitli metotlar vardır. Bu metotlar geniş anlamda tanımlayıcı, deneysel ve optimizasyon tabanlı

yaklaşımlar olarak sınıflandırılır. Tanımlayıcı metotlar satıcıları ün, uzmanlık, organizasyon ve iletişim gibi kalite faktörlerini değerlendirerek seçerler. Deneysel metotlar satıcı karakteristiklerini göreceli ağırlıklandırma şemaları (relative weighting schemes) içinden değerlendirerek seçerler. Optimizasyon metotları ise kalite, gecikme zamanı ve talep gibi satın alma ile ilgili çeşitli maliyetleri minimize etmeye çalışırlar.

## 4.2 SATICI SEÇİMİ KARARLARININ SINIFLANDIRILMASI

Soukup (1987) satıcı seçimi kararlarını üç ana kategori altında sınıflandırmıştır.

1. Potansiyel satıcılar tüm önceden görülebilir durumlar altında benzerdirler; performansta sadece küçük değişimler beklenebilir. Bu durumda yanlış satıcı seçme olasılığı oldukça yüksek; bununla birlikte böyle bir hatanın sonucu daha az önemlidir.
2. Potansiyel satıcılar diğerlerinden önemli oranda farklıdır; bir satıcı tüm öngörülebilir koşullar altında daha üstündür. Bu durumda yanlış seçim yapmanın sonucu oldukça ciddidir; bununla birlikte hata yapma olasılığı oldukça düşüktür.
3. Satıcı adayları diğerlerinden önemli oranda farklıdır; bazı durumlar altındaki en iyi satıcı başka durumlar altındaki en iyi satıcı olmayabilir. Bu gösteriyor ki yanlış karar alma olasılığı göreceli olarak yüksek olan müşterinin ciddi sonuçlar doğuracak hatalar yapma olasılığı da vardır.

Kategori 1 ve 2 için satıcı seçim kararı rutin karar olarak yürütülebilir. Kategori 3 ise satıcı seçimi için önemli çaba ve özen istemektedir. Satıcı seçim kararlarının sınıflandırılması Çizelge 4.1’de özetlenmiştir.

## 4.3 DENEYSEL METOTLAR

Aslında deneysel metotlar, çeşitli kriter ve/veya değerlendirme veya seçilen kritere göre satıcıların sınıflandırılması için birkaç çeşit göreceli önem veya ağırlık kullanır. Seçilen kriter nesnel faktörleri içerdiği gibi öznel faktörleri de içerebilir.

Çizelge 4.1 Satıcı seçim kararlarının sınıflandırılması

| <i>Kategori</i>                                                                                        | <i>Hata olasılığı</i> | <i>Hatanın sonuçları</i> | <i>Karar türü</i>                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 1. Tüm koşullar altında satıcılar benzer                                                               | Yüksek                | Çok küçük                | Rutin                               |
| 2. satıcılar diğerlerinden önemli oranda farklıdırlar; bir satıcı tüm koşullar altında üstün           | Alçak                 | Yüksek                   | Rutin                               |
| 3. satıcılar diğerlerinden önemli oranda farklıdırlar; en iyi satıcı belirli gelecek koşullarına bağlı | Yüksek                | Çok yüksek olabilir      | Karmaşık; dikkatli analiz gerekiyor |

#### 4.3.1 Faktör Analizi

Faktör analizinin ilk adımı faktörleri tanımlamak veya seçilen satıcıda dikkate alınacak kriterleri belirlemektir. Bu adımda Dickson'nın (1966) satıcı seçimi araştırmasında elde ettiği bulgular yardımcı olabilir. Çizelge 4.2 Dickson'nın 23 satıcı seçimi kriterinin önemi hakkındaki bulgularını özetlemektedir. İkinci adım her satıcıyı tüm faktörlere karşı 1 ile 10 arasında puan vererek değerlendirmektir. Üçüncü adım her satıcı için tüm faktörlere ait puanları birleştirmektir. Son adımda ise, en yüksek birleşik puana sahip satıcı seçilir.

##### 4.3.1.1 Faktör Analiz Modeli

$$v(j) = \sum_{i=1}^n s(i, j) \quad (4.1)$$

Burada;

$v(j)$  :  $j$  satıcısı için birleşik değer;

$s(i, j)$  : satıcı  $j$ 'nin  $i$  faktörü için puanı;

$n$  : faktör sayısıdır.

Açıklaması Örnek 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Dickson'nın (1966) bulgularının özeti

| Sıra | Faktör                         | Ortalama değer | Önem  |
|------|--------------------------------|----------------|-------|
| 1    | Kalite                         | 3.508          | Aşırı |
| 2    | Teslimat                       | 3.417          |       |
| 3    | Performans geçmişi             | 2.998          |       |
| 4    | Garantiler ve talep politikası | 2.849          |       |
| 5    | Üretim araçları ve kapasite    | 2.775          | Büyük |
| 6    | Fiyat                          | 2.758          |       |
| 7    | Teknik yeterlilik              | 2.545          |       |
| 8    | Mali durum                     | 2.514          |       |
| 9    | Prosedüre uyum                 | 2.488          |       |
| 10   | İletişim sistemi               | 2.426          |       |
| 11   | Ün ve endüstrideki yeri        | 2.412          |       |
| 12   | İş yapma isteği                | 2.256          |       |
| 13   | Yönetim ve organizasyon        | 2.216          |       |
| 14   | İşletim kontrolleri            | 2.211          |       |
| 15   | Onarım hizmetleri              | 2.187          | Vasat |
| 16   | Tavır                          | 2.120          |       |
| 17   | Etki                           | 2.054          |       |
| 18   | Paketleme yeteneği             | 2.009          |       |
| 19   | İşçi sicili                    | 2.003          |       |
| 20   | Coğrafi yeri                   | 1.872          |       |
| 21   | Geçmişte yapılan iş miktarı    | 1.597          |       |
| 22   | Eğitim yardımları              | 1.537          |       |
| 23   | Karşılıklı düzenleme           | 0.610          | Cüzi  |

### 4.3.2 Ağırlıklı Faktör Analizi

Bu analiz, değişik kriterlere tahsis edilen ağırlıkların önemleri baz alınarak, faktör analiz metodunun değiştirmesi ile elde edilmiştir (Wind ve Robinson, 1968).

Adım 1: ağırlıklarına (göreceli önemlerine göre) ve satıcı seçim faktörleri veya kriterlerine göre tanımlama yapılır.

Adım 2: tüm kriterler üzerinden her satıcı değerlendirilir.

Adım 3: her satıcı için ağırlıklı değer hesaplanır ve en yüksek ağırlıklı değere sahip satıcı seçilir.

#### 4.3.2.1 Ağırlıklı Faktör Analiz Modeli

$$v(j) = \sum_{i=1}^n w(i)s(i, j) \quad (4.2)$$

Burada;

$v(j)$  :  $j$  satıcısı için ağırlıklı değerlendirme;

$w(i)$  :  $i$  için ağırlık faktörü;

$s(i, j)$  : satıcı  $j$ 'nin faktör  $i$  üzerindeki puanı;

$n$  : faktör sayısıdır.

Açıklaması Örnek 4.2'de gösterilmiştir.

Ağırlıklı faktör analizi en güçlü satıcı analiz metotlarından biridir. Basit, kullanımı kolay ve uygulaması pahalı olmayan bir metottur. Metodun zayıflığı ağırlıkları tahmin etmenin güçlüğü ve bazı öznel faktörlerin miktarını belirlemenin zorluğudur. Aynı zamanda, çeşitli kriterlere karşı satıcıların değerleri deterministik veya nokta tahminidir.

---

#### Örnek 4.1

Bir şirketin satın alma bölümü fiyat, gecikme zamanı ve kalite gibi üç önemli faktöre dayanarak bir satıcı seçecektir. Birinci satıcı sırasıyla 6, 4, 6 ikinci satıcı 5, 9, 7 ve üçüncü satıcı 8, 5, 7 değerlerini almıştır. Birinci satıcı için birleştirilmiş değer 16, ikinci için 21 ve

üçüncü için ise 20'dir. Bu yüzden ikinci satıcı seçilir. Şunu da belirtmek gerekir ki bu metot tüm faktörlerin eşit öneme sahip olduklarını varsayar.

---

#### 4.3.3 Satıcı Profili Analizi

Bu metot ağırlıklı faktör metodunun Monte Carlo simülasyon versiyonudur (Thompson, 1990).

Adım 1: her kriter için olası değerlerin aralıkları tanımlanır ve bu değerler için bir dağılım tahmini yapılır. Bu değerler için düzenli dağılım tahminlerinin yapılması birçok gerçek hayat durumunda satıcı performansını tanımlamak için yeterlidir.

Adım 2: her satıcı için, tüm kriterler göz önüne alınarak rasgele değerler seçilir ve birleşik değer, ağırlıklı faktör metodunun ortalaması kullanılarak hesaplanır. Bu adım iterasyonlar yapılarak tekrarlanır ( $k = 500$  kabul edilirse, burada  $k$  iterasyon sayısının maksimum değerini göstermiş olur). Daha sonra sıklık dağıtımı  $k$  kadar iterasyondan sonra elde edilen birleşik değer kullanılarak oluşturulur.

Adım 3: tüm satıcılar için ikinci adım tekrarlanır. Şimdi tüm satıcılar için bir tane sıklık dağılımı vardır.

Adım 4: son adımda çeşitli satıcılar ortalama (veya en uygun şekil), varyans ve örtüşme dereceleri baz alınarak sıklık dağılımları karşılaştırılır.

Açıkçası, satıcı seçimi yapılırken yüksek ortalama ve düşük varyansı olan seçilir. Ayrıca diğer satıcıların dağılımlarına oranla kim minimum oranda örtüşüyor ise, o satıcı seçilmek istenir. Satıcıların dağılımları arasında büyük oranda örtüşme var ise, bu satıcının diğerlerinden gerçek anlamda farklılık gösterdiğini ifade eder. Açıklaması Örnek 4.3'de gösterilmiştir.

---

#### Örnek 4.2

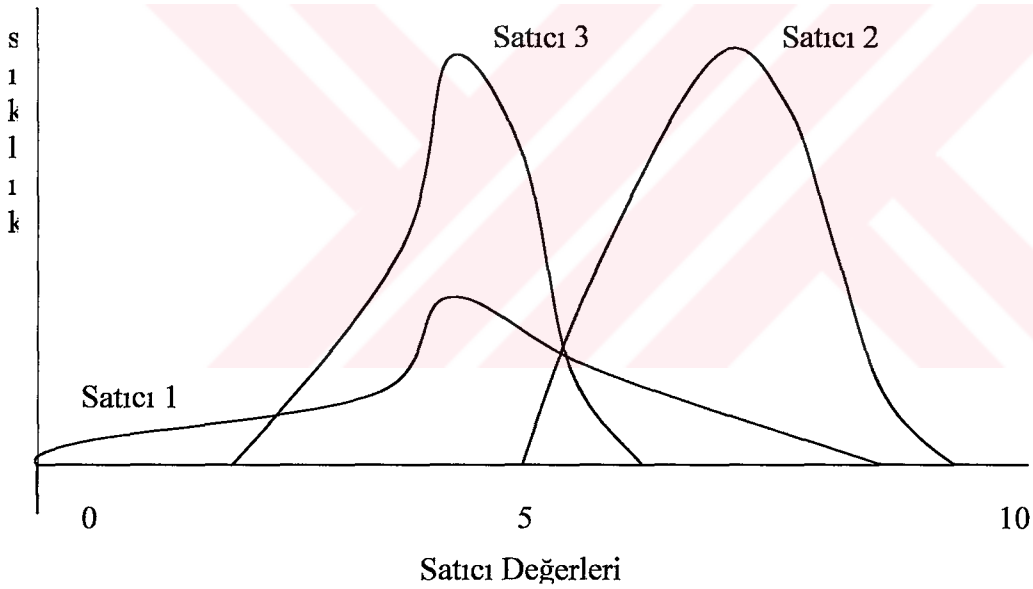
Örnek 4.1'deki üç faktör (fiyat, gecikme zamanı ve kalite) için ağırlıkların sırası ile 0.4, 0.2, 0.6 olduğunu varsayalım. Satıcı 1 için birleşik değer  $(0.4 \times 6) + (0.2 \times 4) + (0.4 \times 6) = 5.6$  olarak hesaplanacaktır. Diğer iki satıcı için de birleşik değerler aynı şekilde hesaplandığında sırası ile 6.6 ve 7 elde edilir. Bu duruma göre satıcı 3 seçilir. Bunun sebebi, fiyat ve kalitenin gecikme zamanı ile karşılaştırılmasında daha yüksek öneme sahip olmasıdır.

#### 4.3.4 Analitik Hiyerarşik Süreç

Analitik hiyerarşik süreç (AHS) (Narasimhan, 1983) çeşitli kriterler için olduğu gibi, öznel faktörlerin miktarını belirlerken kullanılan ağırlıkların tahmininde de yararlıdır. AHS satıcıların seçiminde ve yaygın olarak kullanılan satıcı seçimi kriterlerine odaklanırken sistematik bir yaklaşım sağlar.

### Örnek 4.3

Örnek 4.2’de üç kriter için söylenen değerlerin 0 ile 10 arasında düzenli olarak dağıldığını farz edelim. Maksimum iterasyon sayısını 100 olarak düşünelim. Satıcı 1’in birinci kriter için rasgele örnekleme ile birinci iterasyon kazancı 7, ikincisi 6 ve üçüncüsü 8 dir. İterasyon 1 için satıcı 1’in değeri  $(0.4 \times 7) + (0.2 \times 6) + (0.4 \times 9) = 7.6$  dir. Aynı şekilde, satıcı 1’in değerleri 100 iterasyon için hesaplanabilir ve sıklık dağılımı oluşturulabilir. Monte Carlo simülasyonuna devam edilirse üç satıcı için aşağıdaki şekilde gösterilen sıklık dağılımları elde edilir.

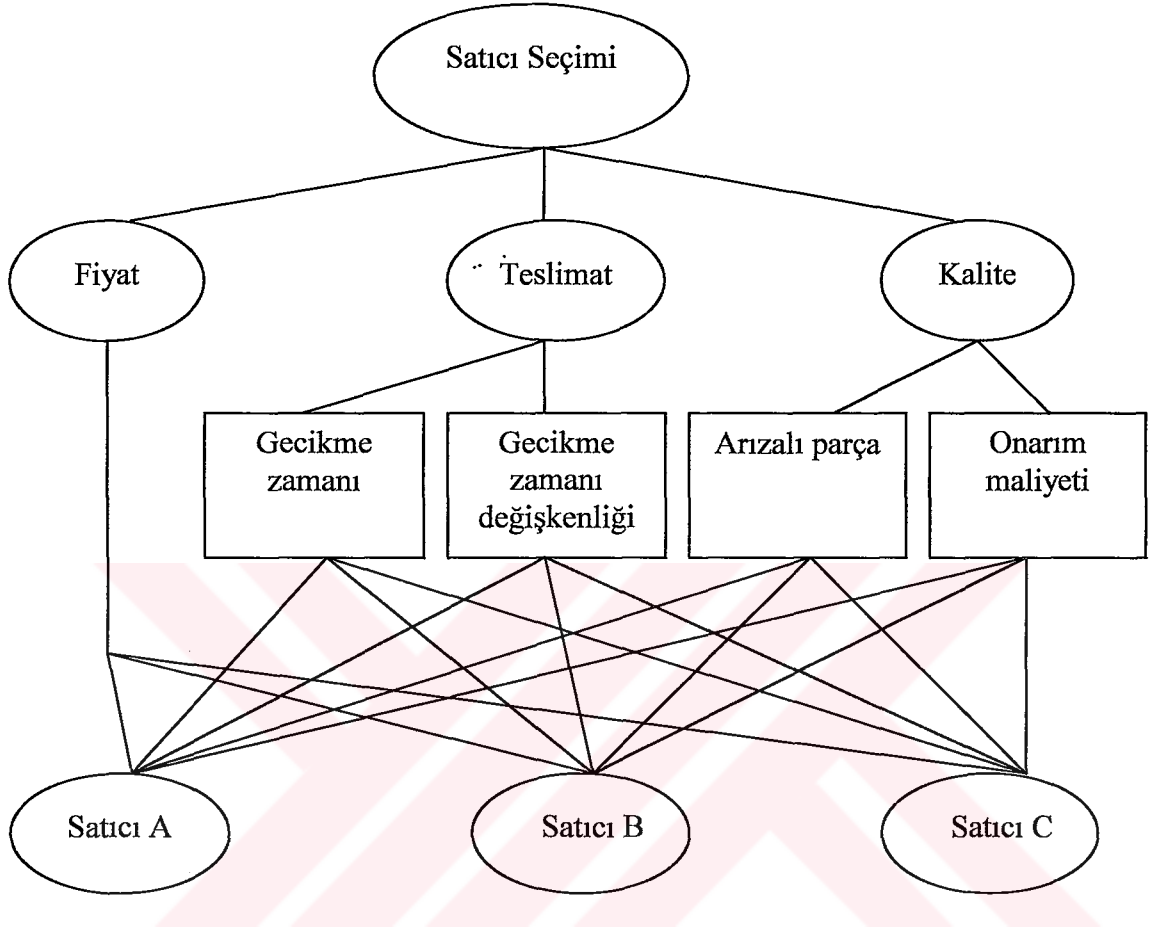


Satıcı 2’nin şekle ait performansı satıcı 1 ve 3’den önemli oranda yüksek olduğunu göstermektedir. Satıcı 1 ve 3 usul bakımından benzer performanslar göstermektedirler, satıcı 3 önemli düşük varyansa sahip, belirttiği gibi satıcı 3’ü seçmek daha az risk içermektedir. Son olarak, satıcı 2’nin dağılım sıklığı 1 ve 3’ün dağılımı ile en az oranda örtüşmektedir. Bu durum satıcı 2’nin en kötü performansı gösterdiğinde bile yaklaşık olarak diğer satıcıların en iyi performansına eşit olduğunu göstermektedir.

İlk adım hiyerarşik model içinde satıcı seçimini formüle etmeyi içermektedir. Şekil 4.3’de sunucu seçimine ait hiyerarşik model örneği, fiyat, teslimat ve kalite kriterlerinin seçilmesi ile



birlikte gösterilmiştir. Kriter birinci seviyenin bileşenlerini oluşturur. İkinci seviye, birinci seviyede gösterilen bileşenlerin boyutlarını içerir. Örneğin, kalitenin “arızalı parça” ve “onarım maliyetleri” gibi iki boyutu vardır. En düşük düzey temin edilebilir satıcıları gösterir.



Şekil 4.3 Satıcı seçimi için hiyerarşik model

İkinci adımda, birinci seviyedeki kriterler için bağıl ağırlıklar, bir sonraki seviyedeki her kriterin boyutları için bağıl ağırlıklar ve her boyuta göre satıcıların bağıl sıraları gruplanır. Bu ikili karşılaştırma matrisi ile yapılır. İkili karşılaştırma matrisinde kullanılan ölçek Çizelge 4.3’de verilen tanımlara uymalıdır.

İkinci adım için ikili karşılaştırma matrisi Çizelgeler 4.4 – 4.8’de verilmiştir. Çizelge 4.4 birinci düzey için fiyat, teslimat ve kalite kriterleri arasındaki ikili karşılaştırma matrisini göstermektedir. Çizelge 4.4’de birinci sıra, fiyatın fiyat ve diğer bileşenler ile olan ikili karşılaştırmasını göstermektedir. Birinci sıradaki girdiler fiyatın teslimata göre daha az önemli ve kaliteyle ise eşit öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.3 İkili karşılaştırma matrisi için ölçek

| Önem değeri                                 | Tanım                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                           | Eşit önem                                                                                                                                                                              |
| 3                                           | Zayıf önem                                                                                                                                                                             |
| 6                                           | Güçlü önem                                                                                                                                                                             |
| 9                                           | Tam önem                                                                                                                                                                               |
| Yukarıdaki sıfırdan farklı değerlerin tersi | Eğer $j$ faaliyeti $k$ faaliyeti ile karşılaştırıldığında yukarıdaki sıfırdan farklı sayılardan birisini alırsa $k$ faaliyeti $j$ faaliyeti ile karşılaştırıldığında ise tersini alır. |

Çizelge 4.4 Şekil 4.4’de gösterilen kriterin (seviye 1) ikili karşılaştırma matrisi gösterimi

| Kriter   | Fiyat | Teslimat | Kalite |
|----------|-------|----------|--------|
| Fiyat    | 1     | 3        | 1      |
| Teslimat | 1 / 3 | 1        | 1 / 3  |
| Kalite   | 1     | 3        | 1      |

Çizelge 4.5 Şekil 4.4’de gösterilen teslimat boyutlarının ikili karşılaştırma matrisi ile biçimlendirilmesi

| Boyut                       | Gecikme zamanı | Gecikme zamanı değişkenliği |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| Gecikme zamanı              | 1              | 5                           |
| Gecikme zamanı değişkenliği | 1 / 5          | 1                           |

Çizelge 4.6 Şekil 4.4’de gösterilen kalite boyutlarının ikili karşılaştırma matrisi ile biçimlendirilmesi

| Boyut           | Arızalı parça | Onarım maliyeti |
|-----------------|---------------|-----------------|
| Arızalı parça   | 1             | 1 / 5           |
| Onarım maliyeti | 5             | 1               |

Çizelge 4.7 Şekil 4.4’de gösterilen satıcıların fiyat üzerindeki ikili karşılaştırma matrisi ile biçimlendirilmesi

| Satıcı | A | B | C     |
|--------|---|---|-------|
| A      | 1 | 1 | 1 / 5 |
| B      | 1 | 1 | 1 / 3 |
| C      | 5 | 3 | 1     |

Üçüncü adım kriter ve boyutlar için göreceli ağırlıkları hesaplamaktır. Göreceli ağırlıklar özenli bir yaklaşım olan özyöne (özvektör – eigenvector) metoduna göre hesaplanmıştır. Yaklaşık işlem satır girdilerinin geometrik ortalamasını hesaplamayı ve ortalamaları normalize etmeyi içerir. Bu adım Şekil 4.4’de kriterin ikili karşılaştırma matrisi ile biçimlendirilmesinde gösterilmiştir. Örneğin, Çizelge 4.4’deki birinci sıranın geometrik ortalaması 1.4422’dir. Diğer satırların geometrik ortalamaları ise sırasıyla 0.4808 ve 1.4422’dir. Fiyatın, teslimatın ve kalitenin geometrik ortalamalarına göre normalize edilmiş ağırlıklar sırasıyla 0.43, 0.14 ve 0.43’dür. Bu adım Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 – 4.8’de verilen ikili karşılaştırma matrisi ile biçimlendirilmesinden geriye kalan olursa, adım 2 ve 3 tekrarlanabilir. Bileşenler, boyutlar ve satıcılar için hiyerarşik modelin ağırlıklar ile birlikte sonuçları Şekil 4.4’de gösterilmiştir.

Son adım, düşük seviyeden bir üst seviyeye ve oradan da en yüksek seviyeye ağırlıkları birleştirmeyi içerir. Örneğin, satıcı A’nın tüm sıralamasının hesaplanması şu şekilde yapılır. Satıcı A’nın fiyat değeri 0.157’dir. Satıcı A’nın teslimat değeri satıcı A’nın gecikme zamanı değeri ile gecikme zamanının ağırlığının çarpımı ve satıcı A’nın gecikme zamanı değişkenliği değeri ile gecikme zamanı değişkenliği ağırlığının çarpımlarının eklenmesi ile elde edilir  $[(0.659 \times 0.83) + (0.23 \times 0.17) = 0.5861]$ . Satıcı A’nın kalite değeri benzer şekilde 0.2347 olarak hesaplanır. Satıcı A’nın tüm değeri satıcı A’nın fiyat, teslimat ve kalite değerlerine uygun ağırlıkların eklenmesi ile hesaplanır  $[(0.43 \times 0.157) + (0.14 \times 0.5861) + (0.43 \times 0.2347) = 0.25]$ .

Benzer hesaplamalar ile satıcı B ve C’nin tüm değerleri hesaplanırsa sırasıyla 0.3141 ve 0.4499 elde edilir. Tüm değerlendirmeler göz önüne alındığında fiyat, teslimat ve kalite anlamında satıcı C’nin en iyi olduğu açıktır.

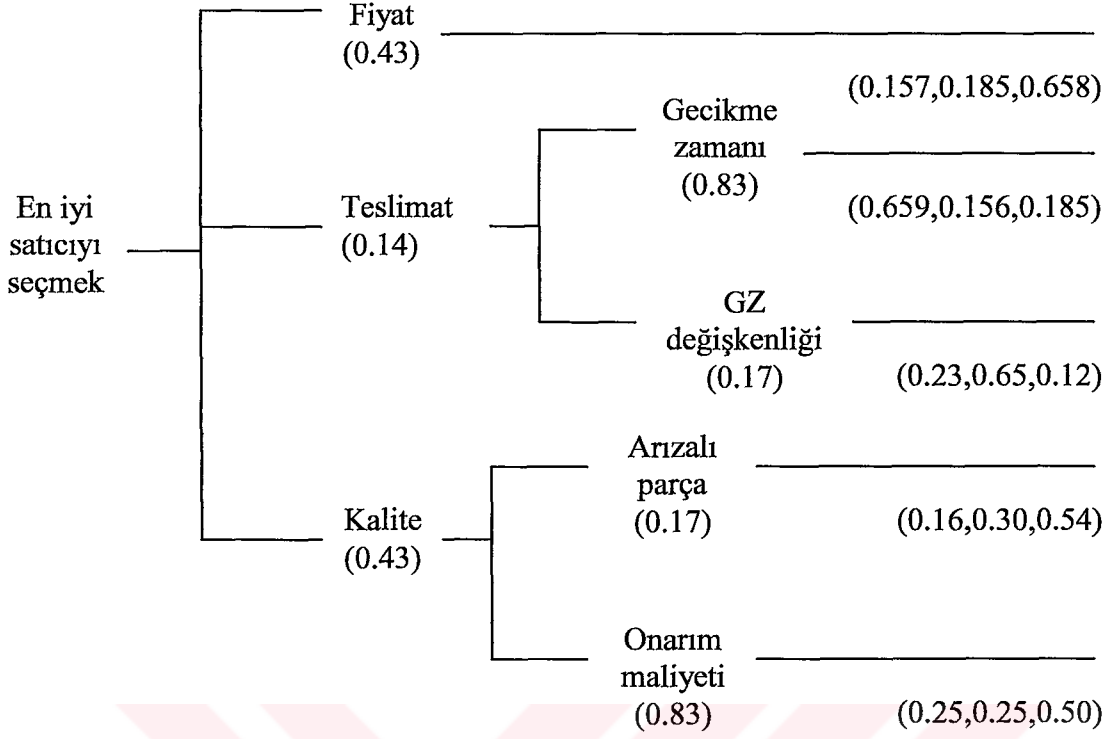
Çizelge 4.8 Şekil 4.4’de gösterilen satıcıların ikili karşılaştırma matrisi ile biçimlendirilmesi:

(a) gecikme zamanı; (b) gecikme zamanı değişkenliği; (c) arızalı parça; (d) onarım maliyeti

| Satıcı     | A     | B     | C     |
|------------|-------|-------|-------|
| <b>(a)</b> |       |       |       |
| A          | 1     | 5     | 3     |
| B          | 1 / 5 | 1     | 1     |
| C          | 1 / 3 | 1     | 1     |
| <b>(b)</b> |       |       |       |
| A          | 1     | 1 / 3 | 2     |
| B          | 3     | 1     | 5     |
| C          | 1 / 2 | 1 / 5 | 1     |
| <b>(c)</b> |       |       |       |
| A          | 1     | 1 / 2 | 1 / 3 |
| B          | 2     | 1     | 1 / 2 |
| C          | 3     | 2     | 1     |
| <b>(d)</b> |       |       |       |
| A          | 1     | 1     | 1 / 2 |
| B          | 1     | 1     | 1 / 2 |
| C          | 2     | 2     | 1     |

Çizelge 4.9 Şekil 4.4’de gösterilen seviye 1 için normalize edilmiş ağırlıkların hesaplanması

| Kriter        | Geometrik anlamı                                                    | Normalize edilmiş ağırlıklar |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Fiyat         | $(1 \times 3 \times 1 \times 3)^{1/3} = 1.4422$                     | 0.43                         |
| Teslimat      | $(\frac{1}{3} \times 1 \times \frac{1}{3} \times 1)^{1/3} = 0.4808$ | 0.14                         |
| Kalite        | $(1 \times 3 \times 1 \times \frac{1}{2})^{1/3} = 1.4422$           | 0.43                         |
| <u>Toplam</u> | 3.3652                                                              | 1.00                         |



Şekil 4.4 Hiyerarşik modeller için ağırlıklar

#### 4.4 OPTİMİZASYON METOTLARI

Optimizasyon metotları doğrusal ve doğrusal–olmayan programlama metotlarını kullanarak satıcıları seçmeyi ve her satıcı için sipariş edilecek miktarı tespit etmeye çalışır. Optimizasyon metotlarını kullanmanın, farklı amaçlar için modelleme kabiliyeti, çeşitli kalemlere odaklanmak ve eş zamanlı olarak belirli kısıtları belirlemek gibi avantajları vardır. Örneğin, deneysel (ampirik) metotlar satıcıların sınırsız kapasitesinin olduğunu ve sunulan malların adedinin talebi karşılayacağını kabul ederler. Optimizasyon metotları farklı maliyetler arasındaki değişimi aramak için de kullanılabilirler. Current ve Weber (1994) satıcı seçim problemlerinde üç farklı tesis yeri modelinin uygulanabilirliğini göstermişlerdir. Bu bölümde iki tesis yeri modelinin uygulaması gösterilecektir: basit fabrika yeri modeli (Balinski, 1965) ve küme kapsama modeli (Toregas ve Re Velle, 1972). Ayrıca kalite maliyetleri ile ilgili basit bir modele de değinilecektir.

##### 4.4.1 Basit Fabrika Yeri Modeli

Basit fabrika yeri modeli satıcıları seçmek için kullanılabilir. Model aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$\text{Minimum } z = \sum_k \sum_j c_{kj} X_{kj} + \sum_j f_j Y_j \quad (4.3)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_j X_{kj} = 1, \forall k;$$

$$X_{kj} \leq Y_j, \forall k, j;$$

$$Y_j \in (0,1), \forall j;$$

$$X_{kj} \geq 0, \forall k, j.$$

Burada;

$X_{kj}$  :  $k$  mal kaleminin talebinin  $j$  satıcısından alınan bölümü;

$Y_j = 1$  : satıcısı seçilir ise 1, aksi halde 0;

$c_{kj}$  :  $k$  mal kaleminin tümünün  $j$  satıcısından alınmasının maliyeti;

$f_j$  :  $j$  satıcısını çalıştırmayla ilgili sabit maliyetler.

Amaç fonksiyonu, [denklem (4.3)] tüm satıcılardan alınan mal kalemlerinin toplam maliyetini minimize etmeye çalışır. Sağdaki ilk terim toplam değişken satın alma maliyetlerini ve sağdaki ikinci terim ise satıcıları kullanmak ile ilgili sabit maliyetleri gösterir. Sabit maliyetler sipariş süreci maliyeti, sözleşmeyi oluşturma maliyeti ve takip etme maliyetini içerir. İlk kısıt her mal kalemi için toplam talebi sağlar. İkinci kısıt satıcıya verilen siparişin sadece satıcı seçilmişse işleme katılmasını sağlar. En son iki kısıt ise, karar değişkenleri için ikili ve negatif-olmayan sınırlamayı sağlar.

Eğer amaç geç teslimatları minimize etmek olur ise, (tam-zamanında uygulamalarında olduğu gibi) aşağıdaki amaç fonksiyonu kullanılabilir:

$$\text{Minimum } z = \sum_k \sum_j a_k p_{kj} X_{kj} + \sum_j f_j Y_j \quad (4.4)$$

Burada;

$a_k$  :  $k$  mal kaleminden sipariş edilen miktar;

$p_{kj}$  :  $j$  satıcısı tarafından geç teslim edilen  $k$  mal kaleminin sipariş yüzdesi.

#### 4.4.2 Küme Kapsama Modeli

Satıcı seçiminde küme kapsama modelinin uygulanabilirliği aşağıda gösterilmiştir. Model aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$\text{Minimum } z = \sum_j Y_j \quad (4.5)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum Y_j \geq 1, \forall j$$

$$j \in N_k$$

$$Y_j \in (0,1) \forall j.$$

$Y_j$  bir önce incelenen basit fabrika yeri modelindeki tanımıyla aynıdır ve  $N_k$  ise  $k$  mal kalemini sunabilen satıcılar kümesidir. Amaç fonksiyonu [denklem (4.5)] çalıştırılan satıcı sayısını minimize etmeye çalışır. İlk kısıt her mal kaleminin en az bir satıcı tarafından sunulmasını ikinci kısıt ise, karar değişkenlerinin ikili yapısını göstermektedir.

Yukarıda gösterilen model satıcıların kapasite kısıtlarının olmadığını varsayar. Hatta satıcılardan alınan malların kalitesi de belirtilmemiştir. Model ayrıca tüm satıcıların malları aynı maliyetle aldıklarını varsaymaktadır. Tesis yeri modelleme alanında yayınlanmış olan yaygın kaynaklarda, diğer modelleme alternatiflerinin bu tür varsayımların üstesinden gelebildiği yer almaktadır. Yukarıdaki modeller ile ilgili en ciddi kısıtlama tek bir satıcı seçme amacına odaklanmış olmalarıdır. Pratikte, satıcı seçimi problemleri yaşam içerisinde çok-amaçlı olarak yer alırlar. Buffa ve Jackson (1983) çok-amaçlı satın alma planlama



kararlarında hedef programlama modellerinin (goal programming model) faydasını göstermişleridir. Ayrıca hedef programlama formülasyonları ile ilgili daha ayrıntılı çalışmaları Winston (1987) yapmıştır.

#### 4.4.3 Kalite Maliyet Modeli

Satıcıların seçiminde önemli düşünce sununun kalitesidir. Sunuda kalitenin düşük olması artan denetim, arızalı parçaların onarımı, aksama süresi ve kalitesiz mamul ürün gibi ilave maliyetler getirebilmektedir. Kalite maliyetlerini hesaba katan satıcı seçimi ile ilgili ekonomik model bu bölümde gösterilecektir (Tagaras ve Lee, 1996). Alıcının eline geçen mamul ürün veya çıktıda defolu olmasını model, girdi veya satın alınan bileşenin defolu olması, veya alıcının üretim sürecinde hata olması, veya her ikisinin de olması olarak kabul eder. Defolu girdi olma ihtimali ve hatalı süreç bağımsız olarak düşünülmelidir. Model mamul defolu ürün maliyetini ve satın alınan girdi maliyetini hesaba katmalıdır. Tüm maliyetlerin doğrusal olduğu farz edilmelidir. Ayrıca model satıcılardan alınan parçaların denetimini dikkate almamalıdır. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

|            |                                                                                                                             |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $p_j$      | : $j$ satıcısından defolu parça gelme olasılığı;                                                                            |
| $q$        | : müşterinin üretim süreci sonunda defolu mamul ürün ile karşılaşma olasılığı;                                              |
| $c_d$      | : defolu girdi sonucunda mamul ürünün defolu olmasının birim maliyeti (üretim sürecinde her şeyin sorunsuz olduğu durumda); |
| $c_m$      | : hatalı üretim süreci sonucunda oluşan defolu mamul ürünün birim maliyeti (defolu girdi yok);                              |
| $c_{dm}$   | : hatalı üretim ve defolu girdi sonucunda oluşan defolu mamul ürünün birim maliyeti;                                        |
| $c_j$      | : $j$ satıcısından satın alınan birim maliyeti;                                                                             |
| $p_j(1-q)$ | : $j$ satıcısının defolu girdi yapması sonucunda defolu mamul ürün üretme olasılığı (üretim süreci sorunsuz);               |
| $q(1-p_j)$ | : üretim sürecinin hatalı olması sonucunda mamul ürünün defolu üretilmesi olasılığı ( $j$ satıcısından defolu girdi yok);   |
| $qp_j$     | : hatalı üretim süreci ve $j$ satıcısının defolu girdi yapması sonucunda defolu mamul ürün üretme olasılığı;                |

- $C_j$  :  $j$  satıcı için beklenen birim maliyet ve beklenen defolu mamul ürün maliyeti ile birim satın alma maliyetinin toplamı [denklem (4.6)];
- $C_0$  : girdilerin defosuz olması durumunda defolu mamul ürünün beklenen maliyeti [denklem (4.7)];
- $\Delta C_j$  :  $j$  satıcısından defolu parçalar gelmesi nedeniyle birim başına artan maliyetler [denklem (4.8)].

Model aşağıdaki üç denklem ile formüle edilir:

$$C_j = c_j + p_j(1-q)c_d + q(1-p_j)c_m + qp_jc_{dm} \quad (4.6)$$

$$C_0 = qc_m \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} \Delta C_j &= C_j - C_0 \\ &= c_j + p_j[c_d + q(c_{dm} - c_d - c_d)] \end{aligned} \quad (4.8)$$

Denklem (4.8) her satıcı ve en düşük toplam maliyet ile seçilen satıcı için değerlendirilir. Maliyetin işlevsel biçimine bağlı olan uygun optimizasyon yöntemlerini kullanmak şarttır. Satıcı tarafından sağlanan kalitenin azalması ile toplam maliyetin artması denklem (4.8)'de açıkça görülmektedir. Hatta, eğer kalite maliyetleri hatanın kaynağından bağımsız ise ( $c_d = c_m = c_{dm} = c$ ), sonra  $\Delta C_j = c_j + p_j(1-q)c$  olur. Bu durum üretim sürecinin kusursuz olması sonucunda  $j$  satıcısından gelen toplam maliyetin  $c_j + p_jc$  olduğunu gösterir. Eğer üretim süreci tamamen kusurlu ise satıcı  $j$ 'den gelen toplam maliyet basitçe satın alma maliyetidir ve kalite maliyeti de sıfırdır. Bu durum üretim süreci kusursuz değil ise, sunu ile ilgili kalite problemlerinin daha az önemli olduğunu vurgular.

Kullanılan model ulaştırma ve envanter taşıma maliyetleri gibi diğer maliyetleri de içerecek şekilde genişletilebilir. Satıcıların kapasite kısıtlarını göstermek için ilave kısıtlar da eklenebilir. Alıcıların, satıcılar tarafından satılan mal hakkında yapacakları araştırma maliyetlerini içeren genişletmeler de yapılabilir.

## 5. Envanter Planlaması

Envanter planlaması ve kontrolü satıcı seçimini takip eden mantıksal kararlardan biridir. Önce satıcılar ve toplam sipariş miktarı tespit edilir, sonraki adım da ise ekonomik sipariş miktarı ve sipariş sıklığı tespit edilir. Ekonomik sipariş miktarı (ESM) toplam maliyet ve hizmet düzeyleri baz alınarak saptanmalıdır. Toplam envanter maliyetlerini minimize etmek ve hizmet düzeylerini maksimize etmek yapısı itibarı birbirleriyle çelişir. Hizmet düzeyini maksimize etmek, mal kalemlerinde çeşitlilik sağlamak ve her zaman her yerde bulunmalarını sağlamak ile ilgilidir. Bu durum müşterilere yakın olan çeşitli yerlerde büyük miktardaki mal kalemi için büyük envanterlerin altından kalmayı gerektirir. Bu yüzden envanter maliyetleri ve hizmet düzeyleri arasında ekonomik değiş-tokuş gerekmektedir.

Envanter, uygun tedarik zinciri işlevleri için gerekli bir zorunluluktur. Farklı organizasyonlar kendi işlerinin doğasına bağlı olarak farklı türde envanterler taşırlar. Perakende ürün satan firmalar ağırlıklı olarak mamul ürün envanterleri kullanırlar. Üretim yapan firmalar hammadde, iş süreci ve mamul mal envanterlerine sahiptirler. Hastaneler gibi hizmet organizasyonları ise büyük miktarlarda sunu sağlayabilirler. Üretim durumlarındaki iş süreci envanteri, dağıtımdaki boru hattı envanteri veya perakende ile çok benzerlik göstermektedir. Tedarik zinciri envanteri içerisindeki aşamalara bağlı olarak hammadde, iş süreci, mamul ürün ve hurda olarak sınıflandırılabilir. Bu bölümde envanterin önemli işlevleri ve envanter ile ilgili çeşitli maliyetler gösterilecektir. Ayrıca envanter kontrol kararlarının sınıflandırılması gösterilecektir. Son olarak ise temel envanter kontrol kararlarını gerçekleştirmek için gerekli olan analitik modeller gösterilecektir. Bu modeller geleneksel ve tam-zamanında planlama modelleridir.

### 5.1 ENVANTERİN İŞLEVLERİ

Uygun envanter düzeylerini sürdürmek organizasyonun çeşitli önemli fonksiyonlarının başarı ile gerçekleştirmesine yardımcı olur. Envanterin en önemli işlevlerinden biri üretim ve sunudaki belirsizliklerin üstesinden zaman, yer, çeşit ve miktar açısından gelmektir. Eğer her şey planlandığı veya öngörüldüğü gibi işlerse – eğer sunucu doğru yerde doğru zamanda olursa ve sunu kalitesi %100 ise, eğer tüm mal kalemleri için zaman ve yer anlamında yapılan talep öngörülleri kusursuz ise, ve ulaştırma alternatifleri her zaman güvenilir hizmet sunabiliyorsa – envantere her zaman ihtiyaç olmayabilir. Maalesef, trenler yoldan çıkıyor, kar

sunabiliyorsa – envantere her zaman ihtiyaç olmayabilir. Maalesef, trenler yoldan çıkıyor, kar fırtınaları otoyolları vuruyor, müşteriler son dakikada fikirlerini değiştiriyorlar ve yükler nakliye esnasında hasar görüyor.

Envanter, üretimde ölçek ekonomisinin (economies of scale) başarılmasına yardım eder. (Ölçek ekonomilerindeki sabit tesis etme ve sipariş maliyetleri sebebiyle, ortalama veya birim üretim veya satın alma maliyetleri büyük sipariş miktarları düşmektedir.) Hatta, çeşitli satıcılar büyük sipariş miktarları için miktar indirimleri sağlarlar. Büyük miktardaki üretimin kullanılması eğer öğrenme süreci kesilmezse, daha iyi kalitenin sağlanmasına veya daha az ürününün geri çevrilmesine sebep olur. Büyük miktardaki siparişler satıcı veya alıcının daha düşük ulaştırma maliyetleri olması sebebiyle ulaştırma fiyatlarını düşürmeyi tartışmalarına olanak verir. Yeterli özenin gösterilmesi ölçek ekonomilerinin faydalarının envanter maliyetleri ile sapmamasını sağlar.

Satın alma fiyatlarındaki beklenen artışa veya sunudaki düşüşe karşı korunma yapılması bazen ilave envanter taşıma maliyetleri yapmaya degecektir. Özellikle satın alma fiyatlarının hızlı ve dik olarak artacağıının beklendiği zamanlarda bu harcamalar yapılabilir. Hatta, sunucunun araç-gerecinde veya ulaştırma yapan taşıyıcılarda beklenen olumsuzluklar alıcıları gelecek için stok yapmaya zorlamaktadır.

Talepteki mevsimsel dalgalanmaların sunudaki veya üretim kapasitesindeki kısıtlamalar ile birleşmesi de, envanterlerin sürdürülmesinin gerekliliğine sebep olmaktadır. Bu durum, daha sakın geçen periyotlarda yoğun talebin geleceği düşünülerek stok yapılmasını gerektirir. Yoğun talebin olduğu zamanlarda satın alma veya üretim için kapasite yetmeyebilir. Hatta, belirli mal kalemleri için talebin periyoda bağlı hassasiyeti vardır. Bu tür mal kalemlerinden stok yapmak, hizmet düzeyini artırmak için gereklidir.

Tedarik zinciri operasyonunda birbirine komşu iki varlık farklı kapasitelerde ise veya süreç ile üretim düzeyi başarılı üretim aşamaları için farklı ise, varlıklar veya aşamalar arasındaki denge veya bağımsızlığı sağlamak için envanter bir çözüm olabilir. Dağıtım durumlarında tüketim oranı ve üretim oranı farklı ise, çözüm orta seviyede depo olabilir. Üretimde ise, iş istasyonları arasındaki tampon depolama dikkati üretim oranlarındaki dengesizliğe yöneltilir.

## 5.2 ENVANTER MALİYETLERİ

Envanter düzeylerini sürdürmek ile ilgili çeşitli farklı maliyetler vardır: sipariş verme maliyeti, satın alma fiyatı, depolama maliyeti, taşıma maliyeti, açık (eksiklik) maliyeti, ulaştırma maliyeti, nakliye envanter maliyeti ve kalite maliyetleri. Bazı maliyetler yüksek envanter düzeyleri ile artarken diğerleri azalır; bu yüzden optimum envanter düzeyini belirlemek için sık sık değiş-tokuş yapmaya ihtiyaç vardır. Bazı envanter maliyetleri, satın alınan mal kalemlerindeki gecikme zamanına bağlıdır. Gecikme zamanı, siparişi verme ile güncel alındı arasındaki zamandır. Bu zaman dilimi siparişin hazırlanması ve teslimat zamanı, üretim veya parçaların bir araya getirilmesi, ulaştırma zamanı, makbuz ve denetim zamanını içerir. Gecikme zamanı ile eksiklikleri engellemeyi sürdürmek için gerekli olan minimum envanter saptanır. Gecikme zamanı boru hattı veya nakliye envanter maliyetlerini de etkiler.

### 5.2.1 Alım ve Üretim Maliyetleri

Alım maliyetleri iki bileşenden oluşmaktadır. Birinci bileşen sabit sipariş maliyetidir ve hazırlama, gönderme ve siparişi izleme gibi siparişi gerçekleştirme ile ilgili maliyetlerden oluşur. Bu bileşen genel olarak sipariş miktarından bağımsızdır. İkinci bileşen ise alımın değişken maliyetidir ve bu esasen satın alma fiyatıdır. Bu bileşen sipariş miktarına bağlıdır ve doğrusal veya doğrusal-olmayan biçimde sipariş miktarı ile değişiklik gösterebilir. Miktar indirimleri artan (incremental) halde veya tüm birimler (all-units) için mevcut olduğunda satın alma fiyatında doğrusal-olmayan bir durum vardır. Tüm birimler için, eğer sipariş boyutu belirli miktarı aşarsa indirim fiyatı satın alınan tüm birimler için uygulanabilir. Artan indirim miktarı için, indirimli fiyat sadece belirli miktar aralığında olanlar için uygulanabilir. Her sipariş için verilen toplam alım maliyeti şu şekildedir:

Her sipariş için toplam alım maliyeti = Her sipariş için maliyet + Birim fiyat × Sipariş miktarı

Açıklaması Örnek 5.1’de gösterilmiştir.

Üretim maliyeti alım maliyeti ile benzerdir, fakat üretim durumlarında uygulanır. Sabit bileşen başlama maliyeti olarak bilinir ve esas ile yan başlangıç maliyetlerini içerir. Genel olarak, başlama maliyeti işi kurma, araç-gerecin montajları ve işin çizelgelenmesi maliyetlerinden oluşur. Değişken bileşeni ise iş gücü, malzeme ve güncel üretim ile ilgili genel gider değişkenleri oluşturur.

### 5.2.2 Envanter Sürdürme Maliyeti

Envanteri sürdürme maliyeti iki bileşenden oluşur: depolama maliyeti ve envanter taşıma maliyeti. Birinci bileşen harcama ile ilgili depolama alanı, sigorta, vergiler, eskime, ısıtma ve aydınlatmayı içerir. Envanter taşıma maliyeti ise, faiz yükü ile ilgili envantere bağlanmış yatırım ve faiz oranı, mal kaleminin birim fiyatı ve ortalama envanteri içerir. Çoğu zaman depolama maliyeti taşıma maliyeti ile karşılaştırıldığında oldukça düşük kalır. Toplam envanter sürdürme maliyeti ve maliyet bileşenleri aşağıdaki gibidir:

$$\text{Envanter sürdürme maliyeti} = \text{Depolama maliyeti} + \text{Taşıma maliyeti}$$

$$\text{Depolama maliyeti} = (\text{Birim maliyet}) \times (\text{Ortalama envanter})$$

$$\text{Taşıma maliyeti} = (\text{Faiz oranı}) \times (\text{Birim fiyat}) \times (\text{Ortalama envanter})$$

Depolama maliyetleri taşıma maliyetleri ile karşılaştırıldığında ihmal edilebilir olduğundan, envanter sürdürme maliyeti her birimin sahip olma maliyeti ile ortalama maliyetin çarpımına eşit olur, birim başına sahip olma maliyeti ise sadece faiz oranı ile birim fiyatın çarpımıdır. Ortalama envanter eğer talep değişmez ise başlangıç ve son envanter baz alınarak hesaplanır (Şekil 5.1).

$$\text{Ortalama envanter} = \frac{1}{2} (\text{Başlangıç envanteri} + \text{Son envanteri})$$

Eğer talep sürekli ise [Şekil 5.1(b)] ortalama envanter integral yardımı ile aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{Ortalama envanter} = \frac{1}{T} \int_0^T I(t) dt$$

---

#### Örnek 5.1

Denizkızı Restoranının her hafta 2000 birim midyeye ihtiyacı vardır. Denizkızı her hafta 2000 midye için tek sipariş vermek istemektedir. İki satıcıdan alınacak midye fiyat çizelgesi aynıdır ve aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

| Midye sayısı | Her 100 midye için fiyat (\$) |
|--------------|-------------------------------|
| 0 – 500      | 25.00                         |
| 501 – 1000   | 22.00                         |
| 1001 – 2000  | 20.00                         |
| > 2000       | 18.00                         |

Satıcı A tüm birim indirimi (all-units discount) ve satıcı B artan birim indirimi (incremental units discount) önermektedir. İki satıcı için alım maliyetlerini hesaplayınız.

Satıcı A:

$$100 \text{ midye } 20\$ \text{ dan } 2000 \text{ midye} = 2000 \times \frac{20\$}{100} = 400\$$$

Satıcı B:

$$100 \text{ midye } 25\$ \text{ dan ilk } 500 \text{ midye} = 500 \times \frac{25\$}{100} = 125\$$$

$$100 \text{ midye } 22\$ \text{ dan sonraki } 500 \text{ midye} = 500 \times \frac{22\$}{100} = 110\$$$

$$100 \text{ midye } 20\$ \text{ dan son } 1000 \text{ midye} = 1000 \times \frac{20\$}{100} = 200\$$$

$$\text{Toplam maliyet} = 125\$ + 110\$ + 200\$ = 435\$$$

### 5.2.3 Açık Maliyeti

Ürün veya malzeme eksikliği nedeniyle talep kaybolur veya üretim durursa belirli maliyetlerde istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir. Satışta veya dağıtım çevresinde bu durumun gerçekleşmesi halinde satışların düşmesine bağlı olarak kar, gelir veya itibar ile manevi ilişkilerin kaybedilmesi söz konusu olabilir. Eğer malzemenin o anda stokta bulunmaması fakat yakın gelecekte sunulması durumu (siparişi karşılayamama) var ise, talebi süratle karşılayabilmek için ilave harcamalar yapılması gerekecektir. Bu durum malı diğer satıcılardan almak, daha pahalı ulaştırma seçeneklerini kullanmak ve siparişi takip etmeyi içerebilir. Üretim aşamasında ise makinelerin çalışmaması ve satılacak mamul ürün eksikliğine bağlı zararlar söz konusu olabilecektir. Eğer satışlar düşerse açık maliyeti memnun olunmayan talep birimlerinin fonksiyonudur. Eğer birimler o anda stokta bulunmaması fakat yakın gelecekte sunulması durumuna maruz olursa (siparişi karşılayamama) açık maliyeti birim eksik sipariş miktarının fonksiyonu ve siparişin tamamlama süresidir:

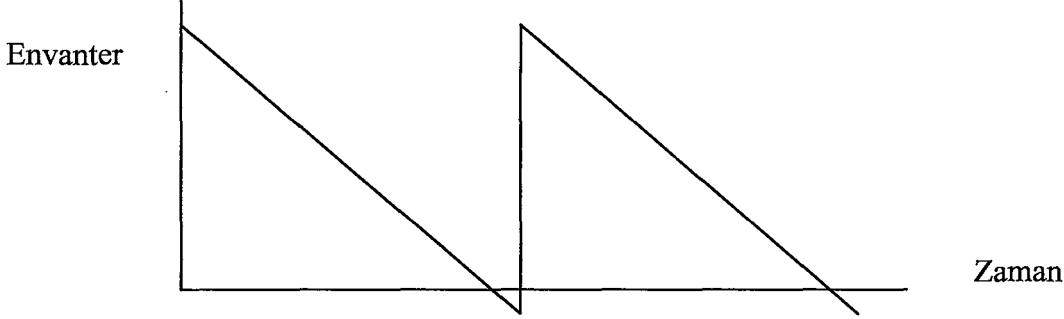


açık (satış kaybı) = (birim başına kar ve itibar kaybı)  $\times$  (eksik birimler)

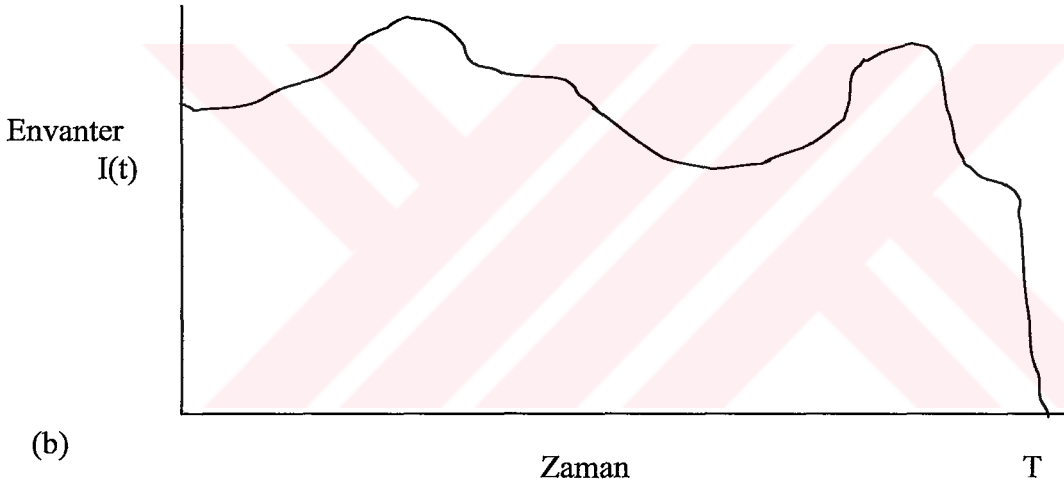
açık maliyeti (siparişi karşılayamama) = (birim zamanda siparişi karşılayamama birim maliyeti)

$\times$  (karşılanamayan siparişler)

$\times$  (siparişi karşılayamama süresi)



(a)



(b)

Şekil 5.1 Talep : (a) düzenli; (b) sürekli, düzensiz.

#### 5.2.4 Ulaştırma ve Nakliye Envanter Maliyetleri

Genelde ulaştırma maliyeti malın türüne, mesafeye, ulaştırma türüne, taşıyıcıya ve taşıma miktarına bağlıdır. Nakliye envanter maliyeti ise, örneğin, ulaştırma boru hattındaki envanter miktarına ve boru hattında geçen gün sayısına bağlıdır.

Ulaştırmada hız arttıkça (seçilen ulaştırma türüne bağlı olarak) nakliye envanter maliyeti düşmekte fakat ulaştırma maliyeti artmaktadır. Örneğin, hava ulaşımı ile Los Angeles'dan New York'a yükler sadece bir günde ulaşırken demiryolu ile yedi günden fazla sürebilmektedir. Açıkçası malları uçak ile taşımak demiryoluna oranla çok daha pahalı

olmasına rağmen envanter taşıma maliyeti daha düşüktür. Büyük sipariş veya yükleme miktarları, düşük ulaştırma maliyetlerine yol açar. Örneğin, parçalı yükler her zaman birleştirilerek en küçük ölçekte kamyonu dolduracak hale getirilmeye çalışılır.

### 5.2.5 Kalite Maliyetleri

Kalite maliyetleri malların ulaşımı sonucunda zarar görmüş parçaların alınması ile ilgilidir. Bir parçanın taşıma sonucunda zarar görmüş olması kalitesiz üretim, yanlış özellikler, taşıma veya elleçleme ile ilgili olabilir. Sonuç olarak, defolu parçalar müşteriye problem yaratır. Gerekli miktardaki parçanın bulunmaması fabrikada aksama süresini oluşturur ve mamul ürün talebinin karşılanamaması sonucunu doğurur. Defolu parçaların denetimden geçmeden müşteriye ulaşması kalitesiz mamul ürüne sebep olur. Eğer defolu parçalar denetim esnasında bulunur ise ilave maliyetler ile parçalar onarılabılır yada sunucuya geri gönderilir. Genelde, sipariş miktarı envanteri defolu parçalar hesaba katılarak ayarlanır. Kalite maliyetini ölçmek genellikle zordur. Hatta, bu denetim türü ve müşterinin kullandığı seçme planlarına da bağlıdır.

## 5.3 ENVANTER KONTROL PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Bu bölümde envanter kontrol kararlarının farklı türlerinin sınıflandırılması anlatılmaktadır. Envanter kararları çeşitli yollardan sınıflandırılabilir. Bu bölümde envanter kontrol problemleri, yerlerin sayısı, sunu kaynaklarının sayısı, mal kalemlerinin sayısı, periyotların sayısı, talebin karakteri ve gecikme zamanının türüne göre sınıflandırılmıştır.

Belirli mal kalemleri çeşitli yerlerde stok yapılabilir. Buradaki yer aynı fabrika içerisindeki farklı binalar olabildiği gibi bir bölge içinde farklı şehirler veya farklı ülkelerde olabilir. Envanterin yeri ulaştırma maliyetleri ve satıcı seçimi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Ölçek ekonomilerinde alım ve ulaştırma sonucunda yakın yerlerdeki talep birleştirilir. Talep ve maliyetler farklı olduğu sürece farklı yerlerin farklı türlerdeki envanter politikalarını benimsemeleri gerekir. Sunu kaynaklarının sayısı sunu güvenirliliğinin seviyesini etkiler. Çoğu zaman arzu edilen talep dağıtımı çeşitli satıcılar kullanılarak zamanında sağlanabilir. Öte yandan bu durum gelen parçaların kalitesinde değişkenliğe ve yerine konabilirlik problemlerinin oluşmasına sebep olabilir. Mal kalemlerinin sayısının artışı işletim, bakım ve envanter kontrolünde daha fazla çaba harcanmasına öncülük eder. Bununla birlikte, oluşan faydalar miktar indirimleri için daha büyük fırsatlar içerebilir.

Envanter kontrol kararlarının belirli türleri tek periyot (mevsimsel) veya tekrarlanmayan (tatil talebi veya diğer tek seferlik talepler) siparişler ile ilgilidir. Buna örnek olarak yılbaşı için yapılan stoklama, evler inşa etmek ve bir işlev için özel hizmetlere yönelik inşaat malzemeleri envanteri verilebilir. Çok periyotlu envanter planlaması tekrarlanan ve tekrarlanmayan siparişler içerebilir. Eğer tüm periyot boyunca talep aynı ise, siparişler aynı sipariş miktarı için sabit aralıklar ile yerleştirilir. Aksi halde sipariş miktarı ve/veya sipariş sıklığı değişebilir.

Talep, karakteri gereği envanter sistem ve kontrol politikaları türlerini büyük oranda etkilemektedir. Talebin karakteristiğinin üç boyutu vardır: bağımlılık, değişkenlik ve belirsizlik. Çok sayıda mal kalemi olduğunda maddeler arasında talebin bağımlılık durumu temel faktördür. Eğer çeşitli mal kalemleri için talepler bağımsız ise her mal kalemi için talep tek başına tahmin edilmelidir. Eğer mal kalemleri arasında bağımlılık durumu var ise, bir mal kalemi için olan talep diğer mal kalemlerine olan talepten çıkartılabilir. Bunun için iyi bir örnek mamul ürün ve bileşenleri veya alt gurupları arasındaki ilişkidir. Örneğin, otomobile olan talep biliniyorsa buradan dingile, motora olan talebi çıkarmak kolaydır. Talebin değişkenliği, talebin zaman içinde değişimidir. Sabit talep envanter problemlerinin altından kalkmak, değişken talep problemleri ile kıyaslandığında kolaydır. Benzer şekilde, deterministik talep durumları ile karşılaşıldığında olasılıksal (stokastik) envanter problemlerine göre modellemek ve analiz etmek daha kolaydır. Karmaşıklık içeren olasılıksal talep envanter problemlerini analiz etmek, bağlı dağılımın türene bağlıdır.

#### 5.4 BASİT ENVANTER KONTROL MODELLERİ

Bu bölümde iki model gösterilecektir. Birincisi tek periyot durumu ki klasik ‘ekonomik sipariş miktarı’ (ESM) (economical order quantity) yaklaşımını kullanmaktadır. İkincisi ise çok periyotlu durumdur ve doğrusal programlama yaklaşımını kullanmaktadır. Bu bölümde gösterilen modeller için aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır:

1. talep ve gecikme zamanı kesinlikle bilinmektedir;
2. tüm maliyetler doğrusaldır ve bilinmektedir;
3. her zaman stokta mal bulunmaktadır.

Hesaba katılan maliyetler şunlardır: sipariş verme maliyeti, satın alma maliyeti, envanter sürdürme maliyeti, ulaştırma maliyeti ve nakliye envanter maliyeti.

### 5.4.1 Tek-periyot Modeli

Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

|           |                                                                   |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|
| $A$       | :sipariş verme maliyeti;                                          |
| $C$       | :birim satın alma fiyatı;                                         |
| $D$       | :yıllık talep;                                                    |
| $L$       | :gün olarak gecikme zamanı;                                       |
| $Q$       | :sipariş miktarı;                                                 |
| $i$       | :yıllık faiz oranı;                                               |
| $R$       | :envanteri yeniden sipariş etme noktası;                          |
| $s$       | :emniyet stoku;                                                   |
| $t$       | :gün olarak geçiş süresi;                                         |
| $T$       | :birim ulaştırma maliyeti;                                        |
| $S$       | :birim depolama maliyeti;                                         |
| $h$       | : $i(C + T)$ tarafından verilen birim envanter sürdürme maliyeti; |
| $C^{tot}$ | :toplam yıllık maliyet.                                           |

Model aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\text{Toplam maliyet} = \text{Sipariş verme maliyeti} + \text{Satın alma maliyeti} + \text{Envanter taşıma maliyeti} \\ + \text{Ulaştırma maliyeti} + \text{Nakliye envanter maliyeti}$$

$$\text{Yıllık sipariş maliyeti} = (\text{Sipariş başına maliyet}) \times (\text{Yılda verilen sipariş sayısı}) \\ = \frac{AD}{Q}$$

$$\text{Yıllık satın alma maliyeti} = (\text{Birim maliyeti}) \times (\text{Yıllık talep}) \\ = CD$$

$$\text{Yıllık envanter sürdürme maliyeti} = (\text{Ortalama envanter}) \times [(\text{Birim depolama maliyeti}) \\ + (\text{Birim maliyet} + \text{Birim ulaştırma maliyeti}) \\ \times (\text{Faiz oranı})] \\ = \left( \frac{Q}{2} \right) [S + (C + T)i]$$

$$= \left( \frac{Q}{2} \right) h, (C + T)i \text{ ile karşılaştırıldığında } S \text{ önemsiz ise}$$

$$\begin{aligned} \text{Ulaştırma maliyeti} &= (\text{Birim ulaştırma maliyeti}) \times (\text{Yıllık talep}) \\ &= TD \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nakliye envanter maliyeti} &= (\text{Yıllık faiz oranı}) \times (\text{Birim satın alma fiyatı}) \times (\text{Yıllık talep}) \\ &\quad \times (\text{Yıl olarak geçiş süresi}) \\ &= \frac{iCDt}{365} \end{aligned}$$

$$C^{tot}(Q) = \frac{AD}{Q} + CD + \left( \frac{Q}{2} \right) [S + (C + T)i] + TD + \frac{iCDt}{365} \quad (5.1)$$

ESM'yi elde ederken, toplam maliyeti minimize eden Q'nun değeri, öncelikle Q'ya nazaran denklem (5.1)'de verilen toplam yıllık maliyet ifadesinin birinci türevi alınmalıdır, sıfıra eşitlenmeli, ve Q için çözülmelidir. ESM için bu sonuçlar aşağıdaki formüldedir:

$$Q^* = \left[ \frac{2AD}{i(C+T)+S} \right]^{1/2} \quad (5.2)$$

$$Q^* = \left( \frac{2AD}{h} \right) S \text{ çok küçük olduğu zaman} \quad (5.3)$$

Bu durumda envanteri yeniden sipariş etme noktasını basitçe gecikme zamanı talebi ile emniyet stokunu toplayarak elde edebiliriz:

$$R = \frac{LD}{365} + s \quad (5.4)$$

Ulaştırma envanter maliyetlerinin ESM'yi etkilediği görülmemiştir. Bu modelde bu tür bir durumun oluşmasının başlıca sebebi onların sipariş miktarına bağımlı olmaması ve ulaştırma maliyetleri ile geçiş zamanlarının arasında bir bağ bulunmamasıdır. Bir başka deyişle geçiş

süresinde meydana gelen artış veya azalmanın ulaştırma maliyeti üzerinde herhangi bir etkisinin yoktur. Model ulaştırma oranı ve/veya satın alma fiyatı üzerindeki miktar indirimlerini hesaba katmak için değiştirilebilir. Model ile maksimum depolama alanı, bütçe uygunluğu gibi verileri hesaplamak için ilave kısıtlarda eklenebilir. Ayrıca model doğrusal-olmayan ulaştırma maliyetlerini ve çok sayıdaki satıcı ile ortak çizelgeyi yeniden düzenlemeyi de içermesi için genişletilebilir. Açıklaması Örnek 5.2’de gösterilmiştir.

## 5.4.2 Çok-periyot Modeli

### 5.4.2.1 Doğrusal programlama modeli

Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

$X_t$  :  $t$  periyodunda sipariş edilen ve alınan miktar (gecik zamanı sıfır olarak varsayılmıştır);

$I_0$  : model planlama sürecinin başı;

$I_t$  :  $t$  periyodu sonundaki envanter;

$I_n$  : arzu edilen dönem sonu envanteri;

$C_t$  :  $t$  periyodundaki satın alma fiyatı;

$T_t$  :  $t$  periyodundaki ulaştırma maliyeti;

$h_t$  :  $t$  periyodundaki envanter sürdürme maliyeti (faiz ve depolama maliyeti ile birlikte);

$D_t$  :  $t$  periyodundaki talep;

$S_t$  :  $t$  periyodundaki sununun temin edilebilirliği;

$V^{st}$  : depolama kapasitesi.

Modelin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\text{Minimum } Z = \sum_t X_t (C_t + T_t) + \sum_t I_t h_t \quad (5.5)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$(X_t + I_{t-1}) \leq V^{st}, \forall t$$

$$I_{t-1} + X_t - D_t = I_t, \forall t$$

$$X_t \leq S_t, \forall t$$

$$I_t, X_t \geq 0, \forall t$$

---

### Örnek 5.2

XYZ şirketi ürettiği en önemli ürünlerinin parçalarını ABC şirketinden satın almaktadır. Parçanın yıllık talebi 8000 birimdir. Sipariş verme maliyeti 40\$'dır. Birim satın alma fiyatı, birim ulaştırma maliyeti ve birim depolama maliyeti sırası ile 5\$, 0.50\$ ve 0.10\$'dır. Geçiş süresi 10 gün ve gecikme zamanı yaklaşık 15 gündür. Faiz oranını %10 olarak farz ederek ekonomik sipariş miktarı  $Q$  ve envanteri yeniden sipariş etme noktası  $R$ 'yi bulunuz.

Denklem (5.2) de değerleri yerine koyarsak şu sonucu elde etmiş oluruz:

$$Q^* = \left( \frac{2 \times 40 \times 8000}{0.1(5 + 0.5) + 0.1} \right)^{1/2} \text{ birim}$$

$$Q^* \cong 992 \text{ birim}$$

Envanteri yeniden sipariş etme noktası  $R$ , gecikme zamanı ile her gün için gerekli olan birim sayısının çarpımı ile elde edilir:

$$\begin{aligned} R &= \frac{15 \times 8000}{365} \text{ birim} \\ &= 328 \text{ birim} \end{aligned}$$


---

Modelin amaç fonksiyonu envanter planlama durumu ile ilgili toplam maliyeti minimize [denklem (5.5)] eder. Sağ taraftaki ilk terim satın alma maliyetinin toplamı ve ulaştırma maliyetini gösterir. Sağ taraftaki ikinci terim ise karşılaşılan toplam envanter sürdürme maliyeti gösterir. Kısıtlar, depolama kapasite kısıtları ve envanter denge kısıtlarını da içerir. Birinci kısıt mevcut depolama kapasitesini aşmayacak maksimum envanter düzeyini sağlar. İkinci kısıt  $t$  periyodu sonundaki envanteri gösterir bu da  $(t - 1)$  periyodu sonundaki envanter ile  $t$  periyodunda alınan miktarın toplanıp  $t$  periyodunda tüketilen miktardan çıkartılmasıyla bulunur. Buradaki varsayım her periyottaki talebi herhangi bir eksiklik olmadan karşılamaktır. Üçüncü kısıt sipariş miktarını mevcut sunu ile sınırlar. Son kısıt ise karar değişkenlerinin negatif değer almasını engeller.

Yukarıdaki model kolaylıkla çok sayıdaki mal kalemini, çoklu sunu kaynağını ve siparişi karşılayamama durumlarını hesaba katacak şekilde genişletilebilir. Doğrusal maliyetli çok



periyotlu modeller ulaştırma model şekli ile gösterilebilir ve ulaştırma algoritmaları ile verimli bir şekilde çözülebilir.

#### 5.4.2.2 Ulaştırma Modeli

Bu bölümde kullanımı örnek 5.3’de gösterilen çok periyotlu envanter problemlerinin ulaştırma modellemesi gösterilmiştir.

rnek 5.3’de gösterilen ulaştırma modeli siparişi karşılayamama, çoklu mal kalemleri, çoklu satıcılar ve çoklu yerleri içerecek şekilde genişletilebilir. Ulaştırma izelgesinde verilen model özel teknikler kullanılarak verimli bir şekilde çözülebilir. Birinci adım iyi uygulanabilir bir çözümü elde etmektir. Bunun için Kuzeybatı köşe kuralı ve Vogel yaklaşım metodu gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir. İkinci adımda uygulanabilir çözümden hareketle optimum çözüm saptanır. Bu bölümde Vogel’in metodu gösterilecektir.

#### 5.4.2.3 Vogel’in Metodu

Vogel’in metodu aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

Adım 1: ulaştırma çizelgesini dengelemek için yapay sıra veya sütün eklenir. Yapay sıra veya sütün hücresi içinde sıfır maliyet katsayıları olacaktır. Eğer toplam talep toplam sunudan fazlaysa, toplam talepten daha az toplam sunu kadar yapay sunu sırası eklenir. Eğer toplam sunu toplam talepten büyükse, toplam sunu eksi toplam talep kadar yapay talep sütünü eklenir.

---

#### rnek 5.3

Juli şirketi çocuklar için özel sınıf salıncak setleri satmaktadır. En popüler olan model yıl boyunca satılabilen Melek1’dir. Her eyrek için birim envanter sürdürme maliyeti 3\$’dır. Talepte siparişi karşılayamama ve eksiklik olmadığını farz edelim. Satın alma maliyeti ve ulaştırma oranları yılın periyotlarına göre değişiklik göstermektedir. Melek1 için gelecek dört çeyreğin üç aylık talep, satın alma fiyatı ve ulaştırma maliyetleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

|                                 | 1. Çeyrek | 2. Çeyrek | 3. Çeyrek | 4. Çeyrek |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Talep                           | 600       | 500       | 600       | 700       |
| Kapasite                        | 800       | 500       | 400       | 700       |
| Satın alma fiyatı (\$ / birim)  | 180       | 181       | 182       | 183       |
| Ulaştırma maliyeti (\$ / birim) | 4         | 5         | 5         | 6         |

Toplam talep ve toplam sunu eşit oluncaya kadar bu bir dengelenmiş ulaştırma problemidir. Problem için ulaştırma çizelgesi aşağıdaki gibidir.

|           | 1. Çeyrek   | 2. Çeyrek   | 3. Çeyrek   | 4. Çeyrek | Sunu |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|------|
| 1. Çeyrek | 184\$       | 187\$       | 190\$       | 193\$     | 800  |
| 2. Çeyrek | $\infty$ \$ | 186\$       | 189\$       | 192\$     | 500  |
| 3. Çeyrek | $\infty$ \$ | $\infty$ \$ | 187\$       | 190\$     | 400  |
| 4. Çeyrek | $\infty$ \$ | $\infty$ \$ | $\infty$ \$ | 189\$     | 700  |
| Talep     | 600         | 500         | 600         | 700       |      |

Son sütun her çeyrekteki sunu mevcudiyetini göstermektedir. Son satır her çeyrekteki talebi göstermektedir. Diğer hücrelerdeki girdiler belirli envanter kararları ile ilgili maliyetleri göstermektedir. (1,1) hücresindeki girdi, (çeyrek 1, çeyrek 1) ile ilgili 1. çeyrekteki alma maliyeti ile 1. çeyrekteki talebin karşılaşması, satın alma maliyeti ile 1. çeyrekteki ulaştırma maliyetinin toplamına eşit olduğunu gösterir ( $180\$ + 4\$$ ). (2,4) hücresindeki girdi, (çeyrek 2, çeyrek 4) ile ilgili 2. çeyrekteki alma maliyeti ile 4. çeyrekteki talebin karşılaşması, 2. çeyrekteki satın alma ve ulaştırma maliyeti ile 2 çeyrekten 4. çeyreğe iki çeyrek için envanter taşıma maliyetine eşit olduğunu gösterir ( $181\$ + 5\$ + 2 \times 3\$ = 192\$$ ). Hücre (3,1) deki aşırı yüksek maliyet ( $\infty$ ) 1. çeyrek için olan talebin 3. çeyrekteki satın alış ile karşılamadığını gösterir.

Adım 2: her sıra için en küçük iki maliyet arasındaki fark hesaplanır. Benzer şekilde her sütun için en küçük iki maliyet arasındaki fark hesaplanır. Örnek 5.3'de bu durum her sıradaki en küçük iki maliyet arasındaki farkın 3 olması ile sonuçlanmıştır, sütun farkları ise  $\infty$ , 1, 1 ve 1'dir.

Adım 3: en büyük farkın olduğu sıra veya sütun seçilir ve en düşük maliyetin olduğu hücreye minimum sunu ve talep ayırılır. Eğer en büyük fark birden fazla sıra veya sütunda

meydana gelirse, en düşük maliyet hücresini içeren sıra veya sütun seçilerek bağ kopartılır. Eğer en düşük maliyet birkaç hücrede birden meydana gelirse, bağ keyfi olarak kopartılır. Buradaki örnekte, 1. sütun ve 4. sıra en büyük farka sahip; bununla birlikte, en düşük maliyet hücresi 1. sütunun içindedir (1,1). Sunu ve talebe karşılık gelen hücre (1,1) sırası ile 800 ve 600 dür. Hücre (1,1)'e 600 ( $\min \{800,600\}$ ) birim yerleştirilir.

Adım 4: yerleştirme baz alınarak matris değiştirilir. Eğer talebi karşılıyorsa sütun silinir ve kalan sunu hesaplanır. Eğer sunu bitmişse sıra silinir ve talep ayarlanır. Buradaki örnekte talebi karşılamıştır ve 1. satırda sunu mevcut olduğu için 1. sütun silinir, şimdi değer 800'den 200'e düşmüştür ( $800 - 600$ ).

|           | 1. Çeyrek               | 2. Çeyrek   | 3. Çeyrek   | 4. Çeyrek | Sunu |
|-----------|-------------------------|-------------|-------------|-----------|------|
| 1. Çeyrek | 184 <sup>(600)</sup> \$ | 187\$       | 190\$       | 193\$     | 200  |
| 2. Çeyrek | $\infty$ \$             | 186\$       | 189\$       | 192\$     | 500  |
| 3. Çeyrek | $\infty$ \$             | $\infty$ \$ | 187\$       | 190\$     | 400  |
| 4. Çeyrek | $\infty$ \$             | $\infty$ \$ | $\infty$ \$ | 189\$     | 700  |
| Talep     | 0                       | 500         | 600         | 700       |      |

Adım 5: eğer tüm atamalar bittiyse durulur. Aksi halde 2'den 4'e kadar olan adımlar tekrarlanır. Tüm atamalar tamamlanmamış. Adımların 2'den 4'e kadar tekrarlanması sonucunda 4. adımda aşağıdaki çizelge oluşur.

|           | 1. Çeyrek               | 2. Çeyrek               | 3. Çeyrek               | 4. Çeyrek               | Sunu |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|
| 1. Çeyrek | 184 <sup>(600)</sup> \$ | 187\$                   | 190 <sup>(200)</sup> \$ | 193\$                   | 0    |
| 2. Çeyrek | $\infty$ \$             | 186 <sup>(500)</sup> \$ | 189\$                   | 192\$                   | 0    |
| 3. Çeyrek | $\infty$ \$             | $\infty$ \$             | 187 <sup>(400)</sup> \$ | 190\$                   | 0    |
| 4. Çeyrek | $\infty$ \$             | $\infty$ \$             | $\infty$ \$             | 189 <sup>(700)</sup> \$ | 0    |
| Talep     | 0                       | 0                       | 0                       | 0                       |      |

Yukarıdaki problem için alım ve envanter kararları aşağıdaki gibidir. Birinci çeyrekteki tüm talebi karşılamak için 1. çeyrekte 800 birim ve 3. çeyrekte ise 200 birim alınır. 3. çeyrekteki kalan talebi karşılamak için 3. çeyrekte 400 birim alınır. 2 çeyrekteki talebi karşılamak için 2. çeyrekte 200 birim ve 4. çeyrekteki talebi karşılamak için 4. çeyrekte 700 birim alınır.

### 5.4.3 Genel Analitik Model

Belirli envanter kontrol durumlarında matematiksel bir model formüle etmek ve kapalı formda çözüm elde etmek pek mümkün değildir. Maliyet fonksiyonları doğrusal olmayabilir. Sipariş miktarı için uygun değerler sınırlı olabilir. Bununla birlikte analitik olarak en iyi karara ulaşmak mümkün olabilir. Büyük sipariş miktarları ile ulaştırma ve sipariş verme maliyetleri düşerken envanter maliyetleri artar. Açıklaması Örnek 5.4’de gösterilmiştir.

#### Örnek 5.4

ABC şirketi kendi çim biçme makineleri için Sınırsız Motorlar firmasından motorlar almaktadır. Motorların yıllık talebi 4000’dir. Her motorun ağırlığı 200 lb’dir. Bir motorun satış fiyatı 600\$ ve sipariş verme maliyeti ise 20\$’dır. ABC’nin deposu için elleçleme ve denetleme maliyeti cwt (112 libre) başına 0.25\$’dır. Motorların satıcı tarafından ulaşımının sağlanabilmesi için üç kamyon taşıyıcı mevcuttur. 1. Taşıyıcı her cwt’si 9\$’dan en fazla 10000 lb taşıyabilmektedir. 2. Taşıyıcı cwt’si 8\$’dan en fazla 30000 lb en az ise 20000 lb taşıyabilmektedir. 3. Taşıyıcı ise cwt’si 7\$’dan en az 40000 lb taşıyabilmektedir. Deponun yer kısıtının olmadığı ve envanter taşıma oranının %25 olduğunu farz ederek en iyi ulaştırma alternatifine karar veriniz.

Mevcut ulaştırma seçenekleri ve gerekli temel bilgiler aşağıdaki çizelgede yer almaktadır.

| Seçenek | Tanım                  | Sipariş<br>Miktarı<br>(motor adedi) | Sipariş<br>adedi | Ulaştırma<br>maliyeti<br>(\$ / cwt) | Ortalama<br>envanter |
|---------|------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|----------------------|
| 1       | 1. Taşıyıcı (10000 lb) | 50                                  | 80               | 9                                   | 25                   |
| 2       | 2. Taşıyıcı (20000 lb) | 100                                 | 40               | 8                                   | 50                   |
| 3       | 2. Taşıyıcı (30000 lb) | 150                                 | 26.7             | 8                                   | 75                   |
| 4       | 3. Taşıyıcı (40000 lb) | 200                                 | 20               | 7                                   | 100                  |

3. Taşıyıcı için 40000 lb’den daha fazla taşıma seçeneği vardır. Burada seçeneklerimizi basitlik için sınırlandırıyoruz. Elleçleme maliyetleri yılda elleçlenen toplam motor adedine bağlı olduğu ve sipariş miktarına bağımlı olmadığı için göz önüne alınmaz.

2. Seçenek için örnek hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

$$\text{Sipariş verme maliyeti (sipariş başına 20$, yılda 40 sipariş)} = 40 \times 20\$ = 800\$$$

Ulaştırma maliyeti (her cwt için 8\$, her sipariş için 200cwt, yılda 40 sipariş)

$$= 40 \times 200 \times 8\$ = 64000\$$$

Envanter maliyeti (600\$ dan 50 motor, her yıl her \$ için 0.25\$)=  $0.25 \times 50 \times 600\$ = 7500\$$

Şunu da belirtmek gerekir ki ulaştırma maliyetleri doğrudan mevcut bilgidan hesaplanabilir. 4000 motor, her ağırlık 2 cwt her cwt'si 8\$'dan ( $4000 \times 2\text{cwt} \times 8\$ / \text{cwt} = 64000\$$ ). Dört seçenek için hesaplanan sonuç maliyetleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Dört seçeneğin toplam maliyetleri baz alınarak bakıldığında 4. seçenek en iyi olarak görünmektedir.

| Seçenek | Tanım                     | Sipariş Miktarı<br>(motor adedi) | Sipariş<br>adedi | Ulaştırma<br>maliyeti (\$/cwt) | Ortalama<br>envanter |
|---------|---------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------------|
| 1       | 1. Taşıyıcı<br>(10000 lb) | 1600                             | 3750             | 72000                          | 77350                |
| 2       | 2. Taşıyıcı<br>(20000 lb) | 800                              | 7500             | 64000                          | 72300                |
| 3       | 2. Taşıyıcı<br>(30000 lb) | 534                              | 11250            | 64000                          | 75784                |
| 4       | 3. Taşıyıcı<br>(40000 lb) | 400                              | 15000            | 56000                          | 71400                |

## 5.5 TAM-ZAMANINDA (JUST-IN TIME) MODELLERİ

Bu bölümde tam-zamanında sipariş durumları için üç model gösterilecektir. Birinci model genel siparişi hesaba katar. Bu modelde alıcı ile satıcı uzun süreli bir sözleşme imzalarlar, bu anlaşma ile satıcı hızlı, güvenilir veya düşük fiyattan mal sağlamayı, alıcı da anlaşma süresince başkasından mal almamayı taahhüt eder. Model aslında genel sipariş ile belirlenen teslimat sıklığını tespit eder. İkinci model sipariş miktarı ve teslimat sıklığını saptamaktadır. Üçüncü model ise çoklu satıcıları göz önüne alarak sipariş miktarı ve teslimat sıklığını saptamaktadır. Diğer bir deyişle satıcı seçimi ve tam-zamanında envanter kontrolünü birleştirmektedir.

### 5.5.1 Genel Sipariş Modeli

Bu modelde, önceden belirlenmiş periyot için toplam talep, (örn. bir çeyrek) genel sipariş olarak yerleştirilir ve güncel siparişler parça parça teslim edilir. Ulaştırma maliyeti teslimat sayısı arttıkça artar; bununla birlikte envanter taşıma maliyeti düşer. Burada amaç iki maliyet arasındaki gelir ve maliyet dengesini arayarak bir yıllık optimum teslimat adedini tespit etmektir. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

|           |                                                                   |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|
| $A$       | :sipariş verme maliyeti;                                          |
| $C$       | :birim satın alma fiyatı;                                         |
| $D$       | :yıllık talep;                                                    |
| $L$       | :gün olarak gecikme zamanı;                                       |
| $Q$       | :sipariş miktarı;                                                 |
| $n$       | :her sipariş için teslimat adedi;                                 |
| $N$       | :yıllık teslimat adedi;                                           |
| $i$       | :yıllık faiz oranı;                                               |
| $R$       | :envanteri yeniden sipariş etme noktası;                          |
| $s$       | :emniyet stoku;                                                   |
| $V$       | :her teslimat için ulaştırma maliyeti;                            |
| $t$       | :gün olarak geçiş süresi;                                         |
| $T$       | :birim ulaştırma maliyeti;                                        |
| $S$       | :birim depolama maliyeti;                                         |
| $h$       | : $i(C + T)$ tarafından verilen birim envanter sürdürme maliyeti; |
| $C^{tot}$ | :toplam yıllık maliyet.                                           |

Model aşağıdaki gibi belirlenebilir:

Toplam maliyet = Sipariş verme maliyeti + Satın alma maliyeti + Envanter taşıma maliyeti  
+ Ulaştırma maliyeti + Nakliye envanter maliyeti

$$\text{Yıllık teslimat adedi} = n \frac{D}{Q}$$

$$\text{Teslimat miktarı} = \frac{D}{N}$$

$$\text{Ortalama envanter} = \frac{D}{2N}$$

$$\begin{aligned} \text{Yıllık sipariş maliyeti} &= (\text{Sipariş başına maliyet}) \times (\text{Yıllık sipariş miktarı}) \\ &= \frac{AD}{Q} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Yıllık satın alma maliyeti} &= (\text{Birim başına maliyet}) \times (\text{Yıllık talep}) \\ &= CD \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Yıllık envanter sürdürme maliyeti} &= (\text{Ortalama envanter}) \times (\text{Birim başına sürdürme maliyeti}) \\ &= \frac{Dh}{2N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ulaştırma maliyeti} &= (\text{Birim başına ulaştırma maliyeti}) \times (\text{Yıllık talep}) \\ &\quad + (\text{Teslimat başına ulaştırma maliyeti}) \times (\text{Teslimat miktarı}) \\ &= TD + VN \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nakliye envanter maliyeti} &= (\text{Yıllık faiz oranı}) \times (\text{Birim satın alma fiyatı}) \times (\text{Yıllık talep}) \\ &\quad \times (\text{Yıllık nakliye süresi}) \\ &= \frac{iCDt}{365} \end{aligned}$$

$$C^{tot}(N) = \frac{AD}{Q} + CD + \frac{Dh}{2N} + TD + VN + \frac{iCDt}{365} \quad (5.6)$$

Optimum teslimat sayısını elde etmek için, toplam maliyeti minimize eden  $N$  değerine göre denklem (5.6)'da verilen toplam yıllık maliyet ifadesinin birinci türevi alınır, sıfıra eşitlenir ve  $N$  için çözülür. ESM için bunun sonucu aşağıdaki formül ile sonuçlanır:

$$N^* = \left( \frac{Dh}{2V} \right)^{1/2} \quad (5.7)$$

Açıklaması Örnek 5.5'de gösterilmiştir.



---

**Örnek 5.5**

JIT şirketi kendi mamul ürünün en önemli bileşenin GET şirketinden almaktadır. Bu bileşenin yıllık talebi 9000 birimdir. Sipariş verme maliyeti 40\$'dır. Birim satın alma fiyatı, birim ulaştırma maliyeti ve teslimat başına ulaştırma maliyeti sırası ile 5\$, 0.50\$, 10\$'dır. Sipariş miktarı yönetim tarafından 1000 birim olarak belirlenmiştir. Envanter sürdürme maliyetinin birim başına 2\$ olduğunu farz ederek her siparişte yapılması gereken optimum teslimat adedini saptayınız.

$$N^* = \left( \frac{9000 \times 2}{2 \times 10} \right)^{1/2} = 30 \text{ yılda}$$

$$n^* = \frac{QN^*}{D} = \frac{1000 \times 30}{9000} = 3.3 \text{ sipariş başına}$$


---

**5.5.2 Tam-zamanında Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli**

Bu model ESM uygulamalarının tam-zamanında durumları için olan faydalarını göstermektedir. Model optimum sipariş miktarı ve sipariş verme maliyetini, satın alma, sürdürme ve ulaştırmayı baz alarak her sipariş için optimum teslimat miktarını saptamaktadır. Teslimat sayısı arttıkça ulaştırma maliyeti de artmaktadır; bununla birlikte envanter taşıma maliyeti düşmektedir. Burada amaç iki maliyet arasındaki gelir ve maliyet dengesini arayarak bir yıllık optimum teslimat adedini tespit etmektir.

Genel sipariş modeli ile tam-zamanında modelinin simgelerin anlamlarının gösterimi aynıdır.

$$\begin{aligned} \text{Toplam maliyet} &= \text{Sipariş verme maliyeti} + \text{Satın alma maliyeti} + \text{Envanter taşıma maliyeti} \\ &+ \text{Ulaştırma maliyeti} + \text{Nakliye envanter maliyeti} \end{aligned}$$

$$\text{Yıllık teslimat miktarı} = \frac{Dn}{Q}$$

$$\text{Teslimat miktarı} = \frac{Q}{n}$$

$$\text{Ortalama envanter} = \frac{Q}{2n}$$

$$\begin{aligned}\text{Yıllık sipariş maliyeti} &= (\text{Sipariş başına maliyet}) \times (\text{Yıllık sipariş miktarı}) \\ &= \frac{AD}{Q}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Yıllık satın alma maliyeti} &= (\text{Birim başına maliyet}) \times (\text{Yıllık talep}) \\ &= CD\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Yıllık envanter sürdürme maliyeti} &= (\text{Ortalama envanter}) \times (\text{Birim başına sürdürme maliyeti}) \\ &= \frac{Qh}{2n}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ulaştırma maliyeti} &= (\text{Birim başına ulaştırma maliyeti}) \times (\text{Yıllık talep}) \\ &\quad + (\text{Teslimat başına ulaştırma maliyeti}) \times (\text{Teslimat miktarı}) \\ &= TD + \frac{VDn}{Q}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nakliye envanter maliyeti} &= (\text{Yıllık faiz oranı}) \times (\text{Birim satın alma fiyatı}) \times (\text{Yıllık talep}) \\ &\quad \times (\text{Yıllık nakliye süresi}) \\ &= \frac{iCDt}{365}\end{aligned}$$

$$C^{tot}(Q, n) = \frac{AD}{Q} + CD + \frac{Q}{2n} \left[ S + \left( C + T + \frac{V}{Q} \right) i \right] + TD + \frac{VDn}{Q} + \frac{iCDt}{365} \quad (5.8)$$

Denklem (5.8)'de açıklanan yıllık toplam maliyet, sipariş miktarı ve sipariş başına teslimat sayısının fonksiyonudur. Yukarıda açıklanan çözüm iterasyon yöntemi kullanılarak elde edilebilir.  $Q$ 'nın sabit değeri için, (5.8) ifadesi  $n$ 'nin fonksiyonu haline gelir,  $C^{tot}(n)$ . Benzer şekilde  $n$ 'nin bilinen değeri için,  $Q$ 'nın fonksiyonu haline gelir,  $C^{tot}(Q)$ .

İterasyon yöntemi aşağıdaki gibidir:

Adım 1:  $Q^a$ 'nın gelişigüzel bir değeri ile başlanır ve  $n'$ 'i elde etmek için hesaplama yapılır ve  $C^{tot}(n, Q^a)$  çözülür. Bunu yapabilmek için aşağıdaki denklem kullanılır:

$$n' = Q^a \left( \frac{h}{2VD} \right)^{1/2} \quad (5.9)$$

Adım 2:  $Q'$  için aşağıdaki denklem kullanılarak  $C^{tot}(Q, n')$  çözülür:

$$Q' = \left( \frac{2n'D(A + Vn)}{h} \right)^{1/2} \quad (5.10)$$

Adım 3: şimdi  $n''$  için  $C^{tot}(n', Q')$  çözülür.

Adım 4: konverjansa (yakınsama) ulaşılan kadar 2. ve 3. adımlar tekrarlanır.  $Q$  ve  $n$  arasındaki ardışık iki iterasyon yakınsa, veya eğer iki ardışık iterasyon arasındaki toplam maliyet çok yakınsa konverjansa yaklaşılmıştır.

### 5.5.3 Tam-zamanında Envanter ve Satıcı Seçim Modeli (Gnanendran, 1995)

Bu model bir önceki modelin, çok sayıdaki satıcıyı hesaba katmak için genişletilmiş halidir. Buradaki amaç farklı satıcılar tarafından yerleştirilen siparişlerin miktarını saptamak ve satın alma, ulaştırma ve envanter sürdürme maliyetlerini minimize etmek için gerekli olan teslimat sıklığını tespit etmektir. Modelin formülasyonundaki simgeler daha önceki tam-zamanında modelleri baz alınarak kullanılmıştır. Tüm değişkenlere alt simge olarak eklenen  $j, j$  satıcısını göstermektedir. Model her satıcının her yıl bir genel sipariş verdiğini varsaymaktadır. İlgili maliyetler satın alma maliyeti, envanter maliyeti, ulaştırma maliyeti ve nakliye envanter maliyetidir. Böylece, genel sipariş modeli ile aynı simgelere sahip tam-zamanında modeli aşağıdaki şekilde tanımlanır.

Toplam maliyet = Satın alma maliyeti + Envanter taşıma maliyeti + Ulaştırma maliyeti  
+ Nakliye envanter maliyeti

$$\text{Teslimat miktarı} = \frac{Q_j}{N_j}$$

$$\text{Ortalama envanter} = \frac{Q_j}{2N_j}$$

Yıllık satın alma maliyeti = (Birim maliyet)  $\times$  (Yıllık talep)

$$= \sum C_j Q_j$$

Yıllık envanter sürdürme maliyeti = (Ortalama envanter)  $\times$  (Birim envanter sürdürme maliyeti)

$$= \sum \frac{Q_j h}{2N_j}$$

Ulaştırma maliyeti = (Birim başına ulaştırma maliyeti)  $\times$  (Yıllık talep)

+ (Teslimat başına ulaştırma maliyeti)  $\times$  (Teslimat miktarı)

$$= \sum T_j Q_j + \sum V_j N_j$$

Nakliye envanter maliyeti = (Yıllık faiz oranı)  $\times$  (Birim satın alma fiyatı)  $\times$  (Yıllık talep)  
 $\times$  (Yıllık nakliye süresi)

$$= \sum \frac{Q_j h_j t_j}{365}$$

$$\text{Minimum } C^{\text{tot}}(Q_j, N_j) = \sum C_j Q_j + \sum \frac{Q_j h_j}{2N_j} + \sum T_j Q_j + \sum V_j N_j + \sum \frac{Q_j h_j t_j}{365} \quad (5.11)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum Q_j = D$$

$$Q_j, N_j \geq 0$$

Yukarıdaki modeli çözmek için aşağıdaki dönüşüm yapılmalıdır. Problem şu şekilde yazılabilir:

$$\text{Minimum } V(Q_j) = \sum Z(Q_j) + \sum C_j Q_j + \sum T_j Q_j + \sum \frac{Q_j h_j t_j}{365} \quad (5.12)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum Q_j = D$$

$$Q_j \geq 0$$

Serbest minimizasyon probleminin optimum amaç değerini aşağıdaki  $Z(Q_j)$  verir:

$$Z(Q_j) = \min_{N_j} \left\{ \frac{Q_j h_j}{2N_j} + V_j N_j \right\} \quad (5.13)$$

Optimum  $N_j$ 'yi veren  $(Q_j h_j / 2V_j)^{1/2}$ ,  $Z(Q_j) = (2Q_j h_j V_j)^{1/2}$  karşılık gelir. Bu yüzden problem aşağıdakine indirgenir:

$$\text{Minimum } \sum (2Q_j h_j V_j)^{1/2} + \sum C_j Q_j + \sum T_j Q_j + \sum \frac{Q_j h_j t_j}{365} \quad (5.14)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum Q_j = D$$

$$Q_j \geq 0$$

$j$  satıcısına ayrılmış kısmi talebi  $q_j$  ( $Q_j/D$ 'ye eşit) gösterebilir ve  $b_j$ 'yi  $(2Dh_j V_j)^{1/2}$  olarak tanımlayalım. Problem şimdi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\text{Minimum } \sum b_j (q_j)^{1/2} + \sum C_j D q_j + \sum T_j D q_j + \sum \frac{D q_j h_j t_j}{365} \quad (5.15)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum Q_j = D$$

$$Q_j \geq 0$$

Tek satıcı için, bu problem  $q_j = 1$ ,  $Q_j = D$ , ve  $N_j = (Dh_j/2V_j)^{1/2}$  ile kolayca çözülebilirdi.

Çok sayıdaki satıcı durumunda olduğu gibi kapasite kısıtları olmadan tek satıcıdan mamul ürün almak durumu mümkün olursa, bu her zaman optimumdur. Optimum kaynağı tanımlamak için satıcılar basitçe  $b_j + D(C_j + T_j + q_j h_j t_j / 365)$  değeri ile sıraya koyulabilir.

Bir kere optimum kaynak tanımlanırsa optimum teslimat sayısı  $(Dh_j/2V_j)^{1/2}$ 'dan hesaplanabilir. Satıcı kapasite kısıtları durumunda model doğrusal–olmayan bir problem haline gelir ve doğrusal–olmayan program paketleri ile çözülmesi gerekir.



## 6. Tesis Planlaması

### 6.1 GİRİŞ

Tesis planlaması iki temel lojistik kararı işaret eder: tesis yeri ve tesis yerleştirmesi. Birincisi maliyeti ve diğer kriterleri göz önüne alarak tesisleri kurmak için gerekli olan en iyi yer(ler) seçimini yapmayı içerir. Buradaki yer bir ülke, şehir veya şehir içerisindeki özel bir yer olabilir. Tesisler makro ölçekte depoları, fabrikaları, mağazaları, rıhtım tesislerini, terminalleri ve müşteri bölgelerini içerebilir. Mikro düzey tesisleri ise büyük tesisin daha küçük bileşenleridir. Örneğin, bir fabrika makine atölyesi, boya atölyesi ve kaynak yapma atölyesi içeriyor olsun. Makine atölyesinde de öğütme makineleri, delme makineleri ve şekillendirme makineleri olacaktır. İkinci tesis planlama kararı ise malzeme elleçlemesini ve ilgili maliyetleri minimize etmek amacıyla optimum düzenleme ve ana tesis içindeki küçük tesislerin yerleştirilmesini içerir. Yerleştirme ve tesis yeri toplam lojistik maliyetlerini minimize etmek için hayati rol oynamaktadır. Tesis yeri arazi ve inşaat maliyetleri, yerel vergiler ve sigorta, işçi mevcudiyeti ve maliyetleri ve tesisler arasındaki ulaştırma maliyetleri üzerinde oldukça büyük etkiye sahiptir. Tesisin yerleştirilmesinin tipik olarak malzeme elleçleme maliyetleri ve malzeme elleçleme makinelerinin maliyetleri gibi tesis-içi lojistik maliyetleri üzerinde etkisi vardır.

Eski tarihlerde tesis yeri üzerine yapılan çalışmaların çoğu sadece ulaştırma maliyetlerine odaklanmıştır. Arazi kullanımı planlaması ve ekonomisi alanında çalışan birçok bilim adamı basit modeller önermişleridir. Örneğin, Thunen'e (1875) göre üretim tesislerinin kurulacağı arazinin kirası, ürünlerin pazar yerindeki satış fiyatı ile ulaştırma maliyeti arasındaki farkı aşamaz. Bu teori günümüzde analizlerin depo ve üretim yerlerinin yerleşim konusundaki kararları için kullanılır. Üretim süreci türünü baz alan diğer bir tesis yeri teorisi ise Weber tarafından 1909 önerilmiştir. Ağırlık-kaybederek (weight-losing) üretim sürecinde mamul ürünün ağırlığı hammaddenin ağırlığından daha azdır bu durumda fabrikayı hammaddenin kaynağına yakın bir yerde kurmak piyasaya yakın kurmaktan daha iyi bir seçim olacaktır. Ağırlık-kazarak (weight-gaining) sürecinde ise fabrikayı piyasaya yakın kurmak ulaştırma maliyetlerini düşürme bakımından daha iyi olacaktır. Hammadde de ağırlık kazanmanın veya kaybetmenin olmadığı süreçlerde seçilecek yer hammaddenin kaynağı ve piyasa arasındaki herhangi bir yerde olabilir. Genelde, hammadde kaynağına yakın olarak kurulmuş olan



fabrikalarda limana doğru yönelmiş ulaştırma maliyetleri limandan dışarı doğru yönelmiş maliyetlerden daha azdır. Eğer fabrika piyasaya yakın olarak kurulmuş ise limandan dışarı doğru yönelmiş maliyetler limana doğru yönelmiş maliyetlerden daha küçük olur. Bununla birlikte bu sadece ulaştırma maliyetlerinin mesafeye bağlı olduğu durumlar için geçerlidir. Gerçekte, fabrika ve piyasa arasındaki ulaştırma türü seçenekleri hammadleden fabrikaya aynı değildir. Rekabet ve taşıyıcıların sunduğu hizmet farklı olabilir. Ulaştırma maliyetleri mesafe, ağırlık ve diğer faktörlere göre değişebilir. Tüm bu sorunlar en iyi yeri seçerken karar sürecini zorlaştırır. Ulaştırma maliyetlerinin yanında yer seçimini doğrudan etkileyen başka maliyetlerde vardır.

Tesis yerleştirmenin birincil amacı malzeme elleçlemesinin toplam maliyetini minimize etmektir. Tabii ki birbiri ile ilişkili iki tesisin yan yana olması ve yana yana gelmemesi gereken tesislerin ayrı olması gibi başka faktörlerde vardır. Bu bölümde öncelikle tesis planlama problemlerinin sınıflandırılması verilmiştir. Daha sonra dikkati tesis yeri ve yerleştirme problemleri ile ilgili yaklaşım ve karar modellerine yöneltmiştir. Birinci kısımda statik ve dinamik koşullar altında tekli ve çoklu tesis yerleri gösterilmiştir. Ayrıca birbirleri ile etkileşimli tesis yerleri için ikinci dereceden atama modeli (quadratic assignment model) ve farklı üretim yeri (discrete plant location), küme kapsama modeli (set covering model) gibi popüler yer modellerini de içerir. İkinci kısım tesis yerleştirmesine odaklanmıştır. Burada geleneksel tesis yerleştirme metodolojileri ve CRAFT, ALDEP gibi sezgisel-yöntem-tabanlı tesis yerleştirme algoritmaları da gösterilmektedir.

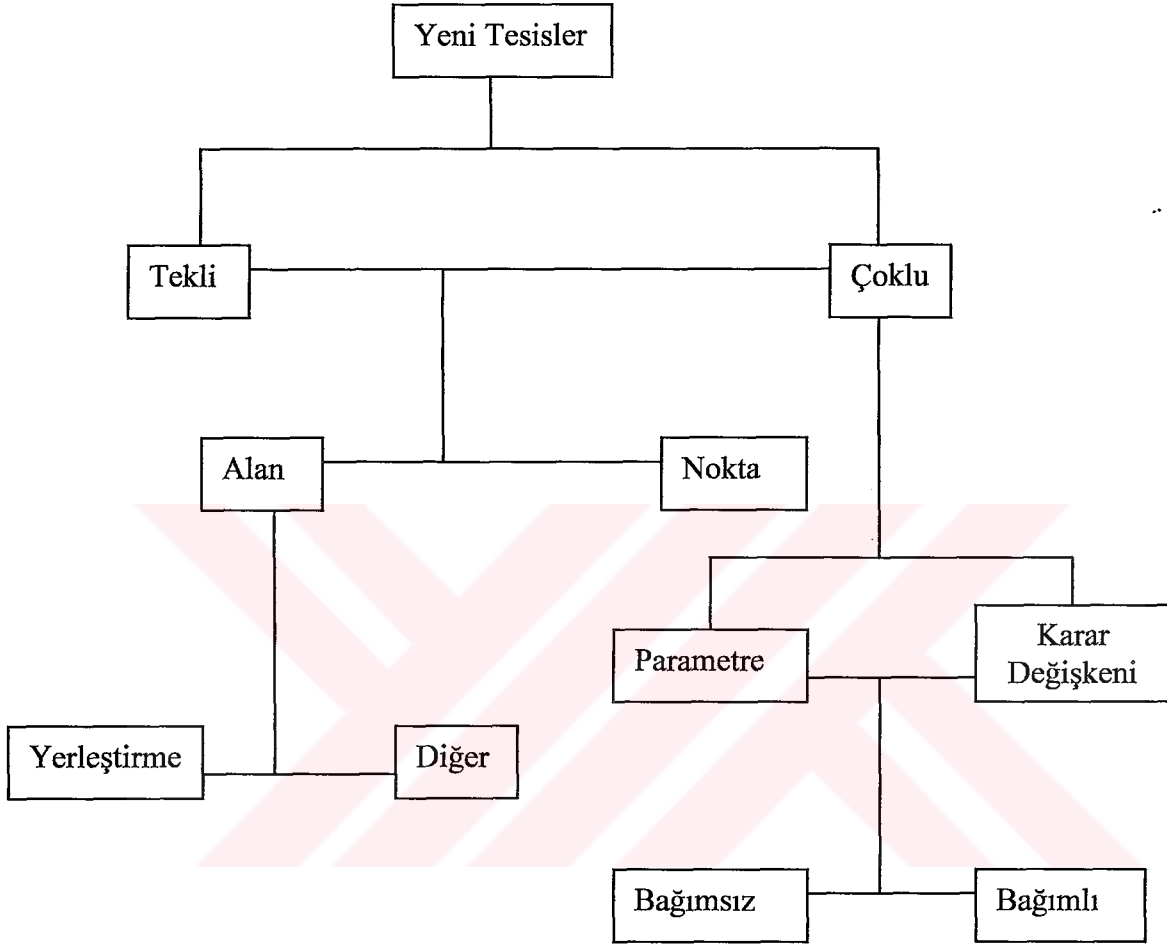
## 6.2 TESİS YERİ PROBLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Tesis yeri problemlerinin sınıflandırılması Francis ve White (1974) tarafından önerilen sistem baz alınarak yapılmıştır. Sınıflandırma tesis ve problem karakteristiklerine göre yapılmıştır.

### 6.2.1 Tesislerin Karakteristikleri

Yeni tesislerin adedine bağlı olarak problem tek veya çok tesisli olabilir. Tesisin türüne göre nokta veya alan olabilir. Makro düzeyde bir fabrika nokta tesis olarak görülebilir. Ayrıntılı düzeyde ise bir fabrika makineler, depolar v.b. ile birlikte alan olarak görülebilir. Yeni tesisler bir alan olarak görüldükten sonra dikkat bu alan için tesis yerleştirme problemine çekilir. Birçok yeni tesis var ise, yeni tesislerin sayısı parametre veya karar değişkeni verebilir. Bir şirket üç deposunu kuracağı yerleri veya belirli bir hizmet düzeyini tutturmak için verilen

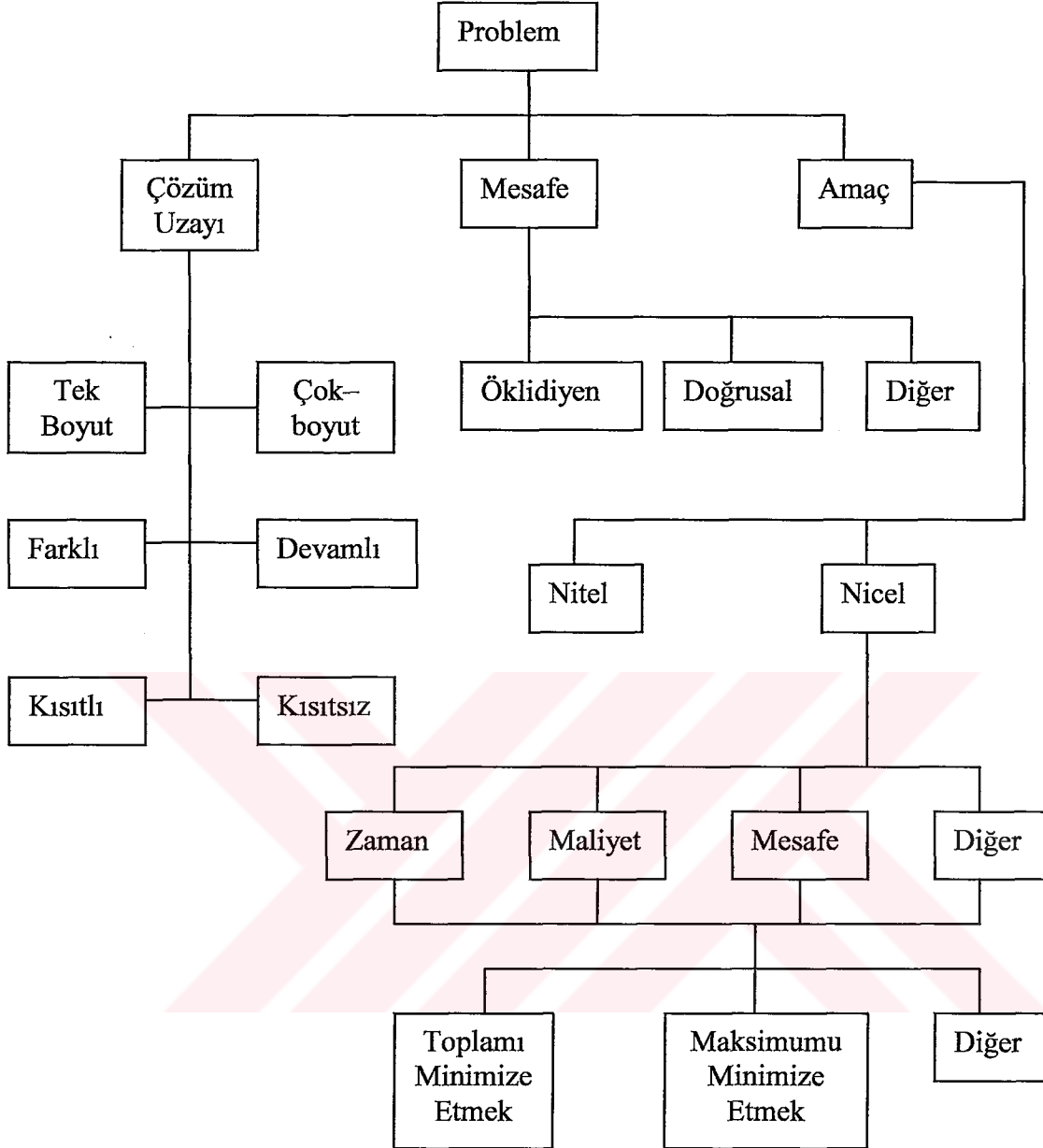
mesafe ve talebe göre gerekli olan depo sayısını ve yerini tespit etmeyi bilmek isteyebilir. Yeni tesisler bağımlı (yeni tesisler arasında malzeme akışı, bilgi veya insan etkileşimi vardır) veya bağımsız tesis olabilir. Tesis planlama problemlerinin sınıflandırılması Şekil 6.1’de gösterilen yeni tesis karakteristikleri baz alınarak yapılmıştır.



Şekil 6.1 Yeni tesis karakteristiklerini baz alarak sınıflandırma.

### 6.2.2 Problem Karakteristikleri

Tesis planlama problemi tek veya çok boyut içerebilir. Tek boyut durumunda mevcut ve yeni tesisler arasında ortaya çıkan akım aynı çizgi boyunca veya tek boyutludur. Buna örnek olarak çarşının, ofislerin ve konutların bulunduğu ana cadde boyunca otobüs durağı yerleştirme problemini gösterebiliriz. Çok boyut durumunda ise tesisler tek boyut boyunca değildir ve birden fazla boyutta akarlar. Tesisleri yerleştirmek için uygun bölge farklı yer kümesi veya sürekli boş alandaki herhangi bir yerdir.



Şekil 6.2 Problem karakteristikleri bazlı sınıflandırma.

Bazı durumlarda sürekli boş alan belirli yasak alanlar ile birlikte olabilir. Örneğin, herhangi bir yerdeki mevcut göller ve itfaiyeler hariç kullanılabilir boş alan olabilir. Burada belirli tesisler arasındaki minimum mesafe veya yeni 1. tesis ile 4. yeni tesisin birbirlerine yakın olmaları zorunluluğu gibi diğer kısıtlar da bulunabilir. Problem doğada statik veya dinamik olarak bulunabilir. Statik durumda, kararlar belirli zaman periyotlarında alınırlar ve genişletilmiş zaman periyotları için de geçerli oldukları varsayılır. Dinamik problemde ise kararlar zaman içerisinde değişen girdiler dikkate alınarak değerlendirilir. Ürün akışında, tesis maliyetlerinde ve kısıtlarda değişiklikler meydana gelebilir. Statik durumda yer ve tesislerin

düzenlenmesi genişletilmiş zaman periyodu için aynı kalabilir. Dinamik tesis planlamada girdilerin dinamik doğası gereği yer ve/veya yerleştirme arada sırada değişebilir.

Diğer iki önemli problem karakteristiği mesafe fonksiyonu ve amaç fonksiyonu veya değerlendirme kriteridir. Yeni tesisleri yerleştirme veya planlama kararı için kullanılan mesafe fonksiyonun türü problemin formülasyonu ve çözüm yöntemlerini etkiler. En yaygın olarak kullanılan mesafe fonksiyonları doğrusal ve Öklidiyen'dir. Türetme ve hesaplama için daha az uygun olan diğer mesafe fonksiyonları da vardır. Amaç fonksiyonu nitel veya nicel olabilir. Nicel kriterler zaman, maliyet veya mesafe açısından olabilir. Kriter toplam maliyeti minimize etmek veya maksimum maliyeti minimize etmek veya farklı bir amaçta olabilir. Tesis planlama problemlerinin sınıflandırılması Şekil 6.2'de gösterilen problem karakteristikleri baz alınarak yapılmıştır.

### 6.3 TESİS YERİ

Yeni tesisler için en iyi yeri saptamaktaki birincil amaç, toplam çalışma maliyetlerini minimize etmektir. Tesis yeri problemine yoğunlaşırken dikkate alınması gereken anahtar maliyet öğeleri, ulaştırma maliyeti, çalışma maliyeti, tesisi yerleştirmenin sabit maliyeti ve tesisin yer değiştirme maliyetidir. Ulaştırma maliyetleri mesafe, şekil ve trafik hacmine dayanır. Birçok model ulaştırma maliyetlerini doğrusal varsayar. Parça parça doğrusal yaklaştırmayı kullanarak doğrusal-olmayan maliyetleri modellemek de mümkündür. Çalışma maliyetleri işçi, kamu hizmeti ve diğer genel giderler gibi yinelenen harcamalara dayanır. Tesis yerleştirmenin sabit maliyeti tipik olarak bir yıllık periyot için hesaplanmış olan başlangıçtaki yatırımdır ki bu, arazi, araç gereç ve inşaat maliyetlerini içerir. Yer değiştirme maliyetleri makineler ve ekipmanı yeni yere taşıma maliyeti, yeni yerde başlangıçtaki maliyetler ve eski yerdeki tesisi kapatma maliyetlerini içerir. Yeni bir tesisi yerleştirirken belirli kısıtlarla da karşılaşılır. Bu yerlerin sayısı ve kullanılabilirliği, kaynaktaki kapasite (üretim tesisi veya depolar), alıcılardaki talep (depolar veya müşteriler), yeni tesis inşa etmek için kullanılabilir sermaye v.b. içerir. Tesis yeri modellerinin karmaşıklığı dikkate alınan maliyetlerin türü ile işlevsel biçimi ve maruz kalınan kısıtların yapısına bağlıdır.

Bu bölümde yaygın olarak kullanılan çeşitli tesis yeri modelleri gösterilecektir. Neredeyse her durumda amaç fonksiyonu, mesafe ve ulaştırma zamanının fonksiyonu olan ulaştırma maliyetine dayanmaktadır. Tek-tesis yeri problemlerine dikkati yöneltten doğrusal ve

Öklidiyen mesafe fonksiyonları yöntemleri gösterilmiştir. Daha sonra ise çoklu–tesis yeri problemlerini çözmek için tekli–tesis yönteminin birkaç metodoloji ile genişletilmesi gösterilmiştir. Dinamik veya çok–periyotlu yer problemlerini çözmek için dinamik programlama yaklaşımına dayanan yöntemde gösterilmiştir. Yeni ve mevcut tesis arasındaki etkileşimin ikinci dereceden programlama formülasyonu ile modellenmesi özetlenmiştir. Farklı üretim yeri ve küme kapsama modeli gibi diğer popüler modeller de tartışılmıştır.

### 6.3.1 Tekli–tesis Yeri

Tek yeni bir tesis yerleştirme problemi tüm tesis yerleştirme problemleri arasında en basit olanıdır. Bu problem burada açık ve sürekli çözüm boşluğu ile ulaştırma maliyeti dikkate alınarak gösterilmiştir. Problem şu şekilde tanımlanır: mevcut tesislerin yerleri ve mevcut tesisler ile yeni tesis arasındaki trafik hacmi verilen problemde, mesafenin hacim ile çarpımı şeklinde tanımlanan ulaştırma maliyeti kullanılarak, toplam ulaştırma maliyetini minimize edecek optimum yer saptanır. Tekli–tesis yeri problemlerine örnek olarak şunlar verilebilir: mevcut üretim tesislerine ve pazara göre yeni bir depo yerleştirmek, mevcut pazara sunum için yeni bir mağaza inşa etmek, bir fabrikanın içine makine takımı yerleştirmek ve kasabalar kümesine sunum için bölgesel bir hava alanı inşa etmek. Burada doğrusal yer problemlerini çözmek için medyan–tabanlı yöntem kullanılmıştır ve Öklidiyen yer problemlerini çözmek için ise ağırlık–merkezi–tabanlı yöntem kullanılmıştır (Francis ve White, 1974).

#### 6.3.1.1 Doğrusal Yer Modeli

Bu model daha çok çözüm alanının fabrika, depo veya doğrusal yapıda fiziksel hareketin meydana geldiği bir şehir olması durumunda uygundur. Bunun sebebi yol sisteminin grid olmasıdır.  $(x, y)$  koordinatlarına sahip mevcut A tesisi ile  $(a, b)$  koordinatlarına sahip yeni P tesisi arasındaki doğrusal mesafe  $d(A, P)$  aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$d(A, P) = |x - a| + |y - b| \quad (6.1)$$

Her birinin yeni tesisle arasında  $w_j$  akımı olan  $m$  adet mevcut tesisi  $(A_1, A_2, \dots, A_m)$  varsa, toplam hareketi minimize edecek yeni tesis yer problemi aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\text{Minimum} \sum_{j=1}^m w_j (|x_j - a| + |y_j - b|) \quad (6.2)$$

Denklem (6.2) eşdeğer biçimi olan [denklem (6.3)] şeklinde yeniden yazılabilir ki bu, problemi iki ayrı minimizasyon problemine ayırır. Bunu tanımlayan denklemler (6.4) ve (6.5) aşağıda gösterilmiştir:

$$\text{Minimum } \sum_{j=1}^m w_j |x_j - a| + \text{Minimum } \sum_{j=1}^m w_j |y_j - b| \quad (6.3)$$

$$\text{Minimum } f(x) = \sum_{j=1}^m w_j |x_j - a| \quad (6.4)$$

$$\text{Minimum } f(y) = \sum_{j=1}^m w_j |y_j - b| \quad (6.5)$$

Denklemler (6.4) ve (6.5) optimum çözümü aşağıdaki iki özellik ile sağlar (Francis ve White, 1974).

1. Yeni tesisin  $x$  koordinatı mevcut tesislerden birinin  $x$  koordinatı ile aynı olacaktır. Bu yeni tesisin  $y$  koordinatı için de doğrudur. Bununla birlikte yeni tesisin  $(x, y)$  koordinatları ile mevcut tesisin aynı  $(x, y)$  koordinatları kesişmez.
2. Yeni tesisin  $x$  koordinatı ( $y$  koordinatı) için optimum yer yeni tesisin “solundaki” ( $y$  koordinatı için aşağıda) trafik akımının bir buçuk katından daha fazla değildir ve yeni tesisin “sağdaki” (yukarıda) bir buçuk katından daha büyük değildir.

Açıklaması Örnek 6.1’de gösterilmiştir.

---

### Örnek 6.1

---

Üretim aletleri torna, delme makinesi ve öğütme makinesinin mevcut yerleri (5, 2), (8, 3) ve (6, 5)’dir. Tesise değişen piyasa şartlarına uyum sağlayabilmek için yeni bir sondaj makinesi kurulacaktır. Mevcut aletler ile sondaj makinesi arasında tahmin edilen günlük akımın hacmi sırasıyla 50, 25 ve 30’dur. Doğrusal malzeme hareketi olduğunu varsayarak sondaj makinesi için toplam yol alınacak mesafeyi minimize edecek optimum yeri saptayınız. Optimum  $x$  koordinatı, makinelerin  $x$  koordinatı değerlerinin artan bir sıra ile listelenmesi ve akıma dayanarak medyan koordinat değerinin seçilmesi ile bulunabilir. Bu aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

| <i>Mevcut makineler</i> | <i>x koordinat değeri</i> | <i>Akım</i> | <i>Yığılımlı (Kümülatif) akım</i> |
|-------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------------------|
| Torna                   | 5                         | 50          | 50                                |
| Delme makinesi          | 6                         | 30          | 80 (medyan)                       |
| Öğütme makinesi         | 8                         | 25          | 105                               |

Medyan  $x$  koordinat değeri 6'dır. Medyan  $y$  koordinatı değerini saptayan adımlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

| <i>Mevcut makineler</i> | <i>y koordinat değeri</i> | <i>Akım</i> | <i>Yığılımlı (Kümülatif) akım</i> |
|-------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------------------|
| Torna                   | 2                         | 50          | 50                                |
| Delme makinesi          | 3                         | 25          | 75 (medyan)                       |
| Öğütme makinesi         | 5                         | 30          | 105                               |

Medyan  $y$  koordinat değeri 3'dür. Bu yüzden yeni makine için optimum yer (6, 3)'dür.

### 6.3.1.2 Öklidiyen Yer Modeli

Bu model çözüm alanının bölge, ülke veya bir şehir gibi tipik olarak değiştirilmiş Öklidiyen mesafelerde gösterilen birçok doğrudan rota üzerinde hareketin meydana geldiği yerler için daha uygundur. Değiştirilmiş Öklidiyen mesafe,  $d(A, P)$ ,  $(x, y)$  koordinatlarındaki mevcut A tesisi ile  $(a, b)$  koordinatlarındaki yeni P tesisi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$d(A, P) = K[(x - a)^2 + (y - b)^2]^{1/2} \quad (6.6)$$

Yukarıdaki denklemde K Öklidiyen mesafeyi güncel mesafeye çeviren ölçekleme katsayısıdır ve bu katsayı ülke veya bölge yardımcı aktörüne bağlıdır. Yeni tesis ile birlikte her biri  $w_j$  akımına sahip  $m$  adet tesis varsa  $(A_1, A_2, \dots, A_m)$ , toplam akım maliyetini minimize etmeye yönelik yeni tesis yerleşim problemi aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$\text{Minimum} \sum_{j=1}^m K r_j w_j [(x_j - a)^2 + (y_j - b)^2]^{1/2} \quad (6.7)$$



Yukarıdaki denklemde  $r_j$   $j$  yeri için birim ulaştırma maliyetidir. Denklem (6.7)'de gösterilen minimizasyon problemi, kısıtları olmayan bir minimizasyon problemidir ve basit türev matematiği hesabıyla çözülebilir (Winston, 1987).  $a$  ve  $b$  ye göre kısmi türev alınır, sıfıra eşitlenir ve  $a$  ve  $b$  için çözüm aşağıdaki ile elde edilir:

$$a = \left( \sum \frac{x_j r_j w_j}{d_j} \right) \left( \sum \frac{r_j w_j}{d_j} \right)^{-1} \quad (6.8)$$

$$b = \left( \sum \frac{y_j r_j w_j}{d_j} \right) \left( \sum \frac{r_j w_j}{d_j} \right)^{-1} \quad (6.9)$$

Yukarıdaki denklemde  $d_j$  simgesi mevcut  $j$  tesisi ile yeni tesis yeri arasındaki mesafeyi gösterir ve denklem (6.6) kullanılarak hesaplanabilir. Yeni tesis yeri bilinene kadar problemi çözmek için aşağıdaki iterasyon yöntemi kullanılır. İterasyon yöntemi optimum sonuca yakınsamayı garanti eder. Bu yöntem ağırlık–merkezi yaklaşımı olarak da bilinir çünkü denklem (6.8) ve (6.9) mekanikte kullanılan ağırlık–merkezi denklemlerine benzemektedir.

Adım 1: aşağıdaki denklemleri kullanarak önceki  $(a, b)$  saptanır:

$$a = \left( \sum x_j r_j w_j \right) \left( \sum r_j w_j \right)^{-1} \quad (6.10)$$

$$b = \left( \sum y_j r_j w_j \right) \left( \sum r_j w_j \right)^{-1} \quad (6.11)$$

Adım 2: Adım 2:  $(a, b)$  ile yeni tesis yeri olarak denklem (6.6) kullanılarak  $d_j$  hesaplanır.

Adım 3: Adım 3:  $(a, b)$  için denklem (6.8) ve (6.9) kullanılarak çözülür.

Adım 4:  $(a, b)$  koordinatlarının belirli küçük değerden çok değişip değişmediği kontrol edilir. Eğer çok değişmişse Adım 2'ye gidilir; değişmemişse, durulur, optimum sonuç bulunmuş olur.

Açıklaması Örnek 6.2'de gösterilmiştir.

**Örnek 6.2**

ABC şirketi iki üretim tesisi ve mevcut 8 perakende satış mağazası arasındaki dağıtım için yeni bir dağıtım merkezi inşa etmeyi planlamaktadır. Üretim tesislerinin ve perakende mağazaların yerleri ve perakende mağazalar ile dağıtım merkezi arasında oluşması beklenen aylık mal akışı aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

| <i>Mevcut tesis</i>         | <i>Yer</i> | <i>Beklenen aylık akış</i> |
|-----------------------------|------------|----------------------------|
| <i>Üretim tesisleri:</i>    |            |                            |
| 1                           | (5, 45)    | 8000                       |
| 2                           | (50, 0)    | 9000                       |
| <i>Perakende mağazalar:</i> |            |                            |
| 1                           | (20, 50)   | 4000                       |
| 2                           | (40, 45)   | 1500                       |
| 3                           | (0, 35)    | 500                        |
| 4                           | (40, 30)   | 400                        |
| 5                           | (10, 25)   | 2000                       |
| 6                           | (40, 20)   | 700                        |
| 7                           | (30, 15)   | 3000                       |
| 8                           | (10, 10)   | 1600                       |

Yerler grid üzerinde belirli zamanda gidilen mili gösteren noktalardır. Örneğin, 4 ve 6'ncı mağazalar arasında sadece 10 mil mesafe vardır – 4'üncü mağaza 6'ncı mağazanın 10 mil kuzeyindedir. Her mil için ulaştırma maliyetinin 0.75\$ olduğunu ve Öklidiyen hareketin dağıtım merkezi için optimum yeri tespit ederken toplam ulaşım mesafesini minimize edeceğini varsayalım.

Problem yukarıda tanımlanan doğru iterasyon yöntemleri kullanılarak çözülebilir. Adım 1 sonucunda  $a = 26$  ve  $b = 25.5$ 'dir. Dağıtım merkezinin başlangıçtaki yeri, adım 2 ve 3 ile gerçekleştirilir, bunun sonucunda  $a = 25$  ve  $b = 25.5$  olur. Dağıtım merkezinin (25, 25.5) yeri kullanılarak adım 2 ve 3 tekrarlanır ve bunun sonucunda yeni yer (25, 25.7) olur. Bağlı değişim çok yakındır. Bu yüzden dağıtım merkezi için son ağırlık–merkezi–tabanlı yer (25, 25.7)'dir.

Çizelge 6.1 Önemli yer seçim faktörleri (Ghosh ve McLafferty, 1987)

| <i>Kategori</i>         | <i>Faktörler</i>                                                                         |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maliyet yapısı          | Arazi edinme maliyeti<br>İnşaat maliyeti<br>Vergiler, sigorta ve diğerleri               |
| Yasal                   | Mukavele ve bölgeleme<br>Kira kontratı<br>Diğer yerel ticari düzenlemeler                |
| Demografik              | Nüfus tabanı<br>Gelir potansiyeli<br>İşçi sağlama                                        |
| Trafik                  | Trafiğin türü ve hacmi<br>Ulaştırma şekilleri<br>Terminallere ve limanlara ulaşım        |
| Perakende yapısı        | Rakipler<br>Yakın dükkanların türü                                                       |
| Bölge karakteristikleri | Park olanağı<br>İnşaat koşulları (eğer varsa)<br>Ana caddeden yerin görünürlük koşulları |

### 6.3.1.3 Ağırlıklı Faktör Analizi

Bu metot nicel ve nitel faktörleri hesaba katmak için kullanılmıştır. Bu metodun aday bölgelerin listesine ihtiyacı vardır. Ağırlıklı faktör analizinde ilk adım, önemli faktörleri veya seçilen bölgedeki dikkat edilecek kriterleri ve kriterin ağırlıklı veya göreceli önemini tanımlamaktır. Alan seçimi için önemli olarak tanımlanmış (Ghosh ve McLafferty, 1987) faktörler bu adımın iyi bir başlangıç noktası olduğunu kanıtlayabilir. Çizelge 6.1’de önemli alan seçim faktörlerinin bir örnek listesi verilmiştir.

İkinci adımda her alan tüm faktörlere karşı 1’den 10’a kadar olan değerlerle puanlanır. Son adımda ise, her alan için ağırlıklı değer hesaplanır ve en yüksek değere sahip olan alan seçilir. Eğer birden fazla tesis ( $p$  tesisleri söylenir) yerleşmiş ise basit olarak en yüksek  $p$  değerine karşılık gelen yer seçilir. Ağırlıklı değer aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$v(j) = \sum_{i=1}^n w(i) \times s(i, j) \quad (6.12)$$

Burada;

$v(j)$  :  $j$  alanı için ağırlıklı değer;

$w(i)$  :  $i$  faktörü için ağırlık;

$s(i, j)$  :  $j$  alanında  $i$  faktörünün puanı;

$n$  : faktör sayısı.

Açıklaması Örnek 6.3’de gösterilmiştir.

### Örnek 6.3

Bir perakende giyim zinciri yeni açacağı mağaza için iki yeri potansiyel aday bölge olarak belirlemiştir. İki bölgenin değerlendirilmesi için birkaç kritik faktör aşağıda verilmiştir (yüksek puanlar daha iyi bölgeyi belirtmektedir).

| <i>Faktör (ağırlık)</i>            | <i>Bölge 1</i> | <i>Bölge 2</i> |
|------------------------------------|----------------|----------------|
| Nüfus tabanı (8)                   | 5              | 7              |
| Gelir potansiyeli (7)              | 7              | 5              |
| Büyük miktarda nakliye (3)         | 4              | 8              |
| Rekabet edilecek mağaza sayısı (6) | 6              | 2              |
| Park alanı (7)                     | 4              | 5              |
| Arazi ve inşaat maliyetleri (5)    | 9              | 6              |

Mağazanın yerleştirileceği en iyi bölgeyi seçin.

1. bölge için ağırlıklı değer 210’dur oysa 2. bölge için ağırlıklı değer 192’dir. Yüksek puanlar daha iyi bölgeyi belirttiğinden, yeni mağaza 1. bölgeye kurulmalıdır.

### 6.3.2 Çoklu–tesis Yeri

$m$  adet mevcut tesis ile birlikte birden fazla yeni tesisi ( $n$  adet yeni tesis) yerleştirme problemi  $n = m$  olduğu zaman kolaydır; basitçe her mevcut tesis için yeni bir tesis yerleştirilir.  $m \geq n$  olduğunda ise problem daha zor bir hal alır. Bu problem açık ve sürekli çözüm uzayı ve

ulaştırma maliyeti dikkate alınarak tanımlanabilir. Mevcut üretim tesisleri ve piyasalara hizmet için yeni depolar yerleştirmek, LTL (less-than-truckload) (kamyon-dolusundan-az) ağırları için ana-taşıma (break-bulk) terminalleri inşa etmek, üretim tesislerinin içine depolama alanları yerleştirmek ve şehir içinde itfaiye merkezleri inşa etmek, çoklu tesis yeri problemlerine verilebilecek örneklerden bazılarıdır. Doğrusal ve Öklidiyen yer problemlerini çözmek için medyan ve ağırlık-merkezi yöntemlerini genişleten bir çift yaklaşım gösterilmiştir. Birinci yaklaşım mevcut tesisleri önceden belirlenmiş gruplara toplamakta ve sonra her gruba hizmet eden yeni bir tesis yerleştirmektedir. İkinci yaklaşımda her  $(n - 1)$  yeni tesise bir  $(m - 1)$  mevcut tesis tahsis edilmiştir. Geri kalan bir yeni tesis için optimum yer, kalan  $(m - n + 1)$  mevcut tesise göre bulunur. Yukarıdaki atamanın toplam mesafesi veya maliyeti hesaplanır. Bu  $(n - 1)$  yeni tesisin  $(m - 1)$  mevcut tesise mümkün olan tüm atamaları tekrarlanır. Toplam maliyete veya mesafeye karşılık gelen değerler hesaplanır. Bunun sonucunda minimum toplam mesafeye veya maliyete sahip olan seçilir. Yeni tesislerin sayısı önceden belirlenmiş olmayan bir karar değişkeni olsa bile her iki yaklaşım da kullanılabilir. Çoklu-tesis yeri problemlerini çözmek için yukarıda bahsedilen yaklaşımların açıklaması Örnek 6.4'de gösterilmiştir.

#### Örnek 6.4

Bir şirket artan piyasa talebini karşılamak için iki dağıtım merkezi inşa etmek ile ilgilenmektedir. Müşterilerin yerleri dört bölgede gruplanmıştır. Bu bölgelerin yerleri ve bu bölgelerdeki talepler aşağıda verilmiştir.

| Müşteri bölgesi | Yer    | Hacim (cwt) | Ulaştırma fiyatı oranı (\$ / cwt / mil) |
|-----------------|--------|-------------|-----------------------------------------|
| 1               | (3, 8) | 5000        | 0.04                                    |
| 2               | (8, 2) | 7000        | 0.04                                    |
| 3               | (2, 5) | 3500        | 0.095                                   |
| 4               | (6, 4) | 3000        | 0.095                                   |

#### 6.3.2.1 Kümelenme-tabanlı Metot

$m$ 'in müşteri bölge sayısını ve  $n$ 'in yeni dağıtım merkezi sayısını gösterdiğini kabul edelim. Kümelenme modeli iki adımdan oluşur. Birinci adımda,  $m$  müşteri bölgesi mesafe-tabanlı yakınlık baz alınarak  $n$  grup halinde parçalara ayrılır. Bölüm 2'de tartışılan tekli bağlanım kümelenme metotları mevcut tesislerin gruplanmasında kullanılabilir. İkinci adımda, her grup

için yeni tesislerin optimum yeri medyan veya ağırlık–merkezi metotları kullanılarak saptanır. Yeni tesislerin sayısı önceden belirtilmediğinde grup sayısını tespit etmek için uygun kümelenme metotları (Romesburg, 1984) kullanılabilir ki bu gruplar sonra gerekli yeni tesis sayısına eşit olacaktır.

Bu örnekte  $m = 4$  ve  $n = 2$ 'dir. İlk olarak, benzerlik katsayıları olarak mesafeler ile birlikte tekli bağlanım kümelenme metotlarını kullanarak, mevcut tesisler iki grupta kümelenir. Aşağıda doğrusal mesafe ölçütü kullanılarak geliştirilen mesafe matrisi görülmektedir.

| Buradan / Buraya | 1  | 2  | 3 | 4 |
|------------------|----|----|---|---|
| 1                | 0  | 11 | 4 | 7 |
| 2                | 11 | 0  | 9 | 4 |
| 3                | 4  | 9  | 0 | 5 |
| 4                | 7  | 4  | 5 | 0 |

Tekli bağlanım kümelenme metot uygulaması aşağıdaki iki grubu meydana çıkarmıştır.

Grup 1: müşteri bölgesi 1 ve 3;

Grup 2: müşteri bölgesi 2 ve 4.

Şimdi elimizde iki tane tekli–tesis yer problemi var. Birisi müşteri bölgesi 1 ve 3 diğeri ise müşteri bölgesi 2 ve 4'dür.

| Müşteri bölgesi | Yer    | Hacim (cwt) | Ulaştırma oranı (\$ / cwt / mil) |
|-----------------|--------|-------------|----------------------------------|
| Problem 1:      |        |             |                                  |
| 1               | (3, 8) | 5000        | 0.04                             |
| 3               | (2, 5) | 3500        | 0.095                            |
| Problem 2:      |        |             |                                  |
| 2               | (8, 2) | 7000        | 0.04                             |
| 4               | (6, 4) | 3000        | 0.095                            |

Yeni tesis için optimum yer sunan grup 1 için bölge 3'tür çünkü ulaştırma maliyetlerinde en fazla birikimle sonuçlanacak olandır. Benzer şekilde yeni tesis için optimum yer sunan grup 2 için bölge 4'tür. Bu yüzden yeni dağıtım merkezleri müşteri bölgeleri 3 ve 4'e kurulmalıdır.

### 6.3.2.2 Tamamlanan Numaralama

Bu örnek için bir olasılık müşteri bölgesi 1'i yeni tesis 1'e ve müşteri bölgeleri 2, 3 ve 4'ü de yeni tesis 2'ye atamaktır. Bu durumda yeni tesis 1'in yeri müşteri bölgesi 1 ile aynı olacaktır. Yeni tesis 2'nin yeri ise medyan veya ağırlık-merkezi metodu kullanılarak saptanabilir. Diğer olasılık ise müşteri bölgesi 2'yi yeni tesis 1'e ve mevcut tesisler 1, 3 ve 4'ü yeni tesis 2'ye atamaktır. Bu durumda yeni tesis 1'in yeri müşteri bölgesi 2 ile aynı olacaktır ve yeni tesis 2'nin yeri medyan veya ağırlık-merkezi metotları kullanılarak saptanabilir. Aşağıdaki çizelgede olası farklı atamalar verilmiştir.

| Atama | Yeni tesis 1 | Yeni tesis 2    |
|-------|--------------|-----------------|
| 1     | Bölge 1      | Bölge 2, 3 ve 4 |
| 2     | Bölge 2      | Bölge 1, 3 ve 4 |
| 3     | Bölge 3      | Bölge 1, 2 ve 4 |
| 4     | Bölge 4      | Bölge 1, 2 ve 3 |

Burada sadece olası dört atama vardır çünkü dağıtım merkezleri 1 ve 2 özdeşdir. İkinci dağıtım merkezinin yeri medyan metot vasıtası ile bulunmuştur. İkinci dağıtım merkezi için çeşitli atamalarda optimum yerler ve ulaştırma maliyetleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

| Atama | İkinci tesisin yeri | Toplam ulaştırma maliyeti (\$) |
|-------|---------------------|--------------------------------|
| 1     | (6, 2)              | 3457.50                        |
| 2     | (3, 5)              | 2072.50*                       |
| 3     | (6, 4)              | 2520.00                        |
| 4     | (3, 2)              | 3930.00                        |

\* Optimum yer (en az ulaştırma maliyeti)

İki dağıtım merkezi için optimum yerler (8, 2) ve (3, 5)'dir. Bölge 2 birinci dağıtım merkezine atanmalıdır (8, 2) ve Bölgeler 1, 3 ve 4 ikinci dağıtım merkezine atanmalıdır (3, 5).



### 6.3.3 Dinamik Tesis Yeri

Bazı durumlarda yer kararlarının yapısı dinamiktir. Bunun sebebi dönemden döneme mevcut tesislere yönelik talep değişimi, yeni tesis kapasitelerindeki ve yeni tesis işletme maliyetlerindeki değişimler olabilir. Yeni tesis maliyet yapısı ve diğer gereksinimlerde meydana gelen dinamik değişimler sebebiyle yeniden yerleştirilmek zorunda kalınabilir. Bu tür bir gelişmenin sonucunda eski yerdeki tesisi kapatma maliyeti, malzemeleri ve parçaları eski yerden yeni yere taşıma maliyeti ve yeni yerde arazi satın alma ile kurulum maliyetlerini içeren önemli maliyetler ortaya çıkar. Çoğu zaman mukavelelerden doğan veya yasal sebeplerden dolayı yer değiştirme pek mümkün olamamaktadır; bu durumda en iyi yaklaşım gelecek periyotlar için talep ve kapasite verilerinin ortalamasını almak, maliyetleri şimdiki değerlerine dönüştürerek problemi tekli-periyot modeli halinde çözmektir. Eğer yer değiştirme mümkünse ve yer değiştirme maliyetleri ihmal edilebilir ise basitçe her periyot ayrı düşünülerek problem çözülür. Eğer yer değiştirme maliyetleri önemli bir seviyede ise problem her periyottaki yer maliyetleri ve periyottan periyoda yer değiştirme maliyetleri hesaba katılarak çözülür. Dinamik tesis yeri probleminin her bir işlemi bir makine üretim aracı seçme problemine çok benzer (bu problemde her aşamaya ait tesis kurma maliyeti hesaba katılır). Burada gösterilen yaklaşımda yer değiştirme maliyetleri önemli olduğunda, tekli yeni tesisin dinamik yerini çözmek için geriye dinamik programlama kavramından faydalanılmaktadır. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

|                           |                                                                                                                                             |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $S$                       | :kullanılabilir alanlar kümesi; bu alanlar problemin her periyot için ayrı olarak çözülmesi sonucunda elde edilen optimum yerlerdir;        |
| $N$                       | :planlama periyodundaki toplam periyot sayısı;                                                                                              |
| $C^l(K_n)$                | : $n$ periyodunda $K$ yerine yeni tesis yerleştirmenin maliyeti;                                                                            |
| $C^r(A_{n-1}, K_n)$       | : $n - 1$ periyodundaki $A$ yerinden $n$ periyodundaki $K$ yerine tesis yer değiştirme maliyeti;                                            |
| $C_n^{tot}(A_{n-1}, K_n)$ | : $n - 1$ periyodundaki $A$ yerinden $n$ periyodundaki $K$ yerine tesisin yerini değiştirmek için gereken $n$ periyodundaki toplam maliyet; |
| $L_n^*(A_{n-1})$          | :yer $n-1$ periyodundaki $A$ olmuşsa $n$ periyodundaki en iyi yer seçeneği.                                                                 |

#### 6.3.3.1 Dinamik Programlama Modeli

2. periyottan  $n$ 'inci periyoda kadar problemi çözmek için tekrarlanan denklemler aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$C_n^{tot}(A_{n-1}, K_n) = C^l(K_n) + C^r(A_{n-1}, K_n) \quad (6.13)$$

$$L_n^*(A_{n-1}) = \min_{K \in S} \{C_n^{tot}(A_{n-1}, K_n)\} \quad (6.14)$$

Periyot 1 için denklem aşağıda verilmiştir:

$$L_1^*(K_1) = C^l(K_1) + L_2^*(K_1) \quad (6.15)$$

Dinamik yer problemini çözmek için gerekli olan adım–adım işlemler aşağıda gösterilmiştir:

Adım 1: 2. periyottan  $n$ 'inci periyoda kadar en iyi yeri denklem (6.13) ve (6.14) kullanılarak seçilir;

Adım 2: 1. periyot için en iyi yer denklem (6.15) kullanılarak seçilir;

Adım 3: 1. ve 2. adımlar izlenerek optimum yerleştirme–yer değiştirme planı elde edilir.

Açıklaması Örnek 6.5'de verilmiştir.

#### 6.3.4 Tesis Yeri İçin Matematiksel Modeller

Tesis yeri modellerinin çoğu matematiksel model olarak modellenenebilir. Problemin türüne – bu mesafe veya maliyet fonksiyonları, yeni ve mevcut tesisler arasındaki etkileşim ve kısıtların yapısını içerir – bağlı olarak formüller doğrusal veya doğrusal–olmayan programlama modelleri olabilir.

#### Örnek 6.5

Tesis planlama müdürü makine atölyesi yerleştirmek için arazi bulunması ile ilgili bir problemle karşılaşmıştır. Gelecek dört periyot için maliyet ve akım verileri tahminleri önemli miktarda değişiklik göstermektedir. Hazırlık çalışmalarına dayanarak 3 arazi seçilmiştir. Üç farklı arazi için gelecek dört yıldaki makine işletme maliyetleri aşağıda verilmiştir:

| Arazi / Yıllık maliyet (bin \$) | 1  | 2  | 3   | 4   |
|---------------------------------|----|----|-----|-----|
| 1                               | 60 | 80 | 60  | 120 |
| 2                               | 40 | 80 | 100 | 100 |
| 3                               | 80 | 20 | 120 | 80  |

Yer değiştirme maliyetleri aşağıdaki gibidir.

| Araziden | Araziye | Yer değiştirme maliyeti (bin \$) |
|----------|---------|----------------------------------|
| 1        | 1       | 0                                |
| 1        | 2       | 2                                |
| 1        | 3       | 1                                |
| 2        | 2       | 0                                |
| 2        | 1       | 2                                |
| 2        | 3       | 1                                |
| 3        | 3       | 0                                |
| 3        | 1       | 2                                |
| 3        | 2       | 1                                |

Optimum yerleştirme–yer değiştirme planı saptanır.

Yukarıdaki örnek geri dinamik programlama yöntemi kullanılarak çözülebilir. Dört adım için örnek hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

İlk olarak (adım 1), 4, 3 ve 2'inci periyotlar için en iyi yerler denklem (6.13) ve (6.14) vasıtaıyla hesaplanır. 4. periyot için 1. yer ile ilgili ve 3. periyoda aday olacak örnek hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

$$C_4^{tot}(1,1) = C^r(1_3,1_4) + C^l(1_4) = 0 + (20 \times 6) = 120$$

$$C_4^{tot}(1,2) = C^r(1_3,2_4) + C^l(2_4) = 2 + (20 \times 5) = 102$$

$$C_4^{tot}(1,3) = C^r(1_3,3_4) + C^l(3_4) = 1 + (20 \times 4) = 81$$

Bu yüzden, 4. periyotta 1. yerde çalışılıyorsa 3. periyotta 1. yerden taşınması gereken en uygun yer 3. yerdir  $[C_4^{tot}(1,3) = 81]$ . 3. periyottan sonraki yerler için hesaplamalarda benzer şekilde yapılmış ve sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

| 3. Periyot için Yer | 4. Periyot için En İyi Yer | Toplam Maliyet |
|---------------------|----------------------------|----------------|
| 1                   | 3                          | 81             |
| 2                   | 3                          | 81             |
| 3                   | 3                          | 80             |
| 2. Periyot için Yer | 3. Periyot için En İyi Yer | Toplam Maliyet |
| 1                   | 1                          | 141            |
| 2                   | 1                          | 143            |
| 3                   | 1                          | 143            |
| 1. Periyot için Yer | 2. Periyot için En İyi Yer | Toplam Maliyet |
| 1                   | 3                          | 164            |
| 2                   | 3                          | 164            |
| 3                   | 3                          | 163            |

İkinci olarak (adım 2), 1. periyot için en iyi yer denklem (6.15) kullanılarak hesaplanır:

$$L_1^*(1_1) = 224$$

$$L_1^*(2_1) = 204$$

$$L_1^*(3_1) = 243$$

Optimum çözüm aşağıda gösterildiği gibi elde edilir. 1. periyot için en iyi yer 2. yerdur  $[L_1^*(2_1) = 204]$ . Buna göre 1. periyot için en iyi yer 2. yer, 2. periyot için en iyi yer 3. yerdur. Buradan 3 periyot için en iyi yerin 1. yer olduğu çıkar. Buna dayanarak 4. periyot için en iyi yer 3. yerdur. Optimum yerleştirme–yer değıştirme planı aşağıdaki gibidir:

| Periyot | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|---|---|---|---|
| Yer     | 2 | 3 | 1 | 3 |

Gerçek yaşam problemleri yeni tesisteki kapasite kısıtları, mevcut tesise hizmet kısıtları, yeni tesis 1'in eski tesis 3'e hizmet sunamaması, olabilecek yeni tesis sayısının kısıtlı olması, yeni tesis kurmak için kullanılabilir toplam bütçe ve yeni tesisler arasındaki uyumluluk – yeni tesis 3 inşa edildikten sonra yeni tesis 6'nın inşa edilememesi veya yeni tesis 4'ün yeni tesis 1 olmadan kurulamaması – gibi bazı yaygın kısıtlar içerir. Bu bölümde tesis yeri için aşağıdaki matematiksel modeller gösterilecektir:

- yer modelinin basit formülasyonu;
- basit üretim yeri modeli;
- küme kapsama modelleri;
- ikinci dereceden programlama modeli.

Birincisi oldukça basit ve çoklu–tesisin temel formülasyonu olan farklı çözüm alanı yer problemi. İkincisi mevcut tesiste yerin sabit ve değişken maliyetlerini hesaba katarak hizmet sunan yeni tesisin yerini gösteren matematiksel modeldir. Üçüncü model minimum sayıdaki tesis veya tesis maliyeti ile yeterli kapsama sağlayan yer problemini modellemeye odaklanmıştır. Dördüncü model ise etkileşim ile tesis yeri probleminin doğrusal–olmayan programlama formülasyonunu gösterir. Buradaki problemler daha önce tartışılan bazı gerçek yaşam kısıtlarına göre değiştirilebilir.

#### 6.3.4.1 Çoklu–tesis Yeri Formülasyonu

Bu formülasyonda yeni tesis yerleşimi için mevcut alan sabit ve bilinmektedir. Yerleştirilecek yeni tesis sayısı ile yeni ve mevcut tesisler arasındaki malzeme hareketi bilinmektedir. Model yeni tesisler arasında etkileşim olmadığını varsaymaktadır. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

- $p$  :mevcut alan sayısı;
- $m$  :mevcut tesis sayısı;
- $n$  :yeni tesis sayısı;
- $X_{jk}$  :eğer yeni tesis  $j$   $k$  alanına yerleşmiş ise 1, aksi halde 0;
- $d_{kl}$  : $l$  mevcut tesisi ile  $k$  alanı arasındaki mesafe;
- $v_{jl}$  : $l$  mevcut tesisi ile  $j$  yeni tesisi arasındaki akım;
- $c_{jk}$  :  $c_{jk} = \sum_l d_{kl} v_{jl}$  olduğu yerde, yeni tesis  $j$ 'yi  $k$  alanına yerleştirmenin maliyeti.

Model aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\text{Minimum } z = \sum_j \sum_k c_{jk} X_{jk} \quad (6.16)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_j X_{jk} \leq 1, \forall k$$

$$\sum_k X_{jk} = 1, \forall j$$

$$X_{kj} \in \{0,1\}, \forall k, j$$

Amaç fonksiyonu [denklem (6.16)] tüm yeni tesislerin toplam yerleştirme maliyetini minimize eder. İlk kısıt her alana en fazla bir tesis yerleştirilmesini sağlar. İkinci kısıt her yeni tesisin sadece bir alana yerleştirilmesini sağlar. Son kısıt ise karar değişkenlerinin ikili yapısını gösterir. Model  $p \geq m$  olduğunu varsayar. Eğer  $m = p$  olursa, ilk kısıt eşitlikte olacaktır. Bu durumda formülasyon popüler atama problemi ile aynı olacaktır ve Macar algoritması ile çözülebilir (Fabrycky ve diğerleri, 1972).

#### 6.3.4.2 Farklı Üretim Yeri Modeli

Bu model, tesis yeri problem modellerinin en popülerlerinden birisidir ve yerleşim hakkında yazılan eserler arasında geniş olarak analiz edilmiştir. Problem çeşitli yerlerdeki müşterilerin taleplerini karşılamak için üretim tesisi veya depoların gereken sayısını, yerini ve boyutunu saptamaya odaklanmıştır. Farklı üretim yeri problem formülasyonları aşağıda gösterilmiştir. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

$X_{kj}$  :  $j$  yerinde inşa edilecek olan üretim tesisi (depo) tarafından sunulacak  $k$  müşterisinin talebinin kısmı;

$Y_j$  : eğer üretim tesisi  $j$  yerinde inşa edilecekse 1, aksi halde, 0;

$c_{kj}$  :  $j$  üretim tesisinden  $k$  müşterisinin tüm talebinin karşılanmasının maliyeti;

$f_j$  :  $j$  yerinde üretim tesisi kurmak ile ilgili sabit maliyetler;

$n$  : yeni tesis sayısı.

Model aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\text{Minimum } z = \sum_k \sum_j c_{kj} X_{kj} + \sum_j f_j Y_j \quad (6.17)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_j X_{kj} = 1, \forall k$$

$$\sum_k X_{kj} \leq nY_j, \forall j$$

$$Y_j \in (0,1), \forall j$$

$$X_{jk} \geq 0, \forall k, j$$

Amaç fonksiyonu [denklem (6.17)] üretim tesislerini yerleştirmenin toplam maliyetini ve müşterilerden gelen talebi karşılama maliyetlerini minimize eder. Sağ taraftaki ilk terim müşteri talebini karşılamak için toplam değişken maliyeti ve sağdaki ikinci terim ise üretim tesislerini inşa etmek ile ilgili sabit maliyetleri göstermektedir. Sabit maliyetler araziye elde tutmanın yıllık maliyetlerini ve üretim tesisi inşası ile işletme maliyetlerini içerir. Birinci kısıt her müşterinin toplam talebinin birkaç üretim tesisi tarafından sunulmasını sağlamaktadır. İkinci kısıt bir üretim tesisinin müşterilerin birkaçının veya tümünün talebini (veya talebin sıfırdan farklı kesitini) sadece inşa edilmişse karşılamasını sağlamaktadır. Bu kısıta diğer yönden bakarsak üretim tesisi müşteri talebinin (veya talebin sıfırdan farklı kesitini) bir kısmını veya tümünü karşılamak için atandığında inşa edilmesini sağlamaktır. Son iki kısıt ise karar değişkenleri ile ilgili ikili ve negatif-olmayan kısıtları göstermektedir.

#### 6.3.4.3 Kapsama Modelleri

Tesis yerinin önemli olan kısmı tesisleri yerleştirirken müşterileri kapsama sorunudur. “Kapsama” terimi hizmet düzeyi veya cevap verme süresi olabilir. İtfaiye yerleştirme bağlamında, eğer alan belirli seyahat süresinde veya mesafesinde erişilebilen bir bölge ise istasyon belirli yerleşim alanlarını kapsamalıdır. Tamirhane yerleştirme bağlamında ise belirli servis düzeyiyle araç alınıp tamir edilebilecek ise müşteri bölgesi kapsanmalıdır. Bu yüzden kapsama, yer problemi için kurulmuş hizmet kriterine dayanan ikili değişkendir. Temel amaç tüm müşterileri kapsamayı sağlayan gerekli tesis sayısını minimize etmektir. Eğer tesis maliyetleri yer ile değişiyorsa tesisleri yerleştirmenin toplam maliyetini minimize etmek uygun olacaktır. Yukarıdaki her amacı temsil eden iki formül gösterilmiştir.

##### 6.3.4.3.1 Toplam Minimum Büyüklük Problemi

Bu, tüm müşterileri kapsamayı sağlayacak gerekli toplam tesis sayısını minimize eden küme kapsama problem sınıfından bir modeldir. Bina içindeki su kanallarının yerlerinin saptanması



veya büyük atölyelerdeki alet odalarının yerlerinin belirlenmesi gibi örnekleri içerir. Aşağıdaki formül toplam kapsama problemi ile ilgilidir:

$$\text{Minimum } z = \sum_j Y_j \quad (6.18)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_j a_{jk} Y_j \geq 1, \forall k$$

$$Y_j \in (0,1), \forall j$$

$Y_j$  bu bölümde farklı üretim yeri modelinde olduğu gibi tanımlanmıştır.  $k$  müşterisi  $j$  yeri tarafından kapsanırsa  $a_{jk}$  parametresi 1'e eşittir. Amaç fonksiyonu [denklem (6.18)] gerekli tesis sayısını minimize eder. Birinci kısıt her müşterinin en az bir üretim tesisi tarafından sunu almasını sağlar. İkinci kısıt ise karar değişkenlerinin ikili yapısını gösterir.

#### 6.3.4.3.2 Küme Kapsama Problemi

Bu model tüm müşterileri kapsamayı sağlayacak gerekli toplam tesis maliyetini minimize eden toplam minimum büyüklük probleminin farklı bir türüdür. Amaç fonksiyonu farklı yerlerdeki tesislerin maliyetlerinin de farklı olduğunu vurgular. Şehrin farklı yerlerine hizmet sunan okulların yerlerinin tespit edilmesi ve müşteri taleplerini karşılayan dağıtım merkezlerinin yerlerinin tanımlanması gibi örnekleri içerir. Aşağıdaki formül küme kapsama problemi (Shannon ve Ignizio, 1970) ile ilgilidir:

$$\text{Minimum } z = \sum_j f_j Y_j \quad (6.19)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_j a_{jk} Y_j \geq 1, \forall k$$

$$Y_j \in (0,1), \forall j$$

$Y_j$  ve  $f_j$  bu bölümde farklı üretim yeri modelinde olduğu gibi ve  $a_{jk}$  ise toplam minimum büyüklük problemindeki şekli ile tanımlanmıştır. Amaç fonksiyonu [denklem (6.19)] gerekli tesisin toplam maliyetini minimize eder. Birinci kısıt her müşterinin en az bir üretim tesisi tarafından sunu almasını sağlar. İkinci kısıt ise karar değişkenlerinin ikili yapısını gösterir.

Bazı durumlarda bütçe ile ilgili kısıtlar inşa edilebilecek tesis sayısını kısıtlar. Bu durumda amaç olabilecek en fazla sayıdaki müşteriyi kapsamak olabilir. Bu tür problemler “kısmi kapsama” modelleri ile çözülür (ReVelle ve Swain, 1970).

#### 6.3.4.3.3 İkinci Dereceden Programlama Modeli

Bu formülasyonda yeni tesis kurmak için mevcut olan alanlar bilinmektedir ve sabittir. Yerleştirilecek yeni tesis sayısı ile mevcut ve yeni tesisler arasındaki malzeme hareketi bilinmektedir. Bundan başka yeni tesisler arasında malzeme akımı bağlamında etkileşim vardır. Formülasyonda yer alan simgeler, yer maliyeti  $c_{jkqr}$  hariç çoklu-tesis yeri modeli ile aynıdır. Burada  $c_{jkqr}$   $k$  alanına yeni  $j$  tesisini yerleştirmenin maliyeti ve  $r$  alanına  $q$  yeni tesisi yerleştirmenin maliyeti olarak yer almaktadır. Bu maliyet terimi yeni tesisler  $j$  ve  $q$  arasındaki, mevcut tesisler ile yeni tesis  $j$  arasındaki ve mevcut tesisler ile yeni tesis  $q$  arasındaki hareketin maliyeti içermektedir. Hareketin maliyeti mesafe ve akım hacminin fonksiyonudur:

$$\text{Minimum } z = \frac{1}{2} \sum_j \sum_k \sum_q \sum_r c_{jkqr} X_{jk} X_{qr} \quad (6.20)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_j X_{jk} \leq 1, \forall k$$

$$\sum_k X_{jk} = 1, \forall j$$

$$X_{kj} \in \{0,1\}, \forall k, j$$

Amaç fonksiyonu [denklem (6.20)] tüm yeni tesisleri yerleştirme ile ilgili toplam ulaştırma maliyetlerini minimize eder. Birinci kısıt her alana en çok bir tesis yerleştirilmesini sağlar. İkinci kısıt her yeni tesisin sadece bir alana yerleşmesini sağlar. Model  $p \geq m$  olduğunu

varsayar. Eğer  $m = p$  ise birinci kısıt eşit olacaktır. Son kısıt ise karar değişkeninin ikili yapısını gösterir.

Eğer hiç mevcut tesis yok ise trafik akımı yeni tesisler arasındaki etkileşime dayanır – buna verilecek en yaygın örnek tesis yerleştirme problemidir. Aşağıda sezgisel işlemler eğer yeni ve mevcut tesisler arasında hiçbir etkileşim yoksa kullanılır (Tompkins ve White, 1984):

- Adım 1: akım değerleri artan sıraya mesafe değerleri ise azalan sıraya göre dizilir;
- Adım 2: en büyük akıma sahip tesis çiftleri en kısa mesafeye sahip olan yer çiftlerine atanır;
- Adım 3: adım 2 tekrarlanarak bir sonraki en büyük akıma sahip tesis çiftleri bir sonraki en küçük mesafeye sahip alan çiftlerine atanır;
- Adım 4: uygulanabilir atamalar oluşana kadar adım 3'e devam edilir.

Açıklaması Örnek 6.6'da gösterilmiştir.

#### 6.3.4.4 Yer-tahsis Modeli

Bu model yeni tesis sayısını ve onların yerleri ile mevcut tesislere yapacakları sunuya yönelik atama ve tahsisi saptamak için kullanışlıdır. Bu modelin yaygın olarak kullanılan uygulaması, depo yerlerinin tespiti ve mağazalara sunmak için veya üretim tesislerinden almak için atama yapılması gibi dağıtım ağı tasarımını içerir. Ayrıca bu model otobüs duraklarının yerlerinin seçilmesi ve kentsel otobüs sistemi içerisindeki duraklara otobüslerin atanması için de kullanılabilir. Yer-tahsis modelinin matematiksel formülasyonu aşağıda gösterilmiştir (Sherali ve Adams, 1984). Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

- $c_{kjl}$  :  $k$  müşterinin talebinin  $l$  yerinde inşa edilen  $j$  üretim tesisi ile karşılanmasının maliyeti;
- $d_k$  :  $k$  müşterisinin yıllık talebi;
- $f_{jl}$  :  $j$  üretim tesisini  $l$  yerinde inşa etmenin yıllık maliyeti;
- $s_j$  :  $j$  üretim tesisinin kapasitesi.

Karar değişkenleri aşağıdaki gibidir:

- $X_{kj}$  :  $j$  üretim tesisinden  $k$  müşterisine ulaştırılan birim sayısı;

**Örnek 6.6**

Bir üretim tesisi içerisinde dört yere (1–4) dört yeni makine yerleştirilecektir. Alanlar arasındaki mesafeler aşağıdaki çizelgede verilmiştir:

| <i>Alandan</i> / <i>Alana mesafe (feet)</i> | 1  | 2 | 3  | 4 |
|---------------------------------------------|----|---|----|---|
| 1                                           | 0  | 8 | 10 | 2 |
| 2                                           | 8  | 0 | 4  | 7 |
| 3                                           | 10 | 4 | 0  | 9 |
| 4                                           | 2  | 7 | 9  | 0 |

Dört yeni makine (A–D) arasındaki tahmin edilen parça akımı aşağıdaki çizelgede verilmiştir:

| <i>Makineden</i> / <i>Makineye (birim) parça akımı</i> | A | B | C | D |
|--------------------------------------------------------|---|---|---|---|
| A                                                      | 0 | 2 | 8 | 3 |
| B                                                      | 2 | 0 | 4 | 9 |
| C                                                      | 8 | 4 | 0 | 5 |
| D                                                      | 3 | 9 | 5 | 0 |

Yukarıda anlatılan sezgisel işlemler kullanılarak makineler için en iyi yer saptanır.

Adım 1: Azalan sıra ile akım değerleri (9, 8, 5, 4, 3, 2) ve artan sıra ile mesafe değerleri (2, 4, 7, 8, 9, 10).

Adım 2: 9'un en büyük akım değerine sahip makine çiftleri (B, D)'dir. 2'nin en küçük mesafeye sahip alan çiftleri (1, 4)'dür. Bu yüzden makine B alan 1'e ve makine D alan 4'e, veya makine B alan 4'e ve makine D alan 1'e atanır.

Adım 3: 8'in akım değeri ile makine çifti (A, C), 4'ün mesafe değeri ile alan çiftine, (2, 3) eşleştirilir. Bu yüzden makine A alan 2'ye ve makine C alan 3'e, veya makine A alan 3'e ve makine C alan 2'ye atanır.

Adım 4: Tüm atamalar uygulanabilir.

Atama için kullanılabilir seçeneklerden gelen dört alternatif çözüm vardır. Çözümlerden biri aşağıdakidir:

| Makine | A | B | C | D |
|--------|---|---|---|---|
| Alan   | 3 | 1 | 2 | 4 |

Eğer malzeme elleçleme miktarı 1'e eşit kabul edilirse toplam malzeme elleçleme mesafesi 164 feet'e karşılık gelir.

---

$Y_j$  eğer üretim tesisi  $j$   $l$  yerinde inşa edilecekse 1, aksi halde, 0;

Model şu şekilde formüle edilebilir:

$$\text{Minimum } z = \sum_j \sum_l f_{jl} Y_{jl} + \sum_j \sum_k \sum_l C_{kjl} Y_{jl} X_{kj} \quad (6.21)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_l Y_{jl} = 1, \forall j$$

$$\sum_j Y_{jl} = 1, \forall l$$

$$\sum_k X_{kj} = s_j, \forall j$$

$$\sum_j X_{kj} = d_k, \forall k$$

$$Y_{jl} \in (0,1), \forall j, l$$

$$X_{kj} \geq 0, \forall k, j$$

Amaç fonksiyonu [denklem (6.21)] üretim tesisi yerleştirmenin ve müşterilerden gelen talepleri karşılamamanın toplam maliyetlerini minimize eder. Sağ taraftaki ilk terim üretim tesisi inşa etmek ile ilgili sabit maliyetleri ve sağ taraftaki ikinci terim ise müşteri talebini karşılayan toplam değişken maliyeti temsil eder. Sabit maliyetler araziye elde tutmanın yıllık maliyeti, üretim tesisi inşaatı ve işletme maliyetlerini içerir. Birinci kısıt üretim tesisinin sadece bir yerde inşa edilmesini sağlar. İkinci kısıt her bölgede sadece bir üretim tesisi olmasını sağlar. Üçüncü kısıt üretim tesislerinin kapasitesini ve dördüncü kısıt ise müşterilerin talebini temsil eder. Son iki kısıt ise karar değişkenlerinin ikili ve negatif-olmayan yapılarını gösterir.

Yer-tahsis problemi iterasyon yöntemleri kullanılarak sezgisel olarak da çözülebilir (Cooper, 1964). Bu yöntem yeni tesisler  $(Y_{jt})$  için başlangıçtaki yerlerin seçilmesiyle başlar. Başlangıçtaki yerlere dayanarak  $X_{ij}$ 's elde etmek için tahsis problemi çözülür. Verilen atamalar kullanılarak yer problemi tekrar çözülür. İşlemlere yakınsamaya yaklaşılan kadar tekrar edilir. Yakınsama için test genellikle başarılı iterasyon için amaç fonksiyonu değerlerinin yakınlığıdır. İşlemler belirli en büyük sayıdaki iterasyon sayısına dayanarak sonlandırılır.

#### 6.4 ARAÇ-GEREÇ YERLEŞTİRMESİ

Bir üretim tesisi veya depo içindeki düzenlemenin en iyi nasıl yapılacağına saptanmasının birincil amacı malzeme elleçlemesinin toplam maliyetini minimize etmektir. Malzeme elleçleme maliyetleri araç-gereçler arasındaki mesafeye, malzeme elleçleme aletinin türüne ve araç-gereçler arasında elleçlenen malzeme akımına bağlıdır. Mesafe fonksiyonun türü malzeme elleçleme aletinin türüne bağlıdır: belirlenmiş bir yol boyunca otomatik olarak hareket eden araç ve Öklidiyen mesafe tarafından tanımlanmış bir doğru boyunca en kısa yolu izleyerek hareket eden malzeme naklediciler gibi. Malzeme elleçleme aletinin türü taşınan ürün veya parçaların türüne, gerekli malzeme elleçleme esneklik miktarı ve sistemin maliyetine bağlıdır – hem başlangıç hem de işletme maliyetleri. Malzemenin akışı üretilen çeşitli ürünlerin planlama süreçlerine ve üretim hacmine bağlıdır. Kısıtlar ise, çeşitli aletlerin büyüklükleri, uyumluluk veya aletlerin birbirine yakınlığı ve üretim tesisi ile deponun yapısal karakteristikleridir: binanın güney-batı köşesinde karıştırma bölümü için boş alanın bulunmaması, kaynak atölyesi ile boyama atölyesinin bir arada olmamasının gerekliliği; veya tesisin ikinci katının zayıf yapısal özellikleri sebebiyle delme makinesi yerleştirilememesi v.b.. Bu bölümde yaygın olarak kullanılan birkaç tip yerleştirme türü ve yerleştirme problemlerini çözmek için kullanılacak birkaç yaklaşım gösterilmiştir.

##### 6.4.1 Yaygın Yerleştirme Türleri

Yaygın olarak kullanılarak dört yerleştirme türü aşağıda gösterilmiştir: Ürün yerleştirme, süreç yerleştirme, sabit ürün yerleştirme ve hücreyel yerleştirme. Yerleştirmenin türü üretim hacmine, çeşitliliğe, süreç planlarına ve ürünlerin hacim veya büyüklüklerine bağlıdır.

###### 6.4.1.1 Ürün Yerleştirme

Bu yerleştirmede çeşitli araç–gereçler içinden ürün akımını sağlamak için üretim araçları bir çizgi boyunca dizi anlayışı ile yerleştirilmiştir. Örneğın, eğer işletim sırası torna, freze makinesi, ısıtma işlemi ve boyama ise üretim hattı önce torna, sonra freze makinesi, ısıtma işlemi atölyesi ve boyama atölyesi şeklinde olmalıdır. Eğer sistem boyunca tüm ürünler benzer bir akımı izliyorsa bu tür bir yerleştirme daha uygun olacaktır. Diğeri bir deyişle bu yerleştirme türünden faydalanmak için ürün çeşitliliğı az ve üretim hacmi de fazla olmak zorundadır. Ürün yerleştirmeye şişeleme tesisleri, otomobil montaj hatları ve yemek paketleme hatları iyi birer örnektir. Ürün yerleştirme yapısının avantajı malzeme elleçlemesini, envanteri azaltması, daha kolay kontrol ve denetlemedir. Öte yandan ürün çeşitliliğinde oluşacak değışikliklere karşı yerleştirme yapısının esnekliğı oldukça azdır. Ürün tasarımında meydana gelen herhangi bir değışim yeni bir yerleştirme düzeni almayı zorunlu kılabilir bu da ciddi yatırım miktarlarının oluşmasına sebep olabilir. Aynı zamanda üretim boyutu en uzun süreli olan işlemle belirlenir. Hattın dengelenmesi maksimum üretim miktarına erişmek ve boş zamanı minimize etmek için önemlidir.

#### **6.4.1.2 Süreç Yerleştirme**

Bu yerleştirme yapısında üretim makineleri işlevlerine ve çalışma süreçlerine dayanarak gruplanırlar. Örneğın, tüm delme makineleri bir araya toplanır ve tüm kaynak birimleri birlikte belirli bir yere toplanır. Bu yerleşim yapısı ürün çeşitliliğının fazla ve üretim hacminin düşük olduğı atölye türündeki üretim birimlerini destekler. Ayrıca piyasa gereksinimlerini karşılamak ve aletlere daha az yatırım yapmak için iyi bir esneklik ve atiklik sağılar. Bununla birlikte, malzeme elleçlemesini, üretim zamanını artırır, daha dikkatli planlama ve yakın denetim gerektirir. Çeşitli müşteri şirketler için parçalar üreten firmalar buna iyi birer örnektir.

#### **6.4.1.3 Sabit Ürün Yerleştirme**

Bu yerleştirme düzeni çok ağır ve büyük olarak üretilen ürünlerin üretim tesisi içinde bir dizi alet boyunca hareket etmesinin gerektiğı durumlar için uygundur. Bu yerleştirmede ürün bir yerde sabit olarak durmakta ve işçiler, malzemeler ve aletler gibi kaynaklar ürünün bulunduğı yere gelmektedirler. Bu genellikle baraj inşaatı, ofis inşaatı ve gemi yapımı gibi ağır yapılandırma işlerinde kullanılır. Çoğı zaman bu tür yerleştirme yapılarında ürünün doğıası gereğı malzeme ve aletlerin hantal olarak hareket etmelerine gereksinim duyulur.

#### **6.4.1.4 Hücresel Yerleştirme**



Bu yerleştirme grup teknolojisi (GT) kavramından gelmektedir. GT yinelenen aktivitelerin benzerliğinden yararlanan bir felsefedir. Hücresel yerleştirme GT'nin bir uygulamasıdır ve parçaları işleme sürecinde makinelerin kapasitelerine göre hücrelerde gruplanmasıdır. Birinci adımda işlemler anlamında benzerlik gösteren ürünler tanımlanarak farklı ürün aileleri altında toplanır. Bir sonraki adımda işlem gerektiren bir veya daha fazla aile bir hücrede toplanır. Burada amaç ürünlerin hücreler arasındaki hareketini minimize etmektir. Bir hücre içinde makineler, hücreler arası malzeme elleçlemesini minimize edecek şekilde optimum olarak düzenlenmiş olmalıdır. Bu tür yerleştirme yapıları ürünlerin aileler şeklinde gruplanabildikleri durumlar için uygundur. Eğer ürünlerin işlem gereksinimleri arasında büyük fark varsa bu yerleştirme pek çekici olmayacaktır.

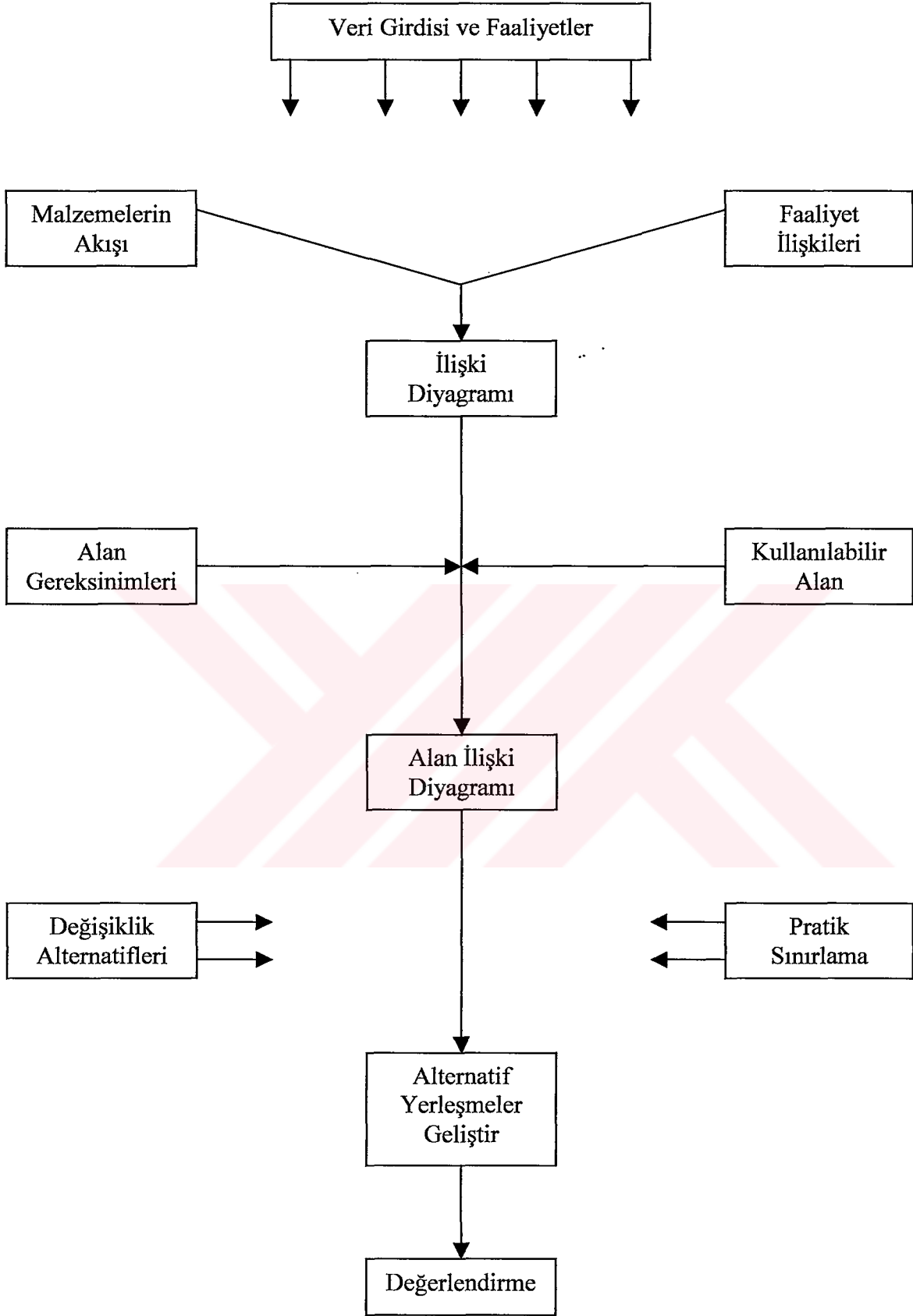
#### **6.4.2 Yerleşim Planlama Metodolojileri**

Burada gösterilen dört yaygın yerleştirme türünün uygulanabilir olmadığı durumlarda en iyi yerleştirmeyi geliştirmek için üç metodoloji kullanılır. Birinci metodoloji Muther (1966) tarafından tanımlanmış olan sistematik tesis yerleştirmedir. Bu süreç herhangi bir mühendislik karar sürecine oldukça benzemektedir. Alternatif yerleşimler yaratılmasını ve bazı kriterlere göre en iyi olanı seçmeyi içerir.

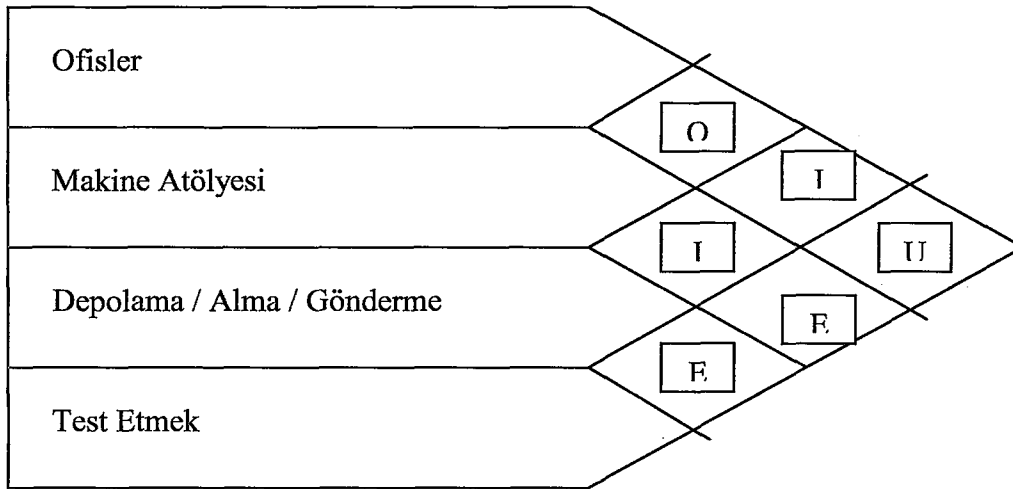
Diğer iki metodoloji ise bilgisayar-tabanlı yaklaşımlardır: CRAFT ve ALDEP. Birincisi gelişme metodlarının geniş kategorisine ikincisi ise yapı metodları kategorisine girmektedir. CRAFT başlangıçta yerleştirme ile başlar ve sonra yerleştirmeyi geliştirmek amacı ile araç-gereçleri çiftleştirerek sistematik değiştirme dizisi oluşturur. Daha fazla değişim malzeme elleçlemesinde başka azalmaya yol açmıyorsa işlem durdurulur. ALDEP yerleştirmeyi seçim ve yerleştirme kararlarından oluşturur. Seçim kararı üretim tesisine yerleştirilecek bir sonraki tesisi ve tam olarak nereye yerleştirileceğine odaklanan yerleştirme kararını saptar.

##### **6.4.2.1 Sistematik Yerleştirme Planlaması**

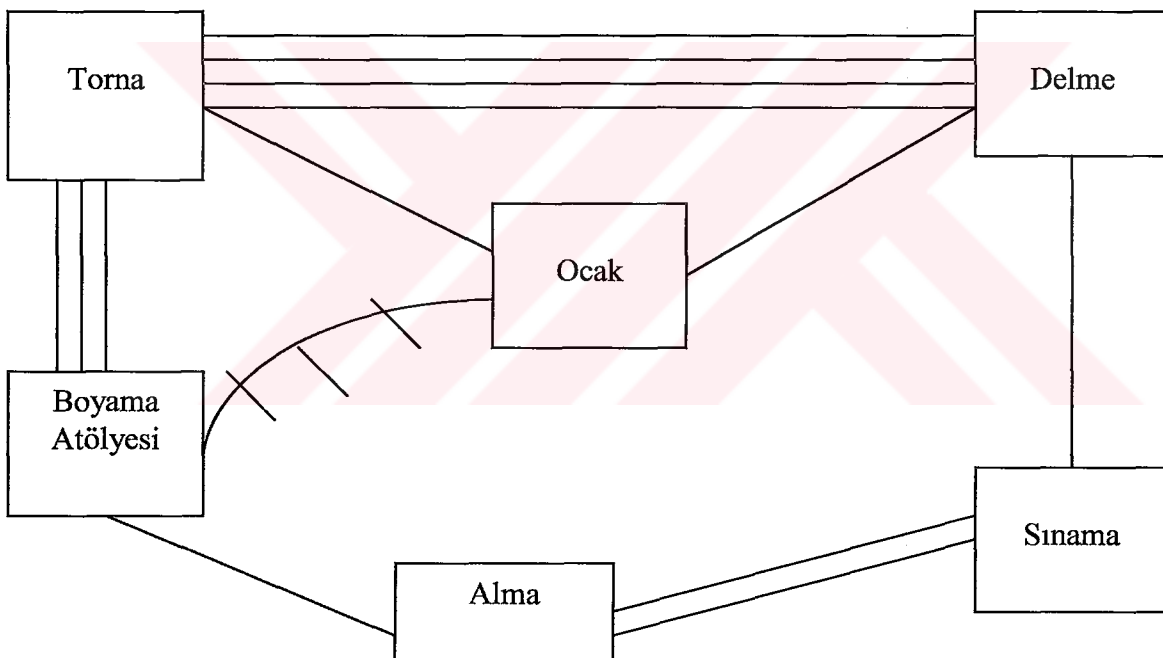
Şekil 6.3'de yöntem akış şeması şeklinde gösterilmiştir. Yöntemin birinci adımı faaliyet ilişki şeması geliştirmek ve ...-den...-e şeması oluşturmaktır. Faaliyet ilişki şeması, üretim



Şekil 6.3 Sistematik yerleştirme planlaması süreci



Şekil 6.4 Faaliyet ilişki diyagramı örneği. Not: genellikle yakınlık değerini içeren kutu iki yarıma ayrılır – bir tanesi değeri içerir ve diğeri ise değer için sebep kodudur.



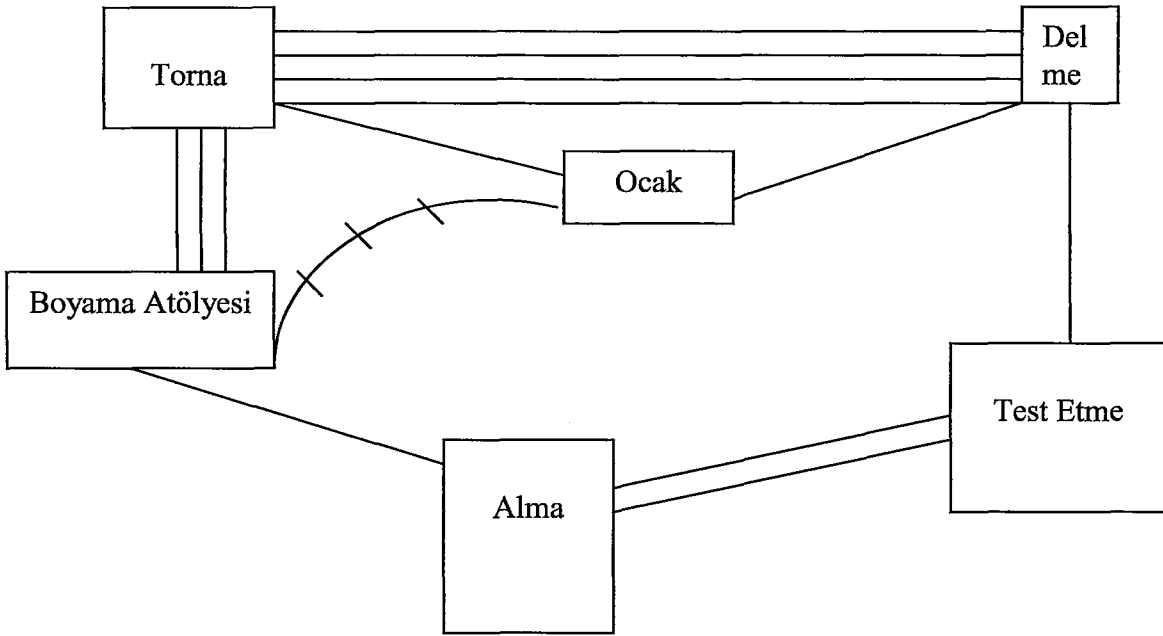
Şekil 6.5 İlişkiler diyagramı örneği. Yakınlık değerleri: A (kesinlikle gerekli) = dört bağlantı çizgisi; E (özellikle önemli) = üç çizgi; I (Önemli) = iki çizgi; O (genelde kabul edilebilir) = bir çizgi; U (önemsiz) = çizgi yok; X (arzu edilmeyen) = çapraz çizgi.

tesisi içindeki çeşitli bölümler veya atölyeler arasındaki arzu edilen yakınlık değerini ve değer sebeplerini gösterir (Şekil 6.4). Yakınlık değerlerinin tanımları aşağıda gösterilmiştir:

- A :kesinlikle gerekli;  
 E :özellikle önemli;  
 I :önemli;  
 O :genelde kabul edilebilir;  
 U :önemsiz;  
 X :arzu edilmeyen.

Dikkate değer bir yakınlık değerini atamanın sebeplerinden bazıları iletişim, uygunluk, yüksek malzeme akışı, aynı denetçi ve hizmet gereksinimleri olabilir. Bir ...-den...-e şeması, malzeme veya parçaların çeşitli bölümler veya atölyeler arasındaki akışını gösterir. ...-den...-e şeması ve faaliyet ilişki şemasının birleşiminden ilişki diyagramı (Şekil 6.5) meydana gelir. Bu diyagramda her faaliyet veya makine veya bölüm eşit büyüklükteki kare ile temsil edilir. Kareler birbirine yakınlık değerini ifade eden sayıdaki çizgi ile birbirine bağlanmıştır.

Her bölüme gerekli olan alan aletin türü, operatör gereksinimleri, malzeme akışı ve depolama gereksinimlerine dayanarak saptanır. İlişkiler diyagramı şimdi bölümün büyüklüğünün uzamsal gereksinimlerinin göstergesi olarak değiştirilmiştir. Değiştirilmiş diyagram alan ilişkileri diyagramı olmuştur (Şekil 6.6). Bir sonraki adım alan ilişkileri diyagramı ve diğer pratik kısıtları da hesaba katarak çeşitli alternatifler geliştirmektir. Son olarak, uygun kriter, mesafenin en yaygın birleşimi ve malzeme akış hacmine dayanarak en iyi alternatifi seçmektir.



Şekil 6.6 Alan ilişkileri diyagramına örnek. Kodlama için bağlantı çizgilerinin türleri ve sayıları kullanılmıştır.

#### 6.4.2.2 CRAFT

Daha önce bahsedildiği gibi CRAFT (computerized relative allocation of facilities technique) (Armour ve Buffa, 1963) araç-gereç yerleştirmeyi saptamanın gelişme-tabanlı metodudur. En iyi yerleştirme yapısını seçerken kullanılan kriter ulaştırma maliyetidir ve mesafe ile doğrusal olarak ilişkili olduğu varsayılır. Önemli girdi gereksinimleri, başlangıç yerleştirmesi, ...-den...-e şeması içindeki akış verisi, maliyet verisi (birim mesafede birim maliyet), sabit bölümlerin sayısı ve yeridir. Başlangıç yerleştirmesi bölümlerin sayısı ve kendine ait alanlar hakkında bilgi sağlar. CRAFT da tüm bölümlerin kare veya dikdörtgen olmaları gerekmektedir. Eğer herhangi bir içi boş alan var ise yapay bölümler olarak gösterilmeleri gerekir. Aynı şekilde dinlenme odaları, merdivenler ve koridorlar gibi sabit bölümler de yapay bölüm olarak gösterilir. CRAFT da doğrusal mesafe bölümlerin kitle merkezleri arasındaki mesafedir. CRAFT da kullanılan algoritma aşağıdaki gibidir:

Adım 1: verilen başlangıç yerleşiminde bölümlerin kitle merkezleri kullanılarak mesafe matrisi hesaplanır. Akım, mesafe ve maliyet matrisleri kullanılarak toplam ulaştırma maliyetinin karşılığı hesaplanır.

Adım 2: eşit alana veya ortak sınıra sahip bölüm yerlerinin değişimi hesaba katılır. Eğer değişim mevcut olandan daha iyi bir yerleşim üretiyorsa durulur; aksi halde, adım 3'e geçilir.

Adım 3: değişim sonucunda en fazla faydayı sağlayan seçilir ve adım 2'ye geçilir.

CRAFT iki yollu, üç yollu, iki yolluyu takip eden üç yollu ve üç yolluyu takip eden iki yolu değişimlere izin vermektedir. Eşik değeri değişim yapmak için belirlenmiş olmalıdır. Örneğin, eğer maksimum fayda  $x$  dolardan daha az ise CRAFT bu hareketi yapamayacaktır. CRAFT tüm olası değişimler hesaba katılmadan optimumu garanti etmez.

#### 6.4.2.3 ALDEP

ALDEP (automated layout design program) (Seehof ve Evans, 1967) yapı–algoritma–tabanlı araç–gereç yerleştirme programıdır. Yapı–tabanlı algoritmalar yerleştirme kararları gibi seçim yaparlar. Seçim, düzenleme yapısı içine yerleştirilecek bir sonraki tesise odaklanır ve yerleştirme kararları tesisin yerleştirme yapısı içinde tam olarak nereye konuşturılacağını dikkate alır. Bölümlerin seçiminde kullanılan kriter yakınlık değerleridir. ALDEP’de seçim için kullanılan algoritma aşağıda gösterilmiştir.

Adım 1: rasgele bir bölüm seçilir;

Adım 2: seçilen bölüm ile yakınlık değeri  $A$  olan bir bölüm seçilir. Eğer bir bağ varsa o keyfi olarak koparılır. Eğer minimum belirli yakınlık değerine sahip bölüm yok ise rasgele bir tane seçilir.

Adım 3: ikinci bölümü seçmek için adım 2 tekrar edilir. Tüm bölümler seçilene kadar devam edilir.

Adım 4: tüm bitişik bölümlerin toplam yakınlık değerlerine göre bu yerleştirme yapısındaki toplam puan hesaplanır.

Adım 5: daha önceden belirlenmiş sayıda alternatif yerleştirme sayısına ulaşana kadar adım 1’den adım 4’e kadar olan süreç tekrarlanır ( $N$ ). Aynı zamanda, önceden belirlenmiş olan toplam puan değerinin altında kalan yerleşimler yok sayılır ( $Z$ ).

Şunun bilinmesi gerekir ki ALDEP alternatif yerleşimler geliştirirken mesafeleri hesaba katmaz. Yakınlık değerleri toplam puanı hesaplamak için belirli sayısal değerler alırlar:  $A = 64$ ,  $E = 16$ ,  $I = 4$ ,  $O = 1$ ,  $U = 0$  ve  $X = -1024$ . Yerleştirme kararları ALDEP de belirli bir kalıbı takip ederler. İlk bölüm en üst sol köşeye yerleştirilir ve aşağı doğru uzatılır. Genişlik (kapsamlı genişlik olarak bilinir) kullanıcı tarafından belirlenir. Sonraki bölüm bir önceki bölümün bittiği yere yerleştirilir ve yerleştirme süreci zikzak desen çizerek devam eder.

## 7. Tesis-içi Lojistik

### 7.1 GİRİŞ

Tesis-içi lojistik tüm lojistik yapısı içindeki temel alanlardan biridir. Tesis-içi lojistik esas olarak fabrika veya depo gibi büyük bir tesis içindeki malzeme elleçleme ile ilgilidir. Malzeme elleçleme eyleminin amacı hammadde, iş süreci içindeki malzemeleri ve mamul ürünleri olduğu gibi araç ve gereçleri bir yerden diğer bir yere taşıyarak üretim işlemini kolaylaştırmaktır. Malzeme elleçlemesi güvenli, etkin, doğru ve zamanında yapılmalıdır. Malzeme elleçlemesi herhangi bir üretim işleminin de önemli bir safhasıdır. Yaygın anlayışa göre bir parçanın üretim zamanının yaklaşık olarak yarısı elleçleme için harcanmaktadır. Tesis-içi lojistik maliyeti yerleştirme, malzeme elleçleme ekipmanı, depo içindeki stok yerleri ve malzeme elleçleme, saklama ve erişim için uygulanan işletme kurallarından etkilenir.

Malzeme elleçlemede belirli basit ilkeler vardır. Aşağıda yer alan ilkeler göz önüne alınarak bir firmanın maliyetleri azaltılabilir, üretimi artırılabilir, kazaların ve zararların oluşma sıklığı azaltılabilir (Tompkins ve White, 1984). İlkeler şunlardır:

- her zaman malzemeler birim yük olarak belirli taşıyıcılar içinde taşınmalıdır;
- eğer mümkünse eksik yüklemeden kaçınılmalıdır;
- eğer mümkünse malzemeler en kısa rota ve mesafe kullanılarak doğru-boyunca taşınmalıdır;
- terminal zamanı minimize edilmelidir (yükleme, boşaltma ve aktarma zamanı);
- malzemeleri hareket ettirmek için ağırlığı kullanılmalıdır;
- yükler iki yönlü olarak taşınmalıdır; diğer bir deyişle boş taşıma yapmaktan kaçınılmalıdır;
- malzeme taşıma işi makineler yardımı ile yapılmalıdır;
- malzeme elleçleme süresince parçaların güvenliği sağlanmalıdır;
- sistem içindeki malzeme elleçleme ekipmanı ile diğer ekipmanlar ve bilgi akışı entegre edilmelidir.

### 7.2 MALZEME ELLEÇLEME EKİPMANLARININ TÜRLERİ



Mevcut seçenekler farklı kategorilerdeki malzeme elleçleme ekipmanları açısından çok fazladır. Her kategoride farklı ekipman türleri bulunmaktadır. Örneğin, konveyör kategorisi bantlı konveyör, silindir konveyör ve slatlı konveyörleri içermektedir. Malzeme elleçleme ekipmanları üç kritere göre sınıflandırılabilir: otomasyon kapasitesi, hareket kabiliyeti ve yol yörüngesi.

Malzeme elleçleme ekipmanları otomasyon kapasitesine göre el ile, mekanize ve otomatik ekipmanlar olarak üçe ayrılır. El ile idare edilen ekipmanlara el arabası kategorisindeki tüm el ile hareket ettirilen yük arabaları örnek olarak verilebilir. Mekanize ekipmanlara forkliftler ve konveyörler örnek olarak verilebilir. Otomatik kılavuzlu araçlar (automated guided vehicle) (OKA) ise otomatik ekipman kategorisindedir. Malzeme elleçleme ekipmanı sabit veya hareketli olabilir. Konveyörler ve robotlar sabit ekipmanlara örnek olarak verilebilir. Forkliftler ve otomatik kılavuzlu araçlar ise hareketli gruba girmektedirler. Yol (path) yörüngeliler sabit, değişken ve programlanabilir olabilir. Konveyör ve boru hatları sabit yol yörüngeli kategorisine örnektirler. Her türlü yük arabası ve robot değişken yol yörüngeli araçtır. Otomatik kılavuzlu araçlar ve robotlar programlanabilir yol yörüngeli araçlara örnektir. Bu bölümde malzeme elleçleme ekipmanları hakkında yol-esaslı bazı ilave bilgiler verilecektir.

### 7.2.1 Sabit Yol Ekipmanı

Sabit yol ekipmanı kullanılarak elleçlenen malzeme herhangi iki istasyon veya makine arasında aynı yolu izlemektedir. Yol belirli bir zaman periyodu boyunca oldukça rijittir ve yolun değişimi ilave sabit yatırım gerektirir. Bu tür malzeme elleçleme ekipmanı yüksek-hacim, düşük-ürün-çeşitliliği üretim durumları ve depolama işlemleri için uygundur. “Sabit yol” malzemenin en kısa yoldan veya doğru-boyunca taşınması demek olmasa da arzu edilen budur. Konveyörler bu malzeme elleçleme ekipmanı kategorisindeki en büyük ekipman grubudur. Mekanik yapısına ve malzemeyi hareket ettirirken kullanılan mekanizmanın türüne göre çeşitli konveyör türleri – bantlı, taşıma, slat, silindir, zincir, kule vinç – vardır. Silindir konveyörlerin taşıma ortamı silindir veya borulardan oluşur ve bunlar yol alınan yöne diktirler. Silindir konveyörlerin güç veya ağırlık türleri vardır. Bunlar üzeri düz veya taşıma kabı şeklindeki el arabaları için uygundur ve genellikle depolarda ve paketleme hatlarında bulunurlar. Bantlı konveyörler kömür gibi dökme yüklerin taşınmasında yaygın olarak kullanılır. Bant düz veya pürüzlü olabilir. Slat konveyörler hareketli zincire bağlı tek platformdurlar. Slat konveyörlerin çalışması bantlı konveyörlere çok benzemektedir.

Tüm konveyör türleri şöyle sınıflandırılır: tek yönlü, sürekli-döngülü ve motorlu-ve-serbest (power-and-free). Tek yönlü konveyörler malzemeleri başlangıçtan sona kadar tek yönde taşırlar ve geri dönmelerine gerek yoktur. Sürekli-döngülü konveyörlerin işlemi, yükleme ve indirme noktaları arasında hareket eden yüklerin ve boş konteynırın yükleme istasyonuna geri döndüğü iki yönlü sistemlere benzemektedir. Eğer sürekli-döngülü konveyörler geçici depolama için kullanılırlarsa yeniden-dolaşan (recirculating) konveyörler adını alırlar. Motorlu-ve-serbest konveyörler bağımsız harekete izin veren düzensiz bir şekilde çalıştırılabilirler. Bu durum geçici depolama ile istasyonlar arasındaki üretim oranlarının farklılık göstermesine olanak sağlar.

### 7.2.2 Değişken Yol Ekipmanı

Forkliftler, el arabaları ve platform el arabaları gibi yük arabaları gereksinimlere bağlı olarak değişen bir yol boyunca hareket ederler. Vinçlerin kamyon üzerine monte edilmiş türleri de bu kategoriye girer. Değişken yol ekipmanları malzeme elleçleme açısından esneklik, elleçlenen malzeme miktarı açısından ise, az verim sağlarlar. El arabaları tekerleklerin üzerine monte edilmiş olan çeşitli şekillerdeki haznelerden ve platformlardan oluşmuşlardır ve kontrolleri el ile sağlanır. Motorlu taşıyıcı (power truck) ise gücünü akü, benzin veya propandan alabilir. Motorlu taşıyıcı yükleri çeşitli yönlere götürecek özelliklere sahiptirler.

### 7.2.3 Programlanabilir Yol Ekipmanı

Otomatik kılavuzlu araçlar (OKA) ve robotlar belirli yollardan gitmeleri için programlanabilir. OKA'nın ulaşım kapasitesi hareket ettiği alanın büyüklüğü ile sınırlanmıştır. OKA sabit yol ekipmanına göre daha esnek bir yapı sunmaktadır fakat değişken yol ekipmanı ile karşılaştırıldığında ise daha az esneklik sunduğu söylenebilir. Ek olarak, OKA değişen üretim süreçleri sonucunda değişen malzeme elleçleme gereksinimlerini karşılamada yardımcı olabilir. Robotlar düşünüldüğünde hareket alanlarının belirli yollar ile kısıtlanmadığı görülecektir; robotlar gerçekten programlanabilir değişken yol ekipmanlarıdır. Bu bölümde değişik OKA türleri ve OKA ile ilgili bazı planlama ve kontrol problemleri üzerinde durulacaktır.

OKA'lar zeminde belirlenmiş yol üzerinde, kendinden hareketli, bağımsız olarak çalışan malzeme elleçleme ekipmanıdır. OKA'lar yaygın olarak 8 ile 16 saat çalışabilen aküler kullanırlar. OKA'ların biri diğeri tarafından kontrol edilene kadar bağımsızdırlar. Yolları ya zemine gömülü teller yada zemin üzerinde yansıyan boya şeritlerdir. OKA geniş ölçüde üç

kategori altında sınıflandırılır: şoförsüz trenler, palet taşıyıcılar ve birim yük taşıyıcılar. Şoförsüz tren tipinde bir çekici araç bir veya daha fazla dorseyi çekmektedir. Bu tür, ara toplama ve dağıtma noktaları bulunan uzun mesafelere taşınan ağır yükler için daha uygundur. Palet türünde ise yükler paletin üzerindedir ve OKA paleti elleçlemek için gerekli olan çatallara sahiptir. Genellikle kapasitesi 6000 lb'dir ve araç el ile yönetilerek yolundan depolama alanına hareket ettirilir. Birim yük taşıyıcılar yükleri birimler halinde taşırlar ve hareketli kemerler, güç kullanan silindirler gibi otomatik yükleme ve indirme özellikleri ile donatılmışlardır. Birim yük OKA'ları montaj hatlarında temel bileşenden mamul ürüne kadar olan süreçte taşıma işlemlerini gerçekleştirirler. OKA işlemlerinin verimli ve güvenli olması için üç basit sistem gerekmektedir: kılavuz sistem, rota sistemi ve trafik kontrol sistemi.

OKA kılavuz sistemi tel veya boya şeritlerden oluşur. Teller  $1/8''$  genişliğinde ve  $1/2''$  derinliğinde kanala gömülü veya zemine bantlıdır. Frekans üretici, kılavuz sinyali, yol boyunca manyetik alan oluşturarak sağlar ve OKA altında telin her iki tarafında bulunana iki algılayıcı (sensor) ile donatılmıştır. Boya şerit kılavuz yolu  $1''$  yansıtıcı flüoresan boyadan oluşur ve araç altından optik algılayıcı ile donatılmıştır. Bu tür kılavuz sistem, sistemde elektriksel gürültü olduğunda veya yere telleri gömmenin ve yerleştirmenin mümkün olmadığı koşullarda kullanışlıdır. Boyalı şeridin kirlenmesini önlemek zordur; bu durum kılavuzun verimini düşürür. Birçok OKA belirli güvenlik özellikleri ile donatılmıştır. Örneğin, eğer araç kılavuzdan  $2'' - 6''$  saparsa araç durur. Eğer araç 'yakalama mesafesi' adı verilen belirli mesafede ise yoluna geri döner.

Fiziksel rota sistemi OKA'nın seçilen rota boyunca ilerlemesini sağlar. Dallanma alternatiflerinin olduğu her kesişim karar noktasıdır. Fiziksel rotalamada iki genel metot kullanılmaktadır. Birincisi frekans seçimi olarak bilinir ve belirlenen rota OKA'nın sinyal frekansına göre izlenir. Örneğin, OKA 5 kHz'de çalışıyorsa bu durumda yol 10 kHz'e çevrilmek suretiyle belirli bir rotadan sakınılabılır. Bu metot çeşitli frekans üreticilerine gereksinim duyabilir. İkinci metot ise yol değiştirme seçim metodu olarak bilinir. Buradaki kavram seçilen rotalarda gücü açık bırakmak diğer rotalarda kapalı tutmaktır. Bu uygulama değişik rota bölümlerinde bağımsız güç kontrolünü gerekli kılar.

Trafik kontrol metotları OKA'ların hareketlerini kontrol ederek araçların çarpışmasını engeller. Bu engelleme araç üzerindeki optik veya manyetik yakınlık algılayıcıları ile

başarılabilir. Araçlar dönüş yaparken köşe noktalarında verim alınamaz. Çarpışmaları engellemek için kullanılan diğer metot ise alan tıkama kavramını kullanmaktadır. Bu metotta yollar bölgelere bölünmüştür. Her bölge aracı tutabilir ve güvenlik için biraz ilave alan ayırtabilir. Alan meşgul olduğunda takip eden alandaki algılayıcı devreye girmektedir. Bir alan meşgul olduğunda bu bölgeye başka bir aracın girmesine izin verilmemektedir. İlave olarak, OKA'lar tampon, uyarı ışıkları ve ziller ile de donatılmıştır. OKA'yı istenilen yere gönderirken yerleşik kontroller veya merkezi bilgisayar sistemi kullanılmaktadır.

### 7.3 EKİPMAN SEÇİMİ VE EKONOMİK ANALİZ

Malzeme elleçleme ekipmanının seçimi çoğu kez üç adımlı karar sürecidir. Birinci adımda işlevsel gereksinimler göz önüne alınarak aday ekipman türleri belirlenir. Malzeme elleçleme sisteminin seçimini ve tasarımını etkileyen işlevsel gereksinimler aşağıdaki gibidir:

- malzemelerin karakteristikleri – malzemelerin karakteristikleri şu şekilde sınıflandırılabilir (Muther ve Haganas, 1969) : fiziksel şekil (katı, sıvı, gaz), büyüklük (uzunluk, genişlik, yükseklik), ağırlık ve hacim, şekil (uzun, yuvarlak, kare), zarar görme potansiyeli (kolay kırılabilir, nazik, kuvvetli), tehlike değeri (patlayıcı, zehirli, çürütücü) ve durum (sıcak, ıslak, yapışkan, kirli) –;
- malzeme akışı ve akış oranının miktarı veya hacmi – atanmış sisteme veya ekipmana gerekecek büyük akış hacmi; yararlanma oranını yükseltmek ve maliyetleri düşürmek amacıyla, eğer akış hacmi düşükse, ekipman benzer karakteristikteki diğer parçalarla paylaşılabilir; hacim ve akış oranı aynı zamanda ekipmanın kapasitesini ve hızını da saptar –;
- hareketin sıklığı ve zamanlaması – hareketlerin arasındaki zaman ve acillik ile ilgilidir; hareketler sürekli, kesikli veya her defasında bir kere olabilir; hareket mevsimsel, düzenli veya acele olabilir –;
- rota faktörleri; seyahat, mesafe, yükseklik, eğim yolu ve ısı, nem, tıkanıklık, dönel hareket gibi rota koşulları –.

İkinci adımda adım 1’de seçilen ekipman modeli adayları kümesinden seçim yapılır. Örneğin, aday ekipman türleri palet taşıyıcılar ve birim yük forkliftleri olabilir. Farklı üreticiler farklı palet taşıyıcı ve forkliftler sunabilirler. Sadece belirli modeller işlevsel gereksinimleri

karşılacaktır. Üçüncü adımda ise belirli temel kriterlere göre gereksinimleri en iyi şekilde karşılayacak malzeme elleçleme ekipmanının modeli veya türü seçilir. Bu kriterler maliyetler ve/veya diğer maddi değerler ve güvenirlilik, garanti, bakım paketleri gibi ekonomik olmayan kriterleri içerebilir. İlk iki adım genel olarak malzeme elleçleme ekipmanları hakkında teknik bilgiye sahip olan mühendisler veya teknik müdürler tarafından yapılır. Son adım ise lojistik personel veya yönetim analizcileri tarafından yapılır. Uzman–sistem–esaslı yaklaşımlar 1’den 3’e kadar olan adımlarda kullanılabilir (Liang ve Dutta, 1988). Uzman sistem ekipman seçimi için çeşitli kurallar içerir. Bu kurallar işlevsel gereksinimler etrafında yapılandırılırlar. Sistem, gereksinimlerle, veritabanı içindeki mevcut ekipman türleri ve modellerinin özellikleri ve öneri alternatifleri anlamında eşleşir. Sistem ayrıca seçim sürecinin mali görüntüsünü de dikkate alır. Bu bölümde 3. adımı gerçekleştirmek için kullanılacak bazı metotlar gösterilecektir.

### 7.3.1 Ağırlıklı Faktör Analizi

Mevcut alternatifler arasından en iyi olanın seçiminde en yaygın olarak kullanılan yaklaşım ağırlıklı faktör analizidir. Ağırlıklı faktör analizinde birinci adım ekipman türünün veya modelinin seçiminde ve kriterin ağırlıklı veya göreceli öneminde hesaba katılacak önem faktörlerinin veya kriterlerinin tanımlanmasıdır. Çizelge 7.1’de önemli seçim faktörlerinin örnek listesi verilmiştir.

İkinci adımda her parça ekipman veya model için tüm faktörler göz önüne alınarak 1’den 10’a kadar puanlar verilir. Son adımda ise her parça ekipmanın veya modelin ağırlıklı değeri hesaplanır ve en yüksek ağırlıklı değere sahip olan seçilir. Ağırlıklı değer aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$v(j) = \sum_{i=1}^n w(i) \times s(i, j) \quad (7.1)$$

Burada;

$v(j)$  : ekipman türü veya modeli için ağırlıklı değer;

$w(i)$  :  $i$  faktörü için ağırlık;

$s(i, j)$  :  $i$  faktöründeki ekipman türü veya modelinin puanı;

$n$  faktör sayısı.

Çizelge 7.1 Önemli malzeme elleçleme ekipman seçim faktörleri

| <i>Kategori</i>   | <i>Faktörler</i>                                                                            |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maliyet Yapısı    | Satın alma fiyatı<br>İşletme maliyetleri<br>Bakım maliyetleri                               |
| Kapasite          | Ağırlık<br>Hacim<br>Elleçlenebilecek malzeme türü                                           |
| Akış yolu         | Seyahat yönü<br>Hareketin türü (düz, esnek)<br>Malzeme akışının sürekli veya kesikli olması |
| İşletme koşulları | Nem<br>Isı<br>Tıkanıklık                                                                    |

Ağırlıklı faktör analizine örnek bölüm 4.3.2 de verilmiştir. Analitik hiyerarşik süreç (AHS) bölüm 4.3.4 de gösterilmiştir ve en iyi malzeme elleçleme ekipman türü veya modeli seçimi içinde kullanılabilir. AHS modeli ağırlıkları karar sürecinin bir parçası olarak hesaplar.

### 7.3.2 Ekonomik Analiz

En iyi malzeme elleçleme ekipmanının seçiminde sadece mali faktörler hesaba katılacaksa kullanılacak değişik analitik metotlar bulunmaktadır. En yaygın olarak kullanılan metotlar şimdiki-değer karşılaştırması, yıllık-maliyet ve iç verimlilik oranıdır (internal rate of return). Bu metotlar Örnek 7.1’de gösterilmiştir.

Eğer malzeme elleçleme ekipmanı kullanılarak gerçekleştirilebilen faydalar ölçülebilirse, bu durumda geri dönme süresi analizi de (quantified then payback period analysis) fayda-maliyet analizi de aynı zamanda kullanılabilir. En iyi malzeme elleçleme ekipmanını seçerken karşılaşılabilecek diğer sorunlar aday ekipmanların ömürlerinin farklı olması, vergi etkisi ve amortismanıdır.



**Örnek 7.1**

ABC Plastik AŞ. plastik ürünleri üreten bir şirkettir. Firma aday malzeme elleçleme ekipmanı olarak üç farklı forklift modeli belirlemiştir. Bu üç model için maliyet verileri aşağıda verilmiştir.

| <i>Maliyet kategorisi</i>                  | <i>A modeli</i> | <i>B modeli</i> | <i>C modeli</i> |
|--------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Başlangıç maliyeti (\$)                    | 6000            | 7600            | 13000           |
| Ekonomik yaşamı (yıl)                      | 5               | 5               | 5               |
| Yıllık bakım veya işletme maliyetleri (\$) | 7800            | 7282            | 5720            |

Tüm modeller için beş yılın sonunda hurda değerinin sıfır ve faiz oranının ise %10 olduğu varsayılıyor. En iyi modeli seçiniz.

**7.3.2.1 Şimdiki Değer Metodu**

Bu metotta tüm maliyetler şimdiki değerlerine çevrilir ve adayların toplam şimdiki maliyetleri karşılaştırılır. En az şimdiki maliyete sahip olan ekipman seçilir. Yıllık bakım ve işletme maliyetleri (B&İ) de şimdiki değerlerine çevrilir. Bu işlem yıllık maliyetlerin %10 faiz oranı ve 5 yıl için bugünkü değeri bulunarak hesaplanır ( $P / A, \%10, 5$ ). Bu çarpanın değeri herhangi bir ekonomi mühendisliği kitabından elde edilebilir. Şimdiki değer açısından tüm maliyetler aşağıdaki gibidir.

| <i>Maliyet kategorisi</i> | <i>A modeli</i> | <i>B modeli</i> | <i>C modeli</i> |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Başlangıç maliyeti (\$)   | 6000            | 7600            | 13000           |
| Yıllık B&İ maliyeti (\$)  | 29568           | 27605           | 21683           |
| Toplam (\$)               | 35568           | 35205           | 34683           |

Şimdiki değer metoduna göre C modeli en iyi ekipman olarak görünmektedir.

**7.3.2.2 Yıllık Maliyet Metodu**

Bu metotta tüm maliyetler yıllık maliyete çevrilir ve adayların toplam yıllık maliyetleri karşılaştırılır. En az yıllık maliyete sahip olan ekipman seçilir. Başlangıç yatırımları da yıllık maliyetlere çevrilir. Bu işlem yıllık maliyetler ile ana paranın geri kazanımı çarpanı ile



çarpılarak bulunur ( $A / P, \%10, 5$ ). Bu çarpanın değeri herhangi bir ekonomi mühendisliği kitabından elde edilebilir. Yıllık maliyet açısından tüm maliyetler aşağıdaki gibidir.

| <i>Maliyet kategorisi</i> | <i>A modeli</i> | <i>B modeli</i> | <i>C modeli</i> |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Başlangıç maliyeti (\$)   | 1583            | 2005            | 3429            |
| Yıllık B&İ maliyeti (\$)  | 7800            | 7282            | 5720            |
| Toplam (\$)               | 9383            | 9287            | 9149            |

Yıllık maliyet metoduna göre C modeli en iyi ekipman olarak görünmektedir.

### 7.3.2.3 İç Verimlilik Oranı

Tüm nakit akışları maliyet olduğunda, iç verimlilik oranının (İVO) kullanılması için artış analizinin uygulanması gerekir. İVO nakit akışının şimdiki değerinin sıfır olduğu faiz oranıdır. İVO'nun hesaplanması için interpolasyon gerekir ve genellikle iterasyon süreci kullanılır. A ve B modeli ile B ve C modeli arasındaki yatırım ve B&İ maliyetleri arasındaki fark ve ilgili İVO değerleri aşağıda gösterilmiştir.

| <i>Marjinal maliyet</i>  | <i>A modelinden B modeline</i> | <i>B modelinden C modeline</i> |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Başlangıç maliyeti (\$)  | 1600                           | 5400                           |
| Yıllık B&İ maliyeti (\$) | 518                            | 1564                           |
| İVO (%)                  | 18.5                           | 13.5                           |

A modelinden B modeline örnek hesaplama aşağıda verilmiştir:

$$-1600 + 518\$ (P / A, \%I, 5) = 0$$

Bu  $(P / A, \%I, 5) = 1600 / 518 = 3.1$  şekline çevrilebilir. Tek düze seriler bileşik faiz çarpan çizelgesine bakıldığı zaman bu değer %18 ve %20 faiz oranları arasında olduğu görülür. İVO'yu elde etmek için doğrusal interpolasyon yapıldığında değer %18.5 olarak gerçekleşir. İVO'nun marjinal yatırım değeri %10 faiz oranından fazla oluncaya kadar B modeli A modelinden daha iyidir. Benzer şekilde, marjinal İVO %10'dan büyük oluncaya kadar C modeli B modelinden daha iyidir. Bu yüzden C modeli İVO metoduna göre en iyi ekipmandır.

### 7.3.3 Sistematik Ekipman Seçim Yöntemi

Sistematiik alan seçim yöntemi malzeme elleçleme ekipman seçiminde de kullanılabılır. Yöntem kritik, öznel ve nesnel faktörleri hesaba katmaktadır. Yöntem aşağıdaki adımları içermektedir.

Adım 1: kritik faktörler ve potansiyel ekipman adayları tanımlanır. Kritik faktörler malzeme elleçleme gereksinimlerini karşılayacak mutlaka gerekli ekipman özellikleridir. Kritik faktörleri karşılamayan herhangi bir ekipman potansiyel aday olarak değerlendirilmez. Çizelge 7.2 adım 1'i açıklamaktadır. 1'in değeri kritik faktör gereksinimlerini karşılayan ekipmanı göstermektedir. Kritik faktör lm (KF) her ekipman için kritik faktör değerinin sonucudur. Sıfır KF değerine sahip herhangi bir ekipman sonraki analizlerden dışlanır.

Adım 2: nesnel faktörler saptanır ve nesnel faktör ölçüleri hesaplanır. Tüm nesnel faktörler aynı birim açısından ifade edilmelidir. Çizelge 7.3 adım 2'yi göstermektedir. Nesnel faktör maliyeti (NFM), ekipman için olan tüm maliyetlerin toplamı ise  $C^{OF}$ , tüm ekipmanlar için  $(C^{OF})^{-1}$  toplamı  $A$ , nesnel faktör lm (NF) ve  $C^{OF} \times A$  tersi tarafından verilen  $M^{OF}$ . Bu yaklaşımla, minimum maliyete sahip ekipman maksimum NF değerine sahip olana uymakta ve her ekipmanın diğeri ile karşılaştırılan NFM ilişkisi NF de korunmaktadır.

Adım 3: Öznel faktör ölçüsü tanımlanır ve öznel faktör ağırlıkları hesaplanır. Öznel faktör ölçüsünü hesaplamak için gerekli adım aşağıda gösterilmiştir.

Adım 3a: Öznel faktör ağırlıklarını saptamak için öznel faktörlerin ikili karşılaştırılması yapılır. Örneğin, eğer öznel faktör varsa – işlemin rahatlığı, güvenlik ve tıkanıklık olabilir – tane de ikili karşılaştırma vardır – 1. faktör ile 2. faktör, 1. faktör ile 3. faktör, 2. faktör ile 3. faktör –. Eğer 1. faktör 2 faktöre tercih edilirse 1. faktöre 1 ve 2. faktöre 0 atanır. Sonuçlar izelge 7.4'de gösterilmiştir. Öznel faktör ağırlığı (FA) bir faktörün toplam puanın tüm faktörlerin toplam puanlarının toplamına bölünmesi ile hesaplanır.

Adım 3b: aday ekipmanlar için ikili karşılaştırma yapılır ve ekipman ağırlığı (EA) hesaplanır. Bunun yapılışı adım 3a'ya çok benzemektedir, fakat her öznel faktör için bir defa olmakzere kere yapılır. Bundan dolayı, 2 ekipman adayı ve 3 öznel faktör varsa, alt ekipman ağırlığı olacaktır – her faktör için iki adet –.

Adım 3c: Çizelge 7.5’de gösterilen öznel faktör ağırlıkları ve ekipman ağırlıkları birleştirilerek öznel faktör ölçüsü (ÖFÖ) hesaplanır. Toplam ÖFÖ, her ekipman için EA ve ÖFÖ’nün çarpımının toplamı ile hesaplanır.

Adım 4: Sonuç ölçüsünü (SÖ) elde etmek için uygun ağırlıklara dayanarak NFÖ ve ÖFÖ birleştirilir. Öznel faktör ağırlığı 0.4 ve nesnel faktör ağırlığı 0.6 varsayılarak, ekipman 2 ve 4 için sonuç ölçüsü Çizelge 7.6’da verilmiştir.

SÖ’nün değerine dayanarak, malzeme elleçleme gereksinimlerini karşılayan, ekipman 4 seçilmiştir.

Çizelge 7.2 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 1: örnek

| <i>Kritik Faktör / Ekipman için kritik faktör değerlemesi</i> | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> |
|---------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Çift yönlü hareket                                            | 1        | 1        | 1        | 1        |
| Ağırlık kapasitesi                                            | 1        | 1        | 1        | 1        |
| Akış yolu (düz, esnek)                                        | 0        | 1        | 0        | 1        |
| İşlevsel yaşam süresi                                         | 1        | 1        | 1        | 1        |
| <u>Kritik faktör ölçüsü</u>                                   | <u>0</u> | <u>1</u> | <u>0</u> | <u>1</u> |

Çizelge 7.3 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 2: örnek

| <i>Nesnel faktör / Ekipman</i> | <i>2</i>    | <i>4</i>    |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| Satın alma maliyeti (\$)       | 1000        | 1100        |
| İşletme maliyeti (\$)          | 200         | 150         |
| Bakım maliyeti (\$)            | 50          | 50          |
| Nesnel faktör maliyeti (\$)    | 1250        | 1300        |
| <u>Nesnel faktör ölçüsü</u>    | <u>0.51</u> | <u>0.49</u> |

Çizelge 7.4 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 3a: örnek

| <i>Bileşim / Faktör</i>      | <i>1</i>    | <i>2</i>    | <i>3</i> |
|------------------------------|-------------|-------------|----------|
| 1 ile 2                      | 1           | 0           |          |
| 1 ile 3                      | 1           |             | 0        |
| 2 ile 3                      |             | 1           | 0        |
| Toplam puan                  | 2           | 1           | 0        |
| <u>Öznel faktör ağırlığı</u> | <u>0.66</u> | <u>0.34</u> | <u>0</u> |

Çizelge 7.5 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 3c: örnek

| <i>Öznel faktör (ÖF)</i>   | <i>SF ölçüsü</i> | <i>Ekipman 2 ağırlığı</i> | <i>Ekipman 4 ağırlığı</i> |
|----------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| Operasyonun kolaylığı      | 0.66             | 0.4                       | 0.6                       |
| Güvenlik                   | 0.34             | 0.5                       | 0.5                       |
| Tıkanıklık                 | 0                | 0.7                       | 0.3                       |
| <u>Öznel faktör ölçüsü</u> |                  | <u>0.434</u>              | <u>0.566</u>              |

Çizelge 7.6 Sistematiik ekipman seçim yöntemi, adım 4: örnek

| <i>Ekipman</i> | <i>Nesnel faktör ölçüsü</i> | <i>Öznel faktör ölçüsü</i> | <i>Sonuç ölçüsü</i> |
|----------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|
| 2              | 0.51                        | 0.434                      | 0.48                |
| 4              | 0.49                        | 0.566                      | 0.62                |

#### 7.4 MALZEME ELLEÇLEME EKİPMAN ANALİZİ

Önceki bölümde, malzeme elleçleme ekipmanı seçmek için bazı yaklaşımlar gösterilmiştir. Yaklaşımlar, aday ekipman türleri veya modellerinin işlevsel gereksinimlere göre seçildiğini varsaymaktadır. Analitik modeller, belirli ekipmanların belirli işlevsel gereksinimleri karşılayabileceğini onaylamaya ihtiyaç duyarlar. Örneğin, yükleme süresi ve arzu edilen parça akış düzeyi, konveyörün uzunluğu ve hızı ve konveyördeki kaplar arasındaki mesafe gibi özellikleri büyük ölçüde tanımlayacaktır. Bu tür özellikleri oluşturmak için belirli matematiksel modeller mevcuttur. Bazı durumlarda, özellikler ampirik ve deneysel çalışmalar yapmak suretiyle malzeme elleçleme ekipman çizelgelerinden elde edilir. Bu bölümde konveyör ve OKA'ları analiz etmek için birkaç basit model gösterilecektir.

### 7.4.1 Konveyör Modelleri

Bu bölümde, üç farklı konveyör sisteminin (tek yönlü, sürekli–döngülü ve yeniden–dolaşan) kantitatif analizi gösterilmiştir (Groover, 1987).

#### 7.4.1.1 Tek Yönlü Konveyör Sistemleri

Yükleme ve boşaltma istasyonları arasındaki mesafe  $d$  m. olan basit bir konveyör sistemini düşünelim. Yavaşlama ve hızlanma etkileri yok sayılırsa, konveyör  $V$  m/dk hızında çalışmaktadır. Kaplar bir uçta yüklenmekte ve diğer uçta boşaltılmaktadır. Kapın yükleme istasyonundan boşaltma istasyonuna seyahat süresi  $d / V$  dk.'dır. Yükleme süresi  $L$  ve kaplar arasındaki mesafe de  $s$  olsun. Kapların varışları arasındaki süre  $(s / V)$  yükleme süresinden büyük olmalıdır:

$$\frac{s}{V} \geq L \quad (7.2)$$

Denklem (7.2), akım oranının,  $(V / s)$  yükleme süresinin tersi ile sınırlı olduğunu vurgulamaktadır:

$$\frac{V}{s} \leq \frac{1}{L} \quad (7.3)$$

Konveyörü boşaltmak için gerekli olan süre yükleme süresinden düşük veya eşit olmalıdır. Eğer kap, konveyör sisteminde,  $n$  adet parçayı içinde tutuyorsa, parça akım oranı  $R$ , aşağıdaki gibidir:

$$R = \frac{nV}{s} \leq \frac{n}{L} \quad (7.4)$$

Bu model, hiç boş tur olmadığını, trafik faktörünün 1'e eşit olduğunu ve konveyörün yükleme ve boşaltma esnasında durmadığını varsaymaktadır. Açıklaması Örnek 7.2'de verilmiştir.

---

#### Örnek 7.2

Tek yönlü konveyör sistemi dakikada 60 parça akım oranını karşılamak üzere tasarlanmıştır. Konveyördeki her kap 6 parça taşıyabilmektedir. Yükleme ve boşaltma noktaları arasındaki

mesafe 10 m.'dir. Eğer kaplar arasındaki mesafe 1 m. ise gerekli olan konveyör hızını ve müsaade edilebilir yükleme süresini saptayınız.

$$V = \frac{sR}{n} = \frac{1 \times 60}{6} \text{ m/dk} = 10 \text{ m/dk.}$$

$$L \leq \frac{n}{R}$$

$$\leq \frac{6}{60}$$

$$\leq 0.1 \text{ dk veya } 6 \text{ sn}$$

#### 7.4.1.2 Döngülü Konveyör Sistemleri

İlk olarak sürekli-döngülü konveyör sistemleri gösterilmiştir. Bu tür sistemlerde ileriye ve geriye döngü vardır. İleriye döngü parçaları yükleme istasyonundan boşaltma istasyonuna taşımaktadır. Dönüş yolu sadece kapları yükleme noktasına geri getirmektedir. Kapların birbirlerinden  $s$  kadar mesafe ile ayrıldığını ve her kabın  $n$  adet parça içerdiğini varsayalım. İleriye döngü mesafesi  $d$  ve geriye döngü mesafesi  $e$  olsun. Konveyörün hızının  $V$  m/dk olduğu varsayılır:

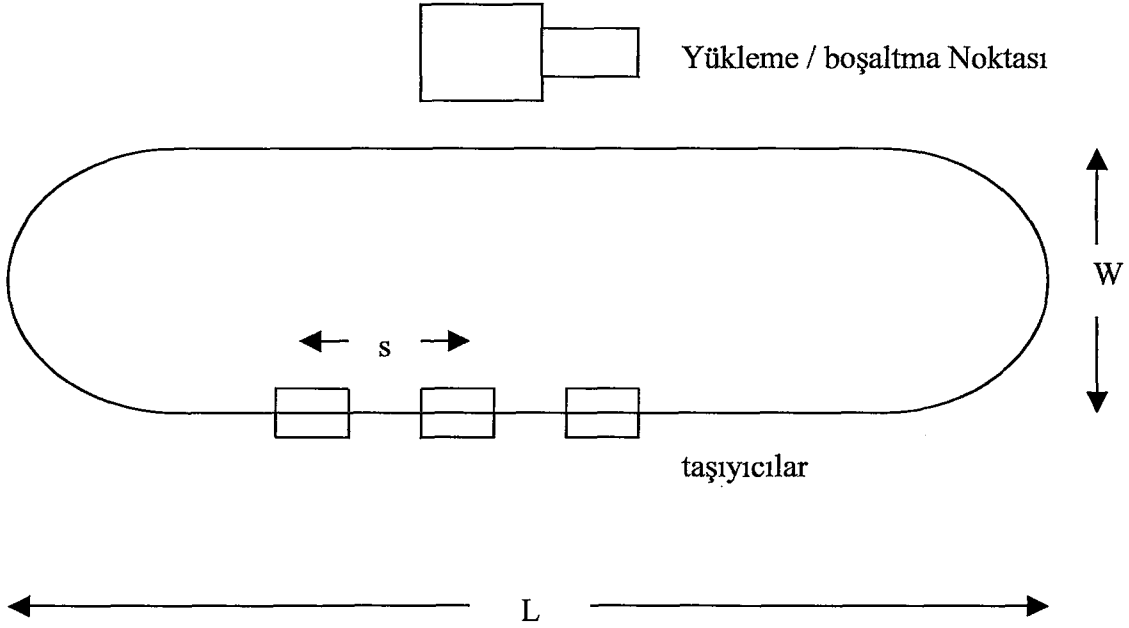
$$\text{Konveyör döngüsü için gerekli olan zaman} = \frac{d + e}{V}$$

$$\text{Sistemdeki kap adedi} = \frac{d + e}{s}$$

$$\text{Parça akım oranı, } R = \frac{nV}{s}$$

Sadece ileriye döngü esnasında parça taşındığı için, parça taşınan kap adedi  $d / s$  ve herhangi bir anda sistemdeki parça sayısı  $dn / s$ 'dir.

İkinci tür döngülü konveyör sistemi ise, yeniden-dolaşan sistem olarak bilinir. Bu sistemde boşaltma istasyonunda boşaltmanın yapılması zorunlu değildir ve konveyör içindeki kabın yeniden dolaşmasına izin verilebilir. Diğer bir deyişle, konveyör geçici depolama olarak kullanılabilir. Yeniden-dolaşan konveyörlerde, yükleme noktasında boş kaba ihtiyaç duyulduğunda bulunamaması veya boşaltma noktasında dolu kaba ihtiyaç duyulduğunda bulunamaması gibi bazı problemlerle karşılaşılabilir. Kwo (1958) yeniden-dolaşan konveyörler ile ilgili çok iyi bir analiz ortaya koymuştur.



Şekil 7.1 Atlıkarınca sistemi: üstten görünüş.

#### 7.4.2 Atlıkarınca Depolama ve Elleçleme Sistemleri

Atlıkarınca-tipi depolama sistemleri küçük parçaları depolamak için oldukça uygundur ve bu yüzden elektronik ve ışık endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Atlıkarıncalar yere takılı veya yukarıdan asılı şekilde olabilir. Atlıkarıncanın dönüşü el manivelası, ayak pedalı veya klavye ile kontrol edilebilir. Bir atlıkarınca birbirlerinden belirli mesafe ile ayrılmış taşıyıcılardan oluşur. Her taşıyıcının belirli sayıda kabı olmalıdır. Parçanın depolama sistemi içindeki yeri, taşıyıcının ve kabin numarası ile tanımlanmaktadır. Yükleme ve boşaltma noktalarında parçaya erişim, basitçe bilgisayara parçanın numarasının girilmesiyle yapılmaktadır. Bilgisayar kabin yerine (taşıyıcı ve kap numarası) bakar ve atlıkarıncayı döndürerek taşıyıcı yükleme veya boşaltma noktasına getirir. Atlıkarıncanın üstten görünüşü Şekil 7.1’de gösterilmiştir.

Pratikte, parça herhangi rasgele bir yerden yerleştirilebilmeli ve geri alınabilmelidir. Parçayı yerleştirmek veya geri almak için ortalama süre aşağıdaki şekilde hesaplanabilir. Atlıkarıncanın yüksekliği  $H$  olsun; atlıkarıncanın yolunun çevresi,  $C$ , şu şekilde elde edilir:

$$C = 2L - 2W + \pi W$$

burada  $L$  uzunluk ve  $W$  ise genişliktir. Taşıyıcı sayısı,  $n$  aşağıdaki formülden elde edilir:



$$n = \frac{C}{s}$$

burada  $s$  taşıyıcılar arasındaki mesafedir. Toplam kap sayısı,  $N$ , aşağıdaki formülden elde edilir:

$$N = nb$$

Burada  $b$  her taşıyıcıdaki kap sayısıdır.

### Örnek 7.3

Tepeden-asılı oval atlıkarınca'nın uzunluğu 40 ft ve genişliği 4 ft'dir. Atlıkarınca'nın hızı 10 ft/dk.'dır. Atlıkarınca'nın etrafında 60 adet taşıyıcı ve her taşıyıcıda da sadece bir kap bulunmaktadır. Tek ve çift yönlü atlıkarınca için elleçleme süresini 30 sn. varsayarak, ortalama parça geri alma süresini hesaplayınız. Aynı zamanda, taşıyıcılar arasındaki mesafe ne kadar olmalıdır.

$$C = (2 \times 40) - (2 \times 4) + 4\pi = 84.57 \text{ ft}$$

$$\text{Tek-yönlü atlıkarınca için süre} = \left( \frac{0.5 \times 84.57}{75} + 0.5 \right) dk = 1.064 \text{ dk}$$

$$\text{Çift-yönlü atlıkarınca için süre} = \left( \frac{0.25 \times 84.57}{75} + 0.5 \right) dk = 0.782 \text{ dk}$$

$$\text{Taşıyıcılar arasındaki mesafe} = \frac{84.57}{60} \text{ ft} = 1.41 \text{ ft}$$

Tek-yönlü atlıkarınca için ortalama mesafe  $L$ :

$$L = 0.5C + 0.5H$$

Burada  $(0 + C) / 2 = 0.5C$  taşıyıcı alma süresi, ve  $0.5H$  kaba erişme süresidir. Ortalama süre,  $T$ , aşağıdaki formülden elde edilir:

$$T = \frac{0.5C + 0.5H}{V} + M$$

Burada  $M$  elleçleme süresidir.

Çift-yönlü seyahat için:

$$L = 0.25C + 0.5H$$

$$T = \frac{0.25C + 0.5H}{V} + M$$

Açıklaması Örnek 7.3’de gösterilmiştir.

### 7.4.3 Otomatik Kılavuzlu Araçlar

Bu bölümde, OKA sistemlerini kurarken ve işletirken karşılaşılan işletimsel ve tasarım problemlerinden bazıları incelenecektir. En önemli tasarım problemleri akım yolu planını tasarlarırken ve kapasiteyi saptarken ortaya çıkmaktadır. Akım yolu tasarımı, rotayı makinelere bağlama, seyahat yönleri ve yükleme-boşaltma noktalarının yerleri hakkında kararlar üretmeden oluşmaktadır (Goetz ve Egbelu, 1990). Kapasite planlama, malzeme elleçleme gereksinimlerini karşılayan OKA’ların sayılarını ve türlerini tespit etmekten meydana gelmektedir (Kasilingam ve Gopal, 1996). En önemli işletimsel problemler, araç rotalama ve zaman çizelgelemesi, yük boyutu özellikleri ve trafik yönetimi veya kontrolüdür. Araç rotalama, araç sayısına ve malzeme elleçleme gereksinimlerine göre iki nokta arasındaki optimum rotanın tespitini içerir (Fujii ve Sandoh, 1987). Araç zaman çizelgelemesi gerçek zamanlı olarak bir aracın bir göreve atanması ile ilgilidir (Egbelu ve Tanchoch, 1984). Yük boyutu özellikleri problemi tüm üretim maliyetlerini minimize edecek optimum birim yük boyutunun tespitine odaklanmıştır (Steudel ve Moon, 1987). Trafik yönetimi çarpışmayı ve tıkanıklığı minimize etmek için bölgeleri kontrol etmeyi içerir. Bu bölümde, OKA kapasite planlama problemleri ile ilgili birkaç metodoloji gösterilmiştir.

#### 7.4.3.1 OKA Kapasite Planlaması

Bu bölümde, malzeme elleçleme gereksinimlerini karşılamak için gerekli olan OKA sayısını tespit eden birkaç yaklaşım gösterilecektir. Birinci yaklaşım Fitzgerald (1985) tarafından önerilen basit analitik modeldir. İkinci yaklaşım ise, gerekli OKA sayısını ve OKA’ların rota kısımlarına atanmasını eşzamanlı olarak saptayan matematiksel modeldir (Kasilingam, 1991).

#### 7.4.3.2 Analitik Model

Bu model araç hızını sabit olarak varsaymıştır. Gerekli olan OKA sayısını tespit eden basit denklem aşağıdaki gibidir:

$$N^{OKA} = \frac{d}{C} \quad (7.5)$$

Burada  $d$  her saatte gerekli olan teslimat sayısını ve  $C$  ise her saatteki her OKA başına teslimat sayısını ifade etmektedir. Her saatte gerekli olan teslimat sayısı, sistemde beklenen malzeme elleçleme yükü ve genelliklede üretim gereksinimlerine göre tahmin edilir. Bu bilgi modelin bir girdisidir. Her OKA'nın her saatteki teslimat sayısı aşağıdaki ile hesaplanır:

$$C = \frac{60F}{T} \quad (7.6)$$

burada  $F$  trafik çarpanı ve  $T$  her araç için her teslimatta harcadığı toplam süredir. Trafik çarpanı, trafik tıkanıklığı etkisini, zaman çizelgesi problemlerini ve diğer etkisizliklerin etkisini temsil etmektedir. Her teslimat için toplam süre, yüklü seyahat süresi, boş seyahat süresi ve elleçleme süresinden oluşmaktadır. Elleçleme süresi hem başlangıçtaki yükleme süresini hem de varıştaki boşaltma süresini içermektedir. Seyahat süreleri seyahat mesafesi ve OKA hızının fonksiyonudur:

$$T = \frac{L}{V} + H + \frac{D}{V} \quad (7.7)$$

Burada;

- $L$  :yüklü seyahat mesafesi (metre olarak);
- $D$  :boş seyahat mesafesi (metre olarak);
- $V$  :OKA'nın hızı (her dakikada metre olarak);
- $H$  :elleçleme süresi.

Açıklaması Örnek 7.4'de gösterilmiştir.

---

#### Örnek 7.4

Bir üretim birimi için saatte 80 teslimat yapabilecek kapasitede OKA sistemi önerilecektir. Bu uygulama için seçilecek OKA türünün hızı 50 m/sn olacaktır. Mevcut tesis planına göre, ortalama yüklü seyahat mesafesi 150 m ve ortalama boş seyahat mesafesi 100 m olacaktır.

Toplam yükleme ve boşaltma süresi ortalama 1 dk olacaktır. Trafik çarpanını 0.8 farz ederek gerekli olan OKA adedini tespit ediniz.

Her araç için her teslimatın toplam süresi, denklem (7.7)'den,  $T$ , aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$T = \left( \frac{150}{50} + 1 + \frac{100}{50} \right) \text{dk} = 6 \text{ dk}$$

Her araç için her saatte teslimat adedi, denklem (7.6)'dan,  $C$ , aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$C = \frac{60 \times 0.8}{6} = 8$$

Denklem (7.5)'den gerekli OKA sayısı elde edilir  $= 80 / 8 = 10$

$$N^{OKA} = \frac{80}{8} = 10$$


---

#### 7.4.3.3 Matematiksel Modeller

Matematiksel varsayımlar aşağıdaki varsayımlar altında geliştirilir:

- herhangi iki istasyon arasında birden fazla araç türü malzeme elleçleme gereksinimlerine hizmet edebilir;
- üretim sisteminin planı bilinmektedir;
- istasyonlar arasındaki akım ve yükleme-boşaltma süreleri bilinmektedir;
- hızlar, yük taşıma kapasiteleri ve kullanılabilir farklı OKA türleri bilinmektedir;
- tüm maliyet verisi mevcuttur.

Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

- $C_k$  :  $k$  türündeki araç için yıllık satın alma ve bakım maliyetleri;
- $f_{jl}$  :  $j$  ve  $l$  istasyonları arasındaki akım;
- $F_{jlk}$  :  $k$  türündeki araç ile  $j$ 'den  $l$ 'ye yapılan yüklü seyahatin maliyeti;
- $C_{jlk}$  :  $k$  türündeki araç ile  $j$ 'den  $l$ 'ye yapılan boş seyahatin maliyeti;
- $G_k$  : zaman birimleri içinde  $k$  türündeki araç temin edilebilirliği;
- $n_k$  :  $k$  türündeki OKA'nın kapasitesi;
- $U_l$  :  $l$  istasyonundaki boşaltma süresi;
- $L_j$  :  $j$  istasyonundaki yükleme süresi;

$t_{jlk}$  :  $k$  türündeki araç ile  $j$ 'den  $l$ 'ye yapılan yüklü seyahatin süresi;

$r_{jlk}$  :  $k$  türündeki araç ile  $j$ 'den  $l$ 'ye yapılan boş seyahatin süresi;

$N_k(j)$  :  $j$  istasyonunda  $k$  türü taşıtın net akımı olup  $\sum_l (Y_{jlk} - Y_{ljk})$  eşittir.

Karar değişkenleri aşağıdaki gibidir:

$X_k$  :  $k$  türünde gerekli olan araç adedi;

$Y_{jlk}$  :  $k$  türündeki araçlar ile  $j$ 'den  $l$ 'ye yol alan yüklü seyahat adedi;

$W_{jlk}$  :  $k$  türündeki araçlar ile  $j$ 'den  $l$ 'ye yol alan boş seyahat adedi.

Amaç fonksiyonu bir yıl için hesaplanmış ve indirgenmiş maliyetler ile yüklü ve boş taşıt seyir maliyetleri toplamını minimize eder. Aşağıdaki denklem (7.8)'in sağ tarafındaki ilk kısım, satın alma ve bakım maliyetlerinin şimdiki değerini temsil eder. İkinci kısım, yüklü seyahat maliyetini ve son kısım ise, boş seyahat maliyetini temsil etmektedir. Bu genellikle güç, yağlar, bakım işgücü ve parçaların maliyetlerini içerir:

$$\text{Minimum } z = \sum_k C_k X_k + \sum_j \sum_l \sum_k F_{jlk} Y_{jlk} + \sum_j \sum_l \sum_k C_{jlk} W_{jlk} \quad (7.8)$$

Modelin dört grup kısıtı vardır. Birinci grup talep kısıtlarını içerir. Bu kısıtlar, herhangi iki istasyon arasındaki akış düzeyinin OKA atamalarının bazı kombinasyonlarından oluşacağını garanti eder ve aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\sum_k Y_{jlk} \geq \frac{f_{jl}}{n_k} \forall j, l$$

İkinci grup kısıtlar akım dengesi için gerekenlerdir.  $N_k(j)$  sıfırdan büyük olduğunda,  $k$ 'ninci aracın boş seyahatleri diğer istasyonlardan  $j$  istasyonuna yapılmak zorundadır. Öte yandan, eğer  $N_k(j)$  sıfırdan küçükse, boş seyahatler  $j$  istasyonundan diğer istasyonlara yapılmak zorundadır:

$$\sum_l W_{ljk} - \sum_l Y_{jlk} + \sum_l Y_{ljk} \geq 0, \forall j, k$$

$$\sum_l W_{jlk} + \sum_l Y_{jlk} - \sum_l Y_{ljk} \geq 0, \forall j, k$$

Üçüncü grup kısıtlar mevcut kapasitenin aşılmamasını sağlar.  $k$  aracının toplam yüklü ve boş seyahat süresi, kendisinin temin edilebilirliği ile sınırlıdır ve aşağıdaki şekilde temsil edilir:

$$\sum_j \sum_l Y_{jlk} (U_l + L_l + t_{jlk}) - \sum_j \sum_l r_{jlk} W_{jlk} \leq G_k X_k, \forall k$$

Kısıtların sol tarafındaki ilk kısım toplam yüklü seyahat süresini (yükleme ve boşaltma dahil) temsil etmekte ve kısıtların sol tarafındaki ikinci kısım ise boş seyahat süresini temsil etmektedir.

Son kısıt grubu ise karar değişkenlerinin negatif olmamasını ve tamsayı olmasını sağlar:

$$Y_{jlk}, W_{jlk}, X_k \geq 0 \text{ ve tamsayıdırlar, } \forall k$$

## 8. Ulaştırma Planlaması

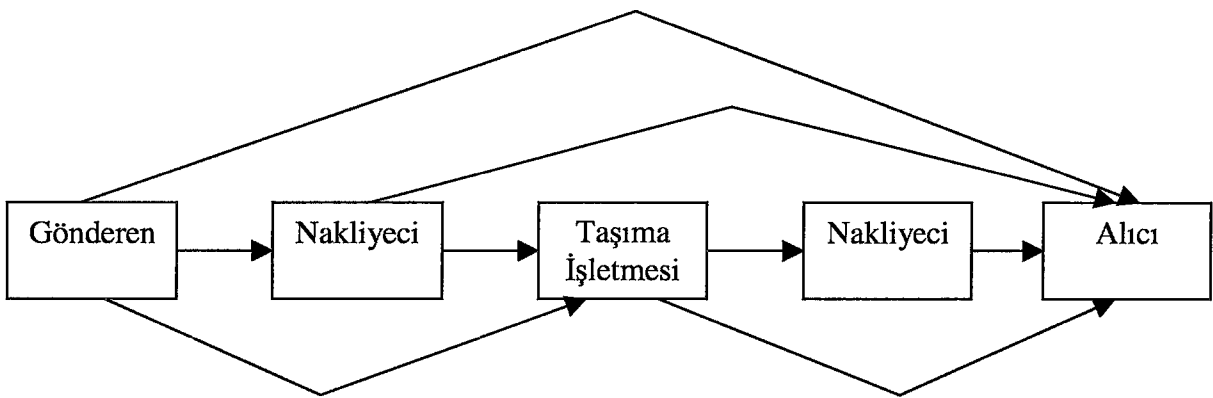
### 8.1 GİRİŞ

Ulaştırma üretim, depolama ve tüketim arasında bağ görevi üstlenmektedir. Ayrıca ticari mala yer değeri eklemektedir. Ticaretin ve lojistiğin globalleşmesinin artışı sebebiyle etkin ulaştırma metotlarının mevcut olması yirminci yüzyıl lojistiğinin omurgasını oluşturmaktadır. Gelecek birkaç yüzyıl boyunca bu durum benzer şekilde devam edecektir. Global lojistiği destekleyecek ulaştırma endüstrisinin esas gereksinimleri, nakliye süresi ve maliyette azalmalar, zamanında teslimat, nakliye süresinde düşük değişkenlik, farklı ulaştırma türlerini birleştirirken sorunsuz geçiş sağlanması, minimum gecikme, zarar ve kayıp ile depolama, toplama ve teslimat gibi diğer seçeneklerin mevcudiyetidir.

Çizelge 8.1’de bir malın başlangıçtan sona ulaştırılmasında yer alan çeşitli tarafların şematik gösterimi verilmiştir. Göndericinin (shipper) çeşitli seçenekleri vardır:

kendi ekipmanını kullanarak malı doğrudan alıcıya gönderebilir;  
taşıma işletmesi (common carrier) kullanarak gönderebilir;  
nakliyecisi firma (Forwarder) kullanarak gönderebilir.

Bir nakliyecisi genel olarak çeşitli göndericilerden aldığı yükleri birleştirir ve kendi ekipmanlarıyla veya taşıma işletmesini kullanarak gönderir.



Şekil 8.1 Ulaştırma sisteminin yapısı.



Bu bölümde, öncelikle çok kısa bir şekilde farklı türdeki ulaştırma sistemleri ve onların bileşenlerinden bahsedilecektir. Sonra, ulaştırma maliyetleri ve oranları anlatılacaktır. Daha sonra, tür seçimi, rota seçimi, yük birleştirme ve araç rotalama ve çizelgeleme gibi ulaştırma planlamasının içinde yer alan, en sık karşılaşılan problemler gösterilecektir. Son olarak ise, ulaştırma ile ilgili dört temel problem ve ilgili karar modelleri ve/veya yöntemleri gösterilecektir. İlk model havayolu endüstrisindeki kargo gelirleri yönetimine odaklanmıştır. Bu model, kargo karlılığını maksimize etmek için fiyatları ve kargoyu yönetme sorunu ile ilgilidir. İkinci model perakende endüstrisindeki dorse envanterinin boyutlandırılması ve kontrolüne odaklanmıştır. Bu model, dorselerden çekicilere kadar oranları minimize etmek ile ilgilidir. Üçüncü model demiryolu endüstrisindeki lokomotiflerin dağılım yönetimine odaklanmıştır. Bu model, tüm trenler aynı şekilde çalışmaya devam ederken, lokomotiflerin toplam işletme maliyetlerini minimize etmeye çalışmaktadır. Son model ise, demiryolu işletme planı geliştirilirken çözülmesi gereken en önemli problemlerden biri üzerinde durmaktadır: bloklama problemi.

## 8.2 ULAŞTIRMA SİSTEMİ

Tesisler, ekipmanlar ve insanlar herhangi bir ulaştırma sisteminin temel bileşenleridir. Tesisler terminaller, pistler, köprüler, tüneller, işaretler, yollar, su kanalları ve limanları içermektedir. Ekipmanlar konteynırlar, otomobiller, çekiciler, dorseler, lokomotifler, uçaklar ve gemileri içermektedir. Yükleme ve boşaltma personeli, bakım işgücü, işletme personeli ve diğer yönetsel ve destek personeli insan kaynakları başlığı altında toplanmaktadır. Demiryolları mali olarak kendi tesislerini inşa etmek ve bakımını yapmak ile yükümlüdür.

Taşımacılık yapan firmalar kendi terminallerinin ve limanlarının inşasını ve bakımını yaparlar fakat mali olarak yollardan, tünellerden ve köprülerden sorumlu değildirler. Bununla birlikte, yollar, tüneller ve diğer tesisler için vergiler yoluyla ödemede bulunurlar. Su taşımacılığı gemi ve mavnalar olarak iki şekilde sınıflandırılabilir. Gemiler motorludur ve yüksek kapasiteye ve uzun mesafe seyahat etme kabiliyetine sahiptir, genel olarak yükleri bir ülkeden diğerine taşırlar. Mavnalar genel olarak küçüktür ve yurtiçi sulara ulaştırma yapmak amacıyla kullanılırlar. Birkaç mavnalar birbirine bağlanır ve römorkör tarafından çekilir. Hava ulaştırma tesisleri işaret istasyonları, kontrol kuleleri ve kılavuz ışıkları içerir. Uçaklar dar veya geniş gövdeli olabilir, bunlar arasındaki önemli fark sadece geniş gövdeli olanlara konteynır

yerleştirilebilmesidir. Boru hatları sıvıları taşımak için en popüler olan ulaştırma türüdür. Bu tesisler borular, pompa istasyonları ve depolama tanklarını içerir.

Hava, kara, deniz ve demiryolu ulaştırma sistemleri arasında diğer bir popüler sistem de kombine taşımacılıktır. Kombine taşımacılıkta başlangıçtan sona doğru konteynır veya dorse içinde giden yük çeşitli ulaştırma türlerinin kombinasyonlarında taşınmaktadır. Çoğu zaman okyanus taşıyıcıları, tırlar ve demiryollarını içermektedir. Eğer havayolu ile taşıma da kombine taşımacılık içine dahil edilmek istenirse, yükler bir tür konteynırdan diğerine taşınmak zorunda kalınacaktır. Kombine taşımacılıkta kullanılan çeşitli ulaştırma türleri arasında konteynırları taşımak için özel malzeme elleçleme ekipmanları kullanılmalıdır. Bazen, dorseler doğrudan düz platforma sahip vagonlara yüklenirken, bazen de, konteynırlar yolda gitmek üzere hazırlanmış şasiler üzerine yerleştirilebilir.

### 8.3 ULAŞTIRMA EKONOMİSİ

Herhangi bir işletmede ulaştırma hizmeti üretilirken ortaya çıkan maliyetler üç öge ile ilgilidir: rotalar, terminaller ve araçlar. Rota, üzerinde taşıyıcının işletmecilik yaptığı, arazide belirli bir şerit (yol hakkı) işgal eden ve bu şerit boyunca taşıtların hareketi için gereken alt ve üst yapıya sahip güzergahtır. Rota taşıma şekli ile birlikte değişmektedir. Demiryollarında rota yol hakkı, altyapı ve üstyapı ile gerekli tünel ve köprülerden oluşmaktadır. Karayolu taşıyıcıları için rota yol hakkı ile otoyol veya caddelerden oluşmaktadır. Denizyolu taşıyıcıları için rota göller, okyanuslar, nehirler ve kanallardan oluşmaktadır. Havayolu ulaştırması için rota genellikle havayolu sisteminin bir parçası olan, uçak tarafından kullanılan hava koridorundan oluşmaktadır.

Terminaller araçların malları yükleyip boşalttıkları, noktalar arasında bağlantı kurdukları, kendi sistemleri içinde ve diğer taşıyıcılar ile birlikte rotalar arasında bağlantı oluşturdıkları ve araçların dağıtılıp gönderildiği yerlerdir. Terminal tesislerinin boyutu ve karmaşıklığı ulaştırma türüne göre değişmektedir. Örneğin, yurt içi ulaşırmada kullanılan denizyolu yük terminalleri veya limanlar, malların gemilerden karaya veya karadan gemilere aktarıldığı ve mavnaların toplanarak çekildiği yerlerdir. Analizde her ulaştırma türü için bir yada birkaç tip taşıt kullanılmaktadır. Araçlar taşıma birimi olarak hizmet verdikleri gibi motorlu birim olarak da hizmet sunarlar. Araçların boyut ve ağırlık taşıma kapasiteleri yükleme boyutunu ve

ağırlığını saptamaktadır. Rotalarda ve terminallerde olduğunun aksine araçlar genellikle devlet tarafından değil, işletmeciler tarafından sağlanmaktadır.

Bu maliyetler daha çok çeşitli maliyet kategorilerine ayrılabilir. Bu analizin amacı için ulaştırma hizmeti sağlamak ile ilgili maliyetler dört tür maliyet ile sınırlandırılacaktır: sabit, değişken, nitelendirilebilir ve nitelendirilemez.

Sabit maliyetler çıktı (verim) ile değişmeyen maliyetlerdir. Bu maliyetler taşınan trafik hacminin artması veya azalmasından etkilenmez. Tesisler, ekipman, yönetim, yatırım faizi, sigorta ve vergiler için çeşitli harcamaları içeren maliyetlerdir. Sabit maliyetler olarak adlandırılmasının sebebi, taşımanın mevcut trafikten etkilenmemesidir. Örneğin, barajlar ve yükseltme havuzları nehir trafik hacmine aldırmadan korunmak ve güçlendirilmek zorundadır.

Sabit maliyetlerin aksine, değişken maliyetler trafik hacminin büyüklüğüne bağlı olarak doğrudan değişirler. Değişken maliyetler sadece ihtiyaç olduğunda üretilen ulaştırma hizmetleri ile ortaya çıkarlar. Bu maliyetler sadece doğrudan ölçülebilir maliyetleri değil, aynı zamanda ulaştırma hizmeti verilirken ekipmanın yıpranması ve aşınması sonucu oluşan maliyetleri de içerir. Değişken maliyetlere örnek olarak doğrudan işçi maliyetleri, yakıt maliyetleri ve işletme maliyetleri verilebilir. Eğer bir sistemin yüksek sabit maliyetleri var ise, orada ölçek ekonomileri için iyi bir fırsat vardır. Demiryolları, mavnalı hatları ve boru hatlarının oldukça yüksek sabit maliyetleri vardır ve havayollarının oldukça yüksek değişken maliyetleri vardır.

Nitelendirilebilir ve nitelendirilemez maliyetler karayolu ulaşımı ile ilgili mali yükümlülüğün saptanmasında kullanılmaktadır. Nitelendirilebilir maliyet öğeleri, seyahat mesafesinin fonksiyonları ile değil fakat araç karakteristikleri ile ilgilidir. Nitelendirilebilir maliyetlere örnek olarak köprü inşaat maliyetleri, köprü yapısal elemanlarının rehabilitasyonu ve değiştirme maliyetleri, drenaj inşaatı maliyetleri, otoyol işaretlerinin yapısı ile ilgili maliyetler, yol kaplama malzemesi maliyetleri, yol kaplama malzemesi rehabilitasyon maliyetleri v.b. verilebilir.

Nitelendirilemez maliyetler ortak maliyetler olarak da bilinir. Bu maliyetler, çevresel kuvvetlerin etkisiyle (hava durumu, eskime etkisi, tuz ve diğer kimyasal faktörler), trafik ile

ilgili olmayan nedenlerin sonucunda oluşan maliyetler ve güvenlik ve estetik karşılığı olarak oluşan maliyetlerden oluşmaktadır. Bu maliyetler özel olarak herhangi bir kullanıcı sınıfına veya kullanıcı sınıfı grubuna bağlanamaz. Nitelendirilemez maliyet kalemlerine örnek olarak otoyolları kardan temizleme, sokak aydınlatması ve temizliği, trafik ışıkları, drenaj bakımı, bariyerler v.b. verilebilir.

### 8.3.1 Ulaştırma Maliyeti Modellemesi

Ulaştırma hizmetinin değerinin belirlenmesi herhangi bir mamul veya montaj ürünün değerinin belirlenmesi ile benzerlik göstermektedir. Toplam ulaştırma maliyeti sabit, değişken ve genel gider maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır. Hizmet için ulaştırma fiyatı saptanırken toplam maliyetin üzerine belirli bir kar marjı eklenmektedir. Daha önce belirtildiği gibi, tesis ve ekipman maliyetleri sabit maliyet kategorisine girmektedir. Bakım ve işletme maliyetleri ise değişken maliyetlerdir. Değişken maliyetler başlangıç ve son noktalarındaki uzak-mesafelere-taşıma (line haul) fiyatı ve elleçleme maliyetlerine bağlıdır. Uzak-mesafelere-taşıma fiyatları mesafe ve ağırlığa, elleçleme maliyetleri de ağırlığa bağlıdır.

Ulaştırma hizmeti sağlayanlar hizmet karşılığında müşterilerinden aldıkları fiyatlarda sadece sabit ve değişken maliyetleri göz önüne alırlar. Bununla birlikte, eğer sağlanan hizmet karşılığında alınacak güncel fiyat hesaplanmak istenirse, hesaba katılması gereken diğer maliyet öğelerine de ihtiyaç duyulur. Bu bölümde, sağlanan ulaştırma hizmeti karşılığında ortaya çıkan maliyetler ile ilgili bir model gösterilecektir (Hay, 1989).

#### 8.3.1.1 Genel Ulaştırma Maliyeti Modeli

Model aşağıdaki şekilde gösterilebilir:

$$C_{top}^{ulas} = C^{ser} + C^{is} \quad (8.1)$$

Burada;

$C_{top}^{ulas}$  :toplam ulaştırma maliyeti;

$C^{ser}$  :sermaye maliyetleri;

$C^{is}$  :işletme maliyetleri.

Sermaye maliyetleri ve işletme maliyetleri aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$C^{ser} = C^{tes} + C^{ekip} \quad (8.2)$$

$$C^{is} = C^{TB} + C^{EB} + C^{ulas} + C^{traf} + C^{gen} \quad (8.3)$$

Burada;

$C^{tes}$  :tesis maliyeti;

$C^{ekip}$  :ekipman maliyeti;

$C^{TB}$  :tesis bakım maliyeti;

$C^{EB}$  :ekipman bakım maliyeti;

$C^{ulas}$  :ulaştırma maliyeti;

$C^{traf}$  :trafik maliyeti;

$C^{gen}$  :genel maliyet.

Bu maliyetlerin bileşenleri aşağıdaki gibidir:

- sermaye maliyeti – başlangıçtaki ekipman ve ana tesis maliyetleri veya bu tesislerin başlangıçtaki iyileştirme maliyetleri (başlangıçtaki yol inşaatı, demiryolu raylarının inşaatı, liman inşaatı, v.b.; bu yatırılan sermayenin faiz miktarını da içerir);
- işletme maliyetleri – sağlanan ulaştırma hizmetinden geriye kalan maliyetler;
- tesis maliyetleri – yapı, rota ve terminallere yapılan yatırım;
- ekipman maliyeti – araçlara yapılan yatırım;
- tesis bakım maliyeti – yol, ray, yol kaplama malzemesi, limanlar ve nehirler, kanallar ve bentler, boru hatları v.b. gibi tesisleri bakım maliyetleri;
- ekipman bakım maliyeti – otomobiller, lokomotifler, kamyon ve tırlar, uçaklar gibi tüm hareketli araçların bakım maliyetleri;
- ulaştırma maliyeti – yakıt, araçları kullanan personelin ücretleri, araç hareketlerini yönetme ile ilgili ücretler gibi ulaştırmayı yapmayı sağlayan maliyetler;
- trafik maliyeti – rüşvet, otoyol güvenlik memurlarının ücretleri, reklam, hizmet oranlarını ve tarife listesini yayınlamak, yönetim maliyetleri gibi maliyetler;

- genel maliyetler – genel ofis harcamaları, hukuki harcamalar (avukat v.b.), muhasebe ve çalışanların maaşları gibi maliyetler.

### **8.3.1.2 İç ulaştırma hizmetlerinin değerinin belirlenmesi**

Çeşitli büyük şirketlerin ayrı ulaştırma bölümleri ve hatta kendilerine ait taşıma filoları vardır. Gerekli hizmetleri sağlamak için filoya sahip olma ve işletme ile ilgili tüm maliyetler ulaştırma bölümünün bütçesinden karşılanır. Bu yüzden şirket içindeki kullanıcılara sağlanan ulaştırma hizmetinin değerinin uygun şekilde belirlenmesi oldukça önemli bir hale gelmektedir. İç ulaştırma hizmetlerinin değerinin belirlenmesi için kullanılan üç temel metodoloji bulunmaktadır. Bunlar: fiyat–tabanlı, piyasa–tabanlı ve bu ikisinin bileşimidir.

#### **8.3.1.2.1 Fiyat–tabanlı Taşıma Değerinin Belirlenmesi**

Fiyat–tabanlı değer belirlenmesi üç farklı yoldan yapılabilir. Bir yaklaşıma göre iç kullanıcı güncel fiyatın tamamını üstlenir. Bu durumda, kullanıcı tüm güncel, sabit ve genel gider fiyatlarını üstlenir. Aynı zamanda, güncel maliyetler yüklenilinceye kadar işletme verimsizlikleri kullanıcının sorumluluğuna geçer. Diğer yaklaşıma göre sadece standart maliyet üstlenilir, işletme verimsizlikleri kullanıcıya geçmez. Üçüncü yaklaşım marjinal veya asıl maliyet olarak da bilinir. Bu durumda, sabit maliyetler genel gider olarak işlem görür ve sadece değişken maliyetler üstlenilir. Bu yaklaşım kapasite aşımının meydana geldiği durumlar için kullanışlıdır. Sabit maliyetlerin belirli miktarın ötesinde artabileceği bilinmelidir.

#### **8.3.1.2.2 Piyasa–tabanlı Taşıma Değerinin Belirlenmesi**

Bu metodoloji iki yoldan uygulanabilir. Birinci yaklaşımda dışarıdaki rakip taşıyıcının aynı hizmeti ne kadar üstleneceği söz konusudur. Bu yaklaşım hizmetlerdeki ve oranlardaki farkı dikkate almalıdır. Piyasa fiyatı güncel fiyattan yüksek veya alçak olabilir. Piyasada kapasite aşımı olması fiyatı düşürebilir. Bu yaklaşıma göre piyasa fiyatı sürekli olarak izlenmelidir. İkinci yaklaşımda değiştirilmiş piyasa fiyatı (piyasa fiyatı – maliyet tasarrufları) üstlenilir. Değiştirilmiş piyasa fiyatı eğer iç ulaştırma bölümü daha verimli ise, düşük olabilir aksi halde yüksek olabilir.

#### **8.3.1.2.3 Bileşim Tabanlı Taşıma Değerinin Belirlenmesi**

Bu iki yol ile başarılabilir. Birinci metot ulaştırma bölümü ve kullanıcı arasındaki müzakere edilmiş fiyata dayanmaktadır. Müzakerenin verimli olması için piyasa fiyatının



karşılaştırılabilir ve kullanıcının dışarıdaki taşıyıcıları kullanma konusunda esnekliğe sahip olması gerekmektedir. İkinci yaklaşım ulaştırma bölümünün hedef kârına dayanmaktadır. Bu metotta, bölüm için fiyat hedef kârı ile güncel veya standart maliyetin toplamına eşit olmalıdır.

#### 8.3.1.2.4 Seyahat Maliyetlerinin Hesaplanması

Ulaştırmanın değerinin belirlenmesinde seyahat maliyetlerinin hesaplanması oldukça önemlidir. Seyahat maliyeti her biri farklı özelliğe bağlı üç maliyet bileşenin eklenmesi ile hesaplanır. Birinci bileşen yük–tabanlı maliyet, ikincisi zaman maliyet bileşeni ve sonuncusu da mesafe–tabanlı bileşendir.

$$\begin{aligned} \text{seyahat başına maliyet} &= (\text{yük başına maliyetler}) + (\text{saat başına işlevsel maliyetler}) \\ &\times (\text{toplam seyahat süresi}) + (\text{mil başına işlevsel maliyetler}) \\ &\times (\text{toplam seyahat mili}) \end{aligned} \quad (8.4)$$

Yük başına maliyet geçmiş genel gider maliyetleri ve yükler kullanılarak hesaplanır. Saatlik fonksiyonel maliyet sürücü ücretlerini, faizi, amortismanı, kira harcamalarını ve tesis masraflarını topladıktan sonra bu toplamın personel ve ekipmanın kullanımı için harcanan toplam süreye bölünmesi ile bulunur. Mil başına saatlik maliyet, yakıt, yağ, ekipman bakımı, tekerlekler ve sigorta maliyetlerinin toplamının boş ve dolu kat edilen mesafenin toplamına bölünmesi ile bulunur.

#### 8.3.1.2.5 Özel Değer Belirleme Faktörleri

Boş seyir mesafesinin bir yolculuğa atanması ve hacim yada yoğunluk faktörleri için uyarlanması özel ulaşım maliyetinin iki önemli konusudur. Boş olarak gidilen sefere atama yapmak aşağıdaki üç yolun herhangi birisi ile yapılabilir. Bir yaklaşıma göre yüklü seyahat mesafesine boş olarak gidilen seferden sonraki seyahat mesafesi eklenebilir; diğerine göre boş olarak gidilen seferden önceki seyahat mesafesi eklenebilir; ve üçüncüsüne göre %50 boş olarak gidilen seferden önceki %50’de sonraki seyahat mesafesi eklenebilir. Karma yüklerde farklı yükler için maliyetleri yerleştirirken konumlandırma problemleri ortaya çıkabilir. Örneğin, yüklerin bir kısmı bilgisayar kağıtlarında diğer kısmı ise paket muhteviyatı şeklinde olabilir. Aşağıdaki metot genellikle bu gibi durumlar için kullanılır. İlk olarak, kamyon yükü dorse hacmine bölünerek standart yoğunluk hesaplanır. Sonra, standart yoğunluk kullanılarak



ürün hacimleri ağırlıklara dönüştürülür. Son olarak, {standart yoğunluğa göre ağırlık, güncel ağırlık}'ın maksimumu kullanılır.

### 8.3.2 Ulaştırma Fiyatları

Ulaştırma fiyatları malın türüne, ağırlığına, mesafeye, hizmet düzeyine ve istenilen diğer seçeneklere bağlıdır. Dökme yüklerin fiyatı kırılğan olanlara göre daha az olabilir. Düşük-yoğunluklu yüklerin 100 libre başına fiyatları yüksek-yoğunluklu yüklerinkinden daha fazla olabilir. Gönderici tarafından istenilen veya arzu edilen hizmet düzeyi fiyatlara biraz daha ilave yapılmasına neden olmaktadır. Örneğin, üç-günlük teslimat beş-günlük teslimata göre daha yüksek fiyata sahiptir. Benzer şekilde, aynı gün gönderilmek istenen malın sonraki gün gönderilmek istenen mala göre maliyeti daha yüksektir. İstenilen seçenekler içinde toplama ve/veya teslimat, tek bir gönderi için kısmi teslimat veya çoklu toplama olabilir. Farklı endüstriler ve aynı endüstrideki farklı şirketler farklı türde fiyat tarifeleri kullanabilirler. Kullanılan fiyat tarifesinin türü verilen hizmetin türüne, maliyet bileşenlerinin dağılımına (ulaştırmaya karşı elleçleme arasındaki ilişkiler) ve kârlılığa karşı piyasa payı elde etmek gibi belirli stratejik amaçları karşılamak amacıyla kullanılan fiyat politikasının türüne bağlı olabilir.

#### 8.3.2.1 Ağırlık-tabanlı Fiyatlar

Bu fiyatlar mesafe ile değil, yükün ağırlığı ile değişir. Posta ile ilgili fiyatlar ve bazı kurye ve günlük hizmet fiyatları örnek olarak verilebilir. Bu tür fiyatların kullanımı kolay ve basittir. Bu tür hizmetlerdeki birçok maliyet elleçleme ile ilgilidir. Fiyat değişimleri ağırlık ile ilgili belirli kırılma noktalarında meydana gelir. Örneğin, ABD sınırları içindeki günlük dağıtım için ilk 4 ons 7\$ ile fiyatlandırılacaktır. Çoğu zaman ağırlık-tabanına göre toplam yük fiyatı zorunlu minimum fiyattan daha az olduğunda minimum fiyat uygulanır.

#### 8.3.2.2 Mesafe-tabanlı Fiyatlar

Bu durumda fiyatlar ağırlık ve mesafe ile değişmektedir. Verilen ağırlık için fiyatlar, ya doğrusal olarak yada doğrusal-olmayan biçimde mesafe ile değişmektedir. Uzak-mesafelere taşıma fiyatlarının çoğu doğrudan mesafe ile değişmektedir çünkü esas harcamalar yakıt ve işgücü ile ilgilidir. Yakıt mesafeye göre işgücü ise zamana göre değişir. Ulaştırma fiyatları elleçleme maliyetlerini içeriyorsa, elleçleme maliyetlerinin tüm mesafeye yayılmasından dolayı taşıma fiyatlarında artış olacaktır.

### 8.3.2.3 Talep–tabanlı Fiyatlar

Bu fiyatlar ne ağırlığa ne de mesafeye bağlıdır. Bunlar dış piyasa koşulları tarafından zorlanırlar.

Örnek 8.1 ve 8.2’de açıklaması verilmiştir.

---

#### Örnek 8.1

Özel bir ürün iki şirket tarafından üretilmektedir. Ürünün birim başına satış fiyatı 1\$’dır. A yerinde üretim yapan şirketin üretim maliyetinin birim başına 0.75\$ ve A’dan ulaştırma maliyetinin birim başına 0.20\$ olduğunu varsayalım. B yerinde üretim yapan şirketin birim başına üretim maliyeti 0.85\$ ise, bu şirketin birim başına ödemek isteyeceği maksimum ulaştırma maliyeti sadece 0.15\$ olacaktır.

---



---

#### Örnek 8.2

Bugün için 6 ons’luk bir paketin Dallas’tan New York’a 6\$ ve Dallas’tan Raleigh’e (Raleigh Dallas ile New York arasındadır) 5\$ ulaştırıldığını varsayalım. Piyasaya küçük paket taşımacılığı alanında çalışacak yeni bir şirket girmektedir. Bu şirket 6 ons’luk paketi Dallas’tan New York’a 4.50\$ taşımaktadır. Faaliyette olan şirketler New York’a taşıma fiyatını 4.50\$ çekmek durumunda kalmışlardır. Ayrıca New York fiyatının tutarlılığını korumasını sağlamak için Raleigh fiyatını da 4.50\$’a çekmek durumunda kalacaklardır.

---

### 8.3.2.4 Sözleşme Fiyatları

Bunlar genellikle gönderen ile taşıyıcı arasındaki anlaşmaya bağlıdır. Bu fiyatlar genellikle söz verilen hacim ve işin süresine, hizmetin güvenilirliğine, yapılan güncel işin hakkındaki geçmişe ait verilere, malın türüne, yol alınacak trafik koridoruna ve gönderenin izlenimine göre değişiklik gösterebilir.

### 8.3.2.5 Uzak–mesafelere–taşıma Fiyatları

Uzak–mesafelere–taşıma fiyatları mesafe, ağırlık ve malın türüne bağlı olarak değişmektedir. Bu fiyatlara yükleme, boşaltma, depolama gibi isteğe bağlı hizmetler dahil değildir. Mallar değer, mesuliyet, zarar görme potansiyeli ve malın elleçleme gereksinimlerine göre sınıflandırılarak gruplanırlar. Örneğin, Üniorm Yüük Sınıflandırılmasına (Uniform Freight Classification) göre, panjur veya jaluziler 100. sınıf olarak fiyatlandırılırken, bir diğer

gölgelik türü 55. sınıf olarak fiyatlandırılmaktadır. Uzak-mesafelere-taşıma fiyat çizelgesi çeşitli mesafe kombinasyonları ve mal türleri için yüz libre başına fiyatları içerir. Örneğin, çizelgedeki ilk sıra tüm sınıflar için 40 milin üstündeki fiyatları içerebilir. Çizelgedeki ilk sütun çeşitli mesafe aralıklarındaki 400. sınıf için fiyatları içerebilir. Her yüz libre için fiyatı hesaplarken, öncelikle Üniorm Yük Sınıflandırılmasına göre sınıf tanımlanır, sonra fiyat çizelgesinde mesafe ve sınıfa karşılık gelen hücre girdisine bakılır. Eğer verilen mesafe için fiyat 100. sınıf olarak biliniyorsa diğer sınıflar aşağıdaki şekilde tespit edilebilir:

$$150. \text{ sınıf için fiyat} = 100. \text{ sınıf için fiyat} \times \frac{150}{100}$$

Benzer şekilde,

$$55. \text{ sınıf için fiyat} = 55. \text{ sınıf için fiyat} \times \frac{55}{100}$$

#### 8.3.2.6 Diğer Özel Fiyatlar

Özel fiyatlar belirli periyot, bölge veya malı kapsayabilirler. Normal fiyatlardan yüksek veya düşük olabilirler. Sezon dışı periyotlar, özel başlangıç-son rotaları veya bazı özel mallar buna örnek olarak verilebilir. Büyük miktarlarda yapılan taşımalar fiyatın düşmesine yol açabilir. Hafif veya hacimli yükler için yapılan taşımalar normal yoğunluktaki taşımalara oranla daha yüksek fiyatlardan işlem görebilir. Yükleme yabancı bir ülkeden başlatmak ve/veya sonlandırmak tamamen yurt içi taşımadan daha iyi bir fiyatın oluşmasına neden olabilir. Düşük hizmet düzeyi ile yapılan taşımalar (sonraki gün teslimat) ve yükümlülüklerin kapsamı, yüksek hizmet düzeyi (aynı gün teslimat) ve kapsamı ile yapılan taşımalara göre daha düşük fiyatlar ile gerçekleştirilmesini sağlayabilir. Özel veya ilave hizmetler de normal ulaştırma fiyatını artırabilir. Bu tür hizmetler yolda giderken rotanın değiştirilmesi, teslimat yerine yaklaşmışken alıcının değiştirilmesi, ulaşımdaki depolama ve orta noktada kısmi yükleme veya boşaltma yapılmasını içerebilir.

#### 8.4 GENEL ULAŞTIRMA MODELLERİ

Bu bölümde, bazı basit ulaştırma modelleri incelenecektir. Ulaştırma sistemi düğümler ve bağlar şeklinde düşünülürse; burada düğümler şehirleri, hava alanlarını, durakları ve

istasyonları temsil etmektedir. Bağlar ise düğümler arasındaki bağlantıları veya yolları temsil etmektedir. Düğümlerin ve bağların kapasite kısıtları bulunmaktadır. En çok karşılaşılan beş ulaştırma problemi ulaştırma türü seçimi, taşıyıcı rotalaması, filo boyutu, zaman çizelgelemesi ve yük birleştirmedir.

#### 8.4.1 Ulaştırma Türü Seçimi

Herhangi iki nokta arasında yapılacak yük hareketi için daima alternatif ulaştırma şekilleri mevcuttur. Ulaştırma türü seçimi problemi ulaştırma şekillerinin kapasitelerini, maliyetlerini, elleçleme gereksinimlerini ve mesafelerini hesaba katarak yükü en iyi ulaştırma türünü seçerek ulaştırmaya odaklanmıştır. Ulaştırma türünün seçiminde bazı faktörler önemlidir; hizmetin sıklığı, hız, nakliye süresi, nakliye süresi değişkenliği, maliyet, uygunluk, güvenlik, emniyet ve müşteri hizmetleri. Faktör analizi (Bölüm 4.3.1), ağırlıklı faktör analizi (Bölüm 4.3.2), ve analitik hiyerarşik süreç (Bölüm 4.3.4) de ulaştırma türü seçiminde kullanılabilir. Aşağıdaki örnekler ulaştırma türü seçiminde kullanılan bazı modelleri göstermektedir. Bu metotlar, başlangıçtan sona yükü taşıırken tek bir ulaştırma türünün kullanıldığını varsaymaktadır. Birden fazla ulaştırma türü devreye girdiğinde problem daha karmaşık bir hal almaktadır ve aktarma maliyetleri önem kazanmaktadır. Aktarma maliyetleri, aktarma noktası ve aktarma noktasına getiren ve götüren ulaştırma şekillerine bağlı olarak değiştiğinde karmaşıklık daha fazla artmaktadır. Kombine taşımacılık ulaştırma planlaması bölüm 8.4.6'da gösterilecektir. Örnek 8.3'de ulaştırma türü seçimi gösterilmiştir.

Nakliye süresi ulaştırma türünün türüne bağlı olduğu için, ulaştırma türü seçimi kararları ulaşımdaki envanter maliyetini, kaynaktaki (üretim tesisi) ve tüm tüketim merkezlerindeki envanterleri de etkilemektedir. Hızlı ulaştırma türü düşük envantere ihtiyaç duymaktadır. Bu durum Örnek 8.4'de gösterilmiştir.

#### 8.4.2 Rota Seçimi

Bir yerden diğerine giderken genel olarak alternatif rotalar mevcuttur. Taşıyıcı rotalama, yükü başlangıçtan sona nakleırken en kısa yolun saptanmasına odaklanmıştır ve rotalama farklı ulaştırma şekilleri için farklı olabilir. En kısa yol mesafe, zaman veya maliyet açısından olabilir.

### Örnek 8.3

Bir maden işleme tesisi maden cevherinden çıkan madeni işleme tesisine ulaştırmak için aday olarak belirlenen iki ulaştırma türünden birisini seçecektir. Çeşitli kritik faktörlere göre iki ulaştırma türünün değerlendirmesi aşağıda verilmiştir (yüksek puanlar daha iyi göstermektedir).

| <i>Faktör (ağırlık)</i>         | <i>Ulaştırma türü 1</i> | <i>Ulaştırma türü 2</i> |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Nakliye süresi (8)              | 7                       | 5                       |
| Nakliye süresi değişkenliği (7) | 5                       | 7                       |
| Maliyet (3)                     | 8                       | 4                       |
| Kapasite (6)                    | 2                       | 6                       |
| Kayıp veya zarar (7)            | 5                       | 4                       |
| Müşteri hizmetleri (5)          | 6                       | 9                       |

Maden cevherinden çıkan madeni işleme tesisine ulaştıracak en iyi ulaştırma türünü seçiniz. Ulaştırma türü 1 için ağırlıklı değer 192, ve Ulaştırma türü 2 için ağırlıklı değer 210'dur. Yüksek puanlar daha iyi belirttiğinden dolayı, maden Ulaştırma türü 2 kullanılarak taşınmalıdır (Çözüm Bölüm 4.3.2'de gösterilen ağırlıklı faktör analizi kullanılarak yapılmıştır).

Taşıyıcı rotalaması genellikle ulaştırma türünün seçimini izler; bununla birlikte, kullanılabilir rotaların seçilen ulaştırma türüne bağlı olabilmesinden dolayı en iyisi, ulaştırma türü seçimi ve taşıyıcı rotalaması problemlerini birlikte çözmektir. Araç rotalama problemleri aşağıdaki kategorilere göre sınıflandırılabilir:

- rota boyunca yer alan ara şehirler ve başlangıç ve son noktaları farklı;
- ara noktalar farklı fakat başlangıç ve son noktaları aynı;
- ara noktalar olmadan birçok başlangıç ve birçok son;
- ara noktalar veya aktarma noktaları ile birlikte birçok başlangıç ve birçok son.

### Örnek 8.4

Wall-Hall kağıt şirketi gazete basımında kullanılan özel sınıf bir kağıt üretmektedir. Kağıt balyaları üretim tesisinden müşterilere yakın olan yerel depolara gönderilmektedir. Şu anda,

mallar demiryolu ile gönderilmektedir. Üretim tesisinden yerel depolara ortalama ulaşma süresi yaklaşık 10 gündür. Şirketin iyi müşteri hizmetini sürdürebilmesi için depoda bulundurması gereken ortalama envanter 10000 balyadır. Şirket kamyon kullanmanın toplam maliyet üzerine yapacağı etkiyi bilmek ile ilgilenmektedir. Ulaşım kamyon kullanımı süreyi 3 gün azaltacaktır; ulaşım süresinden her gün yapılacak tasarruf envanteri %2 düşürecektir. Aşağıdaki ilave bilgiler de mevcuttur:

Balya başına demiryolu ulaşımının maliyeti 0.2\$;  
 Talebi karşılamak için gerekli olan gönderi sayısı = 10;  
 Kamyon ulaşımının maliyeti = 0.4\$ balya başına;  
 Talebi karşılamak için gerekli olan gönderi sayısı = 20;  
 Envanter taşıma maliyeti = 6\$ yılda balya başına;  
 Yıllık talep = 100000 balya.

Kamyon ulaşımına geçmenin şirket için daha avantajlı olup olmadığını saptayınız.  
 Demiryolu ulaşımının yıllık maliyeti aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \text{Ulaştırma maliyeti} &= (\text{balya başına } 0.2\$) \times (100000 \text{ balya}) = 20000\$ \\ \text{Depo envanter maliyeti} &= (6\$ \text{ yılda balya başına}) \times (10000 \text{ balya}) \\ &= 60000\$ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ulaşımındaki envanter maliyeti} &= (6\$ \text{ yılda balya başına}) \times (100000 \text{ balya}) \times \left( \frac{10}{365} \right) \\ &= 16438\$ \end{aligned}$$

$$\text{Toplam maliyet} = 96438\$$$

Kamyon ulaşımının yıllık maliyeti aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \text{Ulaştırma maliyeti} &= (\text{balya başına } 0.4\$) \times (100000 \text{ balya}) = 40000\$ \\ \text{Depo envanter maliyeti} &= (6\$ \text{ yılda balya başına}) \times (5000 \text{ balya}) \times (0.94) \\ &= 28200\$ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ulaşımındaki envanter maliyeti} &= (6\$ \text{ yılda balya başına}) \times (100000 \text{ balya}) \times \left( \frac{7}{365} \right) \\ &= 11506\$ \end{aligned}$$

$$\text{Toplam maliyet} = 79706\$$$

Toplam maliyet analizi kamyon ile taşımacılığa geçmenin yıllık 16732\$ maliyet tasarrufu sağlayacağını göstermiştir.

---

#### 8.4.2.1 Başlangıç ve Son Farklı İse

Bunun yaygın uygulamaları rota kapasitesi ve yan kısıtlar gibi diğer yönlerini hesaba katmadan, ulaştırma ağı boyunca başlangıçtan sona nakliyenin rotalanmasını içerir. Bu problem genellikle iyi bilinen en kısa yol algoritmaları ile çözülür. Bir sınıflandırma–tabanlı en kısa yol algoritması aşağıdaki dört adımı içerir.

Adım 1: ağındaki çözülmüş ve çözülmemiş düğümler tanımlanır;

Adım 2: her çözülmüş düğüm için, doğrudan bağlı olan düğümler çözülmemiş olarak tanımlanır;

Adım 3: çözülmüş olan düğüme en yakın mesafedeki çözülmemiş olan düğüm seçilir; çözülmemiş düğüm çözülen düğümler listesinde yer alana kadar;

Adım 4: eğer sona erişildiyse durulur; aksi halde, ikinci adımdan devam edilir.

Örnek 8.5’de sınıflandırma–tabanlı en kısa yol algoritması gösterilmiştir.

#### 8.4.2.2 Başlangıç ve son aynı ise

Bu problem istasyondan belirli müşteri bölgelerine hizmet sunan ve sonra istasyona geri dönen bir aracın rotalanması ile ilgilenmektedir. Bölgedeki dükkanlara şişelenmiş içecekler, koliler ve süt teslim eden kamyonlar buna örnek olarak gösterilebilir. Bu tür problemler Yöneylem Araştırmasında ‘gezgin satıcı problemi’ (GSP) şemsiyesi altındadır. Burada amaç kat edilen toplam yolu minimize etmek için istasyona geri dönmeden önce ziyaret edilecek müşteri yerlerinin sırasını belirlemektir. Burada, bu problemi çözmek için kullanılacak basit bir yaklaşım gösterilmiştir.

Adım 1: istasyona en yakın olan müşterinin yeri seçilir;

Adım 2: henüz seçilmemiş olan yerlerden, seçilen yere en yakın olan yer seçilir;

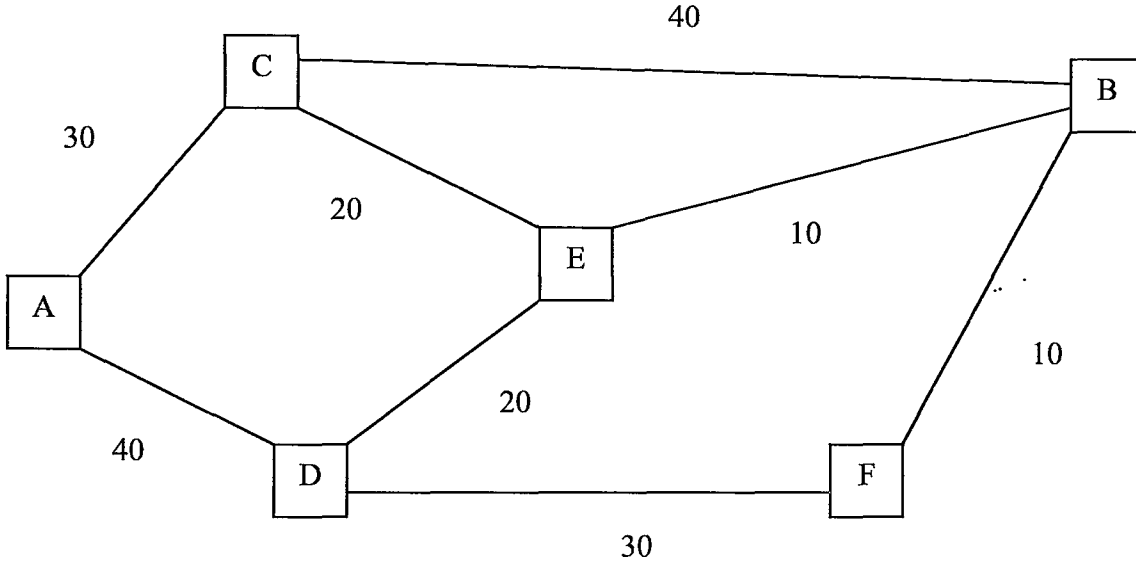
Adım 3: tüm yerler seçildiyse durulur; aksi halde, ikinci adımdan devam edilir.

Örnek 8.6’da açıklaması gösterilmiştir



**Örnek 8.5**

ABC Taşımacılık Şirketi A şehrinde üretilen mobilyaları B şehrindeki toptancılara ulaştırma işinde çalışmaktadır. Ara şehirleri de içeren ulaştırma aşağıdaki gibidir:



Çizgilerin üzerindeki değerler komşu şehirler arasındaki uzaklıkları göstermektedir. A'dan B'ye en kısa yolu saptayınız.

Yukarıda tanımlanan dört adımlı algoritma, yukarıda gösterilen ağa tekrarlanarak uygulanmıştır ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir:

| İterasyon | Çözülen düğümler | Doğrudan bağlantılı olan çözülmemiş düğümler | Toplam mesafe                                                        | En kısa mesafe ve bağlantı |
|-----------|------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1         | A                | C<br>D                                       | 30<br>40                                                             | 30, AC                     |
| 2         | A<br>C           | D<br>B<br>E                                  | 40<br>$30 + 40 = 70$<br>$30 + 20 = 50$                               | 40, AD                     |
| 3         | C<br>C<br>D<br>D | E<br>B<br>E<br>F                             | $30 + 20 = 50$<br>$30 + 40 = 70$<br>$40 + 20 = 60$<br>$40 + 30 = 70$ | 50, CE                     |
| 4         | C<br>D<br>D<br>E | B<br>E<br>F<br>B                             | $30 + 40 = 70$<br>$40 + 20 = 60$<br>$40 + 30 = 70$<br>$50 + 10 = 60$ | 60, EB                     |

Çizelgede gösterilen hesaplamalardan, A'dan B'ye giden en kısa yolun C ve E'den geçtiği görülmektedir.

#### Örnek 8.6

Bir süt teslimat kamyonu 4. depodan üç müşteriye hizmet için atanmıştır. Depo ve müşterilerin bulunduğu yerler arasındaki mesafeleri gösteren çizelge aşağıda verilmiştir:

| Buradan | / | Buraya | 4  | B  | C  | D  |
|---------|---|--------|----|----|----|----|
| 4       |   |        |    | 22 | 31 | 45 |
| B       |   |        | 22 |    | 18 | 27 |
| C       |   |        | 31 | 18 |    | 38 |
| D       |   |        | 45 | 27 | 38 |    |

Müşterilere hizmet sunmak için en iyi rotayı tespit ediniz.

Adım 1: depoya en yakın müşteri yeri B'dir;

Adım 2: müşteri yeri B'ye en yakın müşteri yeri C'dir;

Adım 3: tüm yerler henüz seçilmedi;

Adım 2: geriye kalan yer D depoya dönemden önceki rota boyunca C'den sonradır.

Bu rotalama için toplam mesafe (depo–B–C–D) 123'dür.

---

#### 8.4.2.3 Ara Noktalar Olmadan Birçok Başlangıç ve Birçok Son

Bu problem çeşitli kaynaklardaki kullanılabilir sununun, talebin olduğu çeşitli müşteri yerlerine optimum olarak dağıtılması ile ilgilenmektedir. Üretilen ürünlerin fabrikalardan depolara dağıtılması, depolardan müşterilere ürünleri dağıtılması v.b. buna örnek olarak gösterilebilir. Bu tür problemler literatürde 'ulaştırma problemi' olarak bilinmektedir. Ulaştırma modelinin formülasyonu ve Vogel metodu kullanılarak yapılan çözümü Bölüm 5.4.2'de gösterilmiştir.

#### 8.4.2.4 Ara Noktalar, Aktarma Noktaları İle Birlikte Birçok Başlangıç ve Son

Bu problem çeşitli kaynaklardaki kullanılabilir sununun, talebin olduğu çeşitli müşteri yerlerine optimum olarak dağıtırken, ara yerlerde de dağıtım veya birleştirme yapmak için ilave esneklik katılması ile ilgilenmektedir. Bazı başlangıç ve son noktalarına da ara yer gibi hizmet sunulabilir. Bu problem literatürde 'yükün yolda-aktarılması modeli (trans-shipment model)' olarak bilinir. Bu problemi çözerken birinci adım bazı kuralları kullanarak problemin ulaştırma problemi olarak formüle edilmesidir. Bir kere formüle edildikten sonra herhangi bir ulaştırma modeli algoritması kullanılarak çözülebilir. Örnek 8.7'de modelin uygulaması gösterilmiştir.

---

#### Örnek 8.7

Delta Şirketi ABD'nin doğu sahillerinde yer alan A ve B şehirlerindeki iki fabrikasında egzoz üretimi yapmaktadır. A şehrindeki fabrikanın üretim kapasitesi günlük 150 egzoz, ve B şehrindeki fabrikanın da üretim kapasitesi günlük 200 egzozdur. Egzozlar batı sahillerinde yer alan C ve D şehirlerindeki talep noktalarına kamyon ile gönderilmektedir. Günlük egzoz talebi her iki şehir için (C ve D) 130'dur. Şirket ayrıca uygun olan durumlarda yükü birleştirmek için iki ara aktarma noktası (E ve F şehirleri) kullanmaktadır. Egzozları nakletmenin birim maliyetleri aşağıda verilmiştir.

| <i>Buradan</i> / <i>Buraya</i> | <i>A</i> | <i>B</i> | <i>E</i> | <i>F</i> | <i>C</i> | <i>D</i> |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A                              | 0        | 13       | 4        | 6        | 12       | 14       |
| B                              | 13       | 0        | 7        | 6        | 13       | 12       |
| E                              | 4        | 7        | 0        | 3        | 8        | 8        |
| F                              | 6        | 6        | 3        | 0        | 7        | 8        |
| C                              | 12       | 13       | 8        | 7        | 0        | 17       |
| D                              | 14       | 12       | 8        | 8        | 17       | 0        |

Egzozları üretim tesisinden talep noktalarına göndermek için kullanılacak en iyi rotayı saptayınız.

Problem iki safhada çözülebilir. İlk safhada aşağıdaki adımlar izlenerek problem ulaştırma problemine dönüştürülür.

- Adım 1: problemdeki talep ve sunuyu dengelemek için yapay sıra veya sütun eklenir. Çünkü burada sunu 350 egzoz iken talep sadece 260 egzozdur, yapay sütun 90 egzozluk talep sütunu olarak eklenir;
- Adım 2: tüm şehirlerin (başlangıç, son ve ara şehirler) talep ve sunu noktaları olarak yer aldığı ulaştırma çizelgesi oluşturulur. Bunun sonucunda yapay sütunla birlikte  $6 \times 7$ 'lik bir çizelge oluşur;
- Adım 3: bu adım aşağıdaki kurallar kümesi kullanılarak tüm noktalar için talep ve sununun saptanmasına yardım eder:

| <i>Noktanın yolda–aktarma problemindeki yapısı</i> | <i>Ulaştırma çizelgesindeki sununun değeri</i> | <i>Ulaştırma çizelgesindeki talebin değeri</i> |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Sunu noktası                                       | Orijinal sunu + toplam sunu                    | Toplam sunu                                    |
| Yolda–aktarma noktası                              | Toplam sunu                                    | Toplam sunu                                    |
| Talep noktası                                      | Toplam sunu                                    | Orijinal sunu + toplam sunu                    |
| Yapay nokta                                        | 0                                              | Orijinal sunu – toplam sunu                    |

Bu durumda toplam sunu 350 egzozdur. Ulaştırma çizelgesinin sonucu aşağıda gösterilmiştir:

| Buradan /<br>Buraya | A   | B   | E   | F   | C   | D   | Yapay | Sunu |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| A                   | 0   | 13  | 4   | 6   | 12  | 14  | 0     | 500  |
| B                   | 13  | 0   | 7   | 6   | 13  | 12  | 0     | 550  |
| E                   | 4   | 7   | 0   | 3   | 8   | 8   | 0     | 350  |
| F                   | 6   | 6   | 3   | 0   | 7   | 8   | 0     | 350  |
| C                   | 12  | 13  | 8   | 7   | 0   | 17  | 0     | 350  |
| D                   | 14  | 12  | 8   | 8   | 17  | 0   | 0     | 350  |
| Talep               | 350 | 350 | 350 | 350 | 480 | 480 | 90    | 350  |

İkinci safha ulaştırma problemini Vogel metodu (5.4.2) gibi bilinen herhangi bir yöntemle çözmeyi içerir.

#### 8.4.3 Filo Boyutlandırması

Filo boyutlandırması kararları, ulaştırma talebini en düşük maliyet ile arzu edilen müşteri hizmetleri düzeyinde sunmak için gerekli olan araç tür ve sayısını saptamaktadır. Filo boyutu büyüdükçe siparişe yanıt verme süresi ve dağıtım sıklığı ile ifade edilen müşteri hizmeti de artar; ancak taşıt kullanımı azalır. Burada, aşağıdaki iki filo boyutlandırması durumu için bazı çok basit modeller gösterilmiştir: homojen filo (tek tür aracın bulunduğu filo) ve homojen-olmayan filo.

##### 8.4.3.1 Homojen Filo Boyutlandırma Modeli (Wyatt, 1961)

Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

- $F$  :günlük sabit maliyet (aracın kullanımına aldırmadan genellikle amortisman, yol vergisi ve sürücü ücretlerini içerir);
- $V$  :günlük değişken maliyet (bu sadece araç kullanıldığı zaman oluşur ve yakıt, lastik v.b. içerir);
- $H$  :her araç için günlük kiralama maliyeti;
- $Y$  :yılda çalışılan gün sayısı;

- $N$  :filodaki araç sayısı;  
 $P$  :ilave bir araç tarafından yapılan ekstra iş günü sayısı.

Model aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\text{Kiralama maliyeti} = PH$$

$$\text{Artan araç maliyeti} = FY + PV$$

Ekstra araç almanın mantıklı olduğu zaman

$$FY + PV < PH$$

veya, alternatif olarak, ekstra araç almanın mantıklı olduğu zaman

$$\frac{F}{H - V} < \frac{P}{Y}$$

#### 8.4.3.2 Homojen–olmayan Filo Boyutlandırma Modeli

Bu model Wyatt (1961) tarafından önerilen homojen filo boyutlandırma modelinin doğrusal programlama formülünün basit bir uzantısıdır. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

- $X_{jk}$  : $j$  gününde gerekli olan  $k$  tipi şirket aracı sayısı;  
 $h_{jk}$  : $j$  gününde gerekli olan  $k$  tipi kiralanan araç sayısı;  
 $d_{jk}$  : $j$  günündeki  $k$  tipi araç için yük talebi;  
 $F_k$  : $k$  tipi aracın günlük sabit maliyeti;  
 $V_k$  : $k$  tipi aracın günlük değişken maliyeti;  
 $H_k$  : $k$  tipi aracın günlük kiralama maliyeti.

Model aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$\text{Minimum } z = \sum_j \left[ \sum_k X_{jk} (F_k + V_k) + H_k \sum_k h_{jk} \right] \quad (8.5)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$X_{jk} + h_{jk} \geq d_{jk}, \forall j, k$$

$$X_{jk}, h_{jk} \geq 0 \text{ ve tamsayıdırlar, } \forall j, k$$

Denklem (8.5)'deki amaç fonksiyonu şirket araçlarını edinmenin sabit ve değişken maliyetleri ile ilave araçların kiralanmasının değişken maliyetlerini minimize etmeye çalışır. Birinci kısıt her gün talep edilen yüklerin uygun araç tipi ile taşınmasını sağlamaktadır. İkinci kısıt karar değişkenlerinin tamsayı olmalarını sağlamaktadır.

#### 8.4.3.3 Filo Atama Modeli

Filo atama problemi değişik bir filo boyutlandırma problemidir. Bu bölümde basit bir filo atama problemi atama modeli olarak verilmiştir. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

$X_{jk}$  :  $j$  tipi kamyon  $k$  seyahatine atanırsa = 1, aksi halde, 0;

$c_{jk}$  :  $j$  tipi kamyonun  $k$  seyahatine atanmasının maliyeti (eğer kamyon tipi seyahate atanamazsa bu çok büyük bir değer olacaktır).

Model aşağıdaki gibidir:

$$\text{Minimum } z = \sum_j \sum_k X_{jk} c_{jk} \quad (8.6)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_k X_{jk} = 1, \forall j$$

$$\sum_j X_{jk} = 1, \forall k$$



ve  $X_{jk}$  ikili tamsayı,  $\forall j, k$ .

Denklem (8.6)'daki amaç fonksiyonu, araç türlerinin seyahatlere atanmasının toplam maliyetini minimize etmeye çalışır. Birinci kısıt her kamyon türünün bir seyahate atanmasını sağlamaktadır. İkinci kısıt her seyahate bir kamyon düşmesini sağlamaktadır. Son kısıt karar değişkenlerinin ikili yapısını sağlamaktadır.

Yukarıda gösterilen filo atama modeli Macar metodu (Kuhn, 1955) kullanılarak çözülebilir.

Örnek 8.8 atama modelinin ve Macar metodunun kullanımını göstermektedir.

### Örnek 8.8

Bir şirketin iki adet 8 tonluk ve iki adet 9.5 tonluk kamyonu vardır. Gün içinde yapılması gereken dört seyahat vardır. Kamyonların seyahatlere atanmasının maliyeti aşağıda gösterilmiştir:

| <i>Kamyon (ağırlık)</i> | <i>1. Seyahat</i> | <i>2. Seyahat</i> | <i>3. Seyahat</i> | <i>4. Seyahat</i> |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 (8 ton)               | 14                | 5                 | 8                 | 7                 |
| 2 (8 ton)               | 2                 | 12                | 6                 | 5                 |
| 3 (9.5 ton)             | 7                 | 8                 | 3                 | 9                 |
| 4 (9.5 ton)             | 2                 | 4                 | 6                 | 10                |

Toplam maliyeti minimize edecek şekilde kamyonları seyahatlere atayınız.

Problem Macar metodu kullanılarak çözülür.

Adım 1: her sıradaki minimum maliyet hücresi bulunur. Hücre maliyetinden o sıradaki en küçük maliyetin çıkarılması ile yeni maliyet hücreleri ortaya çıkacaktır, bunlar ile yeni maliyet matrisi oluşturulur. Şimdi, yeni matris için her sütundaki minimum maliyet bulunur. Hücre maliyetinden o sütundaki en küçük maliyetin çıkarılması ile yeni maliyet hücreleri ortaya çıkacaktır, bunlar ile yeni maliyet matrisi oluşturulur:

| Kamyon                                                    | 1. Seyahat | 2. Seyahat | 3. Seyahat | 4. Seyahat |
|-----------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Minimum sırayı çıkarttıktan sonra oluşan maliyet matrisi: |            |            |            |            |
| 1                                                         | 9          | 0          | 3          | 2          |
| 2                                                         | 0          | 10         | 4          | 3          |
| 3                                                         | 4          | 5          | 0          | 6          |
| 4                                                         | 0          | 2          | 4          | 8          |
| Minimum sütunu çıkarttıktan sonra oluşan maliyet matrisi: |            |            |            |            |
| 1                                                         | 9          | 0          | 3          | 0          |
| 2                                                         | 0          | 10         | 4          | 1          |
| 3                                                         | 4          | 5          | 0          | 4          |
| 4                                                         | 0          | 2          | 4          | 6          |

Adım 2: matristeki tüm sıfırları kapsayacak en az sayıda çizgi (yatay ve/veya dikey) çizilir. Eğer çizgilerin sayısı sıra veya sütunların sayısına eşit ise, durulur ve sıfır maliyeti olan hücreler seçilerek matristen optimum atama elde edilir. Aksi halde, üçüncü adıma gidilir. Bu adım yukarıda gösterilen ikinci maliyet matrisi içindir ve minimum değerin sütundan çıkarılması sonucunda elde edilmiştir. Matriste çizgi sayısının (3) sıra veya sütun sayısından (4) küçük olduğu görülmektedir;

Adım 3: çizgilerin dışında kalan en küçük sıfırdan farklı değer bulunur,  $a$ . Çizgilerin dışında kalan her elemandan  $a$  çıkartılır ve iki çizgi tarafından kapsanan her elemana  $a$  eklenir. İkinci adıma dönülür. Bu örnek için  $a = 1$ .

| Kamyon | 1. Seyahat | 2. Seyahat | 3. Seyahat | 4. Seyahat |
|--------|------------|------------|------------|------------|
| 1      | 10         | 0          | 3          | 0          |
| 2      | 0          | 9          | 3          | 0          |
| 3      | 5          | 5          | 0          | 4          |
| 4      | 0          | 1          | 3          | 5          |

Adım 2: çizgi sayısı dördür. Bu yüzden, durulmalı ve sıfır maliyet içeren hücrelere göre atama yapılmalıdır. Optimum atama 1. kamyon 2. seyahate, 2. kamyon 4. seyahate, 3. kamyon 3. seyahate ve 4. kamyon 1. seyahate şeklindedir. Diğer bir deyişle, 1. tip kamyonlar 2. ve 4. seyahatlere ve 2. tip kamyonlar 1. ve 3. seyahatlere atanmıştır.

#### 8.4.4 Araç Çizelgeleme

Rotalama kararları başlangıçtan sona yapılan seyahatte mesafeye göre durak sıralarını içermektedir, halbuki çizelgeleme kararları daha fazla sorun ile ilgilenmektedir. Başlıca sorun ulaştırmadaki ilave öge olan zamandır – ne kadar aracın nereden nereye hangi gün ve hangi zamanda dağıtılması gibi kararlara odaklanmıştır –. Diğer sorunlar filo boyutundaki kısıtlar, aracın veya ekipmanını tipine göre kullanılabilir rotalar, her şehirden toplanan veya teslim edilen hacim, hizmet için zaman pencereleri (hizmet edilen müşteriye ayrılan zaman) ve güvenlik etkenlerine göre personelin dinlenmesi ve iş periyotlarıdır.

#### **8.4.4.1 Mal Çizelgelemesi İçin Temel İlkeler (Ballou, 1992)**

Temel ilkeler şunlardır:

- araç kapasitesi göz önüne alınarak, bir araç birbirine yakın şehirler veya duraklara atanır (uzaysal eşgüdüm);
- eğer mümkünse teslimatlar durakta birleştirilir;
- teslimatlar haftanın aynı gününde hep birden birleştirilir (zamana ait eşgüdüm);
- rota oluştururken istasyona en uzak duraktan başlanır ve geri dönüşteki şehirleri de içerir;
- kullanım maliyetini minimize etmek için ilk önce mevcut en büyük araç kullanılır;
- müşteriler ile tekrar müzakere edebilmek için dar zaman aralıklarından kaçınılmalıdır;
- uzak yerler veya düşük–hacimli yüklerin gönderileceği yerler için alternatif vasıtalar araştırılmalıdır.

#### **8.4.4.2 Araç Çizelgelemesi İçin Çözüm Yöntemleri**

Araç çizelgeleme için çözüm stratejileri önce taşıt kümesi, sonra rota; önce rota, sonra taşıt kümesi; tasarruf ve ekleme; gelişme veya değişme; ve matematiksel modelleri içerir. Önce taşıt kümesi, sonra rota yaklaşımında talep düğümleri önce taşıt kümesi halinde gruplanırlar. Her taşıt kümesi birbirine yakın ve araç kapasitesi ve zaman penceresi kısıtlarını tatmin edecek düğümler kümesinden oluşmaktadır. Sonra, her taşıt kümesi için en iyi rota saptanır. Önce rota, sonra taşıt kümesi metodu ise tersine sıra ile çalışır. Önce tüm talep düğümlerini içeren tek büyük bir rota oluşturulur. Bu rota sonra daha küçük, fakat kullanılabilir, rotalara ayrılır. Tasarruf ve ekleme yaklaşımında diğer kullanılabilir alternatifler ile tasarruflar karşılaştırılarak iki düğüm bir taşıt kümesi haline gelecek şekilde birleştirilir. Düğüm noktaları birleştirilirken toplam seyahat süresi veya mesafesinin maksimum personel çalışma

süresi ile veya zamana duyarlı diğer hizmet süreleri ile ilgili kısıtları ihlal etmemesi için, ve kombine yükün taşıt kapasitesini aşmaması için kontrol yapılmalıdır. Aynı zamanda, seçilen şehir veya durak henüz birleştirilmemiş şehirler veya duraklar grubundan olmalıdır. Gelişme metodunda, her adımda uygulanabilir çözüm kazanç elde etmek için düşük maliyetli diğer uygulanabilir çözüm ile değiştirilir. İşlemler maliyet indiriminin mümkün olmadığı noktaya kadar devam etmektedir. Matematiksel modeller kısıtlara bağlı olarak doğrusal veya doğrusal-olmayan olabilirler. Birçok model zaman-mekan ağına dayanmaktadır – ağdaki her düğüm bir yeri ve zamandaki bir noktayı temsil etmektedir. Matematiksel modellerin çözüm yöntemleri formülasyonun boyutuna ve karmaşıklığına bağlıdır – bundan dolayı, optimum veya optimuma-yakın sezgisel yöntemler kullanılır.

#### **8.4.5 Yük Birleştirme**

Yük birleştirme zaman, envanter, ve mekan veya ekipman tarafından gerçekleştirilebilir. Bu yaklaşımların tümü seyahat sayısını azaltarak işletme harcamalarını minimize etmeye çalışmaktadır. Yük birleştirme düşük hizmet düzeyi, yüksek envanter maliyeti ve ilave elleçleme maliyetlerinin oluşmasına yol açabilir. Bunun sonucunda genellikle azalan ekipman, personel ve bakım maliyetleri tarafından dengeyi de aşarak, şirkete olumlu mali katkılar yapmaktadır.

##### **8.4.5.1 Zaman-tabanlı Birleştirme**

Aynı veya birbirine yakın yerlerde bulunan iki müşteri teslimatlarını farklı günlerde isterlerse, biri Pazartesi ve diğeri Salı olsun, bu durumda muhtemel üç seçenek mevcuttur. Birinci seçenek ilk müşterinin teslimatının Pazartesi günü ve diğerinin ise Salı günü yapılmasıdır, iki seyahat yapılmıştır fakat tam-zamanında teslimat uygulanmıştır. İkinci seçenek her ikisinin de Pazartesi günü teslim edilmesidir, bunun sonucunda ikinci müşteride envanter aşımı olmuştur fakat seyahatten tasarruf yapılmıştır. Üçüncü seçenek her ikisinin de Salı günü teslim edilmesidir, bunun sonucunda birinci müşteri için teslim alma süresi uzamıştır fakat seyahatten tasarruf yapılmıştır. Bu örnekte her iki müşterinin taleplerinin bir kamyon ile karşılanabildiği varsayılmıştır.

##### **8.4.5.2 Envanter Birleştirme**

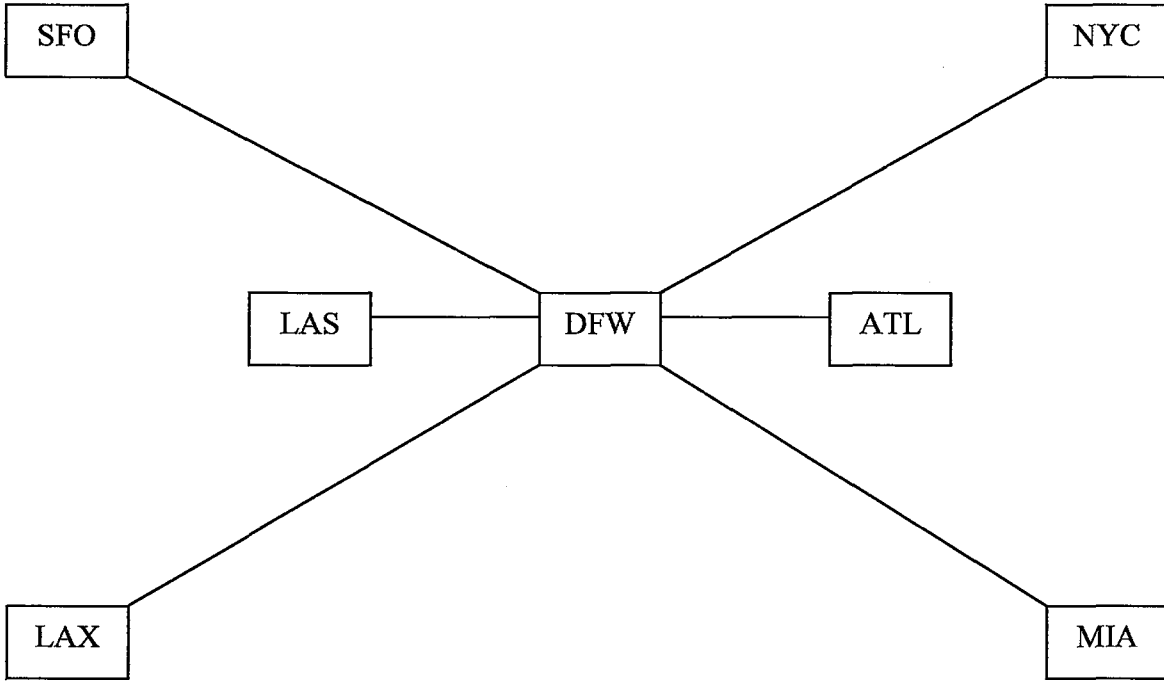
Bu yaklaşım siparişin artması sonucunda satıcıların önereceği miktar indirimlerinden elde edilecek faydalar ile ilgilidir. Bu durumda yüksek miktarda hacim ve ağırlıkların taşınacak

olmasından dolayı ulaştırma fiyatlarının da azalması söz konusu olabilecektir. Bu yaklaşımın olumsuz yanı envanter taşıma maliyetlerini artırmasıdır.

#### 8.4.5.3 Ekipman Birleştirme

Kamyonla nakliye firmalarının parça dökme yükleri ve havayollarında kullanılan merkez-ve-dallar işlemleri buna örnek olarak verilebilir. Eğer AD, BD ve CD başlangıç-son çiftleri için talep çok küçükse ve A ve B C'ye yakın ise, yükleri küçük kamyonlar ile C'ye getirip burada C'nin yükü ile birleştirdikten sonra büyük bir kamyon ile D'ye göndermek daha iyi olabilir. Bu konu ile ilgili diğer bir örnek ise, talebin belirli olduğu küçük perakende mağazalar için; bu mağazalara yakın bir depo kurup, kamyonlar ile depoya gelen yükü buradan küçük miktarlarda mağazalara dağıtmak daha iyi olabilir.

Şekil 8.2'de gösterilen oldukça basit bir hava ulaştırma ağını düşünelim. Ağ ABD'nin batı sahillerinde yer alan üç şehir (SFO, LAS ve LAX) ve doğu sahillerinde yer alan üç şehirden (NYC, ATL ve MIA) oluşmaktadır. Sadece tek yön, batıdan doğuya, hesaba katılacaktır (toplam dokuz başlangıç-son talep çifti). Taleplerin aynı periyotta olduğu, ara merkezlerin olmadığı, talebi karşılamak için dokuz hizmetin (ve bu yüzden dokuz ayrı ekipman) gerekli olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, eğer merkez Dallas'ta (DFW) ise, hizmetler üçe düşecektir; SFO-DFW-NYC, LAS-DFW-ATL ve LAX-DFW-MIA. İlaveten, şu anda SFO-DFW, LAS-DFW gibi dokuz ekstra başlangıç-son talep çiftine hizmet sunacak kapasiteye sahiptir. Tüm farklı başlangıç fakat aynı son nokta yolcuları uçaklarını Dallas'ta değiştireceklerdir. Örneğin, SFO-DFW-NYC hizmeti tüm yolcuları SFO-DFW, SFO-NYC, SFO-ATL ve SFO-MIA'ya taşıyacaktır. ATL ve MIA'ya seyahat edecek yolcular uçaklarını DFW'de değiştirecekler ve sırasıyla LAS-DFW-ATL ve LAX-DFW-MIA uçaklarına bineceklerdir.



Şekil 8.2 Hava ulaştırma ağı: bir merkez-ve-dallar sistemi. Düğümlerdeki açıklamalar ABD’de kullanılan havayolu kodlarıdır.

Bu örnekte herhangi bir şehir veya birden fazla şehir havayolu tarafından merkez olarak seçilebilir. Karar merkeze sahip olma maliyetine karşı olmama maliyeti arasındaki değişime göre olacaktır. Merkeze sahip olma maliyeti merkezi inşa etmenin sabit maliyeti, merkezdeki ilave elleçleme maliyeti, merkezdeki ilave ekipman ve personel değişken maliyeti, ve belirli bir talep için daha uzun rotaların sonucunda oluşan envanter maliyetleridir. Merkeze sahip olmamanın maliyeti ilave ekipman ve personel maliyetleri ve ekipman kullanım maliyetleridir. Merkezler olarak hizmet verecek şehirlerin seçimi kararı ve bir veya daha fazla merkez boyunca başlangıç-son talebini atamak, bir yolda-aktarma problemi olarak görülebilir. Çözümün sonucu merkezler olarak hizmet verecek şehirleri ve hizmeti tespit etmek için trafik akım modelini gösterecektir.

Merkez yeri problemlerini modellemek ve çözmek için aşağıdaki konuları anlamak gerekmektedir:

- merkezlerin sayısı;
- tekli veya çoklu tahsisat – bir talep-sunu noktası bir veya çok sayıda merkez boyunca alıp-gönderebilir;

- mesafe ölçüsü doğru–boyunca, Öklidiyen veya güncel mesafe olabilir;
- maliyet fonksiyonu doğrusal veya doğrusal–olmayan olabilir;
- amaç toplam mesafeyi veya maliyeti minimize etmek veya maksimum mesafeyi minimize etmek olabilir;
- merkez elleçleme kapasitesi ve dal veya bağlardaki minimum trafik gibi kısıtlar olabilir.

Literatürde yukarıdaki konuların çoğunu ele alan merkez yeri ve planlamasını üzerine çok sayıda model ve yöntem vardır (örneğin O’Kelly, 1986; Campbell, 1994).

#### **8.4.5.4 Yük Birleştirme Stratejileri**

Ekipman veya mekan birleştirmeyi sonuçlandırmak için çeşitli sezgisel stratejiler kullanılabilir. En çok kullanılan üç strateji şunlardır: en yakın terminal rotalama, minimum mesafe rotalama ve minimum maliyet rotalama.

##### **8.4.5.4.1 En Yakın Terminal Rotalama**

Yükler başlangıç veya son veya her ikisine birden en yakın olan terminale gönderilir. Başlangıçtaki tüm yükler son’a aldırmaksızın aynı en yakın terminale gönderilir. Bunun sonucunda bazı yüklerin geri gönderilmesi gerekebilir. Eğer terminal başlangıça en yakın ise hatta sona en yakın terminal olsa kısa–mesafeye taşınan (no line haul) yükleri içermez. En yakın terminal rotalama yerel ulaştırma mesafe ve maliyetlerini minimize etmeye çalışır; bununla birlikte, bütün mesafe ve maliyeti minimize edemeyebilir.

##### **8.4.5.4.2 Minimum Mesafe Rotalama**

Bu durumda, yükler toplam seyahat mesafesini minimize edecek terminale gönderilir. Bu yüzden başlangıçtaki yükler son noktalarına göre farklı terminallere gönderilebilir. Yerel ve uzak–mesafelere–taşıma fiyatları farklı olduğundan, minimum mesafe rotalaması minimum toplam maliyetin oluşması ile sonlanmayabilir.

##### **8.4.5.4.3 Minimum Maliyet Rotalama**

Minimum maliyet rotalamada, yükler toplam ulaştırma maliyetini minimize etmek için terminallere gönderilir. Bu yüzden, eğer birleştirme düşük maliyetin oluşmasına yol açarsa



geri göndermeler meydana gelebilir. Bir daha, aynı başlangıç noktasındaki yükler son noktaya bağlı olarak farklı terminallere gönderilebilir.

#### **8.4.6 Kombine Taşımacılık**

Kombine taşımacılık hareket eden her tür kargo için değişen pazarlama ve dağıtım gereksinimlerine bir cevaptır. Çok büyük boyuttaki taşıyıcıların, global taşıma ittifaklarının ve yaygın pazarlama ve dağıtım stratejilerinin çok büyük pazarlama avantajlarının yaygın şekilde tanınması, yük taşıma endüstrisinin ve genelde kombine taşımacılık kavramını dikkate alan endüstrilerin davranışlarından etkilenmektedir (Muller, 1989). Kombine taşımacılığın avantajlarından bazıları arasında rotalardaki seçenek sayısının artması, gelişmiş hizmetler, büyük hacimlerin elleçlenmesi ve daha iyi fiyatların oluşması sayılabilir. Konteynırların (konteynırlar iki veya daha fazla ulaştırma türü ile uyumludur) kullanılması genel kargonun kombine taşımacılık ile ulaştırılmasını büyük oranda artırmıştır. Kargo aktarma noktasına (gecikme ilave maliyete sebep olmaktadır) yaklaştığında gecikmenin azaltılması ve aktarma noktasındaki maliyeti minimize etmek kombine taşımacılıkta karşılaşılan bazı zorluklardır. Kombine taşımacılık ayrıca düz araç üzerindeki dorse (TOFC, trailer on flat car) ve düz araç üzerindeki konteynır (COFC, container on flat car) gibi özel ekipman maliyetlerinin ilave maliyet yüklerini minimize etmekle de uğraşmaktadır. Kombine taşımacılık bunların dışında, herhangi bir ulaştırma probleminde olduğu gibi zaman penceresi kısıtları ve alternatif rotaların mevcudiyeti gibi ilave zorluklarla da karşı karşıyadır.

##### **8.4.6.1 Kombine Taşımacılık Rotalama Sorunları**

Kombine taşıma rotasını belirlerken göz önüne alınması gereken birçok faktör vardır. Bu sorunlar ulaştırmayı yapan taşıyıcıda olduğu gibi müşteri üzerinde de etkiye sahiptir. Taşıyıcı hem sağlıklı bir piyasa payı hem de iyi bir kâr marjı elde etmek için hizmetinin karşılığında alacağı en iyi fiyatı tespit ederken, mutlaka bu faktörleri hesaba katmalıdır. Müşteri bu maliyete ve arzu ettiği hizmet düzeyine göre taşıyıcı seçmelidir.

##### **8.4.6.1.1 Ulaştırma Maliyeti**

Hesaba katılması gereken en büyük faktör ulaştırma maliyetidir. Bu maliyet birçok faktöre dayanabilir. Bu maliyetler sabit birim maliyet, her ağırlık birimi için maliyet, her kilometre için maliyet, birim hacim maliyeti veya her ton-kilometre için maliyet olabilir. Ulaştırma maliyeti taşıyıcının yakıt maliyetlerini, ekipman maliyetlerini, personel maliyetlerini, genel gider maliyetlerini ve genel ve yönetim maliyetlerini kapsamaktadır. Çoklu ulaştırma türleri

hesaba katılmadığında, malların yüklenmesine dair kararlar alırken hesaba katılması gereken yegane maliyet budur.

#### **8.4.6.1.2 Yola–bağlı Aktarma Maliyeti (Link–dependent transfer cost)**

Ulaştırma farklı taşıma türleri hesaba katılırsa aktarma maliyetiyle de karşılaşılır. Aktarma maliyeti kargoyu bir taşıma türünden diğerine aktarmanın maliyetidir. Bu dorseyi trenden yere indirmek, vinçle kamyonun üzerine yerleştirmek gibi göreceli olarak kolay bir aktarma olabilir, veya kutuları limana indirip daha sonra havayolu terminalindeki uçağa yüklemek gibi daha karmaşıktır olabilir. Bu ‘yükleme ve elleçlemenin’ ‘elleçleme’ parçasının ücreti olarak düşünülebilir.

Aktarma maliyetleri sabit veya değişken olabilir. Ulaştırma maliyetlerinde olduğu gibi bu maliyetler birim başına sabit, ağırlık birimi başına veya temel hacim birimi başına olabilir. Bu maliyetler getiren ve götüren taşıma türlerinde meydana geldiği gibi aynı zamanda şehre veya durağa da bağımlı olabilirler. Örneğin, üç sandık porseleni Chicago’ya aktarmak ile San Antonio’ya aktarmanın maliyeti aynı olabilir mi? Maliyetteki farklılıklar yerel işçi ücretleri veya farklı ekipman gereksinimleri gibi çeşitli faktörlerin sonucunda olabilir. Aynı şekilde, aynı şehir için demiryolundan kamyonu aktarmak ile demiryolundan uçağa aktarmanın maliyeti farklı olabilir.

#### **8.4.6.1.3 Hizmet Düzeyi ve Malın Türü**

Kombine taşımacılık kararlarını etkileyen diğer bir faktör ise hizmet düzeyidir. Eğer hizmet düzeyi müşteri için çok önemli ise taşıma kamyonu yerine hava yolu ile yapılabilir. Kullanılacak taşıma türü için en iyi metot değerlendirilirken aktarma süresi de mutlaka hesaba katılmalıdır. Ulaştırma alternatifleri değerlendirilirken hizmet düzeyi bir kısıt olarak hesaba katılmalıdır.

Taşınan malın türü ise hesaba katılması gereken diğer faktördür. Taşınan kargonun türü en iyi hangi taşıma türü veya türleri ile taşınabileceğini etkilemektedir. Eğer taşınan mal kolay bozulabilir ise soğutma sistemi ve/veya taşımanın hızı önemli olabilir. Ayrıca taşıma kanunları ve yönetmelikleri de hesaba katmaya ihtiyaç vardır. Ulaştırma metodunu seçerken mal–türü uyumluluk sorunları da araştırılmalıdır.

#### **8.4.6.2 Modelleme Karmaşıklıkları**

Kombine taşımacılık sistemini modellemeye çalışırken göz önüne alınması gereken çok sayıda bileşen vardır. Modelin karmaşıklığını ve gerçeği yansıtmamasını etkileyen çeşitli faktörler vardır. Artan gerçeklik ve doğruluk model çözme süresinin ve maliyetinin artmasına neden olur.

#### 8.4.6.2.1 Tekli ve Çoklu Rotalar

Modelci tarafından dikkate alınması gereken faktör başlangıç ve son arasında yükün tekli veya çoklu rotayı takip edeceği düşüncesidir. Örneğin, İstanbul'dan Malatya'ya gitmek için tek bir yol mu vardır? Gerçekte tabii ki çok sayıda rota vardır fakat hesaba katılacak her yeni yol, her şehirde hesaba katılması gereken çok sayıda ulaştırma türü olmasından dolayı modelin karmaşıklığı büyük miktarda artıracaktır.

#### 8.4.6.2.2 Doğrusal ve Doğrusal-olmayan Maliyetler

Doğrusal ve doğrusal-olmayan maliyetler kombine taşımacılık modellemesinin karmaşıklığını daha da artırmaktadır. Ulaştırma maliyetleri birim başına sabit maliyet (kilometre, kilogram, mil v.b.) temeline göre modellenenir. İkinci dereceden maliyet fonksiyonları veya üssel maliyet fonksiyonları gibi doğrusal-olmayan ulaştırma maliyetleri daha gerçekçidir (Jara Diaz, 1982) fakat modellemesi de daha zordur. A ile B şehirleri arasındaki mesafenin 100 mil ve B ile C şehirleri arasındaki mesafenin de 100 mil olduğunu varsayalım. Doğrusal maliyet modelinde ulaştırma maliyeti mil başına 0.20\$ olmaktadır. Doğrusal-olmayan bir modelde birim maliyetler belirli mesafeler arasında değişebilir. Örneğin, 100 mil'e kadar 0.20\$ olan maliyet 100 mil'den sonra 0.15\$ olabilir. Bundan dolayı doğrusal maliyet modelinde malları doğrudan A'dan C şehrine aktarmanın maliyeti 40\$ (mil başına  $0.20\$ \times 200$  mil) dir. Aynı mesafe için, doğrusal-olmayan modelde maliyet 30\$ (mil başına  $0.15\$ \times 200$  mil) olacaktır. Aynı zamanda, doğrusal-olmayan maliyetlerden dolayı son yerden almak için mevcut olan seçeneklerin sayısı artmaktadır.

#### 8.4.6.2.3 Yük Ayırma

Yük ayırma kombine taşımacılık modellemesinde de hesaba katılabilir. Yük ayırma yüke birim yük gibi işlem yapmamayı içermektedir. Eğer yük ayrı ise, yükün bir kısmı bir ulaştırma türü ile gönderilir ve kalan kısmı da diğer ulaştırma türleri (bir veya daha fazla) ile gönderilir. Örneğin, İstanbul'dan Ankara'ya 200 kg. yükün gönderileceğini varsayalım; eğer ürün ayırma uygulanacak olursa yükün 100 kg.'lık kısmı demiryolu ile gönderilirken, kalan 100 kg.'lık kısmı da karayolu ile gönderilebilir. Kargo başlangıç veya ara noktada ayrılabilir

ve son noktada birleştirilebilir. Bunun yapılmasının nedeni ağırlık veya hacim kısıtlarıdır. Yük ayırma kullanılabilir ulaştırma alternatifi sayısını büyük miktarda artırmaktadır. Otomobil gibi büyük tek parçanın taşınması yapılacağında yük ayırmaya izin verilmez.

#### 8.4.6.2.4 Çoklu Amaçlar

Kombine taşımacılık kararları modellenirken çoklu amaçlar da hesaba katılabilir. Farklı amaçlar toplam süreyi minimize etmek, toplam maliyeti minimize etmek ve/veya hizmet düzeyini maksimize etmeyi içerebilir. Bir olanaklı yaklaşım da önemlerine göre farklı amaçların ağırlıklarını belirlemektir. Çoklu amaçlar ile ilgili çeşitli başka yaklaşımlar da vardır.

#### 8.4.6.2.5 Bilginin Bulanık veya Kesin Olmayan Yapısı

Taşıyıcı için gerekli olan çeşitli maliyetleri ve/veya ulaştırılan malların sürelerini saptamak oldukça zordur. Bilginin kesin olmayan ‘bulanık’ yapısı taşıyıcının ulaştırma maliyetlerini ve/veya sürelerini önceden belirlemesi konusunda problemlere neden olmaktadır. Ulaştırma süresi hava koşulları, trafik koşulları veya demiryollarının veya karayollarının inşaatından etkilenebilmektedir. Aktarma süreleri veya maliyetleri yerel işçi koşulları, ekipman bulunabilirliği veya hava koşullarından etkilenebilmektedir. Buna rağmen bazı yükler herhangi bir problemle karşılaşmadan ulaşabilmektedir, fakat bir çoğu da problem ile karşılaşmaktadır bundan dolayı belirsizlikler için plan yapmak gerekmektedir. Bilginin bulanık yapısı ile ilgili çeşitli başka metotlar da vardır.

#### 8.4.6.3 Kombine Taşımacılık İçin Seçim Modeli (Reddy ve Kasilingam, 1995)

Model verilen şehir çifti için yükün her ulaştırma türü ile taşınabileceğini varsayarak, amaç olarak maliyet minimizasyonunu kullanmaktadır. Tüm miktar iki şehir arasında sadece bir düğüm kullanılarak ulaştırılmaktadır. Ayrıca, ulaştırma maliyetlerinin mesafeyle birlikte doğrusal olduğu varsayılmaktadır. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

$c_{i,i+1}^k$  :  $i$  şehrinden  $i + 1$  şehrine  $k$  ulaştırma türünü kullanarak seyahat etmenin ulaştırma maliyeti;

$t_i^{kl}$  :  $i$  şehrinde  $k$  ulaştırma türünden  $l$  ulaştırma türüne aktarma yapmanın maliyeti.

Karar değişkenleri aşağıdaki gibidir:

$X_{i,i+1}^k$  :eğer mallar  $i$  şehrinde  $i + 1$  şehrine  $k$  ulaştırma türü kullanılarak gönderilirse = 1 aksi halde, = 0;

$Y_i^{kl}$  :eğer mallar  $i$  şehrinde  $k$  ulaştırma türünden  $l$  ulaştırma türüne aktarılsa = 1 aksi halde, = 0.

Model aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$Z = \min \sum_i \sum_k X_{i,i+1}^k c_{i,i+1}^k + \sum_i \sum_k \sum_l Y_i^{kl} t_i^{kl} \quad (8.7)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_k X_{i,i+1}^k = 1, \forall i$$

$$\sum_k \sum_l Y_i^{kl} = 1, \forall i$$

$$X_{i-1,i}^k + X_{i,i+1}^l \geq 2Y_i^{kl}, \forall i, k, l$$

$$Y_i^{kl}, X_{i,i+1}^k \in \{0,1\}, \forall i, k, l$$

Bu formülasyonda ki amaç fonksiyonu [denklem (8.7)] iki farklı, doğrusal maliyet fonksiyonun toplamıdır. Sağdaki ilk maliyet terimi verilen ağırlık için başlangıçtan sona taşınan malın ulaştırma maliyetinin toplamıdır. Sağdaki ikinci maliyet terimi, eğer yük ara bir noktada bir ulaştırma türünden diğerine aktarıldıysa aktarma maliyetinin toplamıdır. Birinci kısıt iki şehir arasında mallar taşınırken sadece bir ulaştırma şeklinin seçilmesini sağlamaktadır. Bu şekilde yükün ulaştırma türleri arasında ayrılmaması sağlanmaktadır. İkinci kısıt  $i$  şehrinde sadece bir tür aktarma türünün yer almasını sağlamaktadır. Üçüncü kısıt tutarlılık sağlar; eğer  $j$  şehrinde  $k$ 'dan  $l$ 'ye ulaştırma türü aktarması varsa sonra  $i$  şehrinde  $k$  şehrine taşınan mallar  $k$  ulaştırma türü kullanılarak yapılır, ve  $j$ 'den  $m$ 'ye mallar  $l$  ulaştırma türü kullanılarak taşınır. Son kısıt karar değişkenleri için basitçe 0–1 kısıtıdır. Bu problemin optimum çözümünü her bir şehir çifti için en uyumlu ulaştırma türünü belirleyecek olan 0 – 1 değerler kümesi verir.

#### 8.4.6.4 Çözüm Yöntemi

$n$  şehir ve  $m$  ulaştırma türü için çözüm alternatifleri sayısı  $m^{n-1}$  dir. Formülasyonu çözmek çok sayıdaki karar değişkenleri ve kısıtlar ve özel yapı eksikliğinden dolayı oldukça zordur. Bu yüzden problemi çözmek için geriye dinamik programlama yaklaşımı önerilmiştir. Çözüm yöntemi aşağıda verilmiştir.

Her şehir dinamik programlama yöntemi içinde bir aşama olarak işlem görmektedir.  $n - 1$ 'inci şehirden aktarma yaparak  $n$  şehrine taşıma maliyeti, ulaşım maliyetinin ve aktarma maliyetlerinin toplamına eşittir ve aşağıda gösterilmiştir. Aktarma maliyeti aynı ulaştırma türü ile devam etme veya diğer bir ulaştırma türüne aktarma durumları için söz konusu olabilir:

$$P_{n-1}(k, l) = t_{n-1}^{kl} + qc_{n-1, n}^l \quad \forall k \quad (8.8)$$

burada  $P_{n-1}(k, l)$   $n - 1$  şehrinde  $k$  ulaştırma türünden  $l$  ulaştırma türüne aktarma ile ilgili toplam ulaştırma maliyetini, ve  $q$  ise yükleme boyutunu göstermektedir. Getiren ulaştırma türü  $k$  ise  $n - 1$  şehirden götüren  $m^*$  türü için en iyi seçim aşağıdaki eşitlik ile belirlenir:

$$P_{n-1}(k, m^*) = \min\{P_{n-1}(k, l)\} \quad \forall k \quad (8.9)$$

2. ile  $n - 2$ 'inci arasındaki şehirler için en iyi ulaştırma türünü bulmak ile ilgili denklemler aşağıda verilmiştir:

$$P_i(k, l) = t_i^{kl} + qc_{i, i+1}^l + P_{i+1}(l, m^*) \quad \forall k \quad (8.10)$$

$$P_i(k, r^*) = \min_l \{P_i(k, l)\} \quad \forall k \quad (8.11)$$

1. şehir için, 2. şehre gitmek için kullanılacak en iyi ulaştırma türünü aşağıdaki denklem vermektedir:

$$P_1(s^*) = \min_k \{qc_{1,2}^k + P_2(k, r^*)\} \quad (8.12)$$

Yukarıda önerilen dinamik programlama yöntemi sadece  $m(n - 1)$  hesaplamalarına ihtiyaç duyacaktır, burada  $m$  herhangi iki şehir çifti arasındaki ulaştırma türü sayısını ve  $n$  rota üzerindeki şehir sayısını temsil etmektedir. Yukarıdaki tanımlarla birlikte, kombine

taşımacılık rotasındaki optimum ulaştırma türü kombinasyonu problemini çözmek için gerekli olan işlemler aşağıda adım adım gösterilmiştir:

Adım 1:  $n - 1$  şehirdeki en iyi götüren ulaştırma türü denklemler (8.8) ve (8.9) kullanılarak seçilir;

Adım 2: 2.'den  $n - 2$ 'inciye kadar olan şehirler için en iyi götüren ulaştırma türü denklemler (8.10) ve (8.11) kullanılarak seçilir;

Adım 3: denklem (8.12) kullanılarak  $P_i(s^*)$  hesaplanır.

Optimum ulaştırma türü kombinasyonu denklemler (8.12), (8.11) ve (8.10)'nun sonuçlarının geriye izlenmesi ile elde edilir. Açıklaması Örnek 8.9'da gösterilmiştir.

### Örnek 8.9

Beş şehrin ve herhangi iki şehir arasında üç ulaştırma türünün (demiryolu, karayolu ve havayolu) kullanıldığı bir ulaştırma rotası düşünelim. Çeşitli şehir çiftleri için ulaştırma maliyetleri aşağıda verilmiştir:

| <i>Ulaştırma türü</i> / <i>Şehir çiftleri</i> | <i>1 - 2</i> | <i>2 - 3</i> | <i>3 - 4</i> | <i>4 - 5</i> |
|-----------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Demiryolu                                     | 3            | 4            | 3            | 6            |
| Karayolu                                      | 2            | 4            | 5            | 5            |
| Havayolu                                      | 4            | 1            | 6            | 4            |



Kombine taşımacılık maliyetleri aşağıda verilmiştir:

| <i>Ulaştırma türü</i>     | <i>Aktarma maliyetleri</i> |
|---------------------------|----------------------------|
| Demiryolundan karayoluna  | 2                          |
| Demiryolundan havayoluna  | 1                          |
| Demiryolundan demiryoluna | 0                          |
| Karayolundan karayoluna   | 0                          |
| Karayolundan demiryoluna  | 2                          |
| Karayolundan havayoluna   | 1                          |
| Havayolundan havayoluna   | 0                          |
| Havayolundan demiryoluna  | 2                          |
| Havayolundan karayoluna   | 1                          |

Yükleme miktarının,  $q$ , 20 birim olduğunu varsayalım. Optimumi ulaştırma türü kombinasyonunu saptayınız.

Bu örnek daha önce anlatılan çözüm metodolojisi kullanılarak çözülebilir. Dört adım için örnek hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

Adım 1: 4. şehir için demiryolunun getiren ulaştırma türü olduğu örnek hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

$$P_4(\text{demiryolu}, \text{havayolu}) = t_4^{\text{demiryolu-havayolu}} + qc_{4,5}^{\text{havayolu}} = 1 + (20 \times 4) = 81$$

$$P_4(\text{demiryolu}, \text{karayolu}) = t_4^{\text{demiryolu-karayolu}} + qc_{4,5}^{\text{karayolu}} = 2 + (20 \times 5) = 102$$

$$P_4(\text{demiryolu}, \text{demiryolu}) = t_4^{\text{demiryolu-demiryolu}} + qc_{4,5}^{\text{demiryolu}} = 0 + (20 \times 6) = 120$$

Buradan, 4. şehirde demiryolunun getiren ulaştırma türü olduğu durumda en iyi götüren ulaştırma türü havayoludur. Diğer getiren ulaştırma türleri için örnek hesaplamalar 4. şehirdeki en iyi götüren ulaştırma türü yol göstericiliğinde yapılmış ve örneğin sonundaki çizelgede özetlenmiştir.

Adım 2: 3. şehir için demiryolunun getiren ulaştırma türü olduğu örnek hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

$$P_3(\text{demiryolu}, \text{havayolu}) =$$

$$t_3^{\text{demiryolu-havayolu}} + qc_{3,4}^{\text{havayolu}} + P_4(\text{havayolu}, \text{havayolu}) = 1 + (20 \times 6) + 80 = 201$$

$$P_3(\text{demiryolu}, \text{karayolu}) =$$

$$t_3^{\text{demiryolu-karayolu}} + qc_{3,4}^{\text{karayolu}} + P_4(\text{karayolu}, \text{havayolu}) = 2 + (20 \times 5) + 81 = 183$$

$$P_3(\text{demiryolu}, \text{demiryolu}) =$$

$$t_3^{\text{demiryolu-demiryolu}} + qc_{3,4}^{\text{demiryolu}} + P_4(\text{demiryolu}, \text{havayolu}) = 0 + (20 \times 3) + 81 = 141$$

Adım 3: 1 ve 2 şehirleri arasındaki en iyi ulaştırma şekli için denklem (8.12) kullanılarak yapılan hesaplamalar aşağıda verilmiştir:

$$P_1(\text{demiryolu}) = qc_{1,2}^{\text{karayolu}} + P_2(\text{demiryolu}, \text{havayolu}) = (20 \times 3) + 164 = 224$$

$$P_1(\text{havayolu}) = qc_{1,2}^{\text{havayolu}} + P_2(\text{havayolu}, \text{havayolu}) = (20 \times 4) + 163 = 243$$

$$P_1(\text{karayolu}) = qc_{1,2}^{\text{karayolu}} + P_2(\text{karayolu}, \text{havayolu}) = (20 \times 2) + 164 = 204$$

1 – 3 adımları için hesaplamaların özeti aşağıdaki çizelgeye yansıtılmıştır.

| Getiren ulaştırma türü | En iyi götüren ulaştırma türü | Toplam maliyet |
|------------------------|-------------------------------|----------------|
| 4. Şehir:              |                               |                |
| demiryolu              | havayolu                      | 81             |
| havayolu               | havayolu                      | 80             |
| karayolu               | havayolu                      | 81             |
| 3. Şehir               |                               |                |
| demiryolu              | demiryolu                     | 141            |
| havayolu               | demiryolu                     | 143            |
| karayolu               | demiryolu                     | 143            |
| 2. Şehir               |                               |                |
| demiryolu              | havayolu                      | 164            |
| havayolu               | havayolu                      | 163            |
| karayolu               | havayolu                      | 164            |

Problemin optimum çözümü aşağıdaki şekilde elde edilir. 3. adımda görüldüğü gibi 1. şehirden 2. şehre en iyi ulaştırma türü karayoludur. Buradan 2. şehirdeki getiren ulaştırma türü karayolu, 2. şehirden 3. şehre en iyi ulaştırma türü havayoludur. Buradan 3. şehirdeki getiren ulaştırma türü havayolu, 3. şehirden 4. şehre en iyi ulaştırma türü demiryoludur. Buradan 4. şehirdeki getiren ulaştırma türü demiryolu, 4. şehirden 5. şehre en iyi ulaştırma türü havayoludur. Bundan dolayı optimum ulaştırma türü kombinasyonu şöyledir:

|                |          |          |           |          |
|----------------|----------|----------|-----------|----------|
| Şehir çifti    | 1 – 2    | 2 – 3    | 3 – 4     | 4 – 5    |
| Ulaştırma türü | karayolu | havayolu | demiryolu | havayolu |

## 8.5 GELİŞMİŞ ULAŞTIRMA MODELLERİ

Bu bölümde belirli endüstri türlerinde özel olarak kullanılan dört ulaştırma problemi gösterilecektir. Bu problemlerin tümü boyut ve kısıtların türü açısından oldukça büyük ve karmaşıktır. İlki havayolu kargo gelir yönetimi ile ilgilidir. Problemin ve modelin yapısı ve problemi çözmek için kullanılan yöntem tanımlanmıştır. İkincisi kendi ulaştırma filosunu ve işlemlerini yöneten, perakendecilik yapan bir şirket için filo boyutlandırmasıdır. Son iki problem ise demiryolu endüstrisindendir. Bunların birincisi çok kritik kaynağın (lokomotifler) yönetilmesi ve planlanmasıdır. İkincisi demiryolu işletme planının boyutlarından (bloklama planı) birisidir.

### 8.5.1 Kargo Gelir Yönetimi (Kasilingam ve Hendricks, 1993)

Verimlilik yönetimi, diğer bir deyişle gelir yönetimi, şirketin kârlılığını maksimize etmek için fiyat ve envanterin bütünleşik yönetimi olarak tanımlanabilir. Havayolu taşıyıcılarının, veya uçakları işleten havayollarının birleşerek yolcunun yanı sıra kargo da taşımaları, yolcuların yol paraları ve koltukları ile kargo fiyatlarının ve boş alanın birlikte yönetilmesini gerektirir. Pratikte, havayolu verimlilik yönetimi kavramı hiyerarşik bir anlayışla uygulanır. Örneğin bir uçak, yolcuları, yolcu bagajlarını ve kargoyu taşımak için belirli bir ağırlıkla (navlunlu yük – taşınabilecek maksimumu net yük ağırlığı) birlikte havalanabilir. Ana kabin yolcuları taşımak için sabit sayıda koltuğa sahiptir ve baş üzerinde el bagajlarını koymak için de biraz yer vardır. Uçağın gövde kısmında ise yolcu bagajlarını ve kargoyu taşımak için yer bulunmaktadır. Satılan koltuk sayısı yolcu verimlilik yönetimi (YVY) sistemi tarafından yönetilmektedir.

Taşınacak kargo için yapılan mevcut ağırlık satışı, YVY kontrolleri ve yolcu rezervasyonları ve onların bagajlarına göre, navlunlu yük eksi uçağa beklenen yolcu sayısının ağırlığına eşittir. Uçağın gövdesinde kargo için yapılan satışların hacmi, toplam alandan yolcularının bagajlarının kapladığı alanın farkından daha az olmalıdır. Kargo için kullanılan ağırlık, hacim ve yerler kargo gelir yönetimi (KGY) sistemi tarafından yönetilir. Eğer posta kargo olarak

işlem görmezse ve diğer kargolara göre yüksek önceliğe sahipse, posta tarafından işgal edilen ağırlık, hacim veya yer, kargo için kullanılabilir alan hesaplanırken çıkartılmalıdır.

Bugünlerde, yolcu gelirinin oldukça düşük ve yolcu trafiğinin doygun olması durumunda kargo ile ek gelir elde edilmesi oldukça önemli bir hale gelmeye başlamıştır. Endüstriyi izleyeler kargo talebinde çok büyük bir artış beklemektedirler; dünya çapındaki kargo hacminin 2005 yılında ikiye katlanacağını tahmin etmektedirler. Bu yüzden kullanılabilir kargo alanını (ağırlık ve hacim ve yer) verimli bir şekilde yönetmek her geçen gün daha önem kazanmaktadır. Buradaki amaç YVY ve KGY sistemleri arasındaki temel farklılıkları vurgulamak ve KGY'yi geliştirirken ve uygularken oluşabilecek bazı karışıklıkları tartışmaktır.

#### **8.5.1.1 Yolcu Verimlilik Yönetimi Kargo Gelir Yönetimine Karşı**

Kargo gelir yönetimi yolcu verimlilik yönetiminden birçok noktada ayrılmaktadır. Burada dört önemli fark gösterilmiştir.

##### **8.5.1.1.1 Belirsiz Kapasite**

YVY sabit ve bilenen sayıdaki koltuğu kontrol etmektedir. KGY'de satış için kullanılabilir ağırlık ve hacim ve yerler sabit değildir; navlunlu yüke, toplam boş alana ve beklenen yolcu ve onların bagajlarının sayısına bağlıdır. Buna ek olarak, taşıttaki beklenen yolcu sayısı değişebileceği gibi aynı zamanda, navlunlu yük de değişebilir. Bu, pist, hava durumu, yakıt ağırlığı, kalkış ağırlığı v.b. gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu, satılacak kullanılabilir kargo alanının kapasitesini tahmin etmek için geliştirilecek modellerin gerekliliğini göstermektedir. Bu, rezervasyon-fazlası modelinin (overbooking model) temel girdilerinin – kapasite – yapısının stokastik olmasına neden olur. YVY rezervasyon-fazlası modellerinde, kapasitenin bilindiği ve deterministik olduğu varsayılır.

##### **8.5.1.1.2 Üç-boyutlu Kapasite**

Kargo kapasitesi üç-boyutludur (ağırlık, hacim ve kap yeri sayısı). Örneğin, düşük-yoğunluklu bir yükleme için rezervasyon yapıldığında, ağırlık açısından kapasite kullanılabilir olurken hacim açısından kullanılabilir olmayabilir. Bazen, yükler ağırlık ve hacim açısından uygun olmalarına rağmen şekillerinden dolayı kabın içine sığamayabilir. Bunun sonucunda oluşan duruma 'yerleştirme kaybı' (stacking loss) adı verilir. Üç-boyutlu kapasite yapısı gereği kullanılabilmek için ağırlığa olduğu kadar hacim veya yer kapasitesi tahminlerine de

ihtiyaç duyar. Bu bazen standart ağırlık–hacim ilişkileri veya geçmişten gelen verilerden oluşturulan yoğunluk değerleri kullanılarak yapılabilir.

#### **8.5.1.1.3 Seyahat Programı Kontrolü**

Yolcular planladıkları seyahat programını yeniden düzenlemeye gerek kalmadan gerçekleştirmeyi tercih ederler. Öte yandan, kargo önceden söz verilen tarih ve zamanda yerine ulaştırılması koşuluyla herhangi bir rota kullanarak gönderilebilir. Bu yüzden, kargo başlangıçtan sona giderken çoklu rotalar kullanılabilir. Bu geleneksel YVY kapasitesine ilave bir boyut daha eklemekte veya farklı hizmet veya sınıflar için alan ayırırken özel yer tahsisi (bucket allocation) modelleri kullanılmasına neden olmaktadır.

#### **8.5.1.1.4 Tahsisatlar (Allotments)**

Birçok taşıyıcı için ‘tahsisatlar’ kargo alanı içerisinde en çok yeri kaplamaktadır. Tahsisatlar, zaman içindeki belirli haftanın belirli günündeki belirli uçuşlarda büyük müşteriler (başlıca gönderici ve nakliyeciler firmalar) için alan rezervasyonu yapılmasıdır. Bu alan genel satış için kullanılmaz. Bu uygulamada tahsisatların yapılacağı uçuşları, stokastik kargo kapasitesine göre tahsisat yeri miktarını ve tahsisat dışındaki kargo talebinin ve yer değişiminin etkilenmesini belirleyebilmek için bir karar destek sistemine gereksinim duyulur.

Yukarıdaki temel farklar geleneksel YVY sisteminden daha karmaşık modeller ile birlikte özel tür verimlilik yönetim sistemini sağlar. Örneğin, matematiğe göre konuşulduğunda, model kargo kapasitesinin olasılıksal yapısının altından kalkabilmelidir. Yerleştirme modeli başlangıç ve son arasındaki çoklu rotalara dikkati çekmeye ihtiyaç duyar. Bir ilave model tahsisatları yerleştirmeye gereksinim duyar. Hatta, ağırlık ve hacim arasındaki ilişki tüm verimlilik yönetim modelleri için diğer önemli sorundur.

#### **8.5.1.2 Kargo Gelir Yönetim Süreci**

Kargo gelir yönetim süreci dört önemli adımdan oluşur. Birinci adım ağırlık, hacim ve yer açısından satılacak mevcut kargo kapasitesinin tahminidir. Bu adım kapasite bilindiği ve deterministik olduğu için YVY sisteminde gerekli değildir. İkinci adım talebe ve tahsisatın karlılığına ve beklenen genel satışa göre ‘tahsisatlar’ için yer ayrılmasıdır. Üçüncü adım, rezervasyon iptalleri, rezervasyona rağmen malın gönderilmemesi ve değişken teklifler gibi durumları tazmin etmek için toplam kapasite ile tahsisat farkına eşit bir kapasitenin rezervasyon–fazlası yapılmasıdır. Son adımda toplam kargo gelirini ve karlılığını maksimize

etmek için rezervasyon–fazlası kapasitesi farklı piyasalar ve ürünler için tahsis edilir. Bu özel yer tahsisatı veya kapasite tahsisatı olarak bilinir. Son iki adım YVY ile aynıdır; bununla birlikte, KGY’de kullanılan modeller ve yöntemler farklıdır.

Kapasite tahmininde, tahsisat belirlenmesi, fazla–rezervasyon ve özel yer tahsisi dışında, YVY’dekine benzer şekilde birkaç diğer destekleyici modele gereksinim duyulur; örneğin, kargo talebinin pazar ve üretim sınıfına göre tahmini, rezervasyona gelmemenin tahmini, iptalin tahmini, değişken teklif miktarının tahmini, satış–fazlasının ve yük hasar maliyetinin hesabı ve yer değiştirme şeklinin belirlenmesi gibi (Not: değişken teklif, rezervasyon miktarından daha az veya fazla gönderme talebidir). Yukarıdaki modellerden bazıları gelir yönetim sisteminin planlama yönü ile ilgilidir, diğerleri rezervasyon kontrolü ve gelir yönetim sisteminin rezervasyon yönü ile ilgilidir.

KGY süreci YVY sürecine çok benzer olarak geceleyin meydana gelme temeline dayanarak gerçekleştirilir. Uçuş için ilk kontrol kararları genellikle kalkıştan 8–10 gün önce yapılır. Bundan sonra, uçuş gerçekleşene kadar kararlar neredeyse her gün güncellenir. Kararların güncellendiği günler ‘veri okuma günü’ olarak bilinir. Örneğin 2. veri okuma günü uçuştan iki gün öncedir. Uçuş için veri okuma günlerinde elde edilebilecek ek bilgi (iptaller ve yeni rezervasyonlar) ve benzer uçuşlar (haftanın aynı günü aynı saatte aynı yere kalkan uçuşlar) ile ilgili kalkış–sonrası bilgileri, (kargo kapasitesi taşıttaki kargo miktarı gibi) kararların güncellenmesinde kullanılır.

Kalkış–öncesi uçuş yönetimi, periyodik ve *amaca yönelik* (*ad hoc*) yönetim raporları ve tahmin ve optimizasyon problemlerinin performansının izlenmesi KGY’nin esas parçalarıdır. Bu sorunlar YVY’deki ile çok benzer olduklarından burada gösterilmeyecektir. Kargo için özel olan iki rapor, tahsisat kullanım raporu (allotment usage report) ve yük faktör raporudur (load factor report). Tahsisat kullanım raporu, belirli zaman periyodu içinde uçuş veya müşteri tarafından kullanıma tahsis edilen yerin bilgisini sağlamaktadır. Yük faktör raporu, kargo kapasitesinin üç–boyutlu yapısından dolayı kargoyu yolcu tarafından ayırtmaktadır. Ağırlık, hacim ve yer açısından yük faktörleri geniş gövdeli uçaklar için rapor edilir. Dar gövdeli uçaklar için, hacim ve ağırlık yük faktörleri rapor edilir. Bu bölümün kapsamı tahmin ve optimizasyon karar destek modellerinin karmaşıklıklarını göstermektir.



### 8.5.1.3 Kargo Gelir Yönetim Modelleri

KGY'deki farklı modeller arasındaki ilişki Şekil 8.3'de gösterilmiştir. Önemli modeller aşağıda gösterilmiştir.

#### 8.5.1.4 Kapasite Tahmini

KGY sistemi içinde ilk adım kapasiteyi tahmin etmektir. Kapasite ağırlık, hacim ve yer açısından tahmin edilmelidir. Aşağıdaki denklemler tüm üç boyut içinde kargo kapasitesini tanımlamaktadır. Bu denklemler postanın genel kargoya göre daha öncelikli olduğunu varsaymaktadır. Dar gövdeli uçaklar için, ağırlık ve hacim kapasiteleri aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\begin{aligned} \text{Ağırlık kapasitesi} &= (\text{navlunlu yük}) - (\text{yolcu ağırlığı}) - (\text{bagaj ağırlığı}) - (\text{posta ağırlığı}) \\ &\quad - (\text{ilave yakıt ağırlığı}) \end{aligned}$$

Burada ilave yakıt ağırlığı kargoyu taşımak için gerekli olan ilave yakıtın ağırlığıdır;

$$\begin{aligned} \text{Hacim kapasitesi} &= (\text{toplam kullanılabilir hacim}) \times (1 - \text{yerleştirme kaybı}) - (\text{bagaj hacmi}) \\ &\quad - (\text{posta hacmi}) \end{aligned}$$

Geniş gövdeli uçaklar için,

$$\begin{aligned} \text{Ağırlık kapasitesi} &= (\text{navlunlu yük}) - (\text{yolcu ağırlığı}) - (\text{bagaj ağırlığı}) - (\text{posta ağırlığı}) \\ &\quad - (\text{ilave yakıt ağırlığı}) \end{aligned}$$

$$\text{Yer kapasitesi} = (\text{toplam yer}) - (\text{bagaj yeri}) - (\text{posta yeri})$$

$$\text{Hacim kapasitesi} = (\text{yer kapasitesi}) \times (\text{yer başına hacim}) \times (1 - \text{yerleştirme kaybı})$$

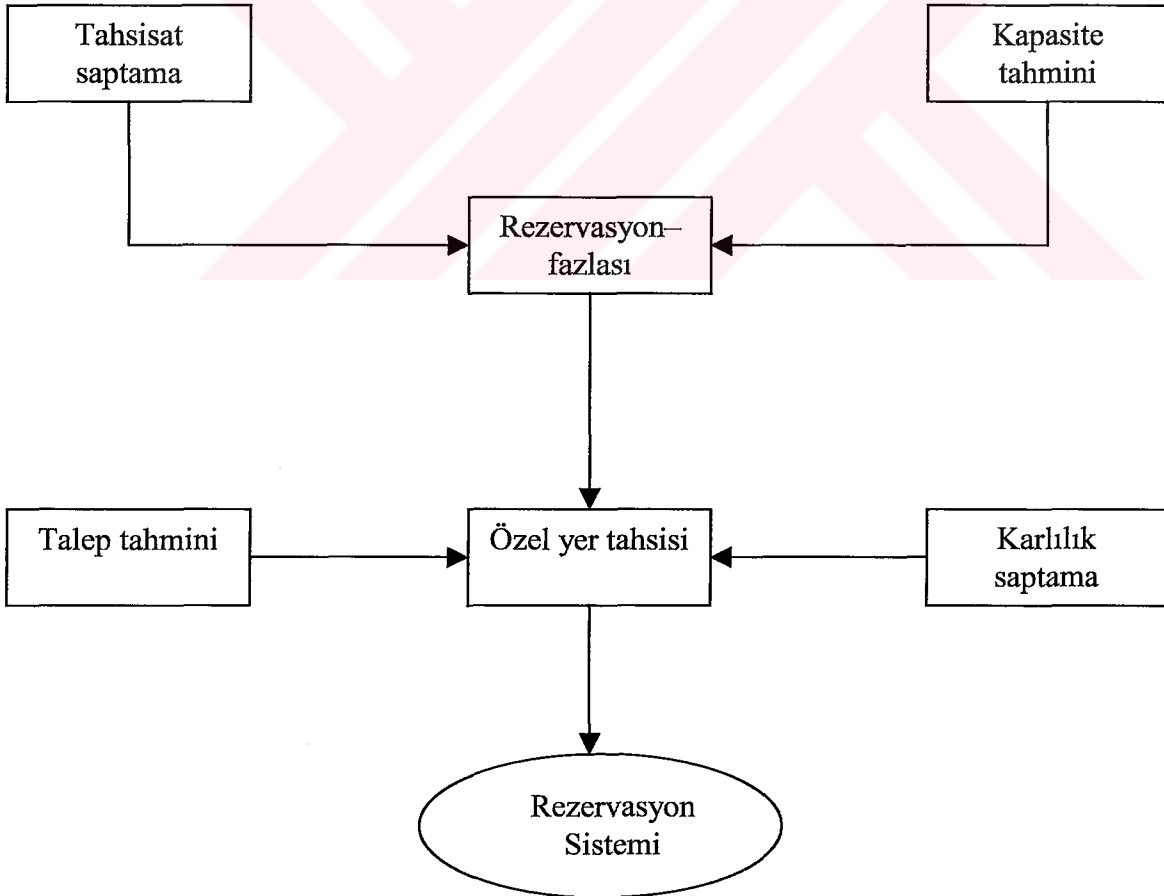
İşlevsel olarak, kullanılabilir kapasite rezerve edilen yüklemelerin yoğunluğuna ve şekillerine bağlıdır. Uçağa gelmesi beklenen yolcular YVY sisteminden elde edilir. Yolcular için ağırlık, bagaj ağırlığı, bagaj hacmi, yük yoğunluğu ve yerleştirme kaybı gibi standartlar genellikle endüstriyel mühendislik öğreniminden alınmıştır. Bu öğrenimlere ilave olarak birkaç vaka'da geçmişe ait veriler kullanılmıştır. Navlunlu yük ve posta ağırlıkları genellikle geçmişe ait veriler kullanılarak tahmin edilir. Bu uygun eğilim (trend) faktörleri ve periyodiklik indisleri ile, üssel yumuşatma modelleri (exponential smoothing model) kullanılarak yapılabilir. Birçok havayolu geçmiş navlunlu yük verisine sahiptir. Daha önceki navlunlu yük bilgilerini



analiz ederek uygun üssel yumuşama ve model parametreleri seçilebilmelidir. Navlunlu yük nedensel modeller kullanılarak da tahmin edilebilir. Navlunlu yük sıcaklığa, rüzgara, kalkış ağırlığına, yakıt ağırlığına ve birkaç diğer faktöre bağlı olduğundan, regresyona-dayalı nedensel modeller diğer bir olanaktır. Uygun yaklaşımın veya metodun seçimi, verilen zaman periyodu içinde doğruluk ve eğilimler açısından yapılan tahminin performansına bağlı olacaktır.

#### 8.5.1.4.1 Tahsisat Saptama

Farklı müşteriler için tahsisatların saptanması birçok önemli faktörü göz önüne almayı gerektirir. Tahsisat isteğini kabul etmeden önce uçakta yer olup olmadığından emin olmak gerekir. Tabii ki, müşterinin getirmeyi planladığı kabın türü ve uçuş ekipmanlarının uyumlu olması da önemlidir. Boş alanın olduğuna dair onay alındıktan ve kap – ekipman uyumu sağlandıktan sonra tahsisat isteğinin kârlılığı ile ilgili değerlendirmeler yapmak gerekir. Bu değerlendirme bu istekten beklenen kâra karşı diğer isteklerden beklenen kâr ve ‘genel satış’ talebi arasındaki farklılıkların belirlenmesi ile yapılır.



Şekil 8.3 Kargo gelir yönetimi modelleri.

#### 8.5.1.4.2 Rezervasyon–fazlasının Modellenmesi

Rezervasyon–fazlası, rezervasyonu yaptırdığı halde gitmeyen müşteriyi, iptalleri ve değişken teklif sunmayı dengelemek için kasten fazla kargo alanı satmanın örneğidir. Rezervasyon–fazlası satış için kullanılabilir kapasiteyi saptar. Değişkenlik ağırlık ve/veya hacim açısından olabilir. Rezervasyon–fazlası modeli satış–fazlasının maliyetini ve yük hasarı (spoilage) ile birlikte meydana–gelme (show–up) oranının varyansını ve ortalamasını hesaba katar. Meydana–gelme oranı rezervasyona gitmemeler, iptaller ve değişken teklif sunmaya göre hesaplanan bileşik bir indekstir. Bu faktörlere ilaveten, kargoda rezervasyon–fazlası, kapasitenin olasılıksal yapısını dikkate almalıdır. Bu, kargo rezervasyon–fazlası modeline formülasyon ve çözüm yöntemi açısından karmaşıklıklar eklemektedir. Kapasite tahminlerindeki belirsizlik, dağıtımına benzer olarak kapasitenin varyansı ve ortalaması tarafından modellenir.

Rezervasyon–fazlası'nın amacı, toplam satış–fazlası ve yük hasarı maliyetlerini minimize etmek veya toplam gelir eksi beklenen satış–fazlası maliyetine eşit olan beklenen net geliri maksimize etmektir. Satış–fazlasının kullanışlı yönünü hesaba katarak bazen rezervasyon–fazlası düzeyini 'ekonomik' olarak sınırlandırmak için izin verilen satış–fazlasına kısıt eklemek istenebilir. Toplam gelir, beklenen satış–fazlası ve beklenen yük hasarının matematiksel ifadesi olasılık teorisi yardımı ile elde edilir. Bu ifadeler ve bunların elde edilme güçlüğü büyük ölçüde kapasite ve gerçekleşme düzeyi için dağılımların altında yatan varsayımlarına bağlıdır. Toplam satış–fazlasını ve yük hasarı maliyetini minimize eden rezervasyon–fazlası modeli aşağıda verilmiştir (Oakley, 1992). Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

- $B$  :gerçekleşme düzeyi, olasılık yoğunluk fonksiyonu (OYF)  $f(B)$  ile birlikte;
- $C$  :kesikli veya sürekli olasılık dağılımı ile birlikte kapasite, OYF  $h(C)$  ile birlikte;
- $V$  :kapasitenin her birimi için satış–fazlası maliyeti;
- $R$  :kapasitenin her birimi için yük hasarı maliyeti;
- $L$  :rezervasyon–fazlası düzeyi.

En basit şeklinde, tüm değerlerin deterministik olduğu varsayılarak, rezervasyon–fazlası düzeyi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir. Rezervasyonların rezervasyon–fazlası düzeyine rezerve edildiği varsayılarak,  $L$  eşittir  $C / B$ 'dir. Eğer  $B$ ,  $C / L$ 'den küçükse, yük hasarı meydana gelir. Çürüğün miktarı  $C - BL$ 'ye eşittir ve ilgili yük hasarı maliyeti  $R(C - BL)$ 'ye

eşittir. Eğer  $B, C / L$ 'den büyükse, satış-fazlası oluşur. Satış-fazlasının miktarı  $LB - C$ 'ye eşittir ve ilgili satış-fazlası maliyeti  $V(LB - C)$ 'ye eşittir. Meydana-gelme oranının deterministik olmasını varsaymakta özgür olduğumuzu kabul edelim. Beklenen yük hasarı maliyetleri,  $E^{SC}$ , ve satış-fazlası maliyeti,  $E^{OC}$ , aşağıdaki gibidir:

$$E^{SC} = R \int_0^{C/L} (C - LB) f(B) dB \quad (8.13)$$

$$E^{OC} = V \int_{C/L}^1 (LB - C) f(B) dB \quad (8.14)$$

Ayrıca, eğer biz kapasitenin deterministik varsayılması konusunda özgürsek ve  $C$ 'nin  $C_1, C_2, \dots, C_n$  değerlerini  $p_1, p_2, \dots, p_n$  olasılıkları ile birlikte üzerine alarak kesikli olasılık dağılımını izlediğini varsayalım, eğer  $\sum p_i = 1$  ise, beklenen toplam maliyet,  $E^{TC}$ , aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$E^{TC} = E^{SC} + E^{OC} \quad (8.15)$$

$$E^{TC} = \sum p_i \left[ R \int_0^{C_i/L} (C_i - LB) f(B) dB + V \int_{C_i/L}^1 (LB - C_i) f(B) dB \right] \quad (8.16)$$

$L$ 'ye göre ayrıldığında ve sıfıra eşit olacak şekilde ayarlandığında, şunu elde ederiz:

$$\sum p_i \left[ V \int_{C_i/L}^1 B f(B) dB - R \int_0^{C_i/L} B f(B) dB \right] = 0 \quad (8.17)$$

$\mu_B = \int_0^1 B f(B) dB$  olsun; denklem (8.17) aşağıdaki hale gelir:

$$\sum p_i \left[ V_{\mu_B} - (V + R) \int_0^{C_i/L} B f(B) dB \right] = 0 \quad (8.18)$$

$$V_{\mu_B} \sum p_i - (V + R) \sum p_i \int_0^{C_i/L} B f(B) dB = 0 \quad (8.19)$$

veya, çünkü  $\sum_i p_i = 1$ ,

$$\sum_i p_i \int_0^{C_i/L} B f(B) dB = \frac{V_{\mu_B}}{V + R} \quad (8.20)$$

Optimum rezervasyon-fazlası düzeyi denklem (8.20) çözülerek elde edilebilir. Kesikli dağılımın türüne bağlı olarak, analitik veya sayısal olarak çözülebilir. Açıklaması Örnek 8.10'da gösterilmiştir.

### Örnek 8.10

Envanterin her birimi için  $V = R = 10\$$  olduğunu varsayalım. Meydana-gelme oranının  $[0.8, 1.0]$  üzerinde düzenli dağıldığını ve OYF'nin kapasite için olduğunu varsayalım,  $P(C = c)$ , aşağıda verilmiştir:

| Değer      | 100   | 110   | 120   |
|------------|-------|-------|-------|
| $P(C = c)$ | 2 / 5 | 2 / 5 | 1 / 5 |

$f(B) = 5$ ,  $0.8 < B < 1.0$ , ve  $\mu_B = 0.9$

Denklem (8.20)'den, aşağıdaki elde edilir:

$$\frac{2}{5} \int_{0.8}^{100/L} 5B dB + \frac{2}{5} \int_{0.8}^{110/L} 5B dB + \frac{1}{5} \int_{0.8}^{120/L} 5B dB = \frac{10 \times 0.9}{10 + 10}$$

Bu  $29300 / L^2 = 2.05$ 'e yol açar, ve böylece  $L = 119.55$  olur.  $L = 119$  ve  $L = 120$  de  $E^{TC}$  'nin denklem (8.16) kullanılarak değerlendirilmesi sırasıyla 83.29 ve 83.33'ün  $E^{TC}$  değerlerini verir. Bunun sonucunda  $L$ 'nin optimum değeri 119 olur.

#### 8.5.1.4.3 Özel Yer Tahsisi Modellemesi

Özel yer tahsisi, talep ve kârlılığa göre belirli uçakta farklı pazar ve ürünlerin yerleştirileceği alanı saptama sürecidir. Kargo ürünleri genellikle öncelik (aynı-gün, sonraki-gün ve genel) gibi hizmet kalıpları açısından tanımlanır. Özel yer tahsisinin amacı belirli kısıtlar altında kârlılığı maksimize eden sistem olabilir. Bu kısıtlar satış için kullanılabilir fazla-rezerve edilmiş kapasite ve talep için çeşitli piyasalar ve ücret sınıfları ile ilgilidir. Özel yer tahsisi, başlangıç-son çiftleri ve ürünler tarafından kargo rezervasyonlarını yönetecek gerekli mekanizmalar sağlar.

YVY'de, yolcular genellikle seyahat programlarına rezervasyon ve uçuşlarına uygun olarak karar verirler. Kargoda ise, piyasa düzeyindeki talep ve rotalama, hizmet süresi

yükümlülükleri boyunca esnek olarak karşılanır. Rotalamanın esnekliği diğer taşıyıcıları kullanma seçeneklerini olduğu kadar belirli aşamalarda diğer ulaştırma türlerini kullanmayı da içerir. Bu operasyonel olarak esneklik sağlar fakat başlangıç-son arasındaki çoklu rotalamalar sebebiyle yerleştirme modeline bir boyut daha ekleyerek karmaşıklığın artmasına neden olur. Model aynı zamanda, yerel piyasaların yerine geçen uzak mesafeli pazarların şebeke etkilerini ve talebin az-yüklü uçuşlardan çok-yüklü uçuşlara yönlendirilmesinin şebeke etkilerini tanımlamak için formüle edilmelidir. Özel yer tahsis problemi için formülasyonu, talebin normal dağıldığını varsayarak, sistemin toplam katkısını maksimize etmeye çalışır. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

- $i$  :piyasa ürün indeksi,  $i = 1, \dots, N$ ;  
 $j$  :rotalama indeksi,  $j = 1, \dots, J_i$ ;  
 $k$  : $k$  uçuşunun indeksi,  $k = 1, \dots, K$ .

Karar değişkeni aşağıdaki gibidir:

- $X_{ij}$  : $j$  rotalaması kullanılarak  $i$  piyasası veya ürünü için yapılan atama.

Parametreler aşağıdaki gibidir:

- $A_{jk}$  :eğer  $k$  uçuşu  $j$  yönlendirilmesinin bir parçası ise  $= 1$ , aksi halde  $0$ ,  
 $C_{ij}$  : $j$  rotası boyunca, siparişi gönderme piyasası veya  $i$  ürünü için, birim değişken rota maliyeti;  
 $D_i$  : $(\mu_i, \sigma_i)$  parametreleri ile normal dağılımı izleyeceği varsayılan talep ve  $i$  ürünü için talep;  
 $R_i$  :satış piyasasından veya  $i$  ürününden gelen birim gelir;  
 $T_k$  : $k$  uçuşunun izin verilen kargo kapasitesi;  
 $W_{ij}$  : $j$  rotalamasını  $(R_i - C_{ij})$ 'ye eşit kullanan ve satış piyasasından veya  $i$  ürününden gelen birim katkı.

Not:  $k$  uçuşundaki pazar veya  $i$  ürünü için yerleştirme  $\sum_j X_{ij} A_{jk}$  'den elde edilir.

Modelin amaç fonksiyonu sistem içindeki tüm uçuşlarda, tüm piyasalardan veya ürünlerden gelen toplam katkıyı (gelir eksi değişken maliyet) maksimize etmeye çalışır:

$$Z = \text{maksimum} \sum_i \sum_j W_{ij} X_{ij} \quad (8.21)$$

Uçuş bölümü kapasite kısıtları aşağıdaki şekilde modellenir:

$$\sum_i \sum_j X_{ij} A_{jk} \leq T_k \forall k$$

Talepteki belirsizlik tesadüf (şans) kısıtı olarak modellenir. Buradaki varsayım şudur: yönetim,  $\alpha_i$ 'ye eşit veya ondan daha az olan talebin aşıldığı tüm rotalardaki ürün veya bir pazar için tahsisat olasılığına gereksinim duyar. Bu durumda aşağıdaki kullanılabilir:

$$P\left[D_i \leq \sum_j X_{ij}\right] \leq \alpha_i \forall i$$

Normal dağılım talebi için yukarıdaki ifade aşağıdaki ifadeye eşdeğer olabilir, burada  $Z_{\alpha_i}$ , standart normal rastlantı değişkenidir:

$$\sum_j X_{ij} \leq \mu_i + Z_{\alpha_i} \sigma_i, \forall i$$

Son kısıt karar değişkenlerinin tam sayı olma sınırlamasını hesaba katar ve aşağıdaki gibi gösterilir:

$X_{ij}$  tüm  $i$  ve  $j$ 'ler için tam sayıdır

Özel yer tahsisi problemini modellemek genel olarak doğrusal-olmayan, olasılıksal programlama formülasyonları ile sonuçlanır. Bunların karmaşıklığı talep için olasılık dağılımının altında yatan varsayımlara bağlıdır. Bu formülasyonları tam olarak çözmek için yöntemler geliştirmek oldukça zordur. Özel yer tahsisi modelini basit, alternatif şekilde modellemek deterministik formülasyon ile ve onu çözmek de Lagranj gevşetme-tabanlı

teknikler ile yapılır (Fisher, 1981). Her pazar veya ürün için problemi  $N$  tane alt-probleme ayırtırmak için talep kısıtları gevşetilir.

#### 8.5.1.4.4 Talep Tahmini

Piyasa düzeyindeki farklı kargo ürünleri için talep tahmini özel yer tahsisinin temel girdilerinden birisidir. Tüm piyasalarda çeşitli kargo ürünleri için talep tahmini, uygun teknikleri kullanarak kısa-vadeli ve uzun-vadeli tahminleri birleştirerek yapılabilir. Uzun-vadeli tahminler geçmiş verilere göre üssel yumuşatma modelleri kullanılarak elde edilir. Kısa-vadeli tahminler kalkış-öncesi rezervasyon bilgisi ve geçmiş rezervasyon bilgisinden elde edilir. Yolcu talebinden farklı olarak, kargo taleplerinin çoğu kalkışa yakın, kısa zaman içerisinde ortaya çıkmaktadır. Hatta, çoğu zaman kargo için yapılan rezervasyon sayısı çok küçük kalır. Buna ilave olarak, rezervasyonların boyutları önemli oranda değişmektedir. Bunun sonucunda, tahmin için belirli periyotlarda belirli piyasalara yönelik piyasa tahminini ve nedensel faktörleri birleştirerek, birkaç esas müşteriye temel alan talep tahminini kullanmak gibi farklı yaklaşımlar kullanılır. Rezervasyona gelmeyen müşteriyi, değişken teklif sunmayı ve iptalleri tahmin etmek, talep tahminine çok benzer şekilde uygun veriler kullanılarak yapılır.

#### 8.5.1.4.5 Kargonun Kârlılığı

Yolcularda kârlılığı saptamak için gelir ve maliyetlerin bilinmesi yeterlidir. Kargo işinde ise, kârlılık global düzeyde tanımlanmalıdır. Örneğin, bir müşteri bir kısım için kârlı olmayabilir; bununla birlikte, müşteri tüm sistem ve havayolu için çok fazla iş sağlıyor olabilir. Bunun için kârlılığı fazla olan bir-seferlik taşımayı bu tür bir müşteriye değiştirmek çok akıllıca olmayacaktır. Hatta, göndericilerin gerçekleşme düzeyi davranışları diğer önemli kriterdir. Bazı göndericiler çok fazla taşıma için söz verip kalkış anında çok az yük getirebilirler. Bu yüzden, kargo kârlılığının hesaplanması mutlaka göndericinin tavrı, iş hacmi ve hem sistem düzeyinde hem de belirli bir kısımdaki kârlılığı içermelidir.

#### 8.5.2 Dorse Yönetim Sistemi (Kasilingam ve Ong, 1995)

Envanterin yönetimi ve dorselerin hareketi kamyon taşımacılığı ve perakende endüstrisinde zorlu bir operasyonel problemdir. Doğru yerde doğru miktarda boş dorsenin bulunamaması müşteriler veya mağazalar tarafından eşya taşımacılığının ertelenmesine veya iptal edilmesine yol açabilir. Yüksek maliyetleri sebebiyle büyük miktarda dorse envanteri bulundurmak da akıllıca olmayacaktır. Dorse / çekici oranı sorununun müşteri hizmetleri düzeyi, depo



kapasitesi, dağıtım merkezindeki elleçleme ve saklama metotları ve taşıt yönetim kuralları, satıcılar ve mağazalar gibi birçok faktör ile önemli ilişkisi vardır.

#### 8.5.2.1 Dorse Yönetim Sisteminin İşlevsel Gereksinimleri

Bir dorse yönetim sistemi (DYS) aşağıdaki şekilde olmalıdır:

- aylık olarak uzun–vadeli dorse gereksinimi tahmin edilerek planlı olarak çalışılmalıdır; yapılan tahmin için mevsimsel yanını ve aylık dorse gereksinimlerini oluştururken kiralama seçeneğini de hesaba katmalıdır;
- farklı yerlerdeki mevcut kullanılabilir dorse ve mal hareketinin talebine göre depo veya ofisteki dorse gereksinimlerini saptayarak, operasyonel bir araç olarak kullanma kapasitesine sahip olmalıdır;
- farklı senaryoları test etmek için ...ise, ne olur? (what-if) analizi yapabilme kapasitesine sahip olmalıdır; senaryolar, depoları ve ofisleri yer değiştirme, depoların veya ofislerin eklenmesi ile büyüme yapılması, ofis kapatma programlarının iptal edilmesi, dağıtım metotlarının değiştirilmesini içerebilir.

İyi bir DYS karar modeli, veritabanları ve grafik kullanıcı arayüzünden oluşmalıdır. DYS, uzun–dönem ve dorselerin operasyonel planlamasının yanında etkileşimli sorgulamaya yönelik araçlar için modellerle birlikte dağıtım analizcileri sağlamalıdır.

#### 8.5.2.2 Dorse Yönetim Sisteminin Özellikleri

Dorse yönetimi için iyi bir karar destek sistemi aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- mevsimsel değişimler ve kiralama göz önüne alınarak uzun–vadeli dorse planlama kapasitesi olmalıdır;
- mal talebini karşılamak için dorse hareketinin günlük operasyonel planlaması yapılmalıdır;
- dorse yönetim modellerinin etkileşimli olma özelliği olmalıdır, model girdileri değiştirilebilir ve modelin çıktıları gözden geçirebilir ve değiştirilebilir, bu *amaca yönelik* sorgulamasını ve ...ise, ne olur? ve duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesini içerir;
- dorsenin kullanımı, hareketi ve gereksinimleri için yönetim raporları oluşturulmalıdır;

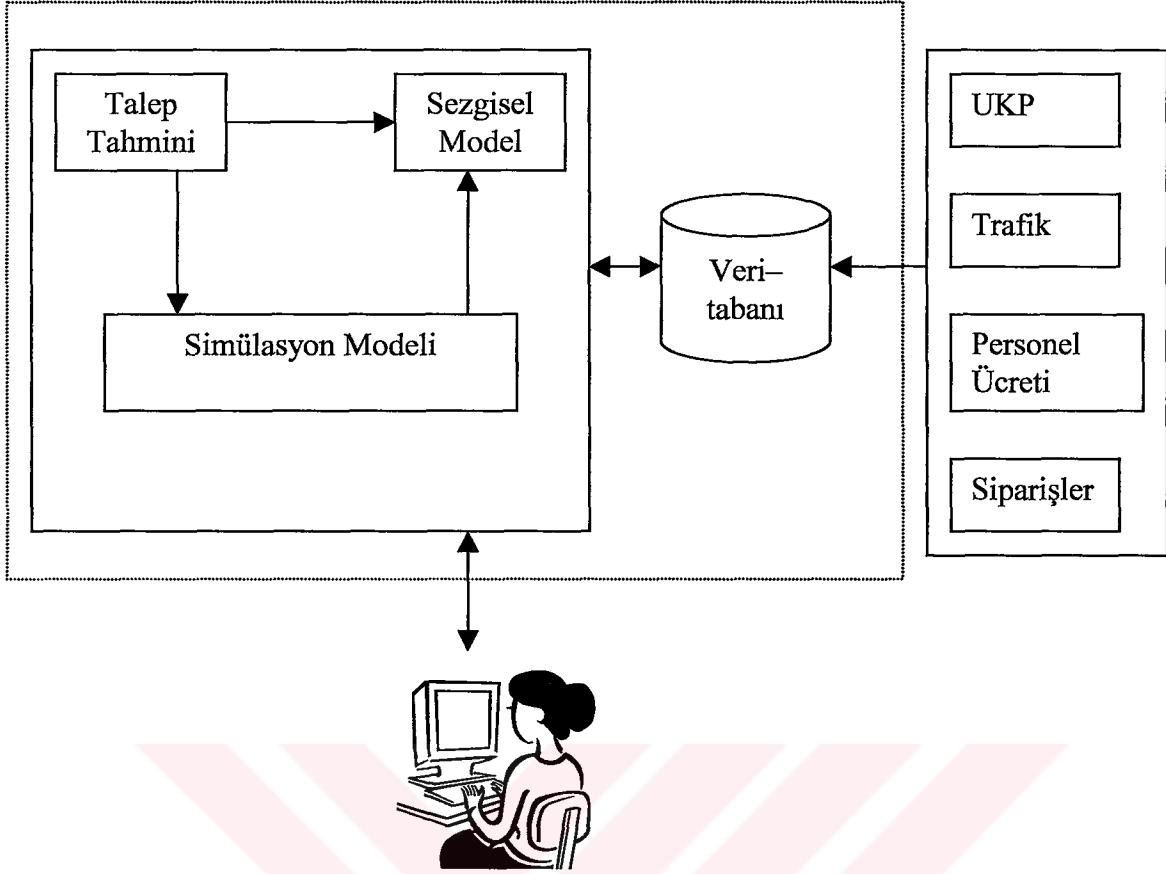
- dorseleri yönetirken değişikliğe neden olacak eylem yapma kabiliyeti olmalıdır; sistem depoları ve ofisleri kullanıcıların belirlediği dikkat gerektiren kritik parametrelere göre tanımlamalı ve dağıtım analizcilerini uyarmalıdır.

### 8.5.2.3 Dorse Yönetim Sisteminin İşlevsel Özeti

Dorse yönetimi için ideal karar destek sisteminin dört ana bileşeni vardır: başlangıç ve sonda yüklenen dorse sayısını tespit eden talep tahmin modeli; en büyük ihtiyaç miktarını karşılayacak kiralanan dorse sayısını tespit eden ve uzun–vadeli dorse gereksinimlerini planlayan sezgisel model; operasyonel planlama ve ...ise, ne olur? analizini gerçekleştiren simülasyon modeli; ve son olarak, tüm modelleri destekleyecek bir veritabanı. Şekil 8.4 DYS'nin bileşenleri arasındaki ilişkileri göstermektedir.

#### 8.5.2.3.1 Talep Tahmin Modeli

Başlangıç–son düzeyinde dorse yüklemesine olan talep, gerekli olan dorse sayısını belirlemek için gerekmektedir. Dorse yükleri için talep her zaman kesinlik ile birlikte *önsel (a priori)* olarak bilinmez. Bu yüzden, tahmin modelinde dorse yükleri için başlangıç–son tahminleri oluşturmak gerekmektedir. Tahmin modeli öngöründe bulunurken geçmiş verileri kullanacaktır. Uygun bir tahmin modeli ve model parametreleri, en iyi tahmin doğruluğunu tutturabilmek için geçmiş talep örneklerine göre seçilecektir. Modelin seçimi dorse yüklerinin mevsimsel ve o dönemdeki genel eğilimini hesaba katacaktır. Model aynı zamanda uç değeri belirlemekte ve talep verilerinin dönüşümünü yapan uygun veri işleme yöntemlerini kullanmaktadır. Tahmin modelinin çıktısı sezgisel ve simülasyon modelleri tarafından kullanılacaktır.



Şekil 8.4 Dorse yönetim sisteminin bileşenleri. UKP = Ulaştırma kaynak planlama verisi.

#### 8.5.2.3.2 Sezgisel Model

Bu DYS'nin en temel bileşenlerinden birisidir ve uzun-vadeli dorse gereksinimlerini tahmin etmek için gerekli bir karar modelidir. Model, zaman içerisinde sahip olunacak dorse sayısını ve mevsimsel talebi karşılamak için kiralanan ilave dorselerin sayısını saptayacaktır. Duyarlılık analizi de bazı model girdilerinin değişiminin dorse gereksinimleri üzerinde yaptığı etkiyi görmek için yapılır. Örneğin, dorse kiralama maliyetinde oluşacak artış kiralanan dorse sayısını düşürür. Sezgisel model, simülasyon modelin sonradan gelen analizi için iyi alternatif çözümler oluşturmakta da kullanılır. Model, mevcut hizmet düzeyini karşılayan kiralama ve sahipliğin optimum kombinasyonu boyunca dorse sayısını düşürecektir. Sezgisel modelin amacı dorse sahipliğinin maliyetini (satın alma ve bakım maliyetleri), kiralama maliyetini ve kiralanan ve sahip olunan dorseler için uzak-mesafelere-taşımaya maliyetini minimize etmek olacaktır. Modelin iki temel kısıtı olacaktır. Birinci kısıt çeşitli yerler arasındaki dorse yük talebinin karşılanmasını sağlamak olacaktır. İkinci kısıt bir dorsenin zaman periyodu içinde uygun zamandan fazla kullanılmamasını sağlamaktadır. Modelin değişkenler ve kısıt sayısı açısından çok büyük olması beklenir. Modeli çözmek için özelleştirilmiş yöntemler geliştirilmelidir.

### 8.5.2.3.3 Simülasyon Modeli

Simülasyon modeli hem bir değerlendirme aracı hem de sıkı kurallar koyan bir araç olarak kullanılabilir. Sıkı kurallar koyan bir araçken, gerçek–zamanlı kısıtları hesaba katarak, uzun–vadeli dorse gereksinimlerini saptamak ve operasyonel düzeyde dorse gereksinimlerini tespit etmek için kullanılabilir. Uzun–vadeli planlama aracıyken, taşıt yönetim kuralları ve gidiş ve geliş düzeni gibi operasyonel sorunları hesaba kattığı için simülasyon modelin sezgisel modele göre daha doğru dorse gereksinimi sağlaması beklenir. Bununla birlikte, sezgisel modelden daha fazla bilgisayar süresi harcadığından daha pahalıdır. Bir sezgisel model, maliyetleri ve diğer kısıtları kullanarak dorse taleplerini belirlemesine karşın bir simülasyon model, değerlendirmenin girdisi olarak alternatif dorse sayımlarının bir kümesine gereksinim duyar. Dorse sayımlarında uyan alternatifler oluşturmak için basit bir ampirik yöntem tasarlanabileceği gibi sezgisel modelden elde edilen çözüm de bir başlangıç noktası olarak kullanılabilir.

Operasyonel planlama aracı olarak, bazı kullanıcı–tanımlı parametrelere göre dikkat gerektiren durumlarda depoları ve ofisleri tanımlamakta kullanılabilir. Örneğin, simülasyon modeli, mevcut durumu girdi olarak algılayarak sistem boyunca akan dorse trafiğini analiz etmekte kullanacaktır ve sonraki 24 saat için çeşitli yerlerdeki dorse gereksinimlerini tespit edecektir. Çıktı çeşitli yerlerdeki eksik ve fazla dorseleri tanımlayacaktır. Eğer eksik ve fazla kritik bir değeri aşarsa hareket memuru uyarılacaktır. Bu, dağıtma analizcilerinin dorse gereksinimlerinde değişiklik yapmalarına olanak sağlayacaktır. Bir değerlendirme aracı olarak simülasyon model, ‘ofis kapatma programı’nın maliyetler üzerindeki etkisi, dorse ve şoförden faydalanma ve hizmet düzeyleri gibi bazı belirli senaryoları analiz etmekte kullanılabilir. Senaryonun veya uzun–vadeli dorse planlamanın, özel kullanıcı–tanımlı senaryolara göre değerlendirilmesi, belirli gidiş ve geliş dağılımları, yükleme ve boşaltma süreleri, taşıt yönetim kuralları ve maliyetlerine göre çeşitli simülasyonların gerçekleştirilmesini içermektedir. Simülasyon modelin değerlendirme aracı olarak kullanılması, simülasyon deneyinin dikkatli hazırlanması, deney tasarımına gerekli özenin gösterilmesi, süre ve sayı gibi simülasyon parametrelerinin ve giren veri akımının hazırlanmasını gerektirmektedir.

### 8.5.2.3.4 Veritabanı

Veritabanı üç model – sezgisel model, simülasyon model ve talep tahmini modeli – için tüm girdi veri gereksinimlerini içerecektir. Veritabanı ayrıca modeller tarafından oluşturulan çıktıları da içerecektir. Bazı modellerden gelen çıktılar, diğer modeller için girdi olarak

gerekebileceği gibi periyodik yönetim raporları oluştururken de gerekebilir. Talep tahmin modelinin veri gereksinimini dorsenin depolar, ofisler, satıcılar ve diğer yerler arasındaki geçmişe ait hareket bilgisi oluşturmaktadır. Bu sürücü seyir defterlerinden veya hareket memurunun seyir defterinden elde edilebilir. Sezgisel modelin veri gereksinimlerini talep tahmin modelinden elde edilen talep tahminleri, yerler arasındaki mesafeler, gün içerisinde seyahat edilebilecek maksimum mesafe ve dorselerin satın alma ve bakım maliyetleri, dorse kiralama maliyetleri ve kiralanmış ve sahip olunan dorselerin uzak mesafeye yol alma maliyetleri gibi maliyet verilerinden oluşmaktadır. Simülasyon modeli için ek veri gereksinimlerini çeşitli yerlerdeki dorselerin gidiş ve geliş düzenleri, yükleme ve boşaltma süreleri, personel maliyet bileşenleri, hizmet düzeyi etmenleri ve dağılımlar için UKP'den gelen veriler oluşturmaktadır.

### 8.5.3 Lokomotif Dağıtım Planlaması

Lokomotiflerin trenlere optimum olarak atanması, lokomotifleri işletmenin maliyetinin yüksek olması ve lokomotiflerin trenlerin gidiş ve geliş performansını dolayısıyla da müşteri memnuniyetini etkilemesi sebebiyle çok önemlidir. Buradaki problem filo bileşimini, bakım kısıtlarını ve işletme maliyetlerini hesaba katarak çeşitli türlerdeki mevcut lokomotifleri kullanmak suretiyle trenleri çekecek lokomotif sayısını belirlemektir. Amaç işletme maliyetlerini minimize etmek (toplam lokomotif filo gereksinimlerini içererek) ve tren aksamalarını (gecikmeler) minimize etmektir. Treni çekebilmek için gerekli olan tahrik gücü tren tonajına ve tren rotasına göre belirlenir. Treni çekmek için gerekli olan güç genellikle lokomotif sayısından ziyade beygirgücü ile ifade edilir. Belirli bir tren için gerekli olan tahrik gücü talebi lokomotif grubu kullanılarak karşılanabilir. Bu tür gruplara 'lokomotif katarı' (consist) adı verilir. Lokomotif katarı oluşturmak için belirli kısıtlar veya kurallar olmalıdır: lokomotif katarındaki minimum ve maksimum birim sayısı, ağırlığa göre güç oranı, boş olarak kalkan maksimum lokomotif sayısı, lokomotiflerin uyumsuzluğu v.b. Trafik akımı simetrik olmadığı için sistem boş olan lokomotifleri kullanarak birimlerin yerini değiştirmek zorundadır ve personel yardımı ile lokomotiflerin terminaller arasında trenlerden bağımsız olarak hareket etmeleri sağlanmalıdır.

#### 8.5.3.1 Lokomotif Dağıtım Modeli (Zirati, 1997)

Bu bölümde lokomotif dağıtım probleminin basitleştirilmiş formülasyonu gösterilecektir. Bu formülasyonda bakım kısıtları ve ilerisi gösterilmeyecektir. Hatta, sadece kullanım maliyetleri kullanılacaktır; gerçek yaşama daha benzer olmasını sağlayan hizmet güvenilirliği maliyetleri

ve ceza ve/veya zam kullanılmayacaktır. Bu problem kaynak kısıtları ile birlikte çeşitli-yüklü akım problemidir. Problemdaki tek kaynak değişkeni atölyeye yönlendirilmesi gereken birimler arasındaki zamandır. Her mal türü bir lokomotif sınıfını (her lokomotif kendi sınıfı göz önünde bulundurularak atölyeye yönlendirilmelidir) ve her bağlantıdaki akım lokomotif sayısını göstermektedir. Her mal için zaman-mekan ağı yapılandırılmıştır. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $K$                | :mallar kümesi;                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| $K^c$              | :atölyeye yönlendirilmesi gereken lokomotif sayısı;                                                                                                                                                                                                                                    |
| $G^k = (V^k, A^k)$ | : $k \in K$ ile ilgili şebeke, burada $V^k = N^k \{o(k), d(k)\}$ düğüm kümesi ve $A^k$ bağlantı kümesidir;                                                                                                                                                                             |
| $N^k$              | : $o(k)$ başlangıç noktasından kalkan $d(k)$ son noktasına varan $k$ sınıfındaki lokomotifler tarafından uğranılabilecek yerlerin sayısıdır; $(o(k), d(k))$ bağlantısı, $k$ sınıfındaki tüm lokomotifler kullanılmadığı zaman akımın korunmasına izin vermek için her zaman mevcuttur; |
| $w$                | : $W$ tren kümesi içinde lokomotifler tarafından çekilmesi gereken bir tren; $W^n$ , $W^p$ ve $W^q$ olmak üzere üç kümeye ayrılır, bunların ilkinde gereken tahrik gücü minimum lokomotif sayısı, ikincisinde ağırlık-güç oranıyla, üçüncüsünde ise tonaj ile ifade edilir.            |
| $n_w$              | :tren görevlerini kapsayacak gerekli minimum lokomotif sayısı<br>$w \in W^n$ ;                                                                                                                                                                                                         |
| $p_w$              | :tren için gerekli olan beygirgücü $w \in W^p$ ;                                                                                                                                                                                                                                       |
| $c_{ij}^k$         | : $k$ sınıfı lokomotifin $(i, j)$ bağlantısında çektiği tonajın maliyeti;                                                                                                                                                                                                              |
| $d_{ij}^k$         | : $k$ sınıfı lokomotifin $(i, j)$ bağlantısında boş yol almasının maliyeti;                                                                                                                                                                                                            |
| $D_k$              | :haftanın başlangıcında düğüm kaynağındaki kullanılabilir $k$ sınıfı lokomotif sayısı;                                                                                                                                                                                                 |
| $p^k$              | :işletilen $k$ sınıfı lokomotifin beygirgücü;                                                                                                                                                                                                                                          |
| $q_{ij}^k$         | : $k$ sınıfı lokomotifin $(i, j)$ bağlantısında çekebileceği toplam ağırlık;                                                                                                                                                                                                           |
| $q_w$              | :lokomotifler tarafından çekilen trenin tonajı $w \in W^q$ ;                                                                                                                                                                                                                           |
| $T_i^k$            | :haftanın başında önceki hareket noktasından başlayan, $i$ düğümündeki $k$ biriminin $k \in K^c$ birikmiş işletme zamanı;                                                                                                                                                              |

$t_{ij}^k$  :  $i$  düğümünden  $j$  düğümüne seyahat süresi,  $k \in K$   $k$  sınıfı lokomotif için  $(i, j) \in A^k$  ;  
 $a_{w,ij}^k$  : eğer bağlantı  $(i, j) \in A^k$   $w$  görevini kapsarsa = 1, aksi halde, 0.

Karar değişkenleri aşağıdaki gibidir:

$X_{ij}^k$  :  $(i, j)$  bağlantısındaki, tren görevini kapsayan, çekilen  $k$  sınıfı lokomotif sayısı;  
 $F_{ij}^k$  :  $(i, j)$  bağlantısındaki, tren görevini kapsayan, lokomotif katarındaki boş olarak kalkan tren sayısı.

Bir-haftalık periyot için lokomotif dağıtım planlamasını kapsayan model aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\text{Min } \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A^k} (c_{ij}^k X_{ij}^k + d_{ij}^k F_{ij}^k) \quad (8.22)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A^k} a_{w,ij}^k X_{ij}^k \geq n_w, \forall w \in W^n$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A^k} a_{w,ij}^k p^k X_{ij}^k \geq p_w, \forall w \in W^p$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A^k} a_{w,ij}^k q^k X_{ij}^k \geq q_w, \forall w \in W^p$$

$$\sum_{j: (o(k), j) \in A^k} X_{o(k),j}^k = D_k, \forall k \in K$$

$$\sum_{j: (i,j) \in A^k} (X_{i,j}^k + F_{ij}^k) - \sum_{j: (j,i) \in A^k} (X_{ji}^k + F_{ji}^k) = 0, \forall k \in K, \forall i \in N^k$$

$$\sum_{j: (j,d(k)) \in A^k} X_{j,d(k)}^k = D_k, \forall k \in K$$

$$X_{ij}^k (T_i^k + t_{ij}^k - T_j^k) \leq 0, \forall k \in K^c, \forall (i, j) \in A^k$$

$$a_i^k \leq T_i^k \leq b_i^k, \forall k \in K^c, \forall i \in V^k$$

$$X_{i,j}^k \geq 0, F_{i,j}^k \geq 0 \text{ ve tamsayıdır, } \forall k \in K, \forall (i, j) \in A^k$$



Amaç fonksiyonu [denklem(8.22)] çekme ve boş olarak kalkan trenin toplam maliyetini minimize eder. Tren kapsama gereksinimleri minimum lokomotif sayısı, beygircü ve tonajın ifadesi ilk üç kısıt tarafından temsil edilir. Dördüncü ve beşinci kısıtlar her  $k \in K$  için  $D_k$  kadar lokomotifi başlangıçtan  $o(k)$  sona  $d(k)$  nakletmeye ihtiyaç duyar. Eğer bir  $k$  sınıfı lokomotif bir görev için gerekli değilse,  $(o(k), d(k))$  bağlantısını son düğüme alır. Her düğümdeki akımın korunumunu beşinci kısıt sağlar. Bir lokomotifin her düğümde durumunu değiştirebileceğini unutmamak gerekir; örneğin, boş olarak kalkan bir lokomotif aktif (tonaj çekebilir) hale gelebilir. Yedinci ve sekizinci kısıtlar lokomotiflerin atölyeye yönelmesini zorunlu kılan özel kısıtlardır. Önceki kısıt akım ve zaman değişkenleri arasındaki uyumluluk kısıtıdır, sonraki ise atölyeye yönlendirilecek birimler için zaman penceresi kısıtıdır. Son kısıt akım değişkenlerinin tam sayı değerler almasını garanti eder.

### 8.5.3.2 Çözüm Yöntemi

Aşağıda anlatıldığı gibi, bir kolon haftalık periyot boyunca belirtilmemiş bir lokomotifin rotasını temsil etmektedir. Sıralar geçerli bir çözüm sağlayacak doygun rotaların kısıtlarıdır [örneğin, tren kapsama kısıtları (eğer tren talebi doymuşsa, onaylamak için kurallar)]. Yukarıda gösterilen formülasyon herhangi bir büyük demiryolu için çok büyük miktarda sıra ve sütunun oluşmasına neden olacaktır. Amaç fonksiyonunun [denklem (8.22)] ve kısıtların mal türüne göre ayrılabilmesi unutulmamalıdır. Eğer formülasyon bağlantılı kısıtlarla birlikte blok bir yapıya sahipse, doğal çözüm yaklaşımı Dantzig–Wolfe ayrıştırmasıdır. Formülasyon esas problem ve alt–problemler olmak üzere ayrıştırılabilir. Esas problem birden fazla mal türünü kapsayarak tüm kısıtları içerir (ilk üç kısıt); her mal türü için bir alt–problem vardır (son altı kısıt içerir). Esas problemi çözmek için Dantzig–Wolfe ayrıştırmasına dayanan bir sütun–oluşturma metodolojisi kullanılabilir. Alt–problemler en kısa yol algoritması kullanılarak çözülebilir. Problemin çözümünü kolaylaştırma için Dantzig–Wolfe ayrıştırması ile birlikte ayrıştırmanın diğer biçimleri (zaman penceresi gibi) de kullanılabilir. Bununla birlikte, bu optimum çözümü garanti etmez, fakat tecrübeler çözümde makul büyüklükte zaman pencerelerinin kullanılması durumunda optimuma çok yakın sonuçlar alınabildiğini göstermektedir.

### 8.5.4 Demiryolu Bloklama Problemi

Demiryolu yük taşımacılığında, tren başlangıçtan sona doğru yol alırken rota boyunca genel ticari yük birçok sınıflandırma bölgesi boyunca geçmektedir. Ölçek ekonomisinin farkında

olmak çeşitli başlangıç noktalarından gelen trafiği yeniden-sınıflandırmak ve onları aynı veya yakın yerlere giden trenlerle bir araya koymayı gerektirir. Yeniden-sınıflandırma işgücü ve triyaj istasyonu kaynaklarına gereksinim duyar, ve çoğu zaman gönderide önemli gecikmelerin oluşmasına sebep olur. Yeniden-sınıflandırma sayısını minimize etmek için, demiryolu grup gönderileri farklı son noktalara bir blok halinde gider, son noktanın blok demetine ulaşana kadar yeniden-sınıflandırılma yapılmayacaktır. Farklı noktalardan gelen çeşitli vagonlar bir blok halinde gruplanır, ve blok içindeki vagonlar blok son noktaya ulaşan kadar yeniden-sınıflandırılmaz. Bloklama probleminin amacı toplam yeniden-sınıflandırma maliyetlerini minimize etmek için bloklama planı tasarlamaktır. Bloklama planı her demette oluşturulacak blokları ve bloklara atanacak trafiği belirler.

#### 8.5.4.1 Bloklama Planı Örneği

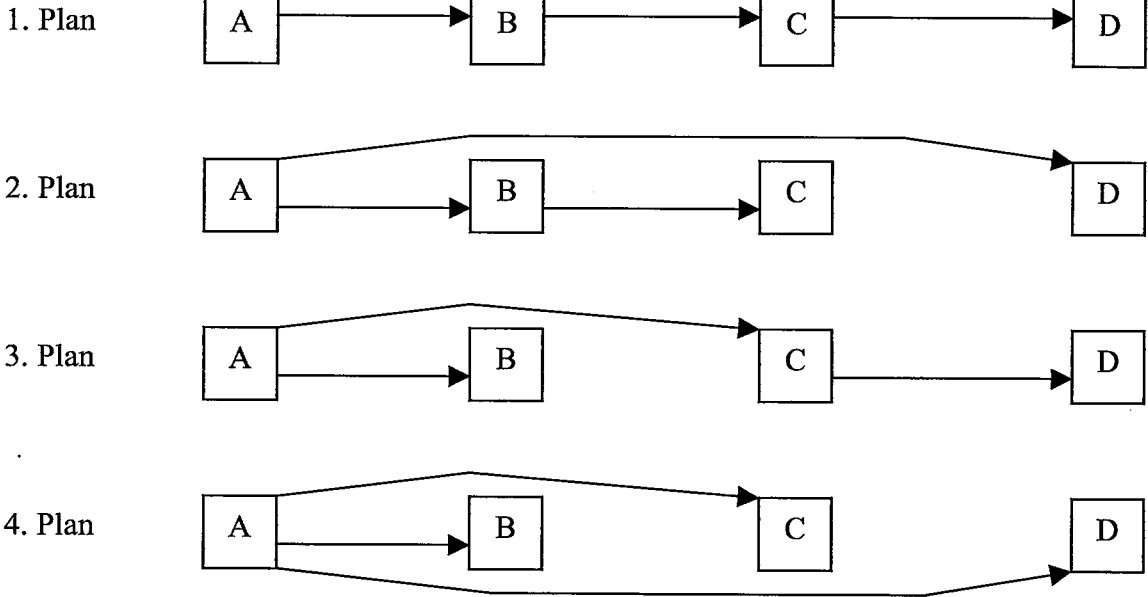
Örnek 8.11 demiryolu bloklama planının anlaşılması için verilmiştir.

---

##### Örnek 8.11 (Newton ve Vance, 1996)

---

Dört terminali A, B, C ve D, ve üç başlangıç-son (BS) talep çifti olan bir demiryolu düşünelim. AB, AC ve AD için talep sırasıyla 100, 80 ve 90 arabadır. A, B ve C terminallerinin yeniden-sınıflandırma kapasiteleri sırasıyla 270, 90 ve 90 arabadır. Aşağıdaki şekilde verilen dört bloklama planı mevcuttur. Birinci plan tüm arabaları B terminaline gönderiyor; araba dizisi bazı sıra ile karıştırılmış BS çiftleri içerebilir. B terminalinde, AB BS çifti son noktaya ulaşmıştır. Şimdi AC ve AD BS çiftleri C terminaline hareket ettirmek üzere bloklanmıştır. C’de, AC sonlandırma noktasına ulaşmıştır ve AD BS çifti son noktası olan D terminaline gitmek üzere bloklanmıştır. Bu bloklama planına göre, AB BS çifti 100 araba için bir blok, AC BS çifti 80 araba için, B’de ara yeniden-sınıflandırma yapılmak üzere, iki blok ve AD BS çifti 90 araba için, B’de ve C’de ara yeniden-sınıflandırma yapılmak üzere, üç blok kullanmaktadır. Bu yüzden, 1. bloklama planı  $260 = [80 + (2 \times 90)]$  ara yeniden-sınıflandırma ile sonuçlanır. Bununla birlikte, 1. bloklama planı 170 arabayı (AC BS çifti için 80 araba ve AD BS çifti için 90 araba) B terminalinde yeniden-sınıflandırması gerektiği için (kapasitesi sadece 90’dır) uygulanabilir değildir. Benzer hesaplamalar diğer bloklama planları için de gerçekleştirilebilir. 1. bloklama planı, bloğun son noktası her zaman bir sonraki terminal olacağı için, en kısa bloklara sahiptir. 4. bloklama planı tüm doğrudan bloklara sahiptir, diğer bir deyişle, tüm BS çiftleri için blok son noktası ile BS çifti son noktası aynıdır. Bu örnekte, 2. bloklama planı, 80 ara yeniden-sınıflandırma ile, optimumdur.



#### 8.5.4.2 Bloklama Modeli (Barnhart ve Jin, 1997)

Demiryollarının çoğu mevcut planlarını rafine etmek için bloklama planları geliştirmektedirler. Aslında bu rafine etme işlemleri yapısı gereği yereldir, önceden olan potansiyel gelişimler mevcut planlarda çok büyük değişiklikler gerektirir. Araştırmalar mevcut bloklama planları geliştirilirken optimizasyon-tabanlı metotların kullanılmasının önemli potansiyeli olduğunu göstermektedir (Newton ve Pam, 1996). Bloklama probleminin amacı, gönderi için öncelik, kaynak ve kapasite kısıtlarını doyururken şebeke üzerindeki tüm trafiği dağıtmanın toplam işletme maliyetini minimize etmektir. İşletme maliyeti vagon-mil ve vagon-saat maliyetlerinin her ikisini de kapsar. Bu maliyetleri birbirine dönüştürmek için belirli bir faktör vardır. Triyaj istasyonunun kapasite kısıtları triyaj demetindeki kullanılabilir fiziksel kaynaklardır ve oluşturulabilecek blok sayısı ve her triyaj demetindeki elleçlenebilecek vagon sayısı ile ifade edilir. Gönderiler için öncelikler maksimum yeniden-sınıflandırma sayısı ile sınırlandırılmıştır; örneğin, zaman duyarlılığından dolayı otomobil gönderileri iki yeniden-sınıflandırmayı aşamaz, diğer mal gönderileri de dört yeniden-sınıflandırmayı aşamaz. Simgelerin anlamlarının gösterimi aşağıdaki gibidir:

|              |                                                                                           |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| $G(N, A)$    | : $N$ düğüm ve $A$ aday blok'dan (bağlantı) oluşan bir grafikdir;                         |
| $K$          | : mallar kümesi;                                                                          |
| $v^k$        | : $k$ malının hacmi (birbirine uygun birimlerde);                                         |
| $\delta_a^q$ | : eğer $a$ bağlantısı $q$ yolunda ise 1'e, aksi halde, 0'a eşit olan indis göstergesidir; |
| $\xi_i^a$    | : eğer $i$ $a$ 'nın orijini ise 1'e, aksi halde, 0'a eşit olan indis göstergesidir;       |

|              |                                                                                              |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Q(k)$       | : $k$ malı için geçerli olan yollar kümesi;                                                  |
| $E(k)$       | : $k$ malı için gerçekleştirilen maksimum ilave elleçleme sayısı;                            |
| $c_a \geq 0$ | : $a$ bağlantısında her birim için akımın maliyeti (tüm mallar için eşit olduğu varsayılır); |
| $u_a$        | : $a$ bağlantısının kapasitesi;                                                              |
| $B(i)$       | : $i$ düğümünden çıkabilecek blok sayısı;                                                    |
| $V(i)$       | :tüm mallar için $i$ düğümünde sınıflanabilecek hacim;                                       |
| $C_q^k$      | : $q$ yolunda bir birim $k$ malının akmasının sonucunda oluşacak yol maliyeti.               |

Karar değişkenleri aşağıdaki gibidir:

$f_q^k$  : $q$  yolundaki  $k$  malının oranı,  $\forall q \in Q(k), k \in K$ ;

$y_a$  :eğer  $a$  bloğu dahilse 1, aksi halde, 0.

Model aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$\sum_{k \in K} \sum_{q \in Q(k)} C_q^k v^k f_q^k \quad (8.23)$$

Aşağıdaki kısıtlar altında,

$$\sum_{k \in K} \sum_{q \in Q(k)} v^k f_q^k \delta_a^q - u_a y_a \leq 0, \forall a \in A$$

$$\sum_{q \in Q(k)} f_q^k = 1, \forall k \in K$$

$$\sum_{a \in A} y_a \xi_i^a \leq B(i), \forall i \in N$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{q \in Q(k)} \sum_{a \in A} v^k f_q^k \delta_a^q \xi_i^a \leq V(i), \forall i \in N$$

$$f_q^k \geq 0, \forall q \in Q(k), k \in K$$

$$y_a \in \{0,1\}, \forall a \in A$$

Burada;

$$C_q^k = v^k \sum_{a \in A} c_a \delta_a^q \quad (8.24)$$

Mal başlangıç–son trafik çifti olarak tanımlanmıştır. Amaç fonksiyonu [denklem (8.23)] toplam elleçleme veya sınıflandırma maliyetini minimize eder.  $q$  yolu üzerindeki her  $k$  malının elleçleme sayısı denklem (8.24)’den elde edilir. Birinci kısıt bloklar ve yol değişkenleri ile ilgili paket kısıttır, yol üzerindeki bloklar seçilene kadar herhangi bir yolun kullanılamayacağını belirtir. İkinci kısıt her mal için dışbükeylik kısıtıdır. Üçüncü kısıt her triyaj istasyonunda oluşturulabilecek blok sayısını temsil eder. Her triyaj demetindeki maksimum yeniden–sınıflandırılabilir vagon sayısı dördüncü kısıt tarafından temsil edilir. Son iki kısıt ise karar değişkenlerinin negatif olmamasını ve tam sayı olmasını sağlamaktadır.

Bloklama probleminde, iki tür karar değişkeni vardır –  $y_a$  blok değişkeni ve  $f_q^k$  akım değişkeni –. Uygulanabilir bloklar kümesi her mal için en azından BS çiftlerine bağlanan yolu kapsayacaktır halbuki uygulanabilir yol akım değişkenleri kümesi tüm trafiği kendisinin başlangıcından sona gönderecektir. Aynı zamanda, sadece ilk kısıt bu iki değişken kümesini birlikte bağlayacaktır. Bu kısıtı gevşeterek blok probleminin iki alt–probleme ayrışmasını sağlayabiliriz. Alt–problemlerden her biri sadece bir karar değişken kümesi içerecektir. Bu iki alt–problem Lagranj gevşetme kavramı kullanılarak iterasyon ile çözülebilir (Barnhart ve Jin, 1997).

## 9. Lojistik Performans Ölçütleri

### 9.1 GİRİŞ

Lojistik ölçütleri lojistiğin çatısı altındaki belirli süreçleri izleyen nicel ölçümlerdir. Lojistik sistemin veya lojistik sistemin bileşen(lerinin) en iyi tasarımı tamamen performans ölçmekte kullanılan ölçüt(lere) bağlıdır. Bir sistem bir ölçüte göre yeterliken diğer bazı kriterlere göre yeterli olmayabilir. Burada amaç, seçilen ölçütlerin çoğunda beklentileri karşılayacak veya aşacak bir sistemin tasarlanmasıdır. Lojistik ölçütleri sistemin sınırlarına (üretim, dağıtım, limana doğru yönelmiş ulaştırma, depolama, satıcı seçimi v.b. gibi çeşitli işlevsel alanları içerir), sistemin ve farklı alanların işlevsel gereksinimlerine ve onları nicel olarak ölçme ve tanımlama yeteneğine göre değişebilir. Bu yüzden ölçütleri tasarlarırken ilk adım ölçülecek sistemi ve bileşenlerini tanımlamaktır. İkinci adım sistemin işlevsel gereksinimlerini veya beklentilerini saptamaktır. Üçüncü adım işlevsel gereksinimleri nicel olarak ölçebilecek ölçütleri tanımlamaktır. Ölçütler arasındaki ilişkileri anlamak da önemlidir. Bir veya daha fazla ölçüt diğer ölçütlerin performansını etkileyebilir. Örneğin, demiryollarında, müşteri hizmetleri açısından tam zamanında yapılan teslimatların oranı trenlerin tam zamanında geliş ve gidişleri ve vagonların istasyon-sürelerine (dwell time) (istasyonda geçirilen süre) bağlıdır.

Ölçme yeteneği, bir lojistik sistem veya onun bileşenini tasarlamak ve/veya geliştirmek için kesinlikle gereklidir. Endüstriler piyasa paylarını ve kârlarını artırmak veya sürdürmek için çeşitli farklı alanlarda sürekli olarak geliştirmeler yapmak ile uğraşmaktadırlar. Bu yüzden herhangi bir örgütün başarısı için uygun ölçütler geliştirmek oldukça önemlidir. Başarılı performans ölçütleri daima açık, basit ve anlaşılması kolaydır. Ölçütler iş operasyonlarının önemli işleyen (çalışan) boyutlarını yansıtmalıdır. Bunlar işin tüm düzeyleri için mali ve mali-olmayan ölçümlerin her ikisi açısından da kritik başarı faktörlerini içermelidir. Çizelge 9.1 başlıca Amerikan şirketlerindeki, ulaştırma ve dağıtım fonksiyonlarında kullanılan ölçütlerin araştırmasının sonuçlarını özetlemektedir. Sonuçlar dağıtımda ve ulaştırmada çalışan insanların cevaplarına dayanmaktadır. Ulaştırma sütunu, ölçütler için yöneticilerin ulaştırma işlevine verdikleri cevapların sonucunda elde edilen ortalama dereceyi (burada 1 'önemsiz' ve 7 'çok önemli'dir) göstermektedir. Dağıtım sütunu, aynı ölçütler için yöneticilerin dağıtım işlevine verdikleri cevapların sonucunda elde edilen ortalama dereceyi göstermektedir.

Çizelge 9.1 Bir lojistik ölçütler araştırmasının sonuçları (Byers ve Cole, 1996)

| <i>Lojistik ölçütü</i>                                                                                                                                                                                     | <i>Ulaştırma<br/>Derecesi<sup>a</sup></i> | <i>Dağıtım<br/>Derecesi<sup>a</sup></i> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Tam zamanında teslimat                                                                                                                                                                                     | 6.83                                      | 6.67                                    |
| Eksiksiz ve zarar-görmemiş teslimat                                                                                                                                                                        | 6.83                                      | 6.33                                    |
| Doğru yük faturaları                                                                                                                                                                                       | 6.17                                      | 5.8                                     |
| İstek ve sorulara zamanında cevap verme                                                                                                                                                                    | 6                                         | 5.8                                     |
| Sipariş periyodu                                                                                                                                                                                           | 5.5                                       | 6.6                                     |
| Ortalama nakliye süresi                                                                                                                                                                                    | 6.4                                       | 5                                       |
| Siparişi karşılayamama oranı                                                                                                                                                                               | 4                                         | 6.14                                    |
| Siparişin doğruluğu ve tamlığı                                                                                                                                                                             | 6                                         | 6.57                                    |
| Müşteri ile iletişimi                                                                                                                                                                                      | 6                                         | 6.33                                    |
| Hizmet düzeyi                                                                                                                                                                                              | 6.5                                       | 6.14                                    |
| Envanterin doğruluğu                                                                                                                                                                                       | 5                                         | 6.5                                     |
| Öngörülerin doğruluğu                                                                                                                                                                                      | 5                                         | 5.75                                    |
| Siparişin seçimi                                                                                                                                                                                           | 5                                         | 6                                       |
| Siparişin yönetimi                                                                                                                                                                                         | 4                                         | 5.67                                    |
| Siparişin gönderilmesi                                                                                                                                                                                     | 4                                         | 6.2                                     |
| Depodaki kaybolama veya zarar görmelerin oranı                                                                                                                                                             | 4                                         | 6.17                                    |
| Toplam envanter başına üretilen iş                                                                                                                                                                         | 0                                         | 6.4                                     |
| Siparişi hazırlama süresi                                                                                                                                                                                  | 6                                         | 6.8                                     |
| Envanter ayarlamalarının değeri                                                                                                                                                                            | 0                                         | 6.33                                    |
| Envanteri yeniden doldurma süresi                                                                                                                                                                          | 5                                         | 6                                       |
| İş görme sürecindeki hataların yüzdesi                                                                                                                                                                     | 0                                         | 5.5                                     |
| Yılda gönderilen sipariş sayısı                                                                                                                                                                            | 1                                         | 5.5                                     |
| Satışların yüzdesi olarak toplam lojistik maliyeti                                                                                                                                                         | 6                                         | 6.25                                    |
| Satışların yüzdesi olarak net kâr                                                                                                                                                                          | 6                                         | 6.8                                     |
| <sup>a</sup> Ölçütler yöneticiler tarafından taşıma ve dağıtım işlevlerine göre derecelendirilmiştir. Yöneticiler ölçütlere 1 ile 7 arasında derece vermişlerdir. Burada 1 'önemsiz' ve 7 'çok önemli'dir. |                                           |                                         |

Yukarıdaki araştırma, ölçütlerin öneminin işlevsel alanlara bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Örneğin, yöneticiler 'toplam envanter başına üretilen iş' ve 'iş görme



sürecindeki hataların yüzdesi'ne 'önemsiz' derecesi vermişler. Ayrıca, ulaştırma yöneticileri tarafından en yüksek dereceyi alan 'tam zamanında teslimat' ve 'eksiksiz ve zarar-görmemiş teslimat' dağıtım yöneticilerinden en yüksek dereceyi alamamıştır.

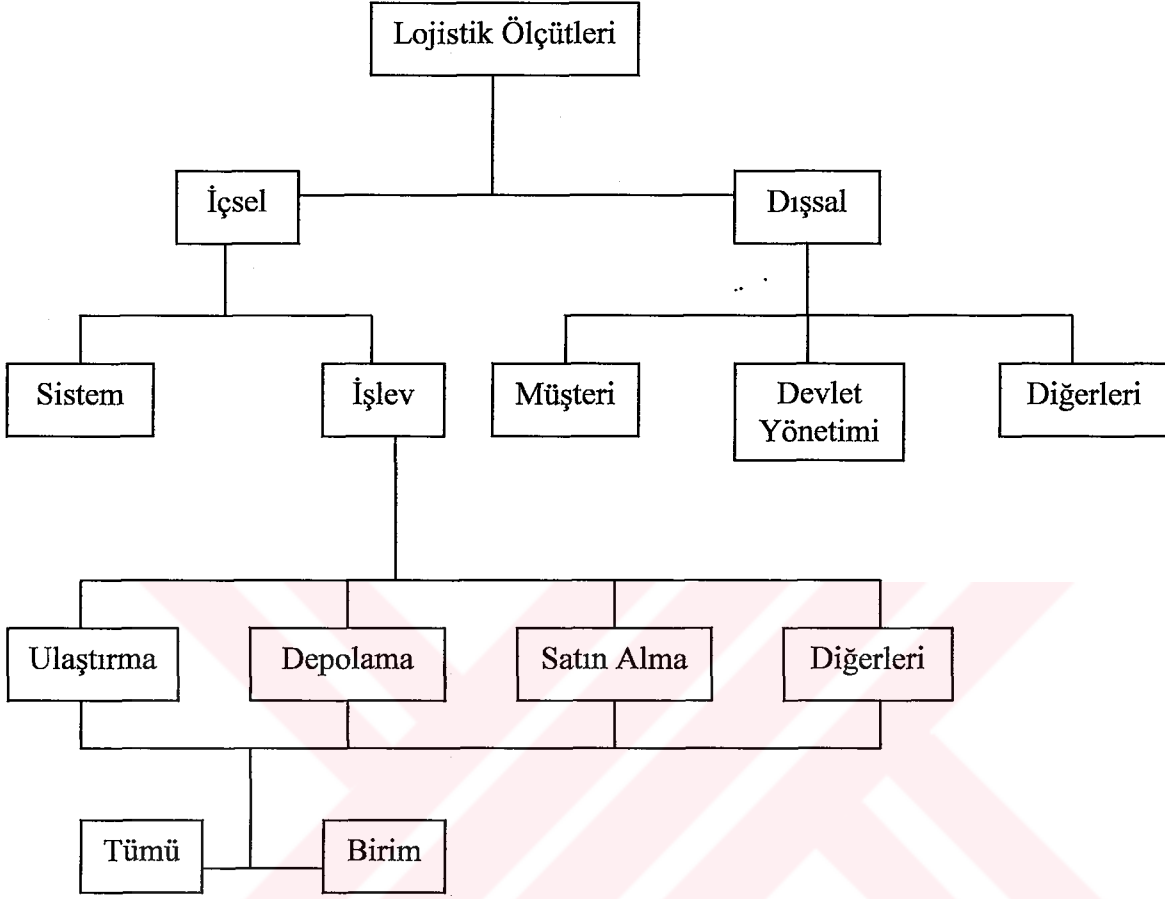
## 9.2 LOJİSTİK ÖLÇÜTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Lojistik ölçütleri örgüt için hem içsel hem de dışsal olan çeşitli lojistik işlevlerin performansını ölçmek için kullanılır. Ölçütler genellikle performansın süre, kalite, kullanılabilirlik, maliyet, kâr ve güvenilirlik yanına odaklanırlar. Şekil 9.1 lojistik ölçütlerinin üst düzey sınıflandırılmasını göstermektedir.

İçsel ölçütler, üretim tesisi, depolar ve ulaştırma ekipmanları gibi sistemin performansını veya lojistik sistemin içsel bileşenlerini ölçerler. İçsel ölçütlere örnek olarak makine kullanımı, deponun ürettiği iş ve kamyon kullanımı verilebilir. Dışsal ölçütler, müşteriler, borsalar, devlet yönetimi, üçüncü-parti acenteler gibi örgütün parçası olmayan varlıklar tarafından örgütün beklentilerinin yansımaları ölçerler. Dışsal ölçütlere örnek olarak defoluları değiştirme veya onarma süresi, malı toplama ve teslimat sıklığı ve tam zamanında teslim edilen malın yüzdesi verilebilir. Dışsal ölçütler, genelde, dışsal katılıma bağlı olarak uygun düzeyde tanımlanır. Bir şirketin hizmetini satın alan bir müşteri için hizmet, ne kadar iyi (zaman, maliyet ve kalite) sağlandığı ile ölçülecektir. Bir banka veya yatırım şirketi hizmeti sistem-düzeyindeki performansa odaklanacaktır. İçsel ölçütlerin dışsal ölçütleri etkilediği de unutulmamalıdır. Ulaştırma işi yapan bir taşıyıcı için tam zamanında teslimatın yüzdesi dışsal bir ölçüttür. Bununla birlikte, dışsal ölçütler, teslimat kamyonlarının tam zamanında kalkması, kamyonların güvenilirliği, yolda geçen zamanın oranı v.b. gibi içsel ölçütler tarafından etkilenir. Dışsal ölçütler tipik olarak mali ve hizmet yönelimlidir.

Ölçütler, odak ve detay düzeyine göre stratejik ve işlevsel olarak sınıflandırılabilir. Stratejik ölçütler tüm sistem-düzeyi performansına odaklanırken, işlevsel ölçütler birim-düzeyi veya makine-düzeyi performansına odaklanılır. Her iki durumda da ölçütler özdeş olabilir. Makine kullanımını ölçerken, bir sistem-düzeyi ölçütü tüm öğütme makinelerinin kullanımına odaklanmışken, bir birim-düzeyi ölçütü tek başına özel bir öğütme makinesine odaklanır. Tüm ölçütler mali ve mali-olmayan olarak sınıflandırılabilir. Mali ölçütler maliyetler veya gelirler veya kâr olabilir, ve mali-olmayan ölçütler hizmet ve üretkenlik veya faydalanma ile ilgili olabilir. Çoğunlukla kullanılan mali ölçütler birim ulaştırma maliyetleri, işletim oranı

(harcamalar / net sayırlar) ve envanter dönüşüm oranıdır (inventory turnover ratio). Tipik mali–olmayan ölçütler makine kullanımı, geri çevirmelerin yüzdesi ve tam zamanında varıştır.



Şekil 9.1 Lojistik ölçütlerinin sınıflandırılması. Ölçütler mali veya mali–olmayan olabilir. Mali ölçütlere örnek olarak maliyet ve gelir verilebilir; mali–olmayan ölçülere örnek ise, hizmet ve üretkenliktir.

### 9.3 LOJİSTİK ÖLÇÜTLERİ

Bu bölümde, lojistik sistemde ve sistemin çeşitli işlevsel alanlarında yaygın olarak kullanılan çok sayıda ölçüt tanımı ve örneği verilecektir.

#### 9.3.1 Sistem–düzeyinde İçsel Ölçütler

Sistem–düzeyinde içsel ölçütler şirketin performansının mali ve mali–olmayan yanına odaklanırlar. Aşağıda şu mali ölçütlere kısaca değinilecektir: işletim oranı, net kâr oranı ve envanter dönüşüm oranı (Riggs, 1982). Varlık kullanımı, toplam döngü süresi, sistemin

çalışma süresi, defolu ürün, talebin karşılanma yüzdesi ve güvenlik mali-olmayan ölçütlerin kapsamındadır.

### 9.3.1.1 Mali Ölçütler

#### 9.3.1.1.1 İşletim Oranı

İşletim oranı, çalışılan işin işletme maliyetlerini karşılayabilmek için toplam gelirden alınan para miktarını göstermektedir:

$$\text{işletim oranı} = \frac{\text{toplam işletim harcamaları}}{\text{toplam gelir}}$$

Düşük bir oran belli (aşikâr) sebepler için tercih edilir.

#### 9.3.1.1.2 Net Kâr Oranı

Net kâr oranı, vergi sonrası kâr ile satışları veya toplam mal varlıklarını karşılaştırır. Bu oranın paydasında satışların olması belirli miktarda kâr yapmak için gerekli olan satışların düzeyini gösterir. Paydada toplam mal varlıkları bulunduğu anda ise, oran yatırımın getirisini ölçer:

$$\text{net kar oranı} = \frac{\text{vergi sonrası kar}}{\text{toplam satışlar}}$$

$$\text{net kar oranı} = \frac{\text{vergi sonrası kar}}{\text{toplam mal varlıkları}}$$

#### 9.3.1.1.3 Envanter Dönüşüm Oranı

Envanter dönüşüm oranı şirket boyunca hareket eden malların hızını değerlendirmekte faydalıdır. Bu oran yıl boyunca envanterin kaç kere döndüğünü saptamaktadır:

$$\text{envanter dönüşüm oranı} = \frac{\text{satılan malların maliyeti}}{\text{ortalama envanter yatırımı}}$$

Genelde yüksek envanter dönüşüm oranı daha iyidir.

### 9.3.1.2 Mali–olmayan Ölçütler

#### 9.3.1.2.1 Varlık Kullanımı

Varlık kullanımı, bir şirketin varlıklarının verimli olarak çalışarak istenilen çıktıyı oluşturmak için harcadıkları süreyi belirtir:

$$\text{varlik kullanimi} = \frac{\text{calisilan guncel süre}}{\text{bir periyottaki toplam saat}}$$

Açıkçası, yüksek varlık kullanımı tercih edilir. Eğer kullanım oranı düşükse, bu durum güvenilir ekipman, malzeme eksikliği, gücün kesilmesi gibi başka bir problemin belirtisi olabilir.

#### 9.3.1.2.2 Toplam Döngü Süresi

Toplam döngü süresi, siparişin alınmasından gönderinin müşterinin eline geçmesine kadar geçen süredir. Toplam döngü süresi çeşitli farklı zaman elemanlarının toplamıdır:

$$\text{Toplam döngü süresi} = \text{maksimum} \{ (\text{siparişi hazırlama süresi} + \text{üretimdeki gecikme süresi} + \text{ulaştırma süresi}), (\text{siparişi hazırlama} + \text{depodan teslim etme süresi}) \}$$

Daha iyi hizmet sunabilmek için döngü süresinin azaltılması ve varlık kullanımının artırılması istenir.

#### 9.3.1.2.3 Sistemin Çalışma Süresi

Sistemin çalışma süresi, gerekli ona hizmet veya çıktı sunulurken veya üretilirken kullanılabilir sistem süresinin yüzdesini göstermektedir:

$$\text{sistemin calisma suresi} = \frac{\text{kullanilabilir sistem zamani}}{\text{bir periyottaki toplam sure}}$$

#### 9.3.1.2.4 Defolu Olma Yüzdesi

Defolu olma yüzdesi, şirketin üretim ve denetim sürecinin kalitesini göstermektedir ve gönderilen çeşitli defolu mallara karşı çeşitli müşterilere nakledilen toplam gönderi sayısına göre ölçülür:

$$\text{defolu olma yuzdesi} = \frac{\text{gonderilen toplam defolu mal}}{\text{toplam gonderi sayisi}}$$

Bu ölçüt, sistemin çıktı güvenilirliğinin ve müşteri tatminin göstergesidir.

#### 9.3.1.2.5 Karşılanaan Talep Yüzdesi

Karşılanaan talep yüzdesi bir şirketin operasyonel kabiliyetlerinin göstergesidir:

$$\text{karsilanan talep yuzdesi} = \frac{\text{tamamlanan siparisler}}{\text{toplam talep}}$$

Burada talebi karşılayamamak için çeşitli sebepler olabilir. Sebeplerden bazıları öngörü eksikliği, yetersiz kapasite, düşük envanter düzeyleri, kötü kalite ve güvenilmez üretim ve dağıtım sistemidir.

#### 9.3.1.2.6 Güvenlik

Güvenlik, rapor edilebilir hasar sayısı, kazalar olduğu gibi bunlardan kaynaklanan kayıp zaman miktarıyla da ölçülebilir. Güvenlik eksikliğinin maliyetini herkes öder. Güvensiz hareketler insanların, ürünlerin ve mülkün zarar görmesine, çalışanların ve tesislerin boş kalmasına ve düşük üretkenlik ve işgücüne ve yüksek maliyetlerin oluşmasına öncülük eder. Şirketlerin çoğu tarafından kullanılan iki popüler ölçüt vardır. Ölçütler şirket, işlevsel veya bölüm düzeyinde kullanılabilir. Birincisi her milyon insan-saatinde bir etkisiz kılınan zarar sayısını yansıtan sıklık oranıdır:

$$\text{siklik orani} = \frac{\text{zaman kaybedilen zarar sayisi}}{\text{calisilan insan - saati}} \times 1000000$$

İkincisi işgücü kayıp oranı olarak bilinir ve her bir milyon insan-saatindeki kayıp insan-günü sayısını yansıtır:

$$\text{isgucu kayip orani} = \frac{\text{kayip insan - günü sayisi}}{\text{calisilan insan - saati}} \times 1000000$$

Sıklık oranı tüm kazaların eşit öneme sahip olduğunu varsayarken, işgücü kayıp oranı kayıp-insan gününe göre kazaların önemini hesaba katmaktadır.

### 9.3.2 İşlev–düzeyinde İçsel Ölçütler

Bu bölümde, lojistiğin içinde bazı önemli işlevler ile ilgili birkaç ölçütten bahsedilecektir – ulaştırma, depolama, envanter kontrolü, üretim, bakım ve satıcı seçimi –. Burada gösterilen ölçütler, çoğu zaman, tüm performans ölçümü ile olduğu gibi, birim–düzeyindeki performans için de uygundur. Örneğin, performans ölçütü olarak lokomotif kullanımı, tüm lokomotif filosuna veya belirli türdeki lokomotiflere, veya özel tek bir lokomotifte uygulanabilir. Her işlevsek alandaki mali ve mali–olmayan ölçütler aşağıda gösterilmiştir.

#### 9.3.2.1 Satıcı Seçimi

Bu kategorideki ölçütler satıcıların geçmiş performanslarına dair bilgileri oluştururken çok faydalıdır. Bu ölçütlerin amacı kalite, maliyet ve teslimat güvenilirliğine göre mevcut satıcıları değerlendirmektir.

##### 9.3.2.1.1 Kaliteli Parçaların Yüzdesi

Kaliteli parçaların yüzdesi, sununun güvenilirliğinin teslim edilen parçaların kalitesine göre ölçümüdür:

$$\text{kaliteli parçaların yüzdesi} = \frac{\text{toplam sunu} - \text{defolu mal}}{\text{toplam sunu miktarı}}$$

İdeal olan buradaki oranın %100 olmasıdır. Aksi halde, bu eksik parçalar oluşur ve bunları satıcıya geri göndermenin veya yeniden yapmanın ilave maliyeti ile karşılaşılır.

##### 9.3.2.1.2 Birim Maliyet

Birim maliyet, tipik olarak üretim, paketleme, elleçleme, depolama ve ulaştırma maliyetlerini içerir. Diğer tüm maliyetler birbirine eşit olduğundan, miktar indirimi olmadığı varsayılarak satıcı seçimi birim maliyetlere göre yapılır. Miktar indirimleri söz konusu olduğunda seçim, toplam teslimat maliyetine göre yapılacaktır:

$$\text{Birim maliyet} = \text{genel gider maliyeti} + (\text{üretim} + \text{paketleme} + \text{elleçleme} + \text{depolama} + \text{ulaştırma})'nın \text{maliyeti}$$

##### 9.3.2.1.3 Teslimatın Güvenirliği

Teslimat güvenirligi, alıcının siparişinin teslimatındaki değişikliği gösterir. Alıcı için önemli olan iki şey vardır. Birincisi söz verilen sürede teslimatın yapılmasıdır. İkincisi değişiklik

olmamasıdır. Birçok müşteri düşük değişkenlik oranını ve yüksek söz verilen sürede teslimatın yapılması oranını tercih edecektir. Değişkenliği saptamak için kullanılabilecek basit bir formül aşağıda gösterilmiştir:

$$\text{Teslimat güvenirligi} = \frac{\text{maksimum teslimat süresi} - \text{minimum teslimat süresi}}{\text{ortalama teslimat süresi}}$$

Standart sapmaya dayanan diğer formüller, teslimat güvenirlliğini daha fazla doğruluk ile ölçebilirler.

#### 9.3.2.1.4 Eksiksiz Teslimat

Eksiksiz teslimat, eksiksiz olarak teslim edilen siparişlerin yüzdesinin ölçüsüdür. Eğer bir teslimat doğru miktarı ve doğru malları içermiyorsa eksik teslimat olarak değerlendirilir:

$$\text{eksiksiz teslimat} = \frac{\text{eksiksiz olarak teslim edilen sipariş sayısı}}{\text{bir periyottaki toplam siparişler}}$$

#### 9.3.2.2 Ulaştırma

##### 9.3.2.2.1 Nakliye Süresi

Nakliye süresi, malın başlangıçtan sona yaptığı seyahatte harcadığı zamanın ölçüsüdür. Başlangıç veya son, müşteri, dükkan, depo veya üretim tesisi gibi lojistik sistem içerisindeki herhangi bir yer olabilir:

$$\text{Nakliye süresi} = \text{seyahat süresi} + \text{istasyonlarda veya limanlarda bekleme süresi} \\ + \text{aktarma süresi} + \text{elleçleme süresi}$$

Nakliye süresi yükü bir taşıma türünden diğerine aktarma veya bir araçtan diğerine (kamyon, tren, uçak veya gemi) aktarma süresi olabilir. Elleçleme süresi, başlangıçta veya sonda, yükü yükleme veya boşaltma süresidir.

##### 9.3.2.2.2 Nakliye Süresinin Değişkenliği



Nakliye süresinin değişkenliği ölçütü, nakliye süresindeki değişikliği yakalamaktadır. Bu ölçüt ulaştırma işlevinin güvenilirliğinin göstergesidir. Daha önce bahsedildiği üzere, nakliye süresinin standart sapması kullanılarak ölçülebilir:

$$\text{nakliye süresinin değişkenliği} = \frac{\text{maksimum nakliye süresi} - \text{minimum nakliye süresi}}{\text{ortalama nakliye süresi}}$$

Yine, müşteriler daha düşük nakliye süresi değişkenliğini tercih ederler, çünkü bu onlara işlerini daha verimli olarak planlama imkanı verir.

#### 9.3.2.2.3 Birim Başına Ulaştırma Maliyeti

Birim başına ulaştırma maliyeti ölçütü, ürün veya parçanın bir birimi için maliyeti gösterir. Ton başına ulaştırma maliyeti, dorse başına ulaştırma maliyeti v.b. diğer benzer ölçütlerdir. Ulaştırma maliyeti ulaştırma işlevinin sabit ve değişken bileşenlerini içerir. Bununla ilgili çeşitli yaklaşımlar Bölüm 8'de gösterilmiştir.

#### 9.3.2.2.4 Zarar-görmemiş Teslimat

Zarar-görmemiş teslimat ölçütü ulaştırma hizmetinin kalitesinin göstergesidir. Düşük zararın oluşması hem müşteri hem de hizmet sağlayıcı için daha iyidir. Kaybolan gönderiler tamamen hasar görmüş ve onarılamaz olarak hesaba katılır:

$$\text{zarar - görmemiş teslimat} = \frac{\text{zarar - görmemiş teslimatların sayısı}}{\text{toplam teslimat sayısı}}$$

#### 9.3.2.2.5 Sorunsuz Teslimat

Bu ölçüt ulaştırma işlevinin tüm kalitesinin ölçüsüdür. Tam zamanında, eksiksiz, zarar-görmeden ve tüm evrakları ile birlikte ulaşan teslimat sayısına göre değerlendirilir:

$$\text{Sorunsuz teslimat} = \frac{\text{sorunsuz teslimatların sayısı}}{\text{toplam teslimat sayısı}}$$

#### 9.3.2.2.6 Ekipmandan Faydalanma

Ulaştırma ekipmanlarının çoğu oldukça pahalıdır. Ekipmanlar tahrik gücü ve dorseleri veya römorkları içerirler. Ekipmandan faydalanmayı maksimuma çıkarmak oldukça önemlidir.

Yüksek faydalanmanın anlamı malları hareket ettirmenin maliyetinin düşük olması ve/veya ekipmanların hızlı çalışarak zamandan tasarruf etmeleridir.

Ekipmandan faydalanma çeşitli yollarla ölçülebilir. Dorse veya römorktan faydalanma aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{Dorse veya vagondan faydalanma} = \frac{\text{yuklu seyahat süresi}}{\text{toplam seyahat süresi}}$$

Toplam seyahat süresi, bekleme süresi, yükleme ve boşaltma süresi ve güncel seyahat süresinden oluşur. Alternatif olarak aşağıdaki kullanılabilir:

$$\text{Tahrik gücünden faydalanma} = \frac{\text{aktif çekme süresi}}{\text{toplam süre}}$$

Aktif çekme süresi, traktör veya lokomotifin römork veya vagonu çekerken harcadıkları süredir. Toplam süre, aktif çekme süresi, bakım süresi, boşta bekleme süresi ve diğer bekleme sürelerinden oluşur.

#### 9.3.2.2.7 Tesisten Faydalanma

Tesisten faydalanma, ekipman (römorklar veya dorseler ve uçak, lokomotif, traktör ve römorkör) kullanarak tesisin verimliliğinin ölçümüdür. Bu tesis havaalanı, demiryolu terminali ve liman olabilir. Bu ölçüt tesisten ayrılma ve tesise gelme arasındaki zamanın ölçüsüdür ve bu yaygın olarak istasyon-süresi olarak bilinir. Birçok şirket planlanan istasyon-süresine karşı güncel istasyon-süresini izlemektedir:

Römork veya dorsenin istasyon-süresi = gidiş zamanı – geliş zamanı

Lokomotifin istasyon-süresi = gidiş zamanı – geliş zamanı

#### 9.3.2.2.8 Tam Zamanında Geliş ve Gidiş

Bu ölçüt ulaştırma şirketleri tarafından en çok kullanılanlardan biridir. Tam zamanında tanımı endüstriden endüstriye ve endüstri içinde de şirketten şirkete değişebilir. Bir havayolu 5 dakika olarak ölçerken, demiryolu 4 saat olarak ölçebilir:

$$\text{Tam zamanında gelis veya gidis} = \frac{\text{tam zamanında gelis veya gidis sayisi}}{\text{gelis ve gidislerin toplam sayisi}}$$

### 9.3.2.3 Envanter Kontrolü

Bu bölümde maliyet ve hizmet ile ilgili ölçütler gösterilmiştir (Tersine, 1994). Maliyetle-İlgili ölçütler envanter kontrol işlevinin mali performansının göstergesi olarak kullanılır. Hizmet ölçütleri, müşterinin işleve olan ilgisini ölçmektedir. Müşterinin ilgisi süre ve kullanılabilirliğe göre ölçülür.

#### 9.3.2.3.1 Birim Başına Envanter Maliyeti

Birim başına envanter maliyeti bir birim envanter taşımanın maliyeti ve depolama maliyetidir. Depolama maliyetleri, ısı ve ışık, sigorta ve güvenlik gibi envanteri korumak için gereken kira, vergiler ve diğer maliyetleri içerir. Ayrıca eskime maliyetini de içerir.

#### 9.3.2.3.2 Envanterin Toplam Değeri

Toplam envanter değeri, toplam envanterin değerini maliyet olarak temsil eder. Bu ölçüt envanter yatırımı miktarının ölçüsüdür. Birçok şirket bu miktar için bir üst sınır koyarlar. Bu basit ve kullanımı kolay bir ölçüttür fakat envanterin dinamik yapısını yansıtır.

#### 9.3.2.3.3 Envanter Dönüşümü

Envanter dönüşümü bölüm 9.3.1'de mali ölçütlerin alt başlığı altında anlatılmıştır.

#### 9.3.2.3.4 Talebin Karşılanamaması

Talebin karşılanamaması, müşterinin bakış açısından bulunabilirliğe göre envanter kontrolünün performansını ölçmektedir:

$$\text{talebin karsilanamamasi} = \frac{\text{zaman icinde karsilanamayan talep}}{\text{toplam talep}}$$

Talebin karşılanamaması memnuniyetsiz müşterilere ve piyasa erozyonunun oluşmasına sebep olur. Müşteriler bazen, rekabet eksikliği veya malın üst düzey olması nedeniyle, sunucudan malın gelmesini beklemek isteyebilirler. Bu durumda, talebi karşılama sürecini hızlandırmak için ilave masraflar yapmak gerekecektir.

### 9.3.2.4 Depolama

Deponun esas amacı, gerektiği zaman maddelerin saklanması ve geri alınmasını kolaylaştırmaktır. Depo performansı ile ilgili dört temel ölçüt maliyet, faydalanma, zaman ve kalite ile ilgilidir.

#### 9.3.2.4.1 Zaman

Depolanan bir maddenin depodan geri alınma süresi doğrudan müşteri hizmetlerini etkileyen bir durumdur. Siparişi toplama süresi, müşterinin istediği tüm ürünlerin toplanmasının ne kadar zaman alacağını ölçüsüdür. Şirketler, değer, kullanma sıklığı ve kullanılan hacme göre farklı malların depolama yerlerini belirlerken çeşitli farklı yaklaşımları benimserler:

Siparişi toplama süresi = siparişin işlenmesi süresi + birinci yerden seyahat süresi  
 + yerler arasında seyahat süresi + son yerden seyahat süresi  
 + toplama süresi + karışıklık veya bekleme süresi

Siparişin işlenmesi süresi maddelerin yerlerinin belirlenmesini ve maddeleri almak için rotanın planlanmasını içerir. Karışıklık veya bekleme süresi malzeme elleçleme ekipmanını beklerken harcanan süre, tıkanıklık sebebiyle hareket esnasında oluşan durmalar v.b. gibi sürelerle ilgilidir.

#### 9.3.2.4.2 Ekipmandan Faydalanma

Bu ölçüt ulaştırma altında bahsedilen ekipmandan faydalanma ile çok benzerdir fakat burada malzeme elleçleme ekipmanı söz konusudur.

#### 9.3.2.4.3 Deponun Ürettiği İş

Deponun ürettiği iş, bir depolama sisteminin saat başına alabileceği veya depoya yerleştirebileceği ve depodan dışarıya gönderebileceği ortalama yük miktarı ile tanımlanabilir. Sistem gün boyu oluşabilecek maksimum işe göre tasarlanmalıdır. Siparişi toplama ile malzeme elleçleme sistemini kullanmanın birleşimi deponun ürettiği işi etkilemektedir.

#### 9.3.2.4.4 Birim Başına Depoyu İşletme Maliyeti

Birim başına depoyu işletme maliyeti, bir depoyu işletmenin maliyet-etkinliğini ve depo büyüklüğünü ve ürettiği iş tarafından etkilenmesini ölçmektedir. Sabit maliyet bileşeni depo boyutu ile birlikte artmaktadır. Sabit maliyet bileşeni, inşa etme, ekipman ve sabit ücretleri içermektedir. Değişken maliyet bileşeni işlenen yük sayısı ile artmaktadır; bununla birlikte,

birleşik birim maliyeti düşmektedir. Değişken bileşenler insan-gücü sözleşmesi, değişken kullanımlar, yakıt v.b. içermektedir. Genel gider harcamaları ısınma, aydınlatma, sigorta, vergiler v.b. dir.

#### 9.3.2.5 Üretim ve İmalat

Bu bölümdeki ölçütler üretim ekipmanlarından faydalanma, üretim hattından gelen ürünün kalitesi ve birleşmiş maliyetleri ölçmektedir.

##### 9.3.2.5.1 Üretim Oranı

Üretim oranı, bir vardiyada, bir günde veya belirli bir periyotta üretilebilecek birim sayısıdır. Üretim oranı üretimin döngü süresini belirlemektedir (Groover, 1987). Bu oran, hazırlama kapasitesine, üretim ekipmanlarının mevcudiyetine ve üretim sürecinin kalitesine bağlıdır:

Üretim oranı = (hazırlama kapasitesinin oranı) × (defolu mal yüzdesi) × (bulunabilirlik oranı)

Birim başına üretim süresi üretim oranının tersidir.

##### 9.3.2.5.2 Birim Başına Üretim Oranı

Birim başına üretim oranı, işgücünün, malzemenin, araçların, ekipmanların ve bir birim ürün üretmek için genel giderlerin toplam maliyetidir. Bunlar ayrıldığında güncel üretim maliyeti, kurulum maliyeti ve araç ve ekipmanları değiştirme maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Birim üretim üretilen kaliteli ürün sayısından etkilenmektedir.

##### 9.3.2.5.3 Defolu Ürünler

Bazı defolu ürünler değişmezdir. Bir defolu ürün onararak kaliteli bir ürüne dönüştürülebiliyorsa, üretim oranı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmayacaktır. Eğer bir ürün onarılamıyorsa, hurdaya çıkması gerekir ve bu da üretim oranını aşağıya çeker. Defolu ürünler, defoları onarma maliyeti, kayıp işgücü ve ıskartaya çıkarmaya bağlı maliyetler yüzünden birim üretim maliyetini artırır:

$$\text{ıskartaya cikarma yuzdesi} = \frac{\text{onarilamayacak birim sayisi}}{\text{uretilen toplam birim sayisi}}$$

##### 9.3.2.5.4 Makine veya Tesisten Faydalanma

Makine ve tesisten faydalanma ölçütü daha önce değinilen ekipmandan faydalanma ile çok benzerlik göstermektedir ve burada ulaştırma yerine üretim ekipmanları ve tesislerine uygulanmaktadır.

#### 9.3.2.6 Bakım

Bakım herhangi bir sistemi yeterli olarak kullanabilmek için gereklidir. Bakım ölçütü, ekipmanın hizmet zamanı, ekipman bozulduğu zaman onarma süresi ve bakımın maliyetini ölçmektedir.

##### 9.3.2.6.1 Lojistik Gecikme Süresi

Lojistik gecikme süresi, kullanılabilir olmak için yedek parça beklemek, ulaştırma için beklemek, teknisyenin gelmesini beklemek v.b. gibi aksaklıkların süresinin ölçüsüdür. Bu güncel aktif aksama süresini içermez:

Lojistik gecikme süresi = kaynak(ların) zamanında kullanılamamasından gelen tüm bekleme sürelerinin toplamı

##### 9.3.2.6.2 Onarım İçin Ortalama Süre

Onarım için ortalama süre,  $\overline{t^r}$ , düzeltici bakımı gerçekleştirirken ortaya çıkan ortalama aktif bakım süresidir. Bu süre arızanın türüne ve arızaların olma sıklığına bağlıdır. Aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\overline{t^r} = \frac{\sum f_j t_j}{\sum f_j}$$

burada  $f_j$   $j$  arıza türünün olma sıklığı ve  $t_j$   $j$  türündeki arızayı onarmanın ortalama süresidir.

##### 9.3.2.6.3 Arızalar Arasındaki Ortalama Süre

Arızalar arasındaki ortalama süre,  $\overline{t^f}$ , iki arıza arasındaki geçen ortalama süredir. İki arıza arasındaki süre, yeni oluşan arızanın zamanı ile önceden tespit edilmiş arızanın zamanı arasındaki farktır. Bu ölçüt, tüm kesintisiz sistem hizmet sürelerinin ortalaması olarak da tanımlanabilir:

$$\overline{t^f} = \frac{1}{n} \sum t_j^u$$

burada  $(t_j^u)$ ,  $(j - 1)$  ve  $(j)$  arızaları arasındaki hizmet süresini, ve  $n$  de arıza sayısını göstermektedir.

#### 9.3.2.6.4 Üretilen Birim Başına Bakım Maliyeti

Üretilen birim başına bakım maliyeti, kaliteli ürünler üretmek ve ürünleri güvenli ve zarar görmeden ulaştırmak için üretim, ulaştırma ve elleçleme ekipmanlarının iyi durumda olmasını sağlayan önleyici ve düzeltici adımlardan oluşur. Bakım maliyetleri işgücü, araç ve gereçler, yedek parçalar ve diğer genel gider kalemlerinden oluşur.

### 9.3.3 Dışsal Ölçütler

Dışsal ölçütler, bir şirketin performansının mali ve mali-olmayan yanlarının dışarıdan bir bakış açısı ile değerlendirilmesini sağlar. Dışarıdakiler genellikle müşteriler, devlet yönetimi ve yatırımcılardır.

#### 9.3.3.1 Müşteri Hizmetleri

Aslında müşteri hizmetlerinin üç boyutu vardır: kalite, zaman ve maliyet. Kalite endüstrinin türüne bağlı olarak çeşitli yollardan ölçülebilir veya açıklanabilir. İmalat endüstrisi için kaliteli ürünler veya parçaların sayısı; ulaştırma endüstrisi için de tam zamanında teslim edilen gönderi sayısı ile açıklanabilir. Zaman-tabanlı ölçütler müşterinin bekleme süresini yansıtmaktadır. Üretim endüstrisinde, bu durum üretimin ve teslimatın gecikme zamanı (sipariş ve alındı arasında geçen süre) ile ölçülür. Perakendecilik endüstrisinde, bu durum belirli bir zaman içerisinde ürünlerin bulunabilirliği ile ölçülebilir. Aslında maliyet-tabanlı ölçütler üretim veya hizmeti sağlamanın birim maliyetini göstermektedir. Çok farklı endüstriler olduğundan müşteri hizmetleri ölçütleri listesi gerçekten sonsuzdur. İşlevsel-düzeyde veya sistem-düzeyindeki bazı içsel ölçütler müşteri hizmetleri ölçütleri anlamında faydalı olabilir. Bunlara örnek olarak tam zamanında teslimat ve kalkış, üretimde gecikme zamanı, ulaştırma maliyetleri ve üretim maliyetleri verilebilir. Bu bölümde sadece birkaç tane müşteri hizmetleri ölçütlerinden bahsedilecektir.

##### 9.3.3.1.1 Hizmetin Güvenirliği



Birçok ulaştırma şirketi müşteri hizmetleri performanslarını ölçmek için bu ölçütü kullanmaktadır. Bu ölçüt, söz verilen teslimat zamanının belirli zaman birimlerindeki müşteriye teslim edilen gönderilerin sayısı ile ölçülür. Buradaki zaman birimleri günler, saatler veya dakikalar olabilir. Örneğin, demir yollarında bu süre söz verilen zamanın  $\pm 4$  saatidir:

$$\text{Hizmetin guvenirligi} = \frac{\text{soz verilen zamanin } \pm 4 \text{ saati icinde geceklesen gonderi sayisi}}{\text{toplam gonderi sayisi}}$$

#### 9.3.3.1.2 Müşterilerin Şikayetleri

Müşteri şikayetleri çeşitli sebeplerden dolayı artabilir. Bazı yaygın şikayetler şunlardır: geç geliş, geç gidiş, zamanında yapılmayan teslimat, kaybolan veya zarar gören teslimat, doğru-olmayan sipariş ve kalitesiz parçalar. Birçok şirket tüm şikayetleri toplamaktadır:

Müşteri şikayetleri = belirli bir zaman içerisindeki şikayetlerin sayısı

Bazı firmalar şikayetleri işlevsel alanlara göre ayırmaktadır.

#### 9.3.3.2 Devlet Yönetiminin Bakış Açısı

Devlet yönetimleri, endüstri performansını yaratılan yeni iş sayısı, vergilerden elde edilen gelirler, yeni alt yapı yatırımları ve diğer endüstrilere yapılan etkilere göre ölçme eğilimindedir. Devlet yönetimleri kirlilik, kalabalıklık ve suç gibi olumsuz yönleri de değerlendirirler. Örneğin, yeni bir eğlence parkının açılması yeni istihdam yaratır, yeni yolların yapılmasına öncülük eder ve lokantalar ve oteller gibi diğer destekleyici endüstrilerin yaratılmasını sağlar. Bunun olumsuz etkileri ise trafik sıkışıklığı ve park problemi olabilir.

#### 9.3.3.3 Yatırımcıların Bakış Açısı

Yatırımcılar ve hissedarlar şirketin performansı hakkında tamamen farklı bir bakış açısına sahiptirler. Bu bakış açısı neredeyse her zaman paraya endekslidir. Hissedarların ilgisini çeken iki mali ölçüt aşağıda verilmiştir (Riggs, 1982).

##### 9.3.3.3.1 Hisse Başına Kazanç

Hisse başına kazanç, elde tutulan hisselerin toplamına göre, kazanç (vergi sonrası işletme gelirleri) anlamında şirketin ne kadar iyi olduğunu gösteren bir ölçüttür. Ne kadar iyi olması demek daha iyi performans gösterme anlamındadır:

$$\text{hisse basına kazanc} = \frac{\text{elde tutulan kazançlar}}{\text{hisse sayısı}}$$

### 9.3.3.3.2 Mali Kaldıraç

Mali kaldıraç toplam borçların toplam varlıklara oranıdır:

$$\text{Mali kaldıraç} = \frac{\text{toplam borç}}{\text{toplam varlıklar}}$$

100 milyon dolar varlığı ve 60 milyon dolar borcu olan bir şirketin kaldıraç oranı 0.6'dır. yüksek kaldıraç oranı firma dışından daha fazla para alındığını gösterir, ilave miktarı yatırımlara yüksek geri dönüş olur. Bununla birlikte, mal varlıklarının borçla finanse edilmesinden dolayı geleceğe yönelik belirsizlikler artar.

## 9.4 LOJİSTİK ÖLÇÜTLERİNDEKİ KONULAR

Bu bölümde lojistik ölçütlerinin anlaşılması ve uygulanması ile ilgili konulardan bahsedilecektir. Aşağıdaki liste bu konuların çoğunu kapsamaktadır:

- Ölçütler için basit kriterler – ölçme, hesaplama ve yorumlama açısından basit ve kolay anlama –;
- Ölçüm birimleri (ölçüm dereceleri) ve kullanılabilir veri;
- Hangi sıklıkta ölçüm yapılacak ve raporlanacak ve raporları kim alacak;
- Raporlama biçimi – grafikler veya çizelgeler (hedefe karşı mevcut durum) ve konjonktür analizi;
- Ölçütler arasındaki ilişkilerin modellenmesi ve ilgili ölçütler için hedeflerin belirlenmesi;
- Gerekli olan bölümler veya varlıklar;

### 9.4.1 Ölçütler İçin Kriterler

Genelde ölçütleri anlamak çok kolay ve basit olmalıdır. Bölümler–arası yapısı ve çeşitli lojistik işlevlerin içindeki dışsal acentelerin katılımı sebebiyle bu gereksinim lojistik ölçütleri için daha önemlidir. Herhangi bir ölçütün amacı bir işlevin veya varlığın performansını ölçmek, performansı izlemek ve eğer performans düşük seviyedeysse düzeltici hareketleri

yapmaktır. Hatta, iyi veya çok iyi performansın nedenlerinin anlaşılması da bu performansı daha genişletilmiş bir zaman periyodu içinde koruyabilmek için önemlidir. Bu amaçlar sadece basit ölçütlerin kullanılmasıyla başarılabilir. Tüm konularda ölçütün anlaşılabilir olması önemlidir. Tanımda belirtildiği gibi tüm ölçütler odaklanılabilir ve ölçülebilir olmalıdır. Ölçülebilirlik nicel olarak tanımlanabilirlik ve verinin uygulama için kullanılabilir veya kullanılacak olmasını vurgulamaktadır. Kullanılan ölçüt sayısını minimize etmekte oldukça önemlidir (eğer mümkünse, aynı veya benzer ölçütler birleştirilmelidir). Büyük miktarda ölçütün kullanılması tüm ölçütlerin kullanımının – özellikle de esas ölçütlerin – verimini düşürmektedir. Örgüt içerisindeki farklı bölümlerdeki ölçütlerin benzer yapısı mutlaka birbiri ile uyumlu olmalıdır. Örneğin, eğer ulaştırma bölümünün verimliliği birim başına ulaştırma maliyetine göre ölçülüyorsa, diğer tüm bölümler için ölçüm yapılırken mutlaka birim maliyeti baz alınmalıdır.

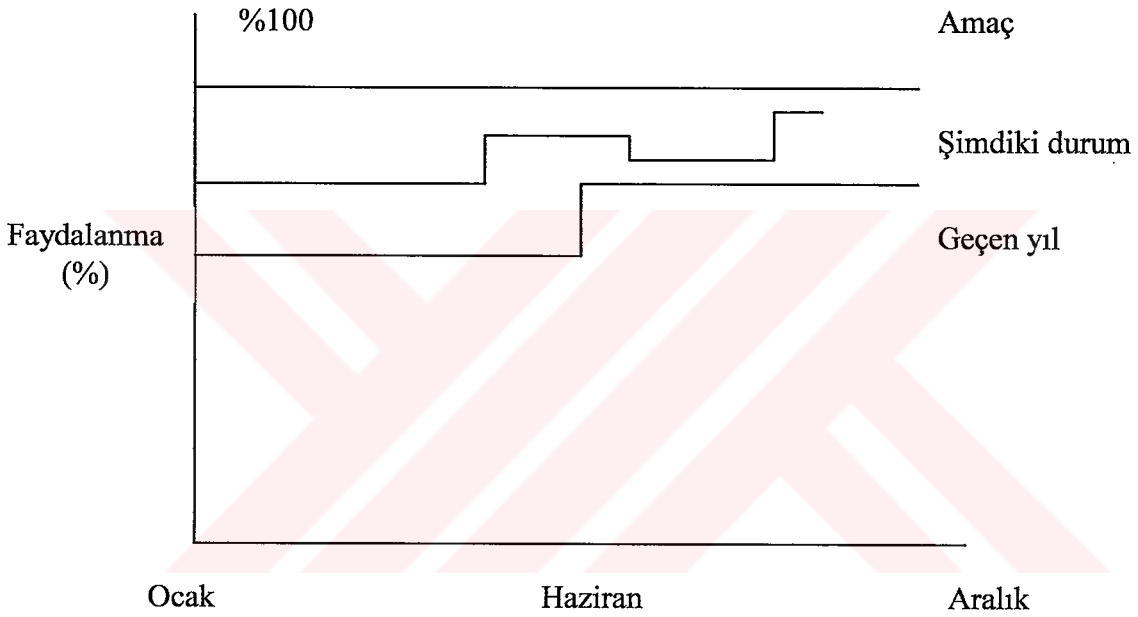
#### 9.4.2 Ölçüm Birimleri

Farklı bölümleri veya belirli bir periyot boyunca ölçütleri karşılaştırırken kullanılan ölçüm birimlerini veya ölçekleri tespit etmek oldukça önemlidir. Ölçüm birimleri performanstaki değişimleri ortaya çıkaracağı gibi etkilenmesi de (manipule edilmesi) kolaydır. Örneğin, nakliye süresini dakikalara göre değerlendirmek günlere göre değerlendirmeye oranla daha iyidir; bununla birlikte, en kısa seyahatler bile çok sayıda rakamla gösterilmek zorunda kalınacaktır. Ölçüt değerlerini grafik veya çizelge kullanarak göstermek anlamlı olacaktır. Halbuki 1'den 5'e kadar olan bir ölçek kullanmak herhangi bir değişimi göstermezken, 2'den 1'e kadar olan bir ölçek de fazla vurgu yapmış olacaktır. A noktasından B noktasına seyahat süresi, iki farklı periyotta, sırasıyla 70 ve 80 dakikadır. 1'den 5'e ölçeği kullanıldığında değerler 14 ve 15'dir ve değişim fazla vurgulanmamaktadır; 2'den 1'e kadar olan bir ölçek kullanıldığında ise değerler 140 ve 160 olacak ve değişim fazla vurgulanmış olacaktır. Belirli düzeylerde veri toplama kabiliyeti veya verinin kullanılabilirliği de kullanılacak ölçüt birimlerini belirtmektedir.

#### 9.4.3 Ölçütlerin Raporlanması

Ölçütler uygulandığı zaman dikkat edilmesi gereken birkaç önemli alan vardır. Birincisi, ölçüte gelen girdiler nereden geliyor? Nasıl gönderildiler? Ölçütün hesaplanması bilgisayar ile mi yoksa elle mi yapıldı? Ölçütler hangi sıklıkla rapor edilmeli – günlük, haftalık, aylık, üç aylık veya yıllık – ? Ölçütler ile ilgili raporları kim alacak – hangi bölümden hangi düzeydeki personel – ? Dağıtım elektronik olarak mı yapılacak? Raporlama grafik mi yoksa çizelge

biçiminde mi olacak? Herhangi bir karşılaştırmalı veya konjonktür analizi yapılmak zorunda mı – bir periyot boyunca mı faydalanma hesaplanacak yoksa geçen yıla veya konulan amaca göre mi karşılaştırılacak? Raporlama sıklığı yönetilen bir işlevdeki detay düzeyine bağlıdır. Yüksek düzeyli ölçütler detaylı olanlara göre daha sık rapor edilecektir. Raporlamanın maliyeti raporlamadan elde edilecek getiriden daha fazla olmamalıdır. Günümüzdeki donanım ve yazılımdaki gelişmeler elektronik dağıtımın raporlama için uygun bir ortam olduğunu göstermektedir. Belirli ölçütlerin raporları tüm çalışanlara belirli iş yerlerinden bilgi olarak gönderilmelidir. Performans ölçütlerini karşılaştırmalı grafik ile göstermek her zaman faydalıdır. Şekil 9.2 bir boyama atölyesindeki faydalanmanın raporlanması örneğini göstermektedir.



Şekil 9.2 Boyama atölyesindeki faydalanmanın performansının izlemesi.

#### 9.4.4 Ölçütlerin Etkenlerini Anlamak

Bir işlevin veya varlığın performansı sık sık içsel ve/veya dışsal faktörler tarafından etkilenebilir. Herhangi bir ölçütün performansının etkenlerini anlamak önemlidir. Gerçek hayatta, etkenlerin performansını ölçmek için ölçütler geliştirmek her zaman yararlı olacaktır. Bu, tüm ölçüm ve izleme kavramının onaylanmasını ve tutarlılığını sağlar. Ölçütler arasındaki ilişkileri açıklamak için analitik modeller geliştirmek, çoğu zaman performansın bütününi geliştirmek ve desteklemek için bir gereksinimdir. Bu modeller bir şirkete iki tür sorunun cevabını verecektir: (1) Etkenlerin, verilen belirli performans düzeylerinde, ölçütün bütün performansı ne olacaktır? (2) belirli tüm performansı başarabilmek için etkenlerin performans düzeyleri ne olmalıdır?

Demiryolu operasyonlarında kullanılan basit bir örnek bunu gösterecektir. Söz verilen sürenin  $x$ 'inci saati içinde gönderinin teslim edilmesinin yüzdesi müşterilere sunulan hizmetin düzeyini göstermek için sıkça kullanılan bir ölçüttür. Diğer ölçütler nakliye süresi, maliyet v.b. olabilir. Hizmet güvenilirliğinin başlıca etkenleri, başlangıçta ve sondaki yerel trenlerin performansı, istasyonun performansı ve yol hattının performansıdır. Demiryolları sürekli olarak başlangıç ve sonda yerel birimler tarafından vagonları toplama ve dağıtmayı, ana istasyonlardaki yol hattı trenlerinin geliş ve gidişinin tam zamanında olmasını ve istasyonlardaki vagonların tam zamanında elleçlenmesini geliştirmeye çalışmaktadır. Bunlar daha iyi işletme planları, elleçleme yöntemleri, lokomotif atamaları ve tren zaman çizelgeleri kullanılarak başarılabilir. Yerel etkenlerin, yol hatlarının ve istasyonların performansının, hizmetin güvenilirliğini ne kadar etkilediğini tahmin etmek için bir araca ihtiyaç vardır. Hatta, demiryollarının hedef olarak koyduğu hizmet güvenilirliğine ulaşmak için yerel etkenlerin, yol hatlarının ve istasyonların başa baş performans düzeylerini bilmesi gerekmektedir.

Hizmet güvenilirliğini tahmin etmek için kullanılabilecek genel bir model aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

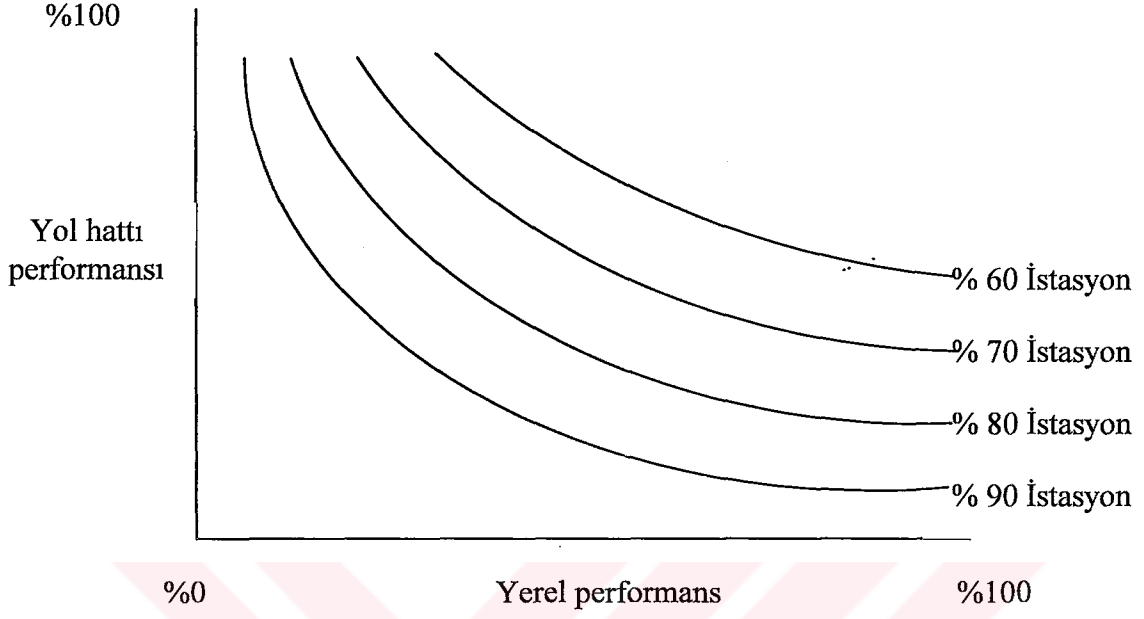
Hizmet güvenilirliği =  $f\{\text{yerel başlangıç, yerel son, istasyon, yol hattı}\}$

Modelin demiryolu için olan fonksiyonel şekli aşağıdaki şekilde olabilir:

$$\text{Hizmet güvenilirliği} = (P^{OD})^a T^b L^c$$

Burada  $P^{OD}$  başlangıç ve sondaki yerel birimlerin birleşik performansı,  $T$  terminal performansı ve  $L$  yol hattının performansıdır;  $a$ ,  $b$  ve  $c$  karşılık gelen üs'lerdir. Hizmet tahmin modelinin tersi üç bileşenin başa baş hizmet düzeylerini hesaplamak için kullanılabilir. Şekil 9.3 %80'nin hedef hizmet güvenilirliği için başa baş performansların örneğini göstermektedir.

Etkenlerin başa baş performans düzeylerini hesaplamak için ters model geliştirmek çoğu zaman zor ve karmaşıktır. Bunun esas sebebi, çoğu zaman tüm performansın başarımını tahmin eden modellerin kendileri, karmaşık matematiksel veya istatistiksel modellerdir. Birçok şirket, performans hedeflerini belirlemek ve hedeflere ulaşmak için programlar geliştirmeye başlamıştır.



Şekil 9.3 %80 hizmet güvenilirliği için performans eğrileri.

## 10. Lojistikteki Son Eğilimler

### 10.1 GİRİŞ

Bundan önceki tüm bölümlerde ulaştırma ve lojistik ile ilgili yaygın olarak bilinen konular gösterilmiştir. Bu bölümde ise, lojistik ile ilgili popüler hale gelmekte olan en son konulardan bahsedilecektir. Bu bölümün amacı lojistikteki en son kavramların veya eğilimlerin tümünü kapsamak değil, fakat bazı önemli konuları vurgulamaktır. Bu bölümde değinilecek beş başlık aşağıda verilmiştir:

- Üçüncü-parti lojistik – dış-kaynaklardan–edinmenin (outsourcing) sebepleri, üçüncü-parti lojistiği uygulama süresi, ve üçüncü-parti lojistiğin önündeki bazı engeller –;
- Karşılaştırmalı–değerlendirme (benchmarking) – karşılaştırmalı–değerlendirmenin farklı türleri ve karşılaştırmalı–değerlendirmeyi uygulama süreci –;
- Tersinden lojistik (reverse logistics) – çevresel olarak sorumlu lojistik veya tersinden lojistik ihtiyacı, tersinden lojistiği uygulamak için gerekli seçenekler ve tersinden lojistiği uygulamak için gerekli olan adımlar –;
- Global lojistik – global lojistikte akımlar ve global tedarik zinciri için genel bir model;
- Sanal depolama – sanal depolamaya bir giriş yapılacaktır.

### 10.2 ÜÇÜNCÜ–PARTİ LOJİSTİK

Üçüncü-parti lojistik hizmeti dış-kaynaklardan–edinmeden veya taşeronluk sözleşmesi (subcontract) yapmaktan biraz daha fazlasıdır. Tipik olarak, dış-kaynaklardan–edinme veya taşeronluk sözleşmesi yapmak, dışarıdaki bir satıcıdan sağlanan veya üretilen bir ürünü (veya ürün ailesini) veya bir işlevi kapsamaktadır. Buna örnek olarak otomobil şirketlerinin hava yastığı üretimi için yaptıkları taşeronluk sözleşmelerini, veya inşaat şirketlerinin çatıları yaptırmak için taşeronluk sözleşmesi yapmalarını, veya perakendecilik yapan şirketlerin ulaştırma hizmetleri için taşeronluk sözleşmesi yapmalarını verebiliriz. Üçüncü-parti lojistik sağlayanlar çoklu lojistik işlevlerini kesmektedir ve her şeyden önce tüm lojistik işlevleri koordine etmeye başlamakta ve bazen bir veya daha fazla işlevin sağlayıcısı gibi davranmaktadır. Üçüncü-parti lojistik sağlayanların başlıca amacı sunucu için toplam lojistik maliyetini düşürmek ve müşteriye hizmet düzeyini artırmaktır. Onlar birinci parti (sunucu



veya üretici) ve ikinci parti (alıcı veya müşteri) arasında köprü veya kolaylaştırıcı görevi görmektedirler.

### 10.2.1 Dış-kaynaklardan–edinmenin Sebepleri

Son on yıl içinde üçüncü–parti lojistiğin artmasının çeşitli sebepleri vardır. Bazı büyük şirketlerin ulaştırma ve dağıtım bölümleri işletim maliyetlerini düşürmek için küçülmekteydi. Maliyetleri düşürmek için en mantıklı alan yöneylem araştırması gibi akıl verici işlevlerdi ve onu da ulaştırma ve depolama gibi destekleyici işlevler takip ediyordu. Şirketlerin daha fazla yatırımla kuvvetlendirmek istedikleri alan onların esas iş alanıdır. Her ne kadar geçici bir heves gibi gelse de bazı büyük şirketler için bir gerçektir. Diğer sebep müşteri tarafından gelmekteydi. Müşteriler ilave hizmetler talep ediyorlardı fakat bunlar için ilave para ödemek istemiyorlardı. Bu durum ulaştırma hizmetlerinin daha hızlı ve sık, envanter düzeylerinin de esnek olmasını gerektiriyordu. Üçüncü–parti lojistik sağlayıcısı çeşitli şirketlerden gelen işleri birleştirecek ve sık toplama ve teslimat yapacaktır, oysa örgüt içi ulaştırma yapamamaktadır.

Her ne kadar küçülme ve maliyet indirimi bazı şirketler tarafından dış–kaynaklardan–edinmenin sebebi olarak belirtilse de, dış–kaynaklardan–edinme kararı bu tür düşüncelere dayanarak alınmamalıdır. Bu karar aşağıda sıralanmış olan diğer önemli konulara dayanmalıdır (Canitz, 1996):

- Şirketin esas işi veya yeteneği lojistik ile ilgili değilse;
- Şirketin hem sermayesi hem de işgücü ‘dünya çapında’ bir lojistik operatörü olması için yeterli değilse;
- ‘dünya çapında’ lojistik işlevler uygulamak için bir aciliyet var veya şirket içinde gerekli kapasiteyi sağlayabilmek için yeterli zaman yoksa;
- şirket tamamen farklı lojistik gereksinimleri olan yeni bir işe girerek risk alıyorsa;
- birleşme veya satın almada, dış–kaynaklardan–edinilen lojistik işlevleri gerçekleştirmek bütünleşik lojistik işlevlerden daha çekiciyse.

Armstrong (1996) üçüncü–parti lojistik sağlayanların yapısını ortaya koymuştur. Başlıca üçüncü–parti lojistik sağlayanlar üç kategoride gruplanabilir: (1) uluslararası yönlendirmeye birlikte yüksek–değere sahip malların dağıtım zinciri; (2) limana doğru yönelmiş lojistiğin

bütünleştiricileri; ve (3) sözleşme tahsisli taşıyıcıların Kuzey Amerika'daki sınırlanmış hizmeti. Farklı hizmet-sağlayıcıların yük fatura ödemesi, ihracat ve ithalat, alan seçimi, malların sözleşme tahsisli taşınması, tedarik zincirinin yönetimi ve uluslararası kapsama alanına göre farklı yetenekleri vardır. Benzer şekilde, birçok hizmet-sağlayıcı belirli tür mallar ile ilgilenmektedir. Sözleşme tahsisli filo içindeki çekici sayısı 25 ile 6000 arasında değişmektedir. Lojistik işlevler ile ilgili çalışan sayısı 10 ile 7000 arasında olabilir. Net lojistik gelir 1 milyon \$ ile 860 milyon \$ arasında değişebilir.

Üçüncü-parti lojistik piyasası oldukça dinamiktir. Bu birkaç sebepten ileri gelmektedir. Başlıca sebepler hizmet-sağlayıcıların işgücü kaynaklarındaki değişim, üçüncü-parti hizmet alan alıcının beklentilerindeki değişimler ve hizmet-sağlayıcıların daha fazla müşteriye kendine çekmek ve kâr marjlarını sürdürmek veya artırmak için sunduklarında meydana gelen değişimlerdir.

### 10.2.2 Üçüncü-parti Lojistik Hizmetini Uygulama Süreci

Üçüncü-parti lojistik hizmetini uygulama süreci maksimum faydayı elde edebilmek için eksiksiz ve titiz olarak yapılmalıdır. Burada 4 safhayı içeren bir yaklaşım gösterilecektir. Birinci safha dış-kaynaklardan-edinilecek hizmetlerin kapsamını belirlemek ve muhtemel hizmet sağlayıcılardan teklif-istemenin (Tİ) gerçekleştirilmesidir. İkinci safha hizmet-sağlayıcı seçmek için bazı kriterlere dayanarak adayları tanımlamaya ve değerlendirmeye odaklanmıştır. Üçüncü safha sözleşmeyi beklentiler, zaman periyodu ve fiyata göre müzakere etme ve sonuçlandırmayı içerir. Son safha dış-kaynaklardan-edinme sürecini yönetme ve izlemeye odaklanmıştır.

#### 1. Safha: gereksinimlerin kapsamı

Bu safha iyi bir lojistik hizmet-sağlayıcı seçerken ilk ve en önemli adımdır. Alıcı dış-kaynaklardan-edinilecek lojistik işlevleri mutlaka tanımlamalıdır. Bu işlevlerin kapsamı olan coğrafi bölge, müşteriler ve mallar da iyi tanımlanmalıdır, buna örnek olarak, bilgisayar yazıcılarının uluslararası müşteriler için depolama işlevlerinin yönetiminin, dış-kaynaklardan-edinilmesi verilebilir. Şimdi, işlevleri tanımlamak ve onları dış-kaynaklardan-edinilenlerle en iyi şekilde uydurmak nasıl yapılacaktır? Genelde, alıcının güç ve zayıflıklarının analizinin satıcının gereksinimleri ile eşleşmesi bu süreçte yardımcı olacaktır. Diğer benzer şirketlere karşı karşılaştırmalı-değerlendirme yapmak dış-kaynaklardan-edinilecek işlevlerin tanımlanmasına yardımcı olacaktır. Eğer bu analiz kaynakların

bulunabilirliği ve elde edilmesi ile birleştirilirse, dış-kaynaklardan edinilecek potansiyel aday işlevler elde edilecektir. Sonra, şu anda bu işlevlerden sorumlu örgüt içi bölümler dış-kaynaklardan edinme fikrini kabul etmelidir. Tipik olarak, insanlar birkaç sebepten dolayı değişime direnirler: kontrol kaybı, iş güvenliği, geneldeki belirsizlik ve ‘neden ben?’ tavrı... Şirket bu aşamayı aşmak için yönetim sürecindeki değişimi uygulamaya başlamalıdır.

Öncelikle bu aşama geçilmelidir, bir sonraki adım Tİ (Teklif-isteme) hazırlamaktır. Tİ belgesi dış-kaynaklardan edinilecek işlevler için müşteri gereksinimlerini net bir şekilde özetlemektedir. Ayrıca hizmet-sağlayıcıdan beklentiler de bu belgede yer almaktadır. Bu noktada, ölçütler performansı izlemek ve geliştirmek için kullanılacaktır. Bir Tİ şirket hakkında genel bilgi, müşteriler hakkında bilgi ve lojistik gereksinimlerini (depolama, malzeme elleçleme ve ulaştırma) içermelidir. Ayrıca bu belge, potansiyel hizmet-sağlayıcılar için örgütsel geçmiş, fiyatlandırma verisi, yetenekler ve müşterilerinin listesi gibi özel bölümlerde içermelidir.

### *2. Safha: hizmet sağlayıcının seçilmesi*

Bu safha iki aşamadan oluşur. Birinci aşama potansiyel hizmet-sağlayıcıların dış-kaynaklardan edinilecek işlevler için tanımlanmasını içerir. Lojistik işlevi için potansiyel hizmet sağlayıcıların bir listesi ticaret dergilerinden, yayınlanmış araştırmalardan ve web sitelerinden bulunabilir. İkinci aşama hizmet için sözleşme yapmak üzere bir veya birkaç hizmet-sağlayıcının seçilmesidir. Bu, tekliflerin değerlendirilmesi, web sitelerinin ziyaret edilmesi, referanslar elde edilmesi ve sonra tüm bunların analitik olarak birleştirilip, son elemeye kalanların listesinin oluşturulmasını içerir. Analitik olarak elde edilen sonuçlar tecrübeye dayalı bilgi ile birleştirilebilir ve son olarak da kullanılacak-hizmet sağlayıcılar seçilir.

### *3. Safha: sözleşmenin hazırlanması, uygulama ve izleme*

Bu aşama gerçek sözleşmeyi içerdiği için çok önemlidir. Sözleşme hizmet gereksinimleri, fiyat, ödeme çizelgesi, süre ve diğer özel olarak hariç tutulacak ve ilave edilecekleri kapsamalıdır. Özel şartlar sözleşmenin iptali, fiyat artışları ve maliyet tasarruflarının paylaşılması ile ilgili konuları kapsayabilir. Hizmeti ölçme ve ölçme sıklığı için kullanılacak ölçütlerin türünü de içermelidir. Şirket tarafından hizmet-sağlayıcıya verilecek desteğin türü ve boyutu ve eğitim gereksinimleri de açıkça belirtilmelidir.

#### 4. *Safha: yönetim ve izleme*

Bu adım şirket ile hizmet-sağlayıcı arasındaki ilişkilerin gelişmesi olduğu kadar şirket ve hizmet-sağlayıcının sözleşme ile belirtilenler üzerine performanslarını ölçmek için çok önemlidir. Bu, resmi görüşmeler veya üç aylık raporlar ile yapılabilir. Üçüncü-parti hizmeti alan alıcının hizmet-sağlayıcı ile takım çalışması yapmaya önem vermesi gereklidir. Bu takım, anlaşma veya sözleşme ile ilgili tüm konuları yönetirken ve altından kalkarken iletişim noktasını oluşturacaktır. Hizmet-sağlayıcının düşük performansı ve şirketin yetersiz desteği gibi durumlarda engelleri tanımlamak için periyodik olarak gözden geçirme yapılmalı ve problemler çözülmelidir. Bunun yaparken aksaklıkların oluşması, sağlıklı bir ilişkiyi tetikleyecek ve hatta sözleşmenin fes edilmesi sonucuna yol açabilecektir.

### 10.2.3 Üçüncü-parti Lojistiğin Büyümesinin Önündeki Engeller

Herhangi bir işte olduğu gibi üçüncü-parti lojistik işi de bir alıcı ve bir satıcı içermektedir. Satıcı, gerekli olan lojistik hizmetini sağlayan üçüncü-parti lojistik şirketi ve alıcı, bu hizmetleri kullanacak müşteri şirkettir. Buradaki engeller beklentiler, alıcı ve satıcının anlayışı ve tecrübeleridir. Bu yüzden, üçüncü-parti lojistiğin büyümesinin önündeki engeller yaygın olarak iki alanda toplanmıştır (Maltz ve Lieb, 1995): alıcının sınırlamaları ve üçüncü-parti lojistik hizmet-sağlayıcılarının sınırlamaları.

#### 10.2.3.1 Alıcının Sınırlamaları

Birinci sınırlama ölçüm ile ilgilidir. Şirketler öncelikle lojistik maliyetlerini düşürmek için lojistik işlevlerinin birini veya daha fazlasını dış-kaynaklardan edinme yoluna giderler. Eğer tüm lojistik işlevler dış-kaynaklardan edinildiyse beklenti ve gerçekleşme miktarını belirlemek genellikle kolay ve basittir. Bununla birlikte, birçok firma sadece birkaç işlevi dış-kaynaklardan edinmektedir. Bununla ilgili sorun, dış-kaynaklardan edinilen işlevler için ilgili lojistik maliyetlerinin izlenmesinin ve ayırt edilmesinin güçlüğüdür. Herhangi bir süreci geliştirilmek açık, basit ve kullanımı kolay ölçütlerin kullanılması ile gerçekleştirilebilir. Kullanılmayan ölçütlerin olmasının birkaç sebebi vardır: dış-kaynaklardan edinilen işlevin karmaşıklığı, performansla ilgili mevcut olmayan veriler ve veri toplama ve raporlamaya uygun mekanizmaların bulunmaması.

İkinci sınırlama dış-kaynaklardan edinilecek işlev(lerin) seçimi ile ilgilidir. Dış-kaynaklardan edinilecek işlevler her zaman birileri olmayabilir; dışarıdaki bir satıcıya olan ihtiyaç, maliyeti azaltma veya hizmeti geliştirme anlamında da olabilir. Dış-kaynaklardan-

edinme fikrine dayanarak örgüt içindeki bazı birimlerin satılması çok iyi olabilir. Buradaki birleşik problem farklı işlevler için çoklu hizmet-sağlayıcıların kullanılmasıdır. Bu, hizmet-sağlayıcılar arasındaki koordinasyonunu azalmasına ve hiç kimsenin sonuçtan sorumlu tutulmamasına öncülük eder. Aynı zamanda, bir hizmet-sağlayıcıyı diğerlerinden yalıtarak ölçmek zordur. Bu tür düzenleme ile birlikte çalışmanın avantajları kaybedilmiş olur. Alıcı zaman harcamayı ve para yönetmeyi ve hizmet-sağlayıcılar arasındaki iletişimi sürdürmeyi sonlandırır.

Üçüncü sınırlama uzmanlık ile ilgilidir. Tüm üçüncü-parti hizmet-sağlayıcılar tüm lojistik işlevlerde uzman değildir. Bu yüzden, hizmet-sağlayıcıları seçerken tam ve geniş kapsamlı bir araştırma yapılması zorunludur. Bu sürece şirketin çalışanları da mutlaka katılmalıdır çünkü onlar şirketin ürünlerini ve lojistik gereksinimlerini herkesten daha iyi bilmektedir. Hatta, üçüncü-parti lojistik hizmet-sağlayıcı ile anlaşma imzalandıktan sonra bile şirket bir grup şirket içi personel ile üçüncü-parti lojistik hizmet-sağlayıcıyı izlemeli ve herhangi bilgi gerektiğinde onlara yardımcı olmalıdır.

#### **10.2.3.2 Üçüncü-parti Lojistik Hizmet-Sağlayıcının Sınırlamaları**

Üçüncü-parti lojistik hizmet-sağlayıcı rekabetten dolayı düşen fiyatlar karşısında ayakta durabilmek ve alıcının hizmette istediği sürekli gelişimi sağlayabilmek için birkaç zorluk ile başa çıkmak zorundadır. Birinci sınırlama diğer üçüncü-parti lojistik hizmet-sağlayıcılarla ve müşterinin şirketinin içindeki bölümlerle olan rekabettir. Şiddetli rekabet koşulları hizmet-sağlayıcıların fiyatları düşürmesine neden olur. Bunun anlamı düşük kâr marjlarının oluşmasıdır. Eğer hizmet-sağlayıcılar maliyetleri düşürmek için bir program başlatırlarsa, bu hizmet kalitesini etkileyecektir. Bunun sonucunda memnuniyetsiz müşterilerin, iptallerin veya yenilenmeyen sözleşmelerin oluşması ihtimali vardır. Daha düşük fiyatlara ve daha yüksek hizmet düzeylerine olan ihtiyaç bir arada kolayca başarılabilecek bir şey değildir ve yoğun rekabet altında üçüncü-parti lojistik şirketlerinin işlerini kapatmalarına sebep olabilir.

İkinci sınırlama üçüncü-parti lojistik hizmet-sağlayıcıların lojistik işlevleri yönetirken muhakkak uzman olamayacakları durumudur. Birçok üçüncü-parti lojistik hizmet-sağlayıcı ulaştırma şebekelerinin veya depolarının operatörlerinin parçasıdırlar. İyi operatör olabilirler, örneğin, şebeke içerisinde kamyonları verimli olarak kullanabilirler veya bir yerde üretkenliği maksimize etmek için bir depoyu yönetebilirler, fakat ürün çeşitliliği ve gecikme zamanı açısından ulaştırmayı koordine edecek, envanter düzeylerini minimize edecek ve müşteri



hizmetlerini maksimize edecek bilgi, tecrübe ve uzmanlığa sahip olmayabilirler. Diğer bir deyişle, esas yetenekleri üçüncü-parti lojistik hizmeti vermek için tedarik zinciri çözümleri sunamayabilir.

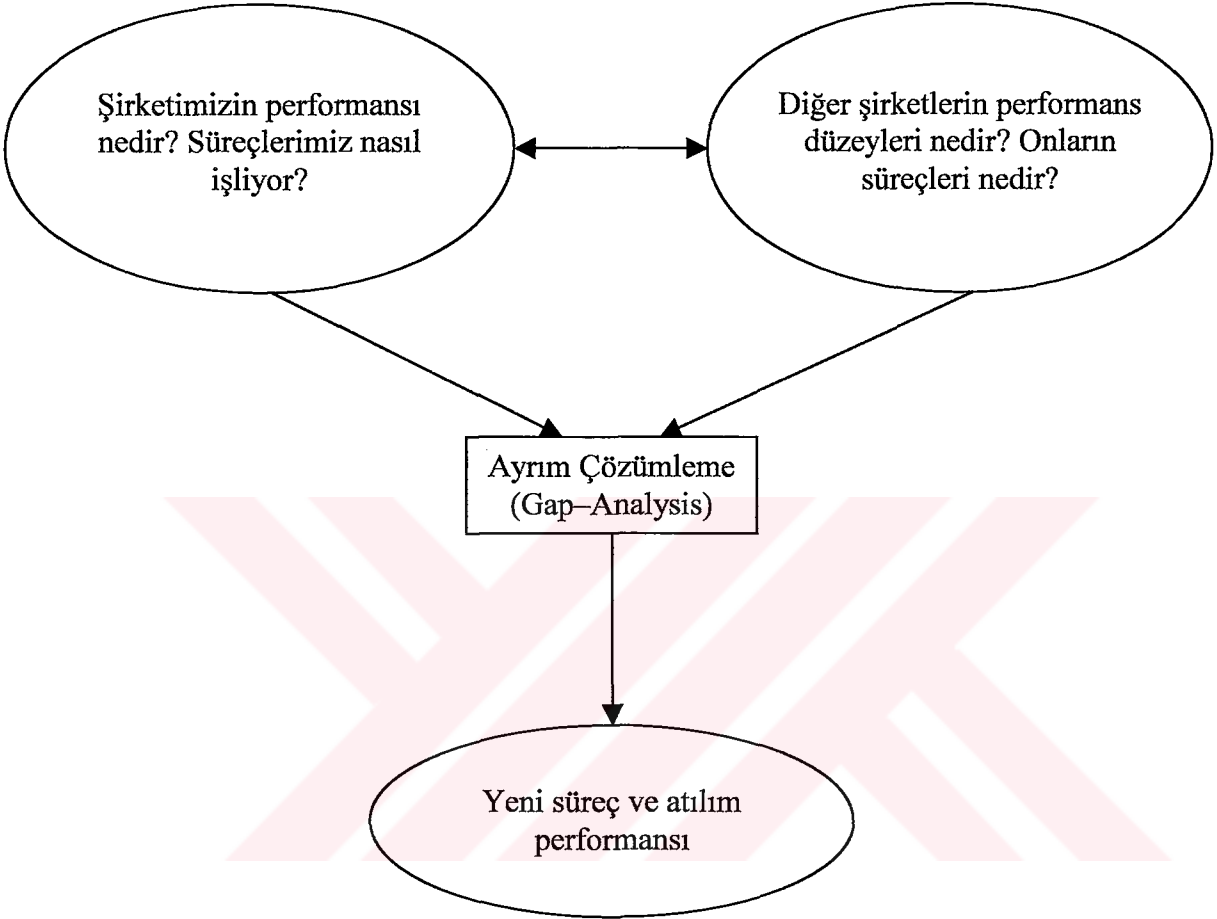
Üçüncü sınırlama Üçüncü-parti lojistik hizmetlerini pazarlama ile ilgilidir. Diğer iş kollarının aksine, üçüncü-parti lojistikte alıcı hizmet-sağlayıcıların peşinden gider. Hizmet-sağlayıcıların etkin pazarlama çabaları pek başarılı değildir. Bunun başlıca sebebi, süreci hizmet-sağlayıcı tarafından başlatmak için bir iletişim noktası olarak iş görecekt hiçbir bölümün olmamasıdır. Üçüncü-parti lojistik hizmet-sağlayıcı kullanma talebi müşterinin örgütündeki bir veya daha fazla bölümün kapanmasına yol açacaktır. Bu yüzden, üçüncü-parti lojistik sözleşmelerinin çoğu doğrudan şirketin genel müdürü ile finans müdürü tarafından sonuçlandırılır.

### 10.3 KARŞILAŞTIRMALI-DEĞERLENDİRME

Bir şirketin hayatını sürdürebilmesi ve piyasa payı ve kâr elde etmesi için çalıştığı sektörün ve rakiplerinin gücünü ve zayıflıklarını bilmesi oldukça önemlidir. Şirketler genellikle ilk kuruldukları yıllarda bunun farkındayken, sonraları daha çok kendi içlerine bakmakta ve dış çevreye olan bakış açıları daralmaktadır. Bu tür çevreden kendini soyutlayan şirketlere karşı müşterilerin ihtiyaçlarını daha iyi algılayan rakipler bu durumdan fayda sağlamaktadır. Karşılaştırmalı-değerlendirme, benzer işlevlerde ve operasyonlarda yer alan rakipler ve dünya çapında çalışanlarla, şirketi karşılaştırma imkanı verir. Karşılaştırmalı-değerlendirmeyi birkaç yılda bir yapmak dünya çapındaki performansları ve rakiplerdeki değişimi gözlemlemek açısından önemlidir. Karşılaştırmalı-değerlendirmenin kavramsal yapısı Şekil 10.1'de gösterilmiştir (Adam ve VandeWater, 1995). Şekil 10.1'de gösterilen kavram, şirket ile bu işlevleri en iyi olarak gerçekleştiren şirket arasındaki farkı tanımlamakta ve bu farkı kapatmak için kullanılacak yolları tanımlamayı aramaktadır.

Karşılaştırmalı-değerlendirme bir örgüte işlevlerin veya süreçlerin dünyadaki en iyi örneklerinin öğrenilmesinde ve tanımlanmasında yardım eder. Karşılaştırmalı-değerlendirme şirketin stratejilerini, işletme planlarını ve süreçlerini değerlendirmesinde çok yararlı olabilir. Bu, stratejilerdeki eksikliklerin tanımlanmasında ve üst düzey performansların gerçekleştirilmesi için yeniden-yapılanmaya (re-engineering) ihtiyaç duyan süreçleri tanımlamakta yardımcı olacaktır. Birçok büyük şirket ve bazı gelişmekte olan küçük şirket

rakiplerine karşı süreçlerini ve operasyonlarını geliştirmek için karşılaştırmalı-değerlendirmeyi kullanmaktadır. Bundan sonraki iki bölümde, karşılaştırmalı-değerlendirmenin farklı türleri anlatılacak ve karşılaştırmalı-değerlendirmeyi gerçekleştirmek için kullanılan altı adımdan oluşan süreç gösterilecektir.



Şekil 10.1 Karşılaştırmalı-değerlendirme kavramı.

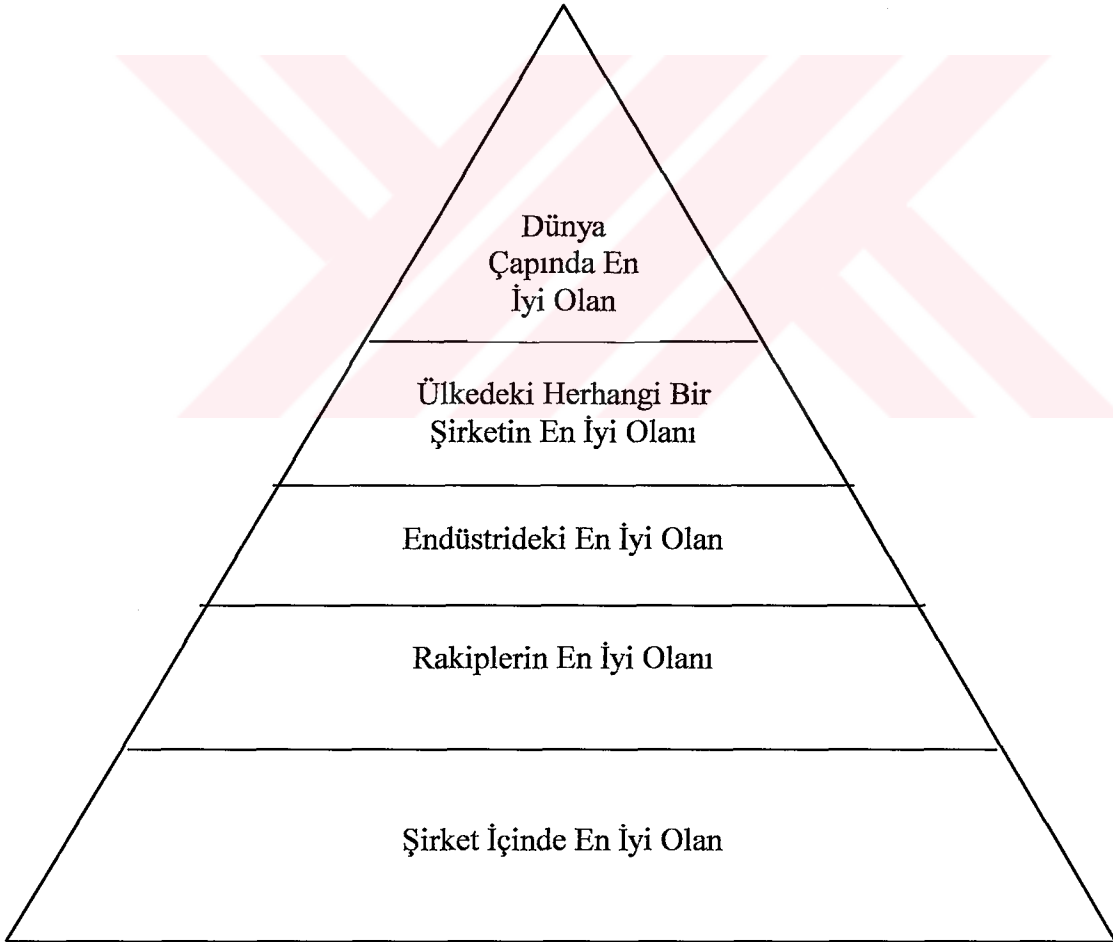
### 10.3.1 Karşılaştırmalı-değerlendirmenin Türleri

Karşılaştırmalı-değerlendirme, karşılaştırmalı-değerlendirilen sürecin türüne, sürecin kapsamına ve kullanılan karşılaştırmalı-değerlendirme yöntemine bağlı olarak çeşitli türler altında sınıflandırılabilir. Örneğin, bir şirket sipariş alma sürecini karşılaştırmalı-değerlendirmek isteyebilir, ve kapsam sadece şirkette alınan siparişler ile sınırlandırılabilir. Kullanılan karşılaştırmalı-değerlendirme dünya çapında bir performansa veya endüstri içindeki en iyi şirkete göre yapılabilir. Karşılaştırmalı-değerlendirme sürecinin türü bir veya daha fazla lojistik süreç veya işlev içerebilir. Bunlar, sipariş toplamanın karşılaştırmalı-değerlendirmesi, kamyon dağıtımının karşılaştırmalı-değerlendirmesi veya yerel toplama veya teslimat çizelgelemesinin karşılaştırmalı-değerlendirmesi olabilir. Sürecin veya işlevin



kapsamı yer, tür ve şirket içi bölüm veya müşteri sayısını içerebilir. Buna örnek olarak tüm depolardaki veya sadece bir bölgedeki depolardaki siparişi toplananın karşılaştırmalı-değerlendirmesi verilebilir.

Karşılaştırarak değerlendirmeyi temel alan karşılaştırmalı-değerlendirme metotları şekil 10.2’de gösterilmiştir (Adam ve VandeWater, 1995). Bu şekil karşılaştırmalı-değerlendirmenin analiz piramidi olarak da bilinir. Bu piramit süreçleri ve işlevleri karşılaştırmada ve değerlendirmede kullanılan çeşitli karşılaştırmalı-değerlendirme türlerini listelemektedir. En düşük seviye iç karşılaştırmalı-değerlendirme ve en yüksek ise dünya çapında karşılaştırmalı-değerlendirmedir. Şirketin içindeki iki bölüm süreçler veya işlevler açısından karşılaştırılırsa iç karşılaştırmalı-değerlendirme, süreçler veya işlevler dünya çapındaki bir şirket ile karşılaştırılırsa da dünya çapında karşılaştırmalı-değerlendirme adını alır.



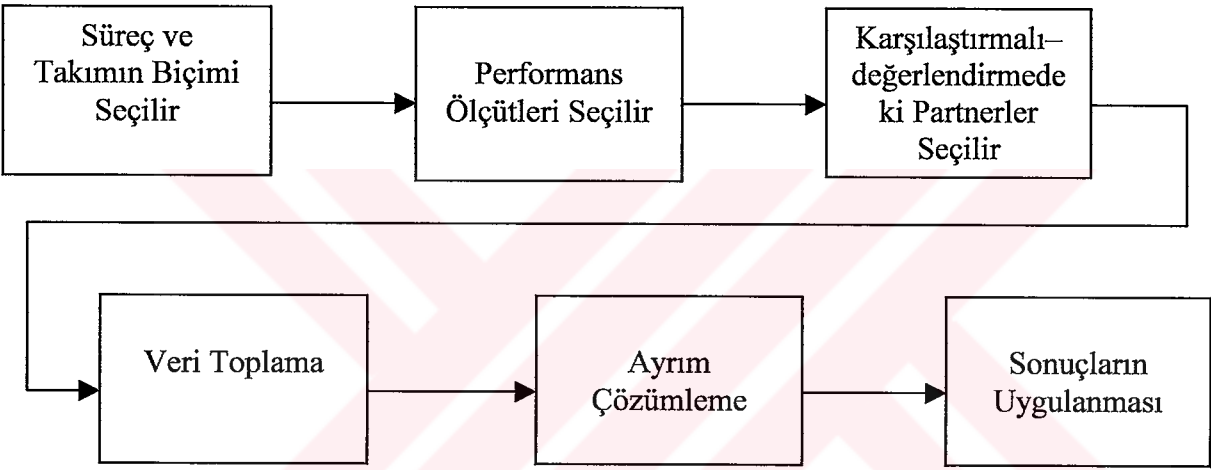
Şekil 10.2 Karşılaştırmalı-değerlendirme türü: analiz piramidi.

### 10.3.2 Karşılaştırmalı-değerlendirme Süreci

Karşılaştırmalı–değerlendirme süreci aşağıdaki temel soruları işaret etmektedir.

- 1) Ne karşılaştırmalı–değerlendirilmeli?
- 2) Nasıl karşılaştırmalı–değerlendirilmeli?
- 3) Karşılaştırmalı–değerlendirmenin sonuçlarına göre hangi değişiklikler uygulanmalı?

Yukarıdaki soruları işaret eden altı adımlık karşılaştırmalı–değerlendirme süreci şekil 10.3’de grafiksel olarak gösterilmiştir. İlk adım soruları cevaplar 1. Sonraki üç adım doğrudan soruya yönelmiştir. 2. Son iki adım soruya dikkati çeker 3. Altı adım şimdi detaylı olarak açıklanacaktır.



Şekil 10.3 Karşılaştırmalı–değerlendirme süreci.

#### *Adım 1: Sürecin Seçilmesi ve Takım Şekillenmesi*

Bu adım şirketin görevi ve bu görevin başarılması için kritik olan işlevler ile başlar. Bu işlevlerin performans düzeyini artıran veya azaltan süreçler tanımlanır. Maliyet, kalite ve üretkenliğe göre en çok şikayet edilen ve verimin düşük olduğu süreçler veya işlevlere bakılır. Şirket bu adımda ayrıca, karşılaştırmalı–değerlendirme sürecini yürütecek olan takımı da seçmelidir. Takımın üyelerinin çeşitli işlevleri ve sorumlulukları vardır – süreci yönetmek, veri toplayıcı olarak çalışmak, analizci ve yasal ve memuriyet ile ilgili görevleri gerçekleştiren kişi olmak –. Bu karmanın içine karşılaştırmalı–değerlendirmesi yapılan süreçte ve bölümde yer alanlar ve benzer süreçlere sahip diğer bölümlerden çalışanlarda katılır. Bunlara ilave olarak, finans, veri işleme ve pazarlama bölümlerinden de çalışanlar katılır. Takım üyelerinin seçimi temin edilebilirliğe göre değil, motivasyon ve yeteneğe göre

yapılmalıdır. Takım üyeleri görevleri hakkında eğitilmiş ve gerekli bilgilerle donatılmış olmalıdır.

#### *Adım 2: Performans Ölçütlerinin Seçilmesi*

Bu çok önemlidir çünkü doğru tanımlanamamış ölçütler şirketin performansı ile dünya çapındaki şirket arasındaki farkı doğru olarak veremeyecektir. Ölçütler basit ve kullanımı kolay olmalıdır. Süreci değişik bakış açılarından analiz etmek ve karşılaştırmak için uygun farklı ölçütlerin kullanılmasına gereksinim duyulur.

#### *Adım 3: Karşılaştırmalı-değerlendirmede Kullanılacak Partnerlerin Seçimi*

Bu adım sürecin türü, sürecin kapsamı ve karşılaştırmalı-değerlendirme düzeyi ile yakından ilgili olan adım 1'e bağlıdır. Karşılaştırmalı-değerlendirmedeki partnerler bir müşteri, satıcı, rakip, diğer veya yardımcı bölüm olabilir. Bu partnerler farklı ürünlerle ilgilenen veya farklı yerlerde çalışanlar olabilir. Seçim yine temin edilebilirliğe veya kolaylığa göre yapılmalıdır. Partnerleri tanımlamak için çeşitli kaynaklar vardır – süreli yayınlar, ticaret dergileri, yıllık raporlar ve elektronik veritabanları –. Eğer incelenecek sürecin kapsamı ve karşılaştırmalı-değerlendirmenin yapılacağı düzey kısıtlıysa bu durumda partnerler buna göre seçilmelidir.

#### *Adım 4: Veri Toplama*

Veri kaynakları sürece, kapsama ve karşılaştırmalı-değerlendirmedeki partnerlere göre değişebilir. Valilik, belediyeler ve bakanlıklar çoğu zaman bazı mali istatistikleri tutarlar. Sürecin detayları profesyonel konsorsiyumlarda ve sempozyumlarda bulunabilir. Ayrıca bazı süreli yayınlarda belirli kişi veya kuruluşlara ait olmayan istatistikleri yayınlarlar. Partnerlerde bazı bilgilere sahip olabilirler. Veri toplamada anketler ve telefon mülakatları da kullanılabilir.

#### *Adım 5: Ayrım Çözümleme*

Bu adım şirketin süreçlerini, yöntemlerini ve performansının partnerler ile karşılaştırılmasını içerir. İlk adımda bütünlük ve doğruluğa göre eldeki kullanılabilir veri anlamaya çalışılır. Verinin geçerliliğini ve tutarlılığını saptamak için birkaç kontrol yapılır. Örneğin, bir şirket bir raporunda belirli bir periyot içinde 2000 birim satıldığını raporlayabilir ve diğer bir raporda ise çalışılan işgücü 1000 saat olarak görünüyorsa olabilir, fakat bir birim için ortalama süre sadece 20 dakika olarak ortaya çıkmaktadır. Çözümleme, performansın partnerlerden neden daha iyi yada kötü olduğunu tanımlamaya odaklanmalıdır. Ayrıca düşük performansın

nasıl artırılabilceği de çözümlemede yer almalıdır. Üstünlük kavramı mutlaka kullanılmalıdır çünkü karşılaştırmalı-değerlendirme tipik olarak çok sayıdaki ölçütte yapılır. İki ölçütte göre karşılaştırmalı-değerlendirme süreci buna örnek olabilir – maliyet ve kalite –. Eğer iki ölçüt kullanılırsa, ortağın şirkete göre karşılaştırmalı-değerlendirmede daha iyi olması, sadece bir ölçütte en azından şirket ile aynı düzeyde ve diğer ölçütte de daha iyi olmasıyla sağlanabilir. Karşılaştırmalı-değerlendirme takımı mutlaka bulguları özetleyen bir rapor özeti oluşturmalıdır. Bulgular mutlaka süreçlerin, süreçlerin zayıflıklarının ve güçlü olunan noktalarının akış diyagramını ve seçilen ölçütlere göre karşılaştırmalı analizleri içermelidir.

#### *Adım 6: Karşılaştırmalı-değerlendirmenin Sonuçlarının Uygulanması*

Bu adım çalışmanın bulgularını uygulamak için gerekli eylemleri tanımlamayı içermektedir. Başarılı bir karşılaştırmalı-değerlendirme sürecinin önemli gereksinimlerinden birisi de sonuçlarının uygulanabilir olmasıdır. Eğer karşılaştırmalı-değerlendirme sürecinin sonuçları uygulanabilir girişimlere çevrilemezse, sürecin değeri çok küçük olur. Önce, şirket değişimleri uygulayabileceği kullanılabilir alternatiflere mutlaka karar vermiş olmalıdır. Bazı alternatifler partnerlerin süreçleri nasıl gerçekleştireceklerine bağlı olabilir. Diğerleri ise şirket çalışanlarının yeniden-yapılanmadan elde ettikleri girdiler olabilir. Alternatifler mutlaka kaynakların kullanılabilirliğine, zamanlamaya ve etkiye göre değerlendirilmelidir. Bir alternatif bir kere seçildiğinde gerekli gelişmeleri uygulamak için uygun kaynaklar mutlaka tahsis edilmeli ve sorumluluklar atanmalıdır.

#### 10.4 TERSİNDEN LOJİSTİK

Geleneksel olarak, lojistik iki boyutta tanımlanmaktadır. Birinci boyut malzeme yönetimine ikincisi ise dağıtım odaklanmıştır. Malzeme yönetimi hammadde edinmeden fabrikalardaki üretime kadarki tüm işlevleri kapsar. Dağıtım ise üretim tesislerinden müşterilere kadar olan hareketleri kapsar. Tersinden lojistik üçüncü bir boyut ekler. Tersinden lojistik, isminden anlaşılacağı gibi, son müşteriden satıcıya veya sunucuya geri gelen malların hareketi, depolanması ve elleçlenmesi ile uğraşır. Bu, iadeleri, defoluları, kapları veya kutuları ve paketleme malzemelerini içerir. Tersinden lojistik istenmeyen malzemelerin (kutular, şişeler v.b.) geri dönüştürülmesine ve iadelerin veya defoluların diğer mağazalara (fabrika satış mağazaları, bitpazarları v.b.) yeniden dönmesine yardım ettiği için ‘çevreye duyarlı lojistik’ olarak da bilinir. Bu, çöpleri sıkıştırma, taşıma ve depolama maliyetinden tasarruf etmeye yardımcı olur. Tersinden lojistiğin uygulama alanları çok fazladır. Ortalama bir perakendeci

ve üretici mallarının %5-%10'nun geri döneceğini ummaktadır. Katalogdan veya çarşıdan alışveriş yapan müşteriler satın aldıkları malların %35'den fazlasını geri getirmektedir. 1997 yılında ABD'de en çok satış yapan 100 perakendeci şirkete yaklaşık 34 milyar dolarlık geri dönüş olmuş (Eisenhuth, 1996).

#### 10.4.1 Tersinden Lojistik İçin Seçenekler

Ürünlerin sunucusunun kullandığı tüm paketleme malzemelerini alması gerekirse ne olur? Tersinden lojistik temel olarak bu soruyu cevaplayabilir. Farklı şirketler buna farklı tepkiler verebilirler. Bir seçenek ürünleri tek tek paketlemek yerine yığın olarak taşımaktır. Diğer olasılık iade edilebilir kaplar kullanmaktır. Bir diğer olasılık ise gidiş ve geliş akımlarını birleştirmektir. Tekrar-tasarlanan paketleme ile ürünleri pazarın yakınında paketlemekte diğer bir seçenektir. En ideal çözüm ise muhtemelen yukarıdaki seçeneklerin tümünün bir kombinasyonudur. İade veya paketleme malzemeleri için ilave seçenekler satıcıya geri göndermek, onarım için servise göndermek, yardım kuruluşlarına vermek, yok etmek ve açık artırma veya antika dükkanları yardımıyla onlardan kurtulmaktır.

Birçok şirket hâlâ, malzeme yönetimi ve dağıtım ile ilgili maliyetlere odaklanarak, lojistik kararlarını iki boyutlu olarak almaktadır. Üçüncü boyutun maliyetle ilgili kısmını da hesaba katmak gerekir. Bu maliyet satıcı seçimi, paketleme metotları ve üretim, elleçleme, depolama ve ulaştırma için alternatifler açısından bazı kararlara göre değişebilir. Otomobil endüstrisindeki vaka çalışmaları, iade edilebilir paketlemenin kârlı bir tersinden lojistik stratejisi olduğunu göstermektedir (Twede, 1996). Bununla birlikte, bu stratejinin avantajsız mali yanının olabileceği konusunda da deliller vardır. Alman ve Hollanda endüstrileri üzerinde yapılan çalışmalar tersinden lojistik için ayrı bir altyapı gerektiğini ve bunun ulaştırma maliyetlerini önemli oranda artırdığını göstermektedir. İade edilebilir kapları kullanmanın çevresel anlamda olumlu etkileri vardır – çoklu-seyahat kapları üzerine yapılan bir Alman araştırması bunları kullanmanın enerji ve su gereksinimlerini, kirliliği ve arazide kaplanan yer ihtiyacını azalttığını göstermiştir –. İade edilebilir kabın maliyeti yaşam süresi maliyetine göre olmalı, tersinden lojistik maliyetine göre olmamalıdır – bu maliyet kabın tüm seyahatini, fayda getiren seyahat sayısını ve iade edilebilir kapları desteklemek için altyapıyı içermelidir –.

#### 10.4.2 Bütünleşik Lojistik

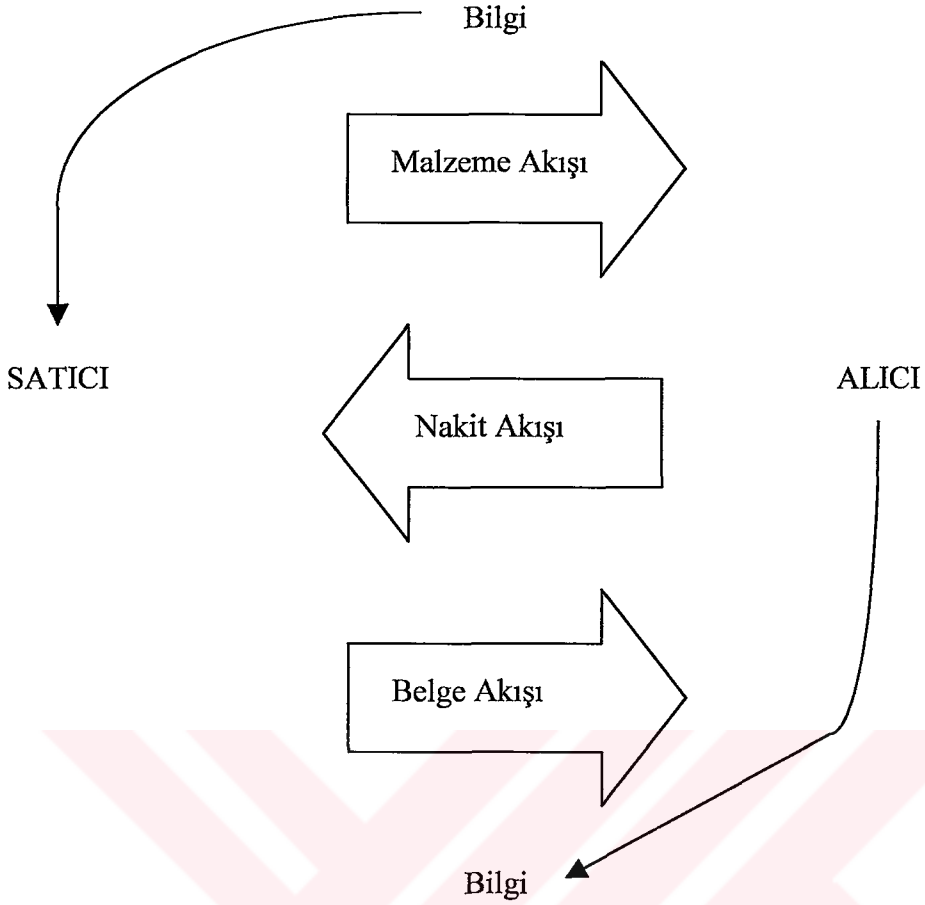
Bütünleşik lojistik hattını formüle etmek için tersinden lojistik mutlaka geleneksel lojistik yapısı ile birleşmelidir (Dunn ve diğerleri, 1995). Aslında, bir bütünleşik lojistik hattı müşterilerden başlayarak geriye doğru akan bir akımı içermektedir. Bu akım olabilen en yüksek verimliliği elde etmek için dağıtım akımının geriye doğru hareketi ile eş zamanlı olabilir. Diğer bir deyişle, bir mağazadan paketleme malzemeleri veya iadeler toplanırken, eş zamanlı olarak aynı mağazaya ürün teslimatlarının da yapılmasıdır. Geri dönüşüm merkezleri için yerler veya geri dönüşüm merkezlerinin seçimi iadelerin veya paketleme malzemelerinin olduğu son kullanıcılara yakınlığına göre yapılabilir. Diğer bir deyişle, tedarik zincirinin tasarımı tersinden lojistik ile ilgili çöp yakma fırınlarının, çöplerin atılacağı alanların ve geri dönüşüm merkezlerinin yerlerini, iadelerin veya paketleme malzemelerinin ulaştırmasını ve ürünleri taşımak ve depolamak için kapların türünü içermelidir.

#### 10.5 GLOBAL LOJİSTİK

Ekonomik aktivitelerin globalleşmesi, gelişmiş ülkelerdeki endüstriler üzerinde etkili olan en önemli ve zorlu gelişmelerden biridir. Gelişmiş ülkelerde bu zorluk iki yoldan karşılanır. Birinci yaklaşım benzer veya daha kaliteli ürünleri daha düşük fiyatlara üreten üçünü dünya ülkeleri ile rekabet edebilmek için süreçlerini geliştirmelerdir. İkinci yaklaşım diğer ülkelerdekilerle partnerlik kurarak bileşenleri, yedek parçaları ve, bazı durumlarda mamul ürünü üretmektir. Bu seçim çeşitli ülkelerdeki şirketlerin üretim ve lojistik maliyetlerine göre değişmektedir. İkinci yaklaşım bir çok gelişmiş ülkeyi 'global lojistik' adı verilen yeni bir alana itmiştir. Global lojistik mesafeyi, parayı ve gümrüğü yönetmekten daha fazlasını içerir. Global lojistik ülkelerin iş ve politik çevrelerini anlamayı olduğu gibi işgücünün dilini ve kültürünü de anlamayı içerir.

Global operasyonların fark edilen bazı faydaları düşük fiyatlı hammaddelere ve mamul ürünlere erişmek, daha iyi kalite, artan iç rekabet ve daha iyi müşteri hizmetidir. Bazı avantajsız yanları ise güvenilirmez teslimat, düşük iletişim ve uzun gecikme süreleridir. Global lojistiğin bazı fark edilen zorlukları kültür ve dil farklılıkları, gümrükler arasındaki farklılıklar, tam-zamanında teslimat gereksinimleri, uzun tedarik zincirleri için lojistik destek, kaliteli global sunucu veya üretici bulmanın zorluğu, döviz kurlarındaki dalgalanmalar, yabancı iş modelleri hakkında bilgi, milliyetçi tavır ve davranış ve politik çevreyi anlamaktır (Scully ve Fawcett, 1994).





Şekil 10.4 Global lojistikteki akışlar.

### 10.5.1 Global Lojistikteki Akışlar

Global lojistikte üç esas akış vardır: malzeme akışı, belge akışı ve nakit akışı. Bu, şekil 10.4’de gösterilmiştir (Rey, 1996). Malzeme ve belge akışı satıcıdan alıcıya doğruyken, nakit akışı alıcıdan satıcıya doğrudur.

#### 10.5.1.1 Malzeme Akışı

Global lojistik içindeki malzeme akışı yurt içindeki lojistiğe çok benzemektedir, buradaki fark bazı satıcıların, depoların ve üretim tesislerinin yabancı ülkelerde olmasıdır. Bunun sonucunda daha büyük tedarik zincirleri ve bazı bileşenlerin üzerinde küçük kontroller oluşmaktadır. En büyük değişim taşıyıcı ve ulaştırma türü seçiminde olabilir. Bir global tedarik zinciri alıcı ve satıcının yanında diğer tarafların katılımında gereksinim duyar. Bu taraflar tipik olarak ticaret yapan şirketler, gümrük komisyoncuları, nakliyeciler firmalar ve göçmenlik ve gümrük yetkilileridir. Alıcı ile satıcı arasındaki yaygın bazı sorunlar hava yükünü kimin taşıyacağı, sigortadan kimin sorumlu olacağı ve belgeleri kimin



hazırlayacağıdır. Bunlar ve bunlara benzer diğer soruların yanıtı INCOTERMS'dir – uluslararası ticari anlaşma koşulları – (international commercial terms). INCOTERMS alıcı ve satıcı arasındaki, riskler, maliyetler ve belgeler bakımından malların taşınması ile ilgili, karşılıkları sorumlulukları tanımlar (Rey, 1996).

#### **10.5.1.2 Nakit Akışı**

Yurt içi lojistik ile global lojistik arasındaki nakit akışı ile ilgili temel fark değişik ülkelerin uzaklıklarının çok farklı olmasından ve farklı yerel düzenlemelere göre yönetiliyor olmalarından kaynaklanan ödeme ve makbuz ile ilgili belirsizlikleridir. Alıcı malı almadan önce parayı ödemek istemez. Aynı şekilde, satıcıda malı göndermeden önce parayı almak ister. Bu yüzden banka gibi tarafsız olan bir kurum alıcı ve satıcı arasındaki nakit akışına aracılık eder. Birçok global iş akreditif (letter of credit) (AK) kullanılarak yapılır. AK alıcının bankası tarafından çıkarılmış, belirli kurallar ve koşullar altında satıcıyı onaylayan mali bir belgedir. Mallar alıcıya ulaştıktan sonra, satıcı AK'ı bankaya sunar ve üzerinde anlaşılmış olan ödemeyi tahsil eder.

#### **10.5.1.3 Belge Akışı**

Global çapta yapılan işle ilgili çeşitli farklı belge türleri vardır: sözleşmeler, havayolu taşıma senetleri ve konşimentolar gibi ulaştırma belgeleri, akreditif gibi nakit akışı belgeleri, ve gümrük formaliteleri gibi menşei şahadetnamesi (certificate of origin) belgeleri. Bu belgelerin kopya ve alıcı sayısı, içereceği bilgi ve belgelerin akışı ile ilgili standartlar vardır. Diğer sorunlar ise mallar ulaşmadan önce hangi belgelerin ulaşması gerektiği, hangi belgelerin nakliye ile birlikte gönderileceği ve hangi belgelerin nakliye sonrası ulaşacağıdır.

#### **10.5.2 Global Lojistik Modeli**

Global lojistik tedarik zinciri işlemin her iki ucundaki yerlerin yönetimlerinden ve diğer uluslararası kurumlardan etkilenir. Yerel devlet yönetimlerinin farklı kısımları yönergeler, kurallar ve kısıtlar dizisi oluşturabilir. Teşvikler ve sübvansiyonlar, ihracat veya iç pazara satışlar için yerel içerik düzenlemeleri veya kısıtları getirmek çok yaygın örneklerdir. En sık kullanılan kısıtlama denizaşırı ülkelerden gelen gıda ve tarımsal ürünlerin ithalatı ile ilgili yapılan sıkı denetimlerdir. Ülkeye girişte farklı ürünler için farklı vergi oranlarının kullanılması da diğer bir örnektir. Avrupa Ekonomik Topluluğu (European Economic Community – EEC –) ve Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (North American Free Trade Agreement – NAFTA –) gibi bölgesel ticaret anlaşmaları belirli bir süre için belirli

mallarda üye ülkeler arasında kolaylıklar sağlamaktadır. Global lojistiği yöneten ve kolaylaştıran Dünya Ticaret Örgütü (World Trade Organization – WTO), Uluslararası Para Fonu (International Monetary Fund – IMF) ve Dünya Bankası (World Bank) gibi başka uluslararası kurumlar da vardır.

Birkaç temsilcinin (acente) katılması sonucu kaynaklanan ek kurallar ve yönetmelikler ile tarafsız bankaların gümrük temsilcilerinin varlığından ortaya çıkan ek maliyet değişkenleri, global lojistik tedarik zincirini belirleyecek bir gelişmiş model gereksinimini haklı çıkarır. Kavramsal olarak model aşağıdaki şekilde düzenlenir:

$$\begin{aligned} \text{Minimum } Z = & \text{global lojistik maliyeti} = (\text{ulaştırma} + \text{depolama} + \text{envanter} \\ & + \text{ulaşımdaki envanter) maliyetleri} \\ & + \text{gümrük vergisi} + \text{vergiler} + \text{sigorta} \\ & + \text{diğer mali işlerin maliyetleri} \end{aligned}$$

kapasite, talep gereksinimleri, gecikme zamanı ve ürün kalitesi ve diğer ticari veya devlet anlaşmaları ile ilgili kısıtlar altında.

Eğer bir global tedarik zinciri modelinin tüm detayları içermesi istenirse bu çok büyük olacaktır. Sadece üst düzey detayların yer alması daha iyi bir yaklaşımdır – global lojistik modelinde bir ülke içerisindeki tüm aktiviteler bir aktivite olarak, veya alternatif olarak sadece giriş veya çıkış noktası olarak veya yerler olarak temsil edilebilir –. Bu, uygun lojistik kararları verecek modeli formüle etmede kolaylık sağlayacaktır.

## 10.6 SANAL DEPOLAMA

Stuart ve diğerleri (1995) sanal depolama kavramını tanımlamıştır ve sanal depolamayı destekleyecek yeni ağ ve iletişim teknolojilerini tartışmıştır. Sanal depolama (SD) uluslararası piyasalardaki bazı büyük şirketlerin rekabet gücünü artıracak, uygulamalar kümesi yapısını oluşturacak bir kavramdır. SD kavramı sadece dünya çapında dağıtım merkezleri kullanarak etkin ve doğru performanslar sergilemeyi sağlayacak karma algoritmalarından faydalanan dinamik ve sürekli malzeme lojistik işlevlerinin altından kalkabilen bir evrensel sistem olarak tanımlanır. Sanal depolamanın kavramsal modeli Şekil 10.5’de verilmiştir. Kavramın temelini, gerçek zamanlı olarak, dünya çapındaki veri tabanlarındaki büyük miktarlardaki

verilerin hızla işlenmesine olanak veren yeni teknolojiler oluşturmaktadır. Bu tür bir sistemin avantajları üretilen iş ve doğrulukta miktar kazanımları, müşteri hizmetleri için anında malzemenin durumunun görünmesi, ulaştırmada tam kontrol ve sanal veritabanına girmeye hakkı olanlar için veri analizi yeteneğidir. SD kavramının envanteri düşürmesi, üretilen iş ve müşteri hizmetlerini artırması beklenir. Sanal depolama kavramı gelişme ve uygulama bakımından hâlâ olgunluğa ulaşmamıştır. SD bazı elektronik ve telekomünikasyon şirketleri tarafından kullanılmaktadır. Birçok şirket tarafından verimli olarak kullanılabilmesi için çeşitli araştırmaların ve örneklerin yapılması gerekmektedir.

#### **10.6.1 Sanal Depolamayı Destekleyen Teknolojik Gelişmeler**

SD önemli araştırma olanakları için büyük potansiyele sahip yeni bir kavramdır. Araştırma olanakları çeşitli yerlerdeki stok düzeyleri, iletişim kanallarının türleri ve kapasiteleri, malzeme izleme ve nakliye için yöntemlerin ve algoritmaların geliştirilmesi ve depolama, ulaştırma ve iletişim için yeni teknolojilerin yaratılması gibi bazı önemli parametrelerin tanımlanmasını içerir. SD ile başarılı bir uygulama yapabilmek için gelişmiş iletişim kapasitesine, verimli ulaştırma alternatiflerine ve stoklama algoritmalarına, iletişim ve ulaştırma kararlarına ihtiyaç vardır (Kasilingam ve diğerleri, 1996).

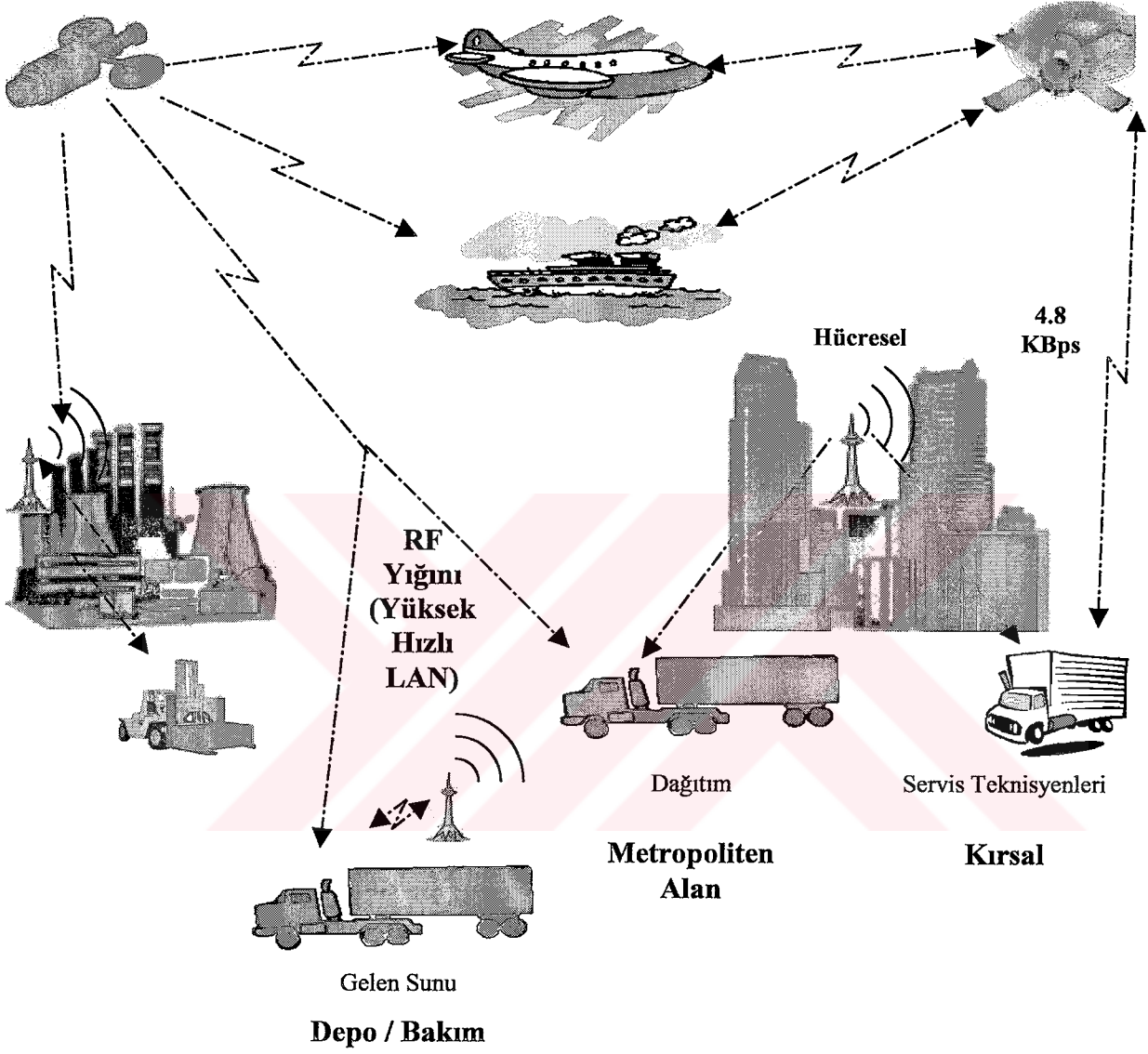
Cep telefonları her geçen gün daha küçülmekte, akıllanmakta ve fiyatları düşmektedir. Cep telefonları ile video görüntüsü göndermenin yaygınlaşması çok uzak değil. Birçok sistem dijitalleşiyor ve bu da daha fazla doğruluk ve hız sağlıyor. Diz üstü bilgisayarlar ve cep bilgisayarları kablosuz ağları kullanarak bilgiye her yerde ulaşabiliyor. GPS cihazları (global positioning system) ile uydulardan konumlandırma bilgileri alınabiliyor. Bu gibi kablosuz iletişim teknolojileri sanal depolama uygulamak için sayısız olanak sunmaktadır.

## Sanal Depolama

(Gerçek-zamanlı Dünya Çapında Envanter Görünürlüğü)

GPS Uyduları

MSAT



Şekil 10.5 Sanal depolamanın kavramsal modeli.

## 11. Ulaştırma Tür Seçimi Yapan Programın Geliştirilmesi

### 11.1 PROBLEM TANIMI

Gerçek hayatta, verilen iki nokta arasında birden fazla ulaştırma türü olabilir. Bu ulaştırma türleri arasında envanter ve taşıma maliyeti de hesaba katılarak bir seçim yapılması gerekir. Ulaştırma türleri ve birbirine bağladıkları noktaların sayısı az olduğu takdirde bu hesabın yapılması çok zor değildir. Fakat verilen nokta ve aralarındaki alternatif ulaştırma türlerinin sayısı artarsa çözümü bulmak oldukça zorlaşır. Burada en ucuz yolu düşünmek gerekmektedir ve aynı zamanda ulaştırma türlerinin arasındaki geçişler ve ulaşım sırasında oluşan aktarma maliyetleri de göz önüne alınmalıdır. Bütün bu kısıtlar düşünüldüğünde problem giderek karmaşıklaşır.

Bu bölümde, yukarıda anlatılan problemin kısa sürede, bilgisayar yardımı ile, doğru olarak çözülebilmesi için bir yazılımın geliştirilme süreci anlatılmaktadır.

### 11.2 ÇÖZÜM METODU

Yukarıda anlatılan problem bir doğrusal programlama metoduna dönüştürülmüştür. Bu şekilde tanımlanan problemin çözümü için “simplex” algoritması kullanılmıştır. Problemin matematiksel tanımı şu şekilde yapılmıştır.

$$\text{Minimum} \sum_{i=1}^{i=\text{nokta sayisi}} \sum_{j=1}^{j=\text{nokta sayisi}} \sum_{k=1}^{k=\text{ulasim turu sayisi}} w_{ijk} c_{ijk} x_{ijk} \quad (11.1)$$

$w_{ijk}$  := 0 eğer  $i$  ve  $j$  noktaları arasında  $k$  türünden bir ulaştırma yoksa;

$w_{ijk}$  := 1 eğer  $i$  ve  $j$  noktaları arasında  $k$  türünden bir ulaştırma varsa;

$x_{ijk}(\text{birim})$  :  $i$  ve  $j$  noktaları arasında  $k$  ulaştırma türü ile taşınacak mal miktarıdır;

$c_{ijk}(TL)$  :  $i$  ve  $j$  noktaları arasındaki  $k$  ulaştırma türü ile bir birim malı taşımanın toplam maliyeti.

$c_{ijk}$  şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$c_{ijk} = \frac{l_{ijk} \times z_k}{a_k} + \frac{b \times l_{ijk} \times f \times t_k}{24 \times 365} + d_{nk} \quad (11.2)$$

Burada;

|                    |                                                                                                                                                                    |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $l_{ijk}(km)$      | : $i$ ve $j$ noktaları arasındaki $k$ ulaştırma türünden olan yolun kilometre cinsinden değeri ( $i$ ve $j$ noktaları üretim, tüketim veya ara nokta olabilirler); |
| $z_k(TL/taşıtxkm)$ | : malın $k$ türünden bir ulaştırma türüne ait dolu taşıt kullanılarak 1 km taşınmasının maliyeti;                                                                  |
| $a_k(birim/taşıt)$ | : $k$ türünden bir ulaştırma türü ile tek araçla taşınabilecek birim miktarı;                                                                                      |
| $b(TL)$            | : malın birim maliyeti;                                                                                                                                            |
| $f(yüzde)$         | : yıllık faiz oranı;                                                                                                                                               |
| $t_k(saat)$        | : 1 birim malın $k$ ulaştırma türü kullanılarak 1 km taşınması için harcanan ortalama süre;                                                                        |
| $d_{nk}(TL)$       | : 1 birim malın $n$ ulaştırma türünden alınarak $k$ ulaştırma türüne aktarılma maliyeti.                                                                           |

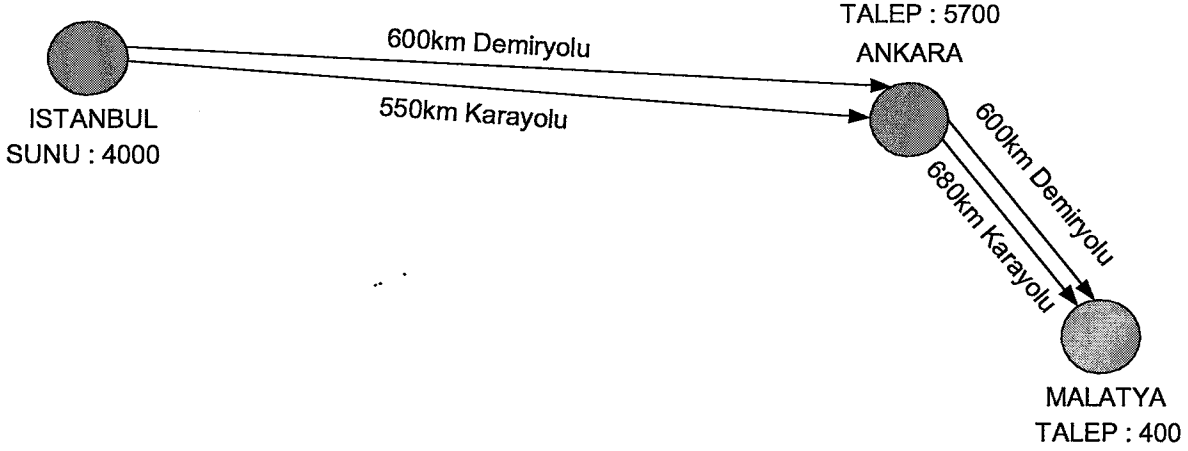
Depolama envanter maliyeti hesaba katılmamıştır. Toplam sunu ve taleplerin birbirine eşit olduğu varsayılmıştır. Miktarlar birim üzerinden hesaplanmıştır. Birim istenilen ölçüt ile değiştirilebilir. Bu formülde herhangi bir değişikliğe sebep olmaz.  $z_k$  hesaplanırken taşıtların daima dolu olarak gideceği varsayılmıştır.

Problem çözümünde kolaylık sağlaması açısından gönderilecek olan bütün malların hazırlanıp ondan sonra eşzamanlı olarak diğer noktaya gönderildiği varsayılmıştır. Bu, taşıma envanter maliyetinin sefer sayısından bağımsız olmasını sağlamıştır. Eğer bağımsız olmadığı düşünülseydi, problemde sefer sayısı 1'den küçük çıktığı takdirde, taşıma envanter maliyeti düşecektir. Halbuki sefer sayısı 1'den küçük olamaz ve taşıma envanter maliyeti bundan etkilenmemelidir. Bu nedenle taşıma envanter maliyeti bütün malın tek seferde taşındığı varsayılarak hesaplanmıştır.

Yıllık faiz kullanıldığından ve  $t_k$  saat cinsinden verildiğinden dolayı, pay  $365 \times 24$ 'e bölünmüştür.  $d_{nk}$  (aktarma maliyeti) hesaplanırken her bir noktadaki aktarma türü bilinmelidir.

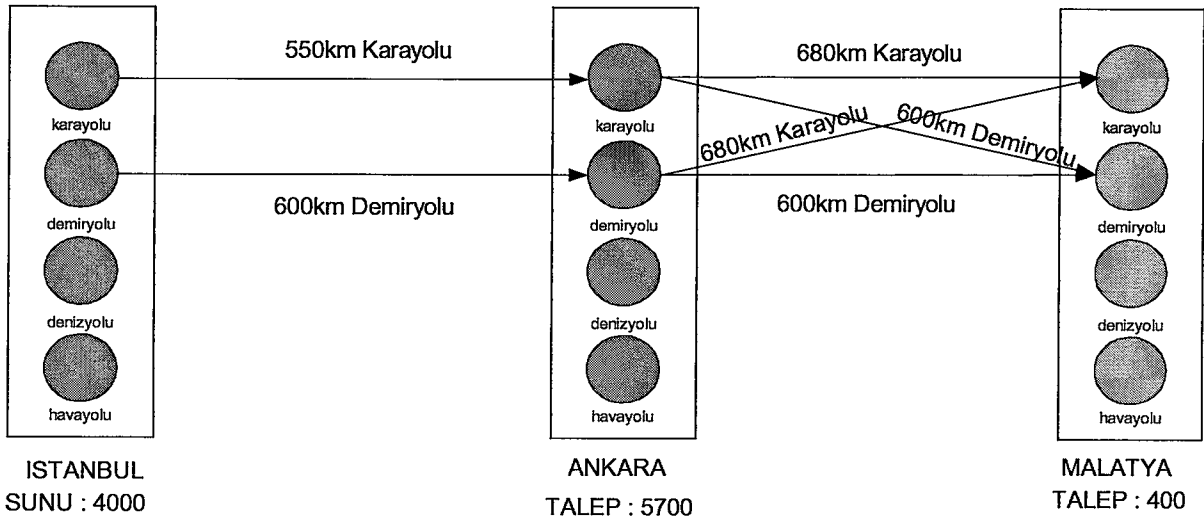


Aşağıdaki gibi bir gösterimde bunu bulabilmek imkansızdır. Çünkü belirtilen noktaya hangi ulaşım türü ile geldiği bilinmemektedir.



Şekil 11.1 Klasik Ulaşım Ağı Yapısı.

Bu problemi aşmak için yeni bir ulaşım ağı gösterim yapısı önerilmektedir. Her bir nokta 4 ayrı alt gruba ayrılır. Bu gruplardan her biri ayrı bir ulaştırma türünü gösterir. Eğer bir noktaya belli bir ulaştırma türü ile geliniyorsa, bu yol uygun olan alt gruba bağlanır. Bu metot ulaşım ağının büyüklüğünü ve karmaşıklığını arttırmakta fakat doğrusal programlama ile çözülebilirlik katmaktadır. Aşağıda bir önceki şekilde verilen ulaşım ağı parçasının önerilen biçimde gösterimi vardır.



Şekil 11.2 Önerilen Ulaşım Ağı Yapısı.



Aşağıdaki kısıtlar altında;

Bütün noktalar sisteme ayrı birer kısıt eklemektedirler.

Sistemde 3 farklı nokta türü olabilir. Bunlar:

- Üretim noktaları,
- Tüketim noktaları,
- Ara noktalar.

$\forall j$   $j$  = üretim noktası ise;

$$\sum_{i=1}^{i=\text{nokta sayisi}} \sum_{k=1}^{k=\text{ulasim turu sayisi}} w_{jik} x_{jik} - \sum_{i=1}^{i=\text{nokta sayisi}} \sum_{k=1}^{k=\text{ulasim turu sayisi}} w_{ijk} x_{ijk} = s_j$$

$s_j(\text{birim})$  :  $j$  üretim noktasından diğer noktalara yapılan sunudur.

$$s_j > 0$$

$\forall j$   $j$  = tüketim noktası ise;

$$\sum_{i=1}^{i=\text{nokta sayisi}} \sum_{k=1}^{k=\text{ulasim turu sayisi}} w_{ijk} x_{ijk} - \sum_{i=1}^{i=\text{nokta sayisi}} \sum_{k=1}^{k=\text{ulasim turu sayisi}} w_{jik} x_{jik} = d_j$$

$d_j(\text{birim})$  :  $j$  tüketim noktasındaki talep miktarıdır.

$$d_j > 0$$

$\forall j$   $j$  = ara nokta ise;

$$\sum_{i=1}^{i=\text{nokta sayisi}} \sum_{k=1}^{k=\text{ulasim turu sayisi}} w_{ijk} x_{ijk} = \sum_{i=1}^{i=\text{nokta sayisi}} \sum_{k=1}^{k=\text{ulasim turu sayisi}} w_{jik} x_{jik}$$

Noktaya gelen ve noktadan çıkan mal miktarları birbirini tutmalıdır, çünkü bu noktalarda üretim veya tüketim bulunmamaktadır.

Problem bu şekilde ifade edildikten sonra doğrusal problem çözüm algoritmalarından herhangi birisi kullanılarak çözülebilir. Bu çalışmada “simplex” algoritması kullanılmıştır.

### 11.3 YAZILIM

Yazılım Visual C++ uygulama geliştirme ortamı kullanılarak geliştirilmiştir. Gerekli verilerin girilebilmesi için kullanıcı–dostu metotlar uygulanmıştır. Bunlara kullanım kılavuzu bölümünde değinilecektir.

#### 11.3.1 Kullanılan Kütüphaneler

“Simplex” algoritmasının uygulanabilmesi için “LINDO” yazılım kütüphanesi kullanılmıştır. LINDO uygulama geliştirme arayüzü yazılım geliştiricilere programlarına optimizasyon ekleyebilme yeteneğini kazandırır. LINDO arayüzü doğrusal programları, tamsayı programları, ikinci dereceden programları, ve genel doğrusal–olmayan/konveks–olmayan programları çözmek için kullanılabilir.

### 11.4 KULLANIM KILAVUZU

Sistem çalıştırılabilir bir dosya ve diğer başvuru kütüphanelerden oluşmaktadır. Program herhangi bir Windows uygulaması gibi çalıştırılabilir. Çalıştırdıktan sonra kullanıcının karşısına aşağıdaki ekran çıkar:

The screenshot shows a Windows-style application window titled "TPS". The interface is divided into several sections:

- Genel Bilgiler (General Information):** A list of input fields for various transportation parameters:
  - Demiryolu ile 1km gitmenin maliyeti (Railway cost per 1km)
  - Karayolu ile 1km gitmenin maliyeti (Road cost per 1km)
  - Denizyolu ile 1km gitmenin maliyeti (Sea cost per 1km)
  - Havayolu ile 1km gitmenin maliyeti (Air cost per 1km)
  - Demiryolunun tek sefer kapasitesi (Railway capacity per trip)
  - Karayolunun tek sefer kapasitesi (Road capacity per trip)
  - Denizyolunun tek sefer kapasitesi (Sea capacity per trip)
  - Havayolunun tek sefer kapasitesi (Air capacity per trip)
  - Demiryolundan karayoluna aktarma maliyeti (Transfer cost from railway to road)
  - Demiryolundan denizyoluna aktarma maliyeti (Transfer cost from railway to sea)
  - Demiryolundan havayoluna aktarma maliyeti (Transfer cost from railway to air)
  - Karayolundan denizyoluna aktarma maliyeti (Transfer cost from road to sea)
  - Karayolundan havayoluna aktarma maliyeti (Transfer cost from road to air)
  - Denizyolundan havayoluna aktarma maliyeti (Transfer cost from sea to air)
  - Karayolu ile seyahat süresi (1km) (Road travel time per 1km)
  - Demiryolu ile seyahat süresi (1km) (Railway travel time per 1km)
  - Denizyolu ile seyahat süresi (1km) (Sea travel time per 1km)
  - Havayolu ile seyahat süresi (1km) (Air travel time per 1km)
  - Malın birim maliyeti (Unit cost of goods)
  - Yıllık faiz oranı (Annual interest rate)
- Buttons:**
  - Top right: HAKKINDA (About), OK
  - Below the main input area: İSTASYONLAR (Stations), YOLLAR (Routes), HESAPLA (Calculate)
  - Bottom left: DOSYADAN OKU (Load from file), KAYDET (Save), FARKLI KAYDET (Save as)
- Sonuçlar (Results):** A large empty text area on the right side of the window.

Şekil 11.3 Kullanıcı arayüzü.

Bu ekranda kullanıcı, sol taraftaki kutuları doldurarak şu verileri girer:

Demiryolu ile 1 km gitmenin maliyeti,  
 Karayolu ile 1 km gitmenin maliyeti,  
 Havayolu ile 1 km gitmenin maliyeti,  
 Denizyolu ile 1 km gitmenin maliyeti,  
 Demiryolunun tek araç ile taşıma kapasitesi,  
 Karayolunun tek araç ile taşıma kapasitesi,  
 Havayolunun tek araç ile taşıma kapasitesi,  
 Denizyolunun tek araç ile taşıma kapasitesi,  
 Demiryolundan karayoluna aktarma maliyeti,  
 Demiryolundan denizyoluna aktarma maliyeti,  
 Demiryolundan havayoluna aktarma maliyeti ,  
 Karayolundan denizyoluna aktarma maliyeti,  
 Karayolundan havayoluna aktarma maliyeti,  
 Denizyolundan havayoluna aktarma maliyeti,  
 Karayolu ile 1km seyahat süresi,  
 Demiryolu ile 1km seyahat süresi,  
 Denizyolu ile 1km seyahat süresi,  
 Havayolu ile 1km seyahat süresi,  
 Malın birim maliyeti,  
 Yıllık faiz oranı.

Sol alt tarafta bulunan düğmeler kullanıcıya bu bilgileri dosyaya kaydetme ve sonra tekrar geri çağırma imkanı verir.

Sağ üst tarafta bulunan üç tane düğme sistemin kullanımı için çok önemlidir. Bunlar:

İSTASYONLAR,  
 YOLLAR,  
 HESAPLA düğmeleridir.

İSTASYONLAR düğmesi sisteme yeni noktalar eklemek için kullanılır. Basıldığı takdirde aşağıdaki ekran kullanılarak yeni noktalar çok kolay bir şekilde sisteme girilirler.



The 'İstasyonlar' dialog box is shown with the following fields and buttons:

- İstasyon Tipi:** A dropdown menu currently showing 'URETİM\_MERKEZİ'.
- İstasyon Adı:** An empty text input field.
- Sunu:** An empty text input field.
- Talep:** An empty text input field.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'KAYDET' (Save).

Şekil 11.4 İstasyonların sisteme girilmesi.

YOLLAR bölümü de İSTASYONLAR bölümü gibi çalışmaktadır. Fakat yeni bir yol girilebilmesi için sistemde en az iki tane nokta bulunmalıdır. Yollar aşağıdaki ekran ile girilirler.

The 'Yollar' dialog box is shown with the following fields and buttons:

- Yol Tipi:** A dropdown menu currently showing 'DEMIRYOLU'.
- Yol Uzunluğu:** An empty text input field.
- Başlangıç:** A dropdown menu currently showing 'İstanbul'.
- Bitiş:** A dropdown menu currently showing 'Ankara'.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'KAYDET' (Save).

Şekil 11.5 Yolların sisteme girilmesi.

Bütün noktalar ve aralarındaki ulaştırma türleri girildikten sonra HESAPLA düğmesine basılır. Bulunan sonuç sağ alt köşedeki ekranda gösterilir.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div> <div>ISTASYONLAR</div> <div>YOLLAR</div> <div>HESAPLA</div> </div> <div>Sonuçlar:</div> <div> <p>UYGUN ÇÖZÜM BULUNDU</p> <p>Çözüm Değeri = 201200.00</p> <p>Çözüm:</p> <p>4000 miktar mal, KARAYOLU ile istanbul - adapazari arasi tasinir. Maliyet: 7</p> <p>1700 miktar mal, KARAYOLU ile izmir - adapazari arasi tasinir. Maliyet: 30</p> <p>900 miktar mal, KARAYOLU ile izmir - hatay arasi tasinir. Maliyet: 31</p> <p>5700 miktar mal, KARAYOLU ile adapazari - ankara arasi tasinir. Maliyet: 15</p> <p>400 miktar mal, KARAYOLU ile hatay - malatya arasi tasinir. Maliyet: 22</p> </div> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Şekil 11.6 Çözüm penceresi.

Sistemde gerekli işlemler yapıp uygun çözüm bulunduktan sonra istenirse değişiklikler daha sonra tekrar kullanılmak üzere yeni bir dosyaya kaydedilebilir. Sol taraftaki kutular kullanılarak yeni veriler girilip problem tekrar tekrar çözülebilir. Her değişiklikte beraber “kaydet” düğmesine basılmalıdır.

Sistemde değişiklik yapabilmek için diğer bir metot da doğrudan sistem veritabanına erişmektir. Sistem veritabanı düz yazı olarak saklanmaktadır. Örnek bir veritabanı dosyası şu şekildedir:

```

<GENEL>
URETİM_MERKEZİ_SAYISI = 2
TUKETİM_MERKEZİ_SAYISI = 3
ARA_ISTASYONLARIN_SAYISI = 1
DEMIRYOLU_ILE_1KM_GITMENIN_MALİYETİ = 0.030
KARAYOLU_ILE_1KM_GITMENIN_MALİYETİ = 0.040
DENIZYOLU_ILE_1KM_GITMENIN_MALİYETİ = 0.010
HAVAYOLU_ILE_1KM_GITMENIN_MALİYETİ = 0.080
DEMIRYOLU_TEK_ARAC_TASIMA_KAPASİTESİ = 2000.000
KARAYOLU_TEK_ARAC_TASIMA_KAPASİTESİ = 20.000
DENIZYOLU_TEK_ARAC_TASIMA_KAPASİTESİ = 50000.000
HAVAYOLU_TEK_ARAC_TASIMA_KAPASİTESİ = 10000.000
DEMIRYOLUNDAN_KARAYOLUNA_AKTARMA_MALİYETİ = 3.000
DEMIRYOLUNDAN_DENIZYOLUNA_AKTARMA_MALİYETİ = 4.000
DEMIRYOLUNDAN_HAVAYOLUNA_AKTARMA_MALİYETİ = 7.000
KARAYOLUNDAN_DENIZYOLUNA_AKTARMA_MALİYETİ = 5.300
KARAYOLUNDAN_HAVAYOLUNA_AKTARMA_MALİYETİ = 8.500
DENIZYOLUNDAN_HAVAYOLUNA_AKTARMA_MALİYETİ = 9.100
KARAYOLU_ILE_SEYAHAT_SURESI = 0.010
DEMIRYOLU_ILE_SEYAHAT_SURESI = 0.030
DENIZYOLU_ILE_SEYAHAT_SURESI = 0.050

```

HAVAYOLU\_ILE\_SEYAHAT\_SURESI = 0.002  
 MALIN\_BIRIM\_MALİYETI = 250.000  
 YILLIK\_FAIZ\_ORANI = 45.000  
  
 <URETIM\_MERKEZI>  
 ISTASYON\_NUMARASI = 0  
 SUNU = 4000.000  
 ISTASYONLAR\_ARASINDAKI\_BAGLAR = T\_3\_600.000,K\_3\_550.000,K\_2\_145.000  
 ISTASYON\_ADI = istanbul  
  
 <URETIM\_MERKEZI>  
 ISTASYON\_NUMARASI = 1  
 SUNU = 2600.000  
 ISTASYONLAR\_ARASINDAKI\_BAGLAR = K\_2\_585.000,K\_5\_600.000,D\_5\_750.000  
 ISTASYON\_ADI = izmir  
  
 <ARA\_ISTASYON>  
 ISTASYON\_NUMARASI = 2  
 ISTASYONLAR\_ARASINDAKI\_BAGLAR = K\_3\_300.000,T\_4\_800.000,K\_5\_712.000  
 ISTASYON\_ADI = adapazari  
  
 <TUKETIM\_MERKEZI>  
 ISTASYON\_NUMARASI = 3  
 TALEP = 5700.000  
 ISTASYONLAR\_ARASINDAKI\_BAGLAR = T\_4\_600.000,K\_4\_680.000  
 ISTASYON\_ADI = ankara  
  
 <TUKETIM\_MERKEZI>  
 ISTASYON\_NUMARASI = 4  
 TALEP = 400.000  
 ISTASYONLAR\_ARASINDAKI\_BAGLAR = K\_5\_417.000  
 ISTASYON\_ADI = malatya  
  
 <TUKETIM\_MERKEZI>  
 ISTASYON\_NUMARASI = 5  
 TALEP = 500.000  
 ISTASYONLAR\_ARASINDAKI\_BAGLAR = K\_4\_417.000  
 ISTASYON\_ADI = hatay

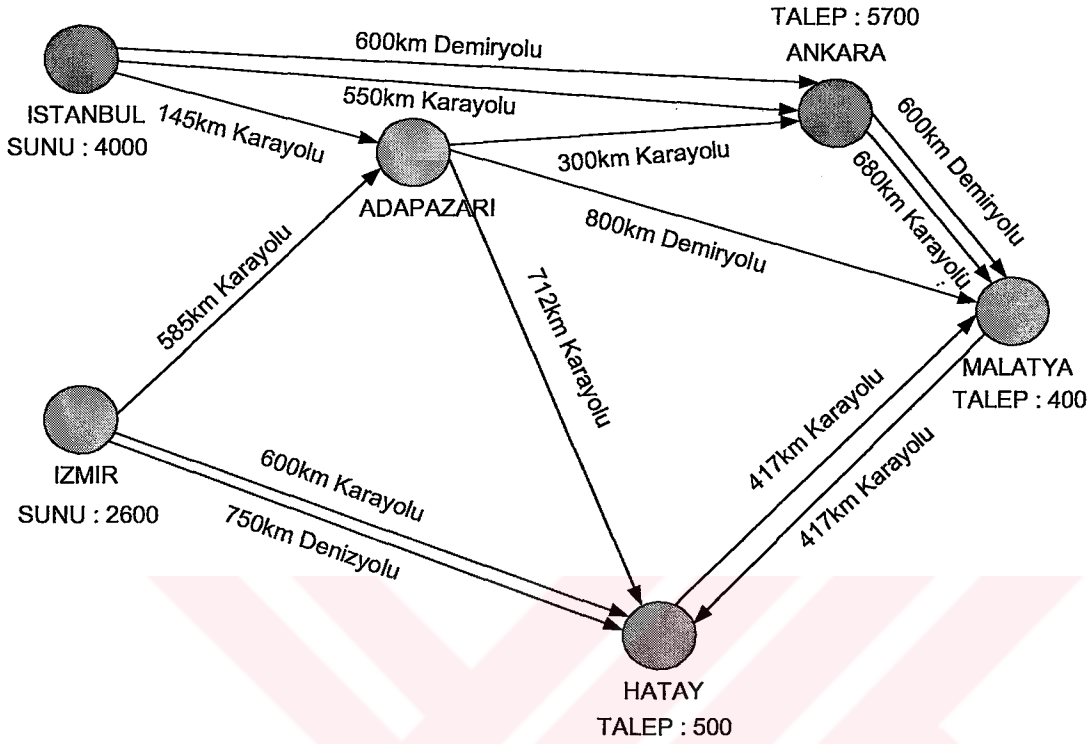
Burada sistemden girilen bütün bilgiler bulunmaktadır. Ulaşım ağındaki bütün yollar burada özel bir yapıda tutulmaktadır. Girilen her bir noktaya sistem tarafından özel bir numara verilmekte ve bu numara yolların başlangıç ve bitiş noktalarını belirlemek için kullanılmaktadır. Örnek olarak:

K\_4\_417 şeklinde girilen bir yol tanımı girildiği noktadan 4 numaralı noktaya 417 km uzunluğunda bir karayolu olduğunu belirtir.



### Örnek 11.1

Örnek olarak aşağıda verilen ulaşım ağı kullanılmıştır.



Yukarıdaki ulaşım ağındaki veriler sisteme istasyon ve yol olarak girilmiştir. Sisteme girilen diğer genel veriler şunlardır:

| Genel Bilgiler                             |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| Demiryolu ile 1km gitmenin maliyeti        | 0.010     |
| Karayolu ile 1km gitmenin maliyeti         | 0.040     |
| Denizyolu ile 1km gitmenin maliyeti        | 0.005     |
| Havayolu ile 1km gitmenin maliyeti         | 0.080     |
| Demiryolunun tek araç kapasitesi           | 20000.000 |
| Karayolunun tek araç kapasitesi            | 20.000    |
| Denizyolunun tek araç kapasitesi           | 5000.000  |
| Havayolunun tek araç kapasitesi            | 1000.000  |
| Demiryolundan karayoluna aktarma maliyeti  | 3.000     |
| Demiryolundan denizyoluna aktarma maliyeti | 4.000     |
| Demiryolundan havayoluna aktarma maliyeti  | 7.000     |
| Karayolundan denizyoluna aktarma maliyeti  | 5.300     |
| Karayolundan havayoluna aktarma maliyeti   | 8.500     |
| Denizyolundan havayoluna aktarma maliyeti  | 9.100     |
| Karayolu ile seyahat süresi (1km)          | 0.010     |
| Demiryolu ile seyahat süresi (1km)         | 0.015     |
| Denizyolu ile seyahat süresi (1km)         | 0.020     |
| Havayolu ile seyahat süresi (1km)          | 0.002     |
| Malın birim maliyeti                       | 50        |
| Yıllık faiz oranı                          | 45.000    |



Sistem aşağıdaki sonucu hesaplamıştır:

TPS

Genel Bilgiler

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| Demiryolu ile 1km gittirinin maliyeti      | 0.010     |
| Karayolu ile 1km gittirinin maliyeti       | 0.040     |
| Denizyolu ile 1km gittirinin maliyeti      | 0.005     |
| Havayolu ile 1km gittirinin maliyeti       | 0.080     |
| Demiryolunun tek araç kapasitesi           | 20000.000 |
| Karayolunun tek araç kapasitesi            | 20.000    |
| Denizyolunun tek araç kapasitesi           | 5000.000  |
| Havayolunun tek araç kapasitesi            | 1000.000  |
| Demiryolundan karayoluna aktarma maliyeti  | 3.000     |
| Demiryolundan denizyoluna aktarma maliyeti | 4.000     |
| Demiryolundan havayoluna aktarma maliyeti  | 7.000     |
| Karayolundan denizyoluna aktarma maliyeti  | 5.300     |
| Karayolundan havayoluna aktarma maliyeti   | 8.500     |
| Denizyolundan havayoluna aktarma maliyeti  | 9.100     |
| Karayolu ile seyahat süresi (1km)          | 0.010     |
| Demiryolu ile seyahat süresi (1km)         | 0.015     |
| Denizyolu ile seyahat süresi (1km)         | 0.020     |
| Havayolu ile seyahat süresi (1km)          | 0.002     |
| Malın birim maliyeti                       | 50        |
| Yıllık faiz oranı                          | 45.000    |

İSTASYONLAR YOLLAR HESAPLA HAKKINDA OK

Sonuçlar:

UYGUN ÇÖZÜM BULUNDU

Çözüm Değeri = 18234.23

Çözüm:

4000 miktar mal, KARAYOLU ile istanbul - adapazari arası tasınır. Maliyet: 0.662

1700 miktar mal, KARAYOLU ile izmir - adapazari arası tasınır. Maliyet: 2.673

900 miktar mal, KARAYOLU ile izmir - hatay arası tasınır. Maliyet: 2.741

5700 miktar mal, KARAYOLU ile adapazari - ankara arası tasınır. Maliyet: 1.371

400 miktar mal, KARAYOLU ile hatay - malatya arası tasınır. Maliyet: 1.905

Bütün yolların ayrıntılı maliyetleri aşağıdaki gibidir:

1 birim mal, <KARAYOLU aktarmalı> DEMIRYOLU ile istanbul - ankara arası tasınır. Maliyet: 5.31

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> DEMIRYOLU ile istanbul - ankara arası tasınır. Maliyet: 6.31

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> DEMIRYOLU ile istanbul - ankara arası tasınır. Maliyet: 2.31

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> DEMIRYOLU ile istanbul - ankara arası tasınır. Maliyet: 9.31

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile istanbul - ankara arası tasınır. Maliyet: 2.51

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile istanbul - ankara arası tasınır. Maliyet: 7.81

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile istanbul - ankara arası tasınır. Maliyet: 5.51

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile istanbul - adapazari arası tasınır. Maliyet: 0.66

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile istanbul - adapazari arası tasınır. Maliyet: 5.96

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile istanbul - adapazari arası tasınır. Maliyet: 3.66

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile istanbul - adapazari arası tasınır. Maliyet: 9.16

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile izmir - adapazari arası tasınır. Maliyet: 2.67

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile izmir - adapazari arası tasınır. Maliyet: 7.97

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile izmir - adapazari arası tasınır. Maliyet: 5.67

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile izmir - adapazari arası tasınır. Maliyet: 11.17

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile izmir - hatay arası tasınır. Maliyet: 2.74

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile izmir - hatay arası tasınır. Maliyet: 8.04

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile izmir - hatay arası tasınır. Maliyet: 5.74

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile izmir - hatay arası tasınır. Maliyet: 11.24

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> DENIZYOLU ile izmir - hatay arası tasınır. Maliyet: 9.15

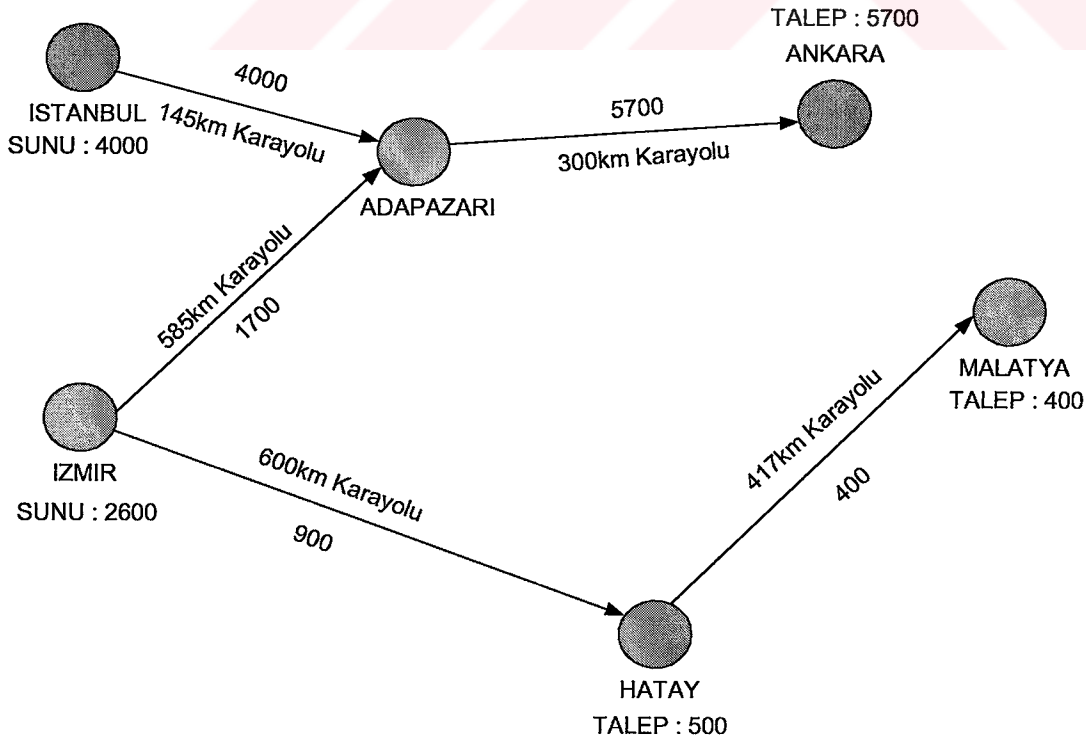
1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> DENIZYOLU ile izmir - hatay arası tasınır. Maliyet: 3.85

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> DENIZYOLU ile izmir - hatay arası tasınır. Maliyet: 7.85

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> DENIZYOLU ile izmir - hatay arası tasınır. Maliyet: 12.95

1 birim mal, <DEMIRYOLU aktarmalı> KARAYOLU ile adapazari - ankara arası tasınır. Maliyet: 1.37

Sonuç aşağıda verildiği gibidir.



## Örnek 11.2

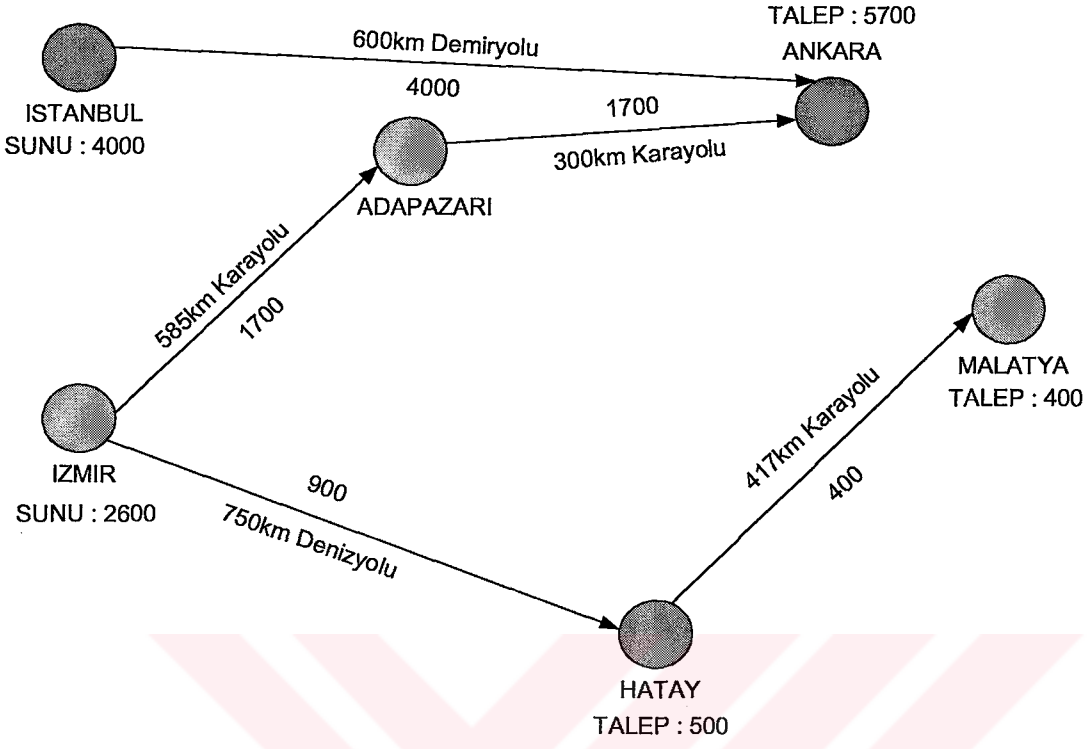
Aynı ulaşım ağı üzerinde genel veriler değiştirilerek aşağıdaki durum elde edilmiştir:

| Genel Bilgiler                             |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| Demiryolu ile 1km gitmenin maliyeti        | 0.010     |
| Karayolu ile 1km gitmenin maliyeti         | 0.040     |
| Denizyolu ile 1km gitmenin maliyeti        | 0.005     |
| Havayolu ile 1km gitmenin maliyeti         | 0.080     |
| Demiryolunun tek araç kapasitesi           | 20000.000 |
| Karayolunun tek araç kapasitesi            | 20.000    |
| Denizyolunun tek araç kapasitesi           | 5000.000  |
| Havayolunun tek araç kapasitesi            | 1000.000  |
| Demiryolundan karayoluna aktarma maliyeti  | 3.000     |
| Demiryolundan denizyoluna aktarma maliyeti | 4.000     |
| Demiryolundan havayoluna aktarma maliyeti  | 7.000     |
| Karayolundan denizyoluna aktarma maliyeti  | 5.300     |
| Karayolundan havayoluna aktarma maliyeti   | 8.500     |
| Denizyolundan havayoluna aktarma maliyeti  | 9.100     |
| Karayolu ile seyahat süresi (1km)          | 0.010     |
| Demiryolu ile seyahat süresi (1km)         | 0.015     |
| Denizyolu ile seyahat süresi (1km)         | 0.020     |
| Havayolu ile seyahat süresi (1km)          | 0.002     |
| Malin birim maliyeti                       | 10.000    |
| Yıllık faiz oranı                          | 45.000    |

Sistem bu veriler ile tekrar çalıştırıldığında şu sonuçlara ulaşılmıştır:

| Sonuçlar:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 - istanbul - <URETIM_MERKEZI><br>1 - izmir - <URETIM_MERKEZI><br>2 - adapazari - <ARA_ISTASYON><br>3 - ankara - <TUKETIM_MERKEZI><br>4 - malatya - <TUKETIM_MERKEZI><br>5 - hatay - <TUKETIM_MERKEZI>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| *****                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| UYGUN ÇÖZÜM BULUNDU<br>Çözüm Değeri = 6745.83<br>Çözüm:<br>4000 miktar mal, DEMIRYOLU ile istanbul - ankara arasi tasinir. Maliyet: 0.463<br>1700 miktar mal, KARAYOLU ile izmir - adapazari arasi tasinir. Maliyet: 1.471<br>900 miktar mal, DENIZYOLU ile izmir - hatay arasi tasinir. Maliyet: 0.771<br>1700 miktar mal, KARAYOLU ile adapazari - ankara arasi tasinir. Maliyet: 0.754<br>400 miktar mal, KARAYOLU ile hatay - malatya arasi tasinir. Maliyet: 1.048 |

Bu sonuçlar ile oluşturulan yeni ulaştırma ağı aşağıdaki gibidir:





## 12. Sonuçlar ve neriler

Lojistik, dünyada son yılların en hızlı büyüyen sektörleri arasında yer almaktadır. Lojistiğin her alanında yeni çalışmalar yapılarak temel bileşenlerde (maliyet, süre, entegrasyon, müşteri hizmetleri düzeyi v.b.) iyileştirmeler sağlanmaya çalışılmaktadır. Türkiye’de de lojistiğin önemi anlaşılmaya başlamış ve çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu alışma ile lojistiğin bilimsel açıdan ele alınmasına katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Bu alışma iki temel bölümden oluşmaktadır. Lojistik ve Ulaştırma alanında yeterli sayıda Türkçe kaynak bulunmadığı için çalışmanın ilk bölümünde Raja G. Kasilingam’ın “Logistics and Transportation, Design and Planning” kitabı tümüyle Türkçe’ye çevrilmiştir. Bu kitap tüm lojistik ve ulaştırma konularına değinmeye çalışan genel bir kitaptır. Tüm konulara değinmeye çalıştığı için bazı konularda yüzeysel kalmıştır. Yapılacak başka çalışmalarda konular tek tek ele alınarak daha derinlemesine incelenebilir.

Çalışmanın ikinci kısmında ise, kitapta anlatılanlar ışığında, maliyet ve envanter verilerini kullanarak ulaştırma türü seçimi yapabilen bir yazılım geliştirilmiştir. Bu bilgisayar programı temelde ulaştırma problemlerinin çözümüne yöneliktir. Program depo yeri, güvenlik, depolama envanter maliyeti gibi verilerin eklenmesi ile geliştirilerek lojistik problemlerini de çözen bir hale getirilebilir. Bu geliştirmelerin temel program yapısı üzerinden devam ettirilebilmesi için yazılımı oluşturan C++ kodu çalışma ile birlikte verilmiştir.

**KAYNAKLAR**

Kasilingam, Raja G. (1998) Logistics and Transportation, Design and Planning, Kluwer Academic Publishers.

Seyidoğlu, Halil (2001) Açıklamalı Ekonomi ve İşletmecilik Terimleri Sözlüğü, Güzem Can Yayınları.

Daganzo, Carlos F. (1996) Logistics System Analysis, Spriger–Verlag.

Taha, Hamdy A. (1997) Operations Research – An Introduction, Prentice–Hall, Inc.

**İNTERNET KAYNAKLARI**

[1] [www.nist.gov/dads/](http://www.nist.gov/dads/)

[2] [www.isye.gatech.edu/vfl/mhs/](http://www.isye.gatech.edu/vfl/mhs/)

[3] 216.239.37.100/search?q=cache:WO1c0uanR04C:filebox.vt.edu/eng/ise/ellis/ISE4204/invknown.pdf+incremental+discount+all-units&hl=tr&ie=UTF-8

[4] [www.utikad.org.tr/](http://www.utikad.org.tr/)

[5] [www.lindo.com/](http://www.lindo.com/)

**EKLER**

Ek 1 Terimler Sözlüğü

Ek 2 Elleçlemede Kullanılan Araçlar



## Ek 1. Terimler Sözlüğü

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a priori                      | Önsel.                                                                                                                                                                                                                                               |
| ad hoc                        | Amaca yönelik.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Allotment usage report        | Tahsisat kullanım raporu.                                                                                                                                                                                                                            |
| Allotments                    | Tahsisatlar.                                                                                                                                                                                                                                         |
| Analytical hierarchic process | Analitik hiyerarşik süreç.                                                                                                                                                                                                                           |
| Annual cost                   | Yıllık-maliyet.                                                                                                                                                                                                                                      |
| Arc                           | Bağ, Bağlantı.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Asset utilization             | Varlık kullanımı.                                                                                                                                                                                                                                    |
| Automated guided vehicle      | Otomatik kılavuzlu araç.                                                                                                                                                                                                                             |
| Backordering                  | Siparişi karşılayamama; firmanın henüz karşılamamış olduğu sipariş.                                                                                                                                                                                  |
| Belt conveyor                 | Bantlı konveyör.                                                                                                                                                                                                                                     |
| Benchmarking                  | Karşılaştırmalı-değerlendirme; belirli bir gösterge belirlemek ve gerçekteki uygulamaları ona göre değerlendirmek.                                                                                                                                   |
| Blanket ordering              | Genel sipariş. Bir mal alım yöntemi; şöyle ki, alıcı ve satıcı uzun süreli bir sözleşme imzalarlar, bu anlaşma ile satıcı hızlı, güvenilir veya düşük fiyattan mal sağlamayı, alıcı da anlaşma süresi boyunca başkasından mal almamayı taahhüt eder. |
| Booking profile forecasting   | Rezervasyon tahmini.                                                                                                                                                                                                                                 |
| Break-of-bulkpoint            | Ana taşıma merkezleri; malların bir taşıma aracından diğerine (örneğin gemiden kamyonu) aktarıldığı merkezler.                                                                                                                                       |
| Bucket allocation             | Özel yer tahsisi.                                                                                                                                                                                                                                    |
| Bulk Commodity                | Dökme yük; yığın biçiminde taşınan yük.                                                                                                                                                                                                              |
| Capital recovery factor       | Ana paranın geri kazanımı çarpanı.                                                                                                                                                                                                                   |
| Car                           | Vagon.                                                                                                                                                                                                                                               |
| Chain conveyor                | Zincir konveyör.                                                                                                                                                                                                                                     |
| Common Carrier                | Taşıma işletmesi.                                                                                                                                                                                                                                    |
| Common costs                  | Ortak maliyetler; bir üretim miktarı faaliyet veya hizmetle doğrudan bağlantılı olmayan maliyetler.                                                                                                                                                  |
| Complete shipment             | Eksiksiz teslimat.                                                                                                                                                                                                                                   |
| Consist                       | Lokomotif katarı.                                                                                                                                                                                                                                    |
| Container on flat car         | Düz araç üzerindeki konteynır.                                                                                                                                                                                                                       |
| Continuous loop conveyor      | Sürekli-döngülü konveyör.                                                                                                                                                                                                                            |
| Covering models               | Kapsama modelleri.                                                                                                                                                                                                                                   |
| Cumulative                    | Yığılımlı.                                                                                                                                                                                                                                           |
| Cwt                           | 112 Libre (İngiltere), 100 Libre (ABD).                                                                                                                                                                                                              |
| Deadhead                      | Boş olan (kalkan) tren.                                                                                                                                                                                                                              |
| Dedicated contract carrier    | Sözleşme tahsisli taşıyıcı.                                                                                                                                                                                                                          |
| Defective                     | Defolu.                                                                                                                                                                                                                                              |
| Departman                     | Bölüm.                                                                                                                                                                                                                                               |
| Deregulation                  | Yeniden düzenleme, serbestleştirme; ekonomik faaliyetler üzerine konan düzenleme ve kısıtlamaların kaldırılması.                                                                                                                                     |
| Discrete plant location       | Farklı üretim yeri.                                                                                                                                                                                                                                  |



|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Discrete plant location          | Farklı üretim yeri.                                                                                                                                                                                                                               |
| Dispatch rule                    | Taşıt yönetim kuralları.                                                                                                                                                                                                                          |
| Distance metrics                 | Farklılık ölçüsü.                                                                                                                                                                                                                                 |
| Dummy                            | Yapay.                                                                                                                                                                                                                                            |
| Dwell time                       | İstasyon-süresi.                                                                                                                                                                                                                                  |
| Economic downturn                | Ekonomik gerileme; konjonktürün tepe noktasına ulaştıktan sonra reel üretimde ortaya çıkan düşüş.                                                                                                                                                 |
| Economic order quantity          | Ekonomik sipariş miktarı; sipariş maliyeti ile stoklama maliyetini en aza indirebilmek için stoktaki bir maldan verilmesi gereken sipariş miktarı.                                                                                                |
| Economic ordering quantity model | Ekonomik sipariş modeli; stoklardaki bir maddenin en ekonomik sipariş miktarını belirleme amacına yönelik model.                                                                                                                                  |
| Economies of scale               | Ölçek ekonomileri; firmanın üretim tesislerinin ölçeği büyütüldüğünde verimlilikte sağlanan artış veya ortalama üretim maliyetinde ortaya çıkan düşme.                                                                                            |
| Eigenvector                      | Özyöneş.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Emerging technologies            | Yeni teknolojiler.                                                                                                                                                                                                                                |
| Ending inventory                 | Dönem sonu stoku.                                                                                                                                                                                                                                 |
| Equipment utilization            | Ekipmandan faydalanma.                                                                                                                                                                                                                            |
| Equipment                        | Ekipman.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Exponential smoothing model      | Üssel yumuşatma modeli.                                                                                                                                                                                                                           |
| Financial leverage               | Mali kaldıraç; hisse senetleri üzerindeki getiri oranını yükseltmek için işletmenin borç yolunu kullanması; borçların, borç artışı hisse senedi toplamına bölünmesi ile hesaplanır.                                                               |
| Finished product                 | Mamul ürün.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Forwarder                        | Nakliyecisi Firma.                                                                                                                                                                                                                                |
| From-to                          | ...-den...-e.                                                                                                                                                                                                                                     |
| Gap analysis                     | Ayrım çözümleme.                                                                                                                                                                                                                                  |
| Global Logistics                 | Global lojistik.                                                                                                                                                                                                                                  |
| Goal programming model           | Hedef programlama modeli.                                                                                                                                                                                                                         |
| Hand truck                       | El arabası.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Heuristic                        | Sezgisel.                                                                                                                                                                                                                                         |
| Holding cost                     | Envanter sürdürme maliyeti; firmanın stok pozisyonunu koruması için yapması gereken masraflar.                                                                                                                                                    |
| Hub and spoke                    | Merkez-ve-dallar.                                                                                                                                                                                                                                 |
| Incoming                         | Getiren.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Integrated logistics             | Bütünleşik lojistik.                                                                                                                                                                                                                              |
| Internal rate of return          | İç verimlilik oranı; gelecekteki maliyet ve gelirleri birbirine eşitleyen iskonto oranı; iç verimlilik oranı fonların faiz oranı ile ölçülen marjinal fırsat maliyetinden büyük olduğu sürece bir yatırım projesinin gerçekleştirilmesi kârlıdır. |
| International commercial terms   | Uluslararası ticari anlaşma koşulları.                                                                                                                                                                                                            |
| In-transit                       | Ulaşımındaki envanter.                                                                                                                                                                                                                            |

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inventory turnover ratio     | Envanter dönüşüm oranı, malın işletme içine kaç kez girdiğini ölçen oran; satılan malların maliyetinin ortalama stok miktarına bölünmesiyle elde edilir.                                                                                                                                                       |
| Inventory                    | Envanter, malların listeler halinde fiyat ve miktarlarına göre kayıtlarının tutulması.                                                                                                                                                                                                                         |
| Isograph                     | Performans eğrileri.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Just-in-time                 | Tam-zamanında.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Lagrangian relaxation-based  | Lagranj gevşetme-tabanlı.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Less-than-truckload          | Kamyon-dolusundan-az.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Letter of credit             | Akreditif; uluslararası ticarete bir ödeme yöntemi; ithalatçının talimatı üzerine bir bankanın yabancı ülkedeki muhabiri üzerinde, o ülkedeki ihracatçı lehine açtığı ve ihracatçının kredi mektubunda belirtilen belgeleri bankaya sunması durumunda kendisine ödeme yapılacağını belirten bir itibar hesabı. |
| Line-haul economy            | Gidilen uzaklıkla orantılı olarak kilometre başına taşıma giderlerindeki düşme.                                                                                                                                                                                                                                |
| Line-haul                    | Uzak-mesafelere-taşıma.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Link-dependent transfer cost | Yola bağlı aktarma maliyeti.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Load factor report           | Yük faktör raporu.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Location-allocation model    | Yer-tahsis modeli.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Metrics                      | Ölçüt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Mode                         | Ulaştırma türü.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Motive Power                 | Tahrik gücü.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Multicommodity               | Çeşitli-yüklü.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| No line haul                 | Kısa-mesafeye taşıma.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| No-show                      | Rezervasyon yaptırdığı halde gitmeyen müşteri.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Operating ratio              | İşletim oranı.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Order cycle time             | Sipariş periyodu.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Order processing time        | Siparişin hazırlanma süresi.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Origin-Destination           | Başlangıç-Son.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Outgoing                     | Götüren.                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Outlier                      | Uç değer.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Outsourcing                  | Dış-kaynaklardan edinme; firmanın bir hizmet veya malı bir başka firmanın destek biriminden sağlaması.                                                                                                                                                                                                         |
| Overbooking                  | Rezervasyon-fazlası.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Overhead costs               | Genel gider maliyetleri; firmanın üretim hacmine bağlı olmayan masraflar.                                                                                                                                                                                                                                      |
| Overhead trolley             | Kule vinç.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Overnight                    | Günlük.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Oversale                     | Satış-fazlası.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Palet truck                  | Palet taşıyıcı.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Palet-load                   | Palet-dolusu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Payload                      | Navlunlu yük; taşınabilecek maksimum net yük ağırlığı.                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Percentage of good parts     | Kaliteli parçaların yüzdesi.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                         |                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planning Horizon                        | Planlama dönemi; uzun dönem maliyet eğrilerinin öteki ismi; planlama döneminde bütün girdiler değişkendir.                                                                          |
| Platform truck                          | Platform el arabası.                                                                                                                                                                |
| Power truck                             | Motorlu taşıyıcı.                                                                                                                                                                   |
| Power-and-free                          | Motorlu-ve-serbest.                                                                                                                                                                 |
| Present worth factor                    | Şimdiki değer faktörü; bileşik faize dayanarak bugünkü değeri hesaplamada kullanılan matematiksel formül.                                                                           |
| Present-worth comparison                | Şimdiki-değer karşılaştırması.                                                                                                                                                      |
| Product screening                       | Yeni veya geliştirilmiş malları firmanın pazarlama hedefleri, ilerideki gelişme potansiyeli ve öteki faktörlere göre değerlendirme süreci.                                          |
| Pull                                    | Toplama.                                                                                                                                                                            |
| Push                                    | Sevk etme.                                                                                                                                                                          |
| Quadratic assignment model              | İkinci dereceden atama modeli.                                                                                                                                                      |
| Quadratic programming                   | İkinci dereceden programlama; doğrusal programlamanın değişik bir biçimi; burada denklemler doğrusal değil, kareli biçimdedir.                                                      |
| Quantified then payback period analysis | Geri dönme süresi analizi.                                                                                                                                                          |
| Rate                                    | Fiyat, Oran.                                                                                                                                                                        |
| Reading day                             | Okuma günü.                                                                                                                                                                         |
| Recirculating conveyor                  | Yeniden-dolaşan konveyör.                                                                                                                                                           |
| Rectilinear                             | Doğrusal.                                                                                                                                                                           |
| Re-engineering                          | Yeniden-yapılanma; maliyet, kalite, hizmet veya çabukluk gibi kritik uygulamalarda büyük gelişmeler sağlanabilmesi için işletme süreçlerinin köktenci biçimde yeniden tasarlanması. |
| Relative weighting schemes              | Göreceli ağırlıklandırma şemaları.                                                                                                                                                  |
| Relaxing                                | Gevşetme.                                                                                                                                                                           |
| Relocation                              | Yer değiştirme.                                                                                                                                                                     |
| Return on investment                    | Yatırım getirisi; genellikle kayıtlı değer in yüzdesi olarak muhasebe kârları biçiminde tanımlanır.                                                                                 |
| Reverse Logistics                       | Tersinden lojistik.                                                                                                                                                                 |
| Roller conveyor                         | Silindir konveyör.                                                                                                                                                                  |
| Set covering location model             | Küme kapsama modeli.                                                                                                                                                                |
| Setup costs                             | Başlama maliyetleri.                                                                                                                                                                |
| Severity rate                           | İşgücü kayıp oranı.                                                                                                                                                                 |
| Shipper                                 | Gönderen.                                                                                                                                                                           |
| Shortage cost                           | Açık maliyeti.                                                                                                                                                                      |
| Short-list                              | Aday listesi, Son elemeye kalanların listesi.                                                                                                                                       |
| Show-up rate                            | Meydana-gelme oranı.                                                                                                                                                                |
| Show-up                                 | Gerçekleşme düzeyi.                                                                                                                                                                 |
| Side Constraints                        | Yan kısıtlar.                                                                                                                                                                       |
| Single direction conveyor               | Tek yönlü konveyör.                                                                                                                                                                 |
| Slat conveyor                           | Slatlı konveyör.                                                                                                                                                                    |
| Spoilage                                | Yük hasarı.                                                                                                                                                                         |
| Stacking loss                           | Yerleştirme kaybı.                                                                                                                                                                  |

Subcontract  
System uptime  
Third-party logistics  
Total cover problem  
Trade-off

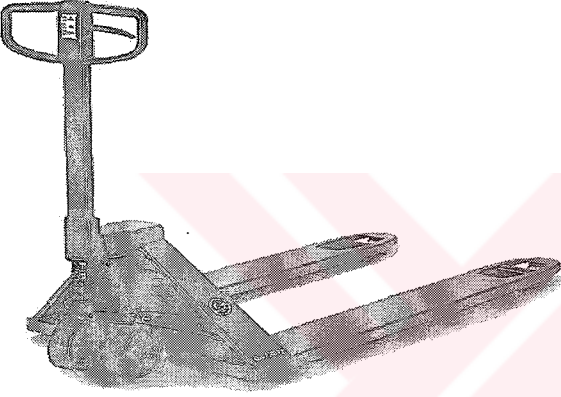
Trailer on flat car  
Trailer  
Transit  
Trans-shipment  
Trend analysis  
Truck-load  
Truck-load  
Unit load carrier  
Unit-load  
Variable tendering

Virtual Warehouse  
What-if  
Yard

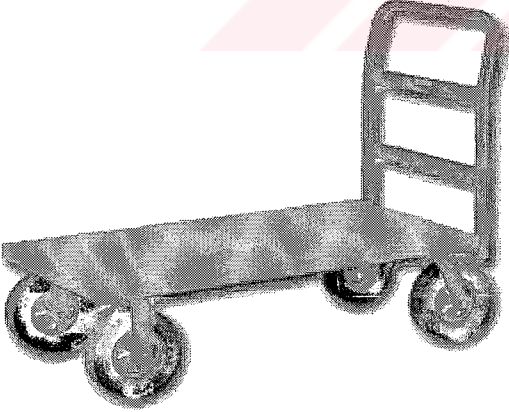
Taşıeronluk sözleşmesi.  
Sistemin çalışma süresi.  
Üçüncü-parti lojistik.  
Toplam minimum büyüklük problemi.  
Hasıla ve maliyet dengesi; bir işi yapmakla (üretim artışı gibi) artan yarara karşılık feda edilmesi gereken varlıkların (maliyet) da artması; dolayısıyla etkin çözüm olarak elde edilen ile vazgeçilen değerler arasında denge kurulması gerektiğini ifade eder.  
Düz araç üzerindeki dorse.  
Dorse.  
Nakliye.  
Yolda aktarma.  
Konjonktür analizi.  
Kamyon-dolusu.  
Kamyon-dolusu.  
Birim yük taşıyıcı.  
Birim-yük.  
Değişken teklif sunmak, rezervasyon miktarından daha az veya fazla gönderme talebidir.  
Sanal depolama.  
...ise, ne olur?  
Triyaj istasyonu.

**Ek 2. Elleçlemede Kullanılan Araçlar**

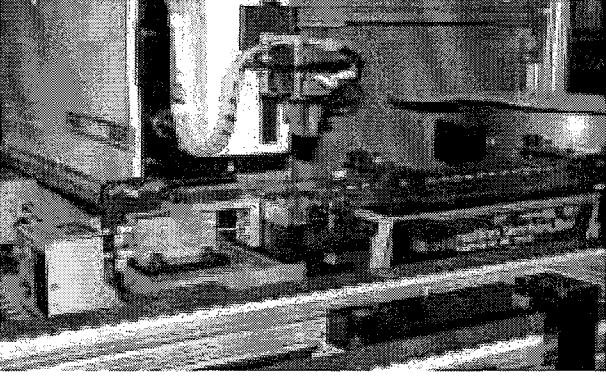
Banlı konveyör



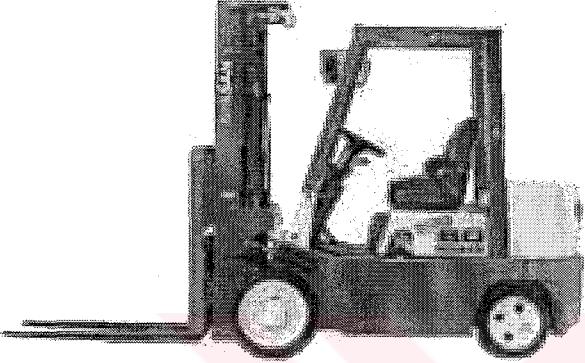
Palet taşıyıcı



Platform el arabası



Motorlu-ve-serbest.



Forklift



**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 19.04.1977

Doğum yeri Arguvan, Malatya

Lise 1991–1994 Malatya Sümer Lisesi

Lisans 1995–2000 İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,  
Şehir ve Bölge Planlama Bölümü  
2002– Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi,  
İşletme Bölümü

Yüksek Lisans 2001–2003 Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Ulaştırma Programı

**Çalıştığı kurumlar**

1997–1999 Escortnet, İnternet Servis Sağlayıcı  
2001–2002 Cenk İnşaat, Küçükyalı Şantiyesi

