



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**LAYNER ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNDE
OPTİMUM FİLO PLANLAMASI MODELİ**

**Yük.Müh. Murat YILDIZ
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği
Anabilim Dalı**

**Danışman
Prof.Dr. Necmettin AKTEN**

Temmuz, 2008

İSTANBUL

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**LAYNER ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNDE
OPTİMUM FİLO PLANLAMASI MODELİ**

**Yük.Müh. Murat YILDIZ
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği
Anabilim Dalı**

**Danışman
Prof.Dr. Necmettin AKTEN**

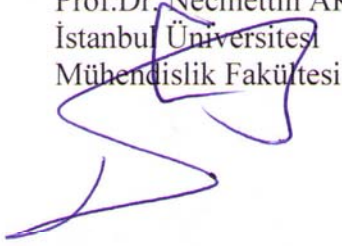
Temmuz, 2008

İSTANBUL

Bu çalışma 22 / 09 / 2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliğı Anabilim Dalı Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliğı programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof.Dr. Necmettin AKTEN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Ahmet Dursun ALKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Makina Fakültesi



Prof. Dr. Öner ESEN
İstanbul Üniversitesi
İşletme Fakültesi



Doç.Dr. şakir ESNAF
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç.Dr. Sezer İLGİN
İstanbul Teknik Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi



Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 846 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Denizcilik konusunda bilgisi ve vizyonu bana yol gösteren, lisans, yüksek lisans ve doktora öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı, tez danışmanım, değerli Hocam Sayın Prof.Dr. Necmettin AKTEN'ne; bilimsel yaklaşımlarından feyiz aldığım, tez adının önerilmesinde ve tezin ilk dönemlerindeki katkılarıyla ilk tez danışmanım Sayın Hocam Prof.Dr. Sadettin ÖZEN'ne, değerli katkıları ile tez izleme jürimde bulunan Sayın Hocam Prof.Dr. Ahmet Dursun ALKAN'a, doktora derslerinde verdiği bilgisayar destekli yöneylem araştırması dersiyle bu tezin oluşmasında emeği olan ve aynı zamanda tez izleme jürimde bulunan Sayın Hocam Prof.Dr. Öner ESEN'e, matematiksel modellemeler konusunda kendisine her zaman danıştığım tez izleme eski jürim, değerli matematikçi Hocam Prof.Dr. Rauf GARDAŞOV'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen benimle birlikte saatlerini veren çok değerli çalışma arkadaşlarıma, çalışmamın uygulama kısmını destekleyen İstanbul Üniversitesi'ne ve manevi olarak tez çalışmalarımda beni her zaman destekleyen, değerli eşime teşekkürü borç bilirim.

Temmuz, 2008

Murat YILDIZ

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖNSÖZ..... | I |
| İÇİNDEKİLER | II |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | IV |
| TABLO LİSTESİ | V |
| SEMBOL LİSTESİ | VII |
| ÖZET | XIII |
| SUMMARY | XIV |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1 GENEL BAKIŞ | 1 |
| 1.2 AMAÇ VE PROBLEM..... | 2 |
| 1.3 ÇÖZÜM YÖNTEMİ..... | 3 |
| 2. GENEL KISIMLAR..... | 5 |
| 2.1 DENİZYOLU FİLO PLANLAMASI İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR..... | 5 |
| 2.2 GENEL TANIM VE KAVRAMLAR..... | 9 |
| 2.2.1 Filo | 9 |
| 2.2.2 Layner Taşımacılık..... | 9 |
| 2.2.3 Tramp Taşımacılık | 10 |
| 2.2.4 Kapasite..... | 10 |
| 2.2.5 Kapasite Kullanım Oranı..... | 11 |
| 2.2.6 Sistem..... | 11 |
| 2.2.7 Model | 11 |
| 2.2.8 Doğrusal Programlama Modeli | 12 |
| 2.2.9 Tamsayılı Programlama..... | 13 |
| 2.2.10 Ulaştırma Modelleri | 13 |
| 2.2.11 Dinamik Programlama Modeli..... | 14 |
| 2.2.12 Politika..... | 15 |
| 2.2.13 Planlama..... | 15 |
| 2.2.14 Maliyet Analizi..... | 18 |
| 2.3 LAYNER TAŞIMACILIĞI..... | 24 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 2.4 | LAYNER TAŞIMACILIĞI EKONOMİSİ..... | 28 |
| 2.5 | DENİZYOLU FİLO İŞLETMECİLİĞİ | 29 |
| 2.5.1 | Denizyolu Filo İşletmeciliğinde Oluşan Başlıca Faaliyetler | 30 |
| 3. | MALZEME VE YÖNTEM..... | 35 |
| 3.1 | FİLO PLANLAMASININ SÜREÇLERİ, HUSUSLARI VE BİLEŞENLERİ | 35 |
| 3.1.1 | Filo Planlama Süreçleri..... | 36 |
| 3.1.2 | Ulaştırma Tedbirleri ve Politikaları..... | 37 |
| 3.1.3 | Filo Planlamasının Bileşenleri | 40 |
| 3.1.4 | Müşteri Lojistiği | 47 |
| 3.2 | FİLO MALİYET ANALİZİ | 49 |
| 3.2.1 | Denizyolu Filo İşletmeciliğinde Birim Maliyetler | 56 |
| 3.2.2 | Gemi Maliyetlerinin Yapısı..... | 60 |
| 3.2.3 | Filo Bekleme-Sıkışıklık Maliyetleri..... | 67 |
| 3.3 | LAYNER ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNDE BİR FİLO PLANLAMA MODELİ | 71 |
| 3.3.1 | Layner Taşımacılık Filo Dizaynında Planlama Süreci | 71 |
| 3.3.2 | Layner Taşımacılık Filo Dizaynında Parametrelerin Hesaplanması..... | 77 |
| 3.3.3 | Stratejik Filo Planlama Problemi, Tanımları ve Kabulleri | 95 |
| 3.3.4 | Taktik Filo Planlaması Alt Problemi, Tanımları, Kabulleri..... | 104 |
| 4. | BULGULAR | 112 |
| 4.1 | OPTİMİZASYON PROSEDÜRÜ | 112 |
| 4.1.1 | Temel Girdiler | 112 |
| 4.1.2 | Model Çözümünde Kullanılan Optimizasyon Programı..... | 114 |
| 4.2 | LAYNER ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ FİLO PLANLAMASINDA BİR UYGULAMA | 116 |
| 4.2.1 | Uygulamada Kullanılan Veriler | 116 |
| 4.2.2 | Senaryolar | 118 |
| 4.2.3 | Senaryo Sonuçlarının Karşılaştırılması..... | 131 |
| 5. | TARTIŞMA VE SONUÇ | 134 |
| 6. | KAYNAKLAR..... | 138 |
| | EKLER..... | 145 |
| | ÖZGEÇMİŞ..... | 168 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1 Sabit Maliyet | 19 |
| Şekil 2.2 Değişken Maliyet | 19 |
| Şekil 2.3 Toplam Maliyet..... | 20 |
| Şekil 2.4 Ortalama Sabit Maliyet..... | 21 |
| Şekil 2.5 Ortalama Değişken Maliyet..... | 21 |
| Şekil 2.6 Ortalama Toplam Maliyet | 22 |
| Şekil 2.7 Marjinal Maliyet Eğrisi..... | 23 |
| Şekil 2.8 Marjinal Maliyet Doğrusu | 23 |
| Şekil 2.9 Maliyet Eğrileri..... | 24 |
| Şekil 2.10 Yıllara Göre Dünyada Taşınan Konteyner Miktarları | 27 |
| Şekil 3.1 Gemi Sabit ve Değişken Maliyetleri ile Navlun Gelirleri Arasındaki İlişki | 52 |
| Şekil 3.2 Deniz Ulaştırma İşletmelerinde Hizmet Düzeyi, Ortalama Toplama, Ortalama Değişken ve Ortalama Sabit Maliyet İlişkileri..... | 54 |
| Şekil 3.3 Deniz Ulaştırma İşletmelerinde Hizmet Düzeyi, Ortalama Maliyet ve Marjinal Maliyet İlişkisi | 55 |
| Şekil 3.4. Taşıt Hacmi/Kapasitesi Sefer Maliyet Fonksiyonu İlişkisi | 70 |
| Şekil 3.5 Layner Taşımacılıkta Farklı Planlama Düzeyleri | 74 |
| Şekil 3.6 Layner Ulaştırma Sistemleri Filo Planlaması Akış Şeması | 76 |

TABLO LİSTESİ

| | |
|--|-----|
| Tablo 3.1 Taşıyıcı Seçimini Etkileyen Faktörler (D'Este ve Meyrick, 1992),..... | 48 |
| Tablo 4.1 Güzergâhlardaki Yıllık Taşıma Talepleri..... | 117 |
| Tablo 4.2 Finansal ve ekonomik değerler. | 117 |
| Tablo 4.3 Senaryo 1 Filo Başlangıç Durumu..... | 119 |
| Tablo 4.4 Senaryo 1 – Aşama 1 Güzergâhların Bulunan Yıllık Sefer Sayıları ve Frekansları..... | 120 |
| Tablo 4.5 Senaryo 2 Filo Başlangıç Durumu..... | 123 |
| Tablo 4.6 Senaryo 2 – Aşama 1 Güzergâhların Bulunan Yıllık Sefer Sayıları ve Frekansları..... | 123 |
| Tablo 4.7 Senaryo 3 Filo Başlangıç Durumu..... | 126 |
| Tablo 4.8 Senaryo 3 – Aşama 1 Güzergâhların Bulunan Yıllık Sefer Sayıları ve Frekansları..... | 127 |
| Tablo 4.9 Senaryo 4 Filo Başlangıç Durumu..... | 129 |
| Tablo 4.10 Senaryo 4 – Aşama 1 Güzergâhların Bulunan Yıllık Sefer Sayıları ve Frekansları..... | 130 |
| Tablo 4.11 Senaryoların Başlangıç Durumları ve Toplam Maliyet Özet Sonuçları | 132 |
| Tablo 4.12 Senaryoların Güzergâhlara Ait Sefer Sayıları Özet Sonuçları..... | 132 |
| Tablo 7.1 Satın Alınabilecek K Gemilerinin Özellik ve Maliyet Değerleri..... | 145 |
| Tablo 7.2 Kiralanabilecek H Gemilerinin Özellik ve Maliyet Değerleri..... | 146 |
| Tablo 7.3 Güzergâhlara Ait Veriler | 147 |
| Tablo 7.4 Satın Alınabilecek Bir K Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Sefer Maliyeti (USD) (C_{kr}) | 148 |
| Tablo 7.5 Satın Alınabilecek Bir K Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Sefer Süresi (Gün) t_{kr} | 148 |
| Tablo 7.6 Satın Alınabilecek Bir K Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Yılda Yapabileceği Maksimum Sefer Sayısı $\left(\frac{T_k}{t_{kr}}\right)$ | 149 |

| | |
|---|------------|
| Tablo 7.7 Satın Alınabilecek Bir K Gemisinin R Güzergâhındaki Yıllık İşletme Maliyeti (USD) (C_{krt}, C_{kr}^t)..... | 149 |
| Tablo 7.8 Kiralanacak Bir H Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Sefer Maliyeti (USD) (C_{hr}) | 150 |
| Tablo 7.9 Kiralanacak Bir H Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Sefer Süresi (Gün) (t_{hr}) | 150 |
| Tablo 7.10 Kiralık Bir H Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Yılda Yapabileceği Maksimum Sefer Sayısı $\left(\frac{T_h}{t_{hr}}\right)$..... | 151 |
| Tablo 7.11 Kiralık Bir H Gemisinin R Güzergâhındaki Yıllık İşletme Maliyeti (USD) (C_{hrt}, C_{hr}^t) | 151 |
| Tablo 7.12 Birinci Senaryo-Aşama 1 Çözüm Tablosu..... | 152 |
| Tablo 7.13 Birinci Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Birinci Yıl için Güzergâhlara Atanması | 153 |
| Tablo 7.14 Birinci Senaryo-Aşama 2 Gemilerin İkinci Yıl için Güzergâhlara Atanması | 154 |
| Tablo 7.15 Birinci Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Üçüncü Yıl için Güzergâhlara Atanması | 155 |
| Tablo 7.16 İkinci Senaryo-Aşama 1 Çözüm Tablosu..... | 156 |
| Tablo 7.17 İkinci Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Birinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması | 157 |
| Tablo 7.18 İkinci Senaryo-Aşama 2 Gemilerin İkinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması.. | 158 |
| Tablo 7.19 İkinci Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Üçüncü Yıl İçin Güzergâhlara Atanması | 159 |
| Tablo 7.20 Üçüncü Senaryo-Aşama 1 Çözüm Tablosu..... | 160 |
| Tablo 7.21 Üçüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Birinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması | 161 |
| Tablo 7.22 Üçüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin İkinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması | 162 |
| Tablo 7.23 Üçüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Üçüncü Yıl İçin Güzergâhlara Atanması | 163 |
| Tablo 7.24 Dördüncü Senaryo-Aşama 1 Çözüm Tablosu | 164 |
| Tablo 7.25 Dördüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Birinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması | 165 |
| Tablo 7.26 Dördüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin İkinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması | 166 |
| Tablo 7.27 Dördüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Üçüncü Yıl İçin Güzergâhlara Atanması | 167 |

SEMBOL LİSTESİ

- A_{irh}^p : kiralık h gemisinin, r güzergâh i 'nci limanında, birim zamandaki operasyon maliyeti.
- A_{kr}^s : k gemisinin, r güzergâhında denizde, birim zamandaki operasyon maliyeti.
- A_{hr}^s : kiralık h gemisinin, r güzergâhında denizde, birim zamandaki operasyon maliyeti
- a_k : k gemisinin yakıt tüketim katsayısı.
- a_h : kiralık h gemisinin yakıt tüketim katsayısı.
- AA_j : $j = 1,2,3,\dots,K$ gösteriminin planlama sürecinin öncesinde k gemi tiplerinin sayısı anlamına gelmektedir.
- b_k : k gemisinin yürütücü kuvvetinden aldığı güç ile kazandığı maksimum hız.
- C_c : birim maliyet hesaplarında kullanılan toplam operasyon maliyeti.
- C_{kr}^p : r güzergâhında k gemisinin sefer başına operasyon maliyeti.
- C_{hr}^p : r güzergâhında kiralık h gemisinin sefer başına operasyon maliyeti.
- C_{kr}^s : r güzergâhındaki k gemisinin denizde geçen süre içindeki sefer başına operasyon maliyetini,
- C_{hr}^s : r güzergâhındaki kiralık bir h gemisinin denizde geçen süre içindeki sefer başına operasyon maliyetini,
- C_{krt} : t yılında r güzergâhındaki k tipindeki geminin yıllık işletme maliyeti.
- C_{hrt} : t yılında r güzergâhındaki k tipindeki geminin yıllık işletme maliyeti.
- C_{kr}^t : taktik filo planlamasında k gemisinin r güzergâhındaki yıllık işletme ve operasyon maliyeti.
- C_{hr}^t : taktik filo planlamasında kiralık h gemisinin r güzergâhındaki yıllık işletme ve operasyon maliyeti.
- cd_r : r güzergâhındaki kanal uzunluğu.
- cf_r : r güzergâhındaki kanal ücreti.
- cn_r : r güzergâhında üzerindeki kanal seferi/geçışı sayısı.
- cw_r : r güzergâhındaki kanal geçişlerinin her biri için bekleme zamanı.
- d_{ir}^m : r güzergâhında i 'inci liman ile ilgili tahditli suyolu uzunluğu.
- d_r^m : r güzergâhındaki tahditli suyolu uzunluğu.
- D_k : k gemisinin servisten çekildiği zaman için ek günlük maliyet. Geminin demirdeki masraflarını, personelin gemiye gönderilmesi ya da gemiden çekilmesi sırasındaki ulaştırma maliyetleri vs...

- d_r : r güzergâhındaki toplam seyir mesafesi.
- \vec{E}_t : t yılında servisten çekilen farklı gemi tiplerindeki gemilerin durumunu gösteren karar değişkeni vektörü. \vec{E}_t 'nin her E_{ktm} elemanının anlamı t yılında m durumu altında servisten çekilen k tipindeki gemilerin sayısıdır.
- E_{ktm} : karar değişkeni. t yılında m durumu altında servisten çekilen k tipindeki gemilerin sayısıdır.
- e_k : k gemisi için günlük toplam servis dışı kalma maliyeti.
- e_h : kiralık h gemisi için günlük toplam servis dışı kalma maliyeti. Kiralık gemiler için genellikle “sıfır” alınır.
- e_{kt} : t yılında k gemisinin servis dışı kalma maliyeti.
- e_{ht} : t yılında kiralık h gemisinin servis dışı kalma maliyeti. Kiralanan gemilerin genelde servis dışına çıkarılması durumunda kiralayan tarafa bir maliyeti yoktur. Genelde sıfır kabul edilir.
- e_k^t : t yılında k gemisinin servis dışı kalma maliyeti.
- e_h^t : t yılında kiralık h gemisinin servis dışı kalma maliyeti. Kiralanan gemilerin genelde servis dışına çıkarılması durumunda kiralayan tarafa bir maliyeti yoktur. Genelde sıfır kabul edilir.
- F_r : r güzergâhında servis sıklığı (tam sayı).
- f_k : k gemisinin her birim zaman için yürütücü yakıt tüketimi.
- f_h : kiralık h gemisinin birim zaman için yürütücü yakıt tüketimi.
- g_k^p : k gemisinin limanlarda, elektrik üreten dizel makinelerinin birim zaman başına ortalama yakıt tüketimi.
- g_h^p : kiralık h gemisinin limanlarda, elektrik üreten dizel makinelerinin birim zaman başına ortalama yakıt tüketimi.
- g_k^s : k gemisinin seyirde, elektrik üreten dizel makinelerinin birim zaman başına yakıt tüketimi.
- g_h^s : kiralık h gemisinin seyirde, elektrik üreten dizel makinelerinin birim zaman başına yakıt tüketimi.
- g_k^l : k gemisinin servisten çekildiği dönemde elektrik üreten dizel makinelerinin birim zaman başına yakıt tüketimi.
- g_h^l : kiralık h gemisinin servisten çekildiği dönemde elektrik üreten dizel makinelerinin birim zaman başına yakıt tüketimi.
- h : taşıma kapasitelerine göre farklı kiralık gemi seti indisi.
- H_k : k gemisinin normal operasyonlardaki günlük sabit maliyeti.
- H_h : kiralık h gemisinin günlük kira değeri.
- h_k : k gemisinin servisten çekildiği dönemlerdeki günlük sabit maliyeti.
- I_r : r güzergâhındaki limanların sayısı.
- \vec{II}_m : ($m = 0,1,2,\dots,M$) filoya yeni katılma olasılığı bulunan gemilerin çözüm kümelerinin iki boyutlu nicel bileşim vektörü.
- i_0 : net bugünkü değer hesabında kullanılan yıllık indirgenme oranı.

- K : filoya katılması düşünölen satın alınan ya da alınacak kapasiteye bağlı olarak değişen gemi seti.
- L_{ijr} : her yıl da ki bir seferin bir frekansı için, r güzergâhında i limanından j limanına seyreden bir gemideki yük miktarı.
- L_r : L_{ijr} 'nin r güzergâhında ki ij tüm ayakları için maksimum değeri.
- m_{kr} : her sefer için r güzergâhındaki k gemisinin kanal geçiş ücretleri.
- m_{hr} : her sefer için r güzergâhındaki kiralık h gemisinin kanal geçiş ücretleri.
- M_r^t : t yılında r güzergâhındaki sefer sayısı.
- M_{rt}^* : t yılında r güzergâhında yapılacak karar verici ya da model tarafından saptanan yıllık optimum sefer sayısı.
- M_{kr}^{t-max} : t yılında r güzergâhında k gemisinin gerçekleştirebileceği maksimum sefer sayısı
- M_{hr}^{t-max} : t yılında r güzergâhında kiralık h gemisinin gerçekleştirebileceği maksimum sefer sayısı
- n_{ir} : r güzergâhındaki i limanında yüklenen ve boşaltılan yük oranı, verimlilik.
- N : planlama dönemi toplam periyot sayısı
- N_{kr}^t : karar değişkeni. t yılında r güzergâhına tahsis edilen k tipindeki gemilerin sayısı.
- N_{hr}^t : karar değişkeni. t yılında r güzergâhına tahsis edilen kiralık h tipindeki gemilerin sayısı.
- N_k^{max} : sahip olunan k gemilerinin mevcut sayısı.
- N_h^{max} : kiralanabilecek h gemilerinin mevcut sayısı.
- \overrightarrow{NS}_t : t yılında yeni eklenen farklı gemi tiplerindeki gemilerin durumu.
- NS_{ktm} : t yılında m durumu altında filoya yeni eklenen k tipindeki gemilerin sayısıdır.
- NT : bir geminin ekonomik işletme ömrü
- O_a : yıllık amortisman oranı
- P_k : verilen bir hızda k tipindeki bir gemiyi yürütmek için gerekli beygir gücü.
- P_h : verilen bir hızda kiralık h tipindeki bir gemiyi yürütmek için gerekli beygir gücü.
- p_r^f : r güzergâhındaki ana makine yakıtının fiyatı.
- p_r^g : r güzergâhındaki elektrik üreten yardımcı makinelerin yakıt fiyatı.
- p_l : geminin servisten çekildiği dönemde demirde beklediği yerdeki jeneratör yakıtının fiyatı.
- PS : geminin hurda değeri.
- \overrightarrow{PR}_t : t yılındaki gemiler için fiyat vektörü.
- PR_{kt} : t yılındaki k tipindeki bir geminin pazar fiyatıdır.
- Q_{ijr} : r güzergâhındaki i limanından j limanına yıllık taşınan yükün miktarı.
- Q_{ir} : bütün gemiler tarafından r güzergâhında i limanındaki yıllık yüklenen ve boşaltılan yük hareketinin miktarı.
- q_{ir} : r güzergâhının i 'nci limanındaki her bir seferde yüklenen ve boşaltılan yük

- miktarı.
- Q : birim maliyet hesaplarında kullanılan yük miktarı (ton), (konteyner adet), (araç)
- Q_{jir} : r güzergâhındaki j limanından i limanına taşınan yıllık yük miktarı.
- $Q.L$: geminin kat ettiği ton-mil.
- R : güzergâh sayısı.
- RC_r : r güzergâhında çalışmak için gemilerin gerekli minimum kapasitesi.
- RT_{kr} : r güzergâhındaki kanal için k gemisinin grostonajı.
- RT_{hr} : r güzergâhındaki kanal için kiralık h gemisinin grostonajı.
- RV_r : r güzergâhındaki gerekli minimum yıllık sefer sayısı.
- S_k : k gemisinin servis hızı.
- S_h : kiralık h gemisinin servis hızı.
- S_m : tüm gemiler için tahditli su yollarındaki ortalama hız.
- sp_i : spot piyasadan kiralanen gemileri belirten karar değişkeni. $\{0,1\}$
- T_o : birim maliyet hesaplarında kullanılan geminin işletilen gün sayısı.
- TAC : birim maliyet hesaplarında kullanılan geminin toplam yıllık operasyon maliyeti,
- t_{kr} : r güzergâhındaki k gemisinin seyir süresi.
- t_{hr} : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin seyir süresi.
- t_r^m : r güzergâhındaki tahditli su yolunda çalışmasından dolayı herhangi bir gemi için toplam gecikme süresi.
- t_{ir}^p : r güzergâhının i ' inci limanında herhangi bir gemi için geçirilen süre.
- t_r^p : r güzergâhında, her bir sefer için, limanlarda geçirilen toplam süre.
- t_{kr}^s : r güzergâhında k gemisinin her bir seferi için toplam seyir süresi.
- t_{hr}^s : r güzergâhında kiralık h gemisinin her bir seferi için toplam seyir süresi.
- t_r^w : herhangi bir gemi için r güzergâhındaki her bir sefer için kuyruktan dolayı kanaldaki bekleme süresi.
- t_{kr} : r güzergâhındaki k gemisinin seyir süresi.
- t_{hr} : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin seyir süresi.
- t_{krs} : r güzergâhında s hızında, k gemisinin sefer süresi.
- t_{hrs} : r güzergâhında s hızında, kiralık h gemisinin sefer süresi.
- T_k : k gemisi için bir taşıma sezonunun süresi.
- T_k : kiralık h gemisi için bir taşıma sezonunun süresi.
- U_c : yükün bir birim ulaştırma maliyeti
- U_{dwt} : geminin bir dedveyt ton maliyeti,
- U_{tm} : bir ton-mil maliyeti,
- U_{tm}^1 : bir tonaj mil maliyeti.
- $US - D$: birim maliyet hesaplarında kullanılan geminin bir operasyon gün maliyeti
- U_v : birim maliyet hesaplarında kullanılan geminin bir sefer maliyeti,

- u_{irk} : k gemisinin r güzergâhında i limanını her ziyaretinde sabit maliyet.
 u_{irk} : k gemisinin r güzergâhında i limanını her ziyaretinde sabit maliyet.
 \vec{UU} : durum vektörü. t yılı için $t = 0,1,2,\dots,N-1$ çeşitli gemilerden oluşan filonun durum vektörü. Periyot başında hangi tip gemiden kaçar adet olduğunu gösterir.
 v_{irk} : k gemisinin r güzergâhında i limanında birim zamandaki değişken liman ücreti.
 v_{irh} : kiralık h gemisinin r güzergâhında i limanında birim zamandaki değişken liman ücreti.
 V_{dvt} : birim maliyet hesaplarında kullanılan geminin net dedveyti.
 $V_{dvt} \cdot L$: birim maliyet hesaplarında kullanılan tonaj kat edilen mesafe.
 V_k : k gemisinin kargo kapasitesi.
 V_h : : kiralık h gemisinin kargo kapasitesi.
 V_{krt} : t yılında r güzergâhındaki k tipindeki geminin yıllık taşıma kapasitesi.
 V_{krt} : t yılında r güzergâhındaki kiralık h tipindeki geminin yıllık taşıma kapasitesi.
 w_{ir} : gemilerin r güzergâhında i limanını her ziyaretinde tolerans gösterilen aktif olmayan süre.
 X_{kr}^t : r güzergâhındaki k gemisinin yıllık sefer sayısı
 X_{hr}^t : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin yıllık sefer sayısı.
 Y_k^t : t yılında k gemisinin yıllık servis dışı kaldığı gün sayısı,
 Y_h^t : t yılında kiralık h gemisinin yıllık servis dışı kaldığı gün sayısı.
 YT_{kt} : t yılında k tipindeki hizmet dışı kalan gemi sayısı.
 Z_{tm} : t yılında m durumundaki optimal filonun yıllık işletme maliyeti.
 ZP_{tm} : t yılından $N-1$ yıla kadar \vec{U}_t durumundaki filonun minimum sermaye yatırımı ve sabit işletme maliyeti toplamları.
 ZT^t : t yılında filonun işletme ve operasyon maliyeti
 α : gemilerin planlama dönemi başı ile sonu arasındaki piyasa rayiç değeri farkını gösteren yüzde oranı. Eğer filonun değerini kaybetmediği ya da çok az kaybettiği düşünülürse 1 ya da 1' yakın bir değer alınır. Ters durumlarda bu değer sifıra yaklaşır.
 γ : geminin hurda değeri yüzdesi
 β : karar vericinin filonun planlama ufkunun ardında kalan sermaye değerinin orijinal sermaye değerine olan yakınlığının ifadesini gösteren ağırlık katsayısı. $0 \leq \beta \leq 1$
 $\vec{\theta}_t$: t yılındaki filonun durumunu veren karar değişkeni. $\vec{\theta}_t$ 'nin her θ_{ktm} elemanının anlamı, t yılında m durumu altında rotasına servis yapan k tipindeki gemilerin sayısıdır.
 θ_{krt} : t yılında r güzergâhındaki k tipinde gemilerin durumunu gösteren karar değişkeni.
 θ_{krtm} : t yılında her m durumu için r rotasına servis yapan k tipindeki gemilerin sayısıdır.

λ : yüzde değeri. Gemi satın alımında borçlanma faizi, brokerlik ve satın alma masraflarının pazar fiyatına oranı. Bu yüzde oranı tüm gemiler için sabit kabul edilir.

ÖZET

LAYNER ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNDE OPTİMUM FİLO PLANLAMASI

Layner taşımacılık, önceden belirlenmiş limanlar arasında, müşterilere önceden açıklanan sefer programları ile yapılan denizyolu taşımacılığıdır. Layner taşımacılıkta hizmetin düzenliliği, belirliliği ve kalitesi esastır. Bu durum taşımacılık hizmetini gerçekleştiren kurumlara önemli sorumluluklar ve maliyetler yüklemektedir. Layner taşımacılık bu özelliklerinden dolayı, diğer deniz yolu taşımalarına göre daha maliyetli ve pahalı bir taşımacılık şeklidir.

Maliyetlerini kontrol edebilen ve düşük düzeylerde tutabilen işletmeler diğer işletmeler ile rekabette, uygun hizmet kalitesi ve uygun hizmet ücretleriyle üstünlüklerini korumaktadırlar. Bir layner işletmesi için maliyetlerini oluşturan en önemli unsurlar; filo yatırım maliyetleri, filo işletme maliyetleri ve filo amortisman maliyetleridir. İşletmeler, rekabette üstünlüklerini korumak için yapacakları filo yatırımlarında bu maliyetleri toplamda en aza indirecek kararları vermek durumundadırlar.

Çalışmada bir layner işletmesi açısından uzun dönemli filo planlaması stratejileri ve önemi konusunda bilgiler verilerek uzun dönemli ve belirli talep koşullarında talebi karşılayabilecek, gelecekte yapılacak filo yatırım, işletme ve amortisman maliyetlerinin Net Bugünkü Değerini toplamda en aza indirecek dinamik bir yapıda iki aşamalı bir filo planlama modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Birinci aşamada; tamsayı karma doğrusal programlama ve dinamik programlama yöntemleri kullanılarak, yatırım yapılabilecek farklı kapasitede farklı maliyetlerde bir gemi seti içerisinde, planlama dönemi boyunca oluşan yatırım, işletme ve amortisman maliyetlerinin Net Bugünkü Değerini en aza indiren uygun taşıma kapasitelerinde ve uygun sayıda gemilerden oluşacak bir filo yapısına ve daha önceden belirlenmiş güzergâhlar üzerindeki seferlerin yıllık sayısına karar verilmektedir.

İkinci aşamada ise birinci aşamada oluşturulan uzun dönemli filo yapısı ve yıllık sefer sayıları dikkate alınarak, gemiler güzergâhlara en az işletme maliyeti oluşacak şekilde atanmaktadır. Ayrıca ikinci aşamada önceden tahmin edilemeyen talepler sebebiyle artabilecek yıllık sefer sayılarını gerçekleştirebilmek için spot piyasadan kiralanacak en az işletme maliyetlerinde uygun gemi kapasitesi ve sayıları da belirlenmektedir.

Çalışmanın sonunda geliştirilen filo planlama modelinin bir uygulamasına yer verilmiştir. Uygulamada bir işletmenin farklı başlangıç durumları göz önüne alınarak dört senaryo geliştirilerek sonuçları incelenmiş, modelin geçerliliği tartışılmıştır.

SUMMARY

OPTIMUM FLEET PLANNING IN LINER TRANSPORTING SYSTEMS

Liner shipping is the type of shipping service carried out amongst nominated ports / port terminals under scheduled sailing programmes offered for shippers. It is of utmost importance to provide the service properly, with quality and regularity. Such criterion gives rise to important responsibilities for liner carriers with rationalized shipping costs. Hence the liner shipping is costly type of shipping service compared with other forms of shipping.

Shipping companies with improved cost control mechanism and aiming to achieve to manage their shipping costs take the advantage of superiority against fierce competition by way of service quality and proper service rates. Factors affecting service cost are inter alia costs of fleet investment, fleet operation and fleet depreciation. Therefore decisions to be taken in favour of minimising such costs are deemed to be essential in the eyes of shipping companies to be the winners of fierce competition prevailing in shipping.

In this study relevant information for a liner company's long-term strategic planning is given in the study and accordingly is aimed to develop a dynamic, two- stages fleet planning model which will minimize the total NPV for the investment, operation and depreciation costs

At the first stage, by using mixed integer linear programming through a dynamic programming relevant decision is taken on the basis of annual number of voyages on the routes fixed beforehand, and with regard to structure of the fleet comprising of a set of vessels suitable in size and carrying capacity, those which as convenient as for minimising the NPV on the basis of investment, operation and depreciation costs

At the second stage, having considered the structure of the fleet formed in the long run and annual number of voyages, vessels are deployed to relevant routes forming the minimum operational cost. Similarly in order to verify the excessive voyages in excess of annual number of voyages having come up due to unpredicted reasons, number of vessels with suitable capacity can well be deduced via spot market.

Finally, an application for the developed fleet planning model is placed at the end of the study. Outcomes are studied in four different scenarios and effectiveness of the model is measured.

1. GİRİŞ

1.1. GENEL BAKIŞ

Deniz taşımacılığı uluslararası nitelikte, büyük sermaye yatırımları gerektiren bir taşımacılık türüdür. Geçmişte gemi sahipleri için sermaye yatırımı kararı, operasyonel kararlardan daha fazla önem arz etmekteyken, günümüzde rekabetteki gelişmeler ve girdi maliyetlerindeki artışlara bağlı olarak kâr marjlarının azalması, şirketleri sermaye yatırımı kararlarının yanında operasyonel kararlara da aynı derecede odaklanarak maliyetlerini mümkün olduğunca azaltmaya zorlamaktadır.

Maliyeti düşük düzeylerde tutabilen ya da maliyet artışlarını denetleyerek yönetebilen gemi işletmeleri rekabette üstünlüklerini korumaktadırlar. Girdi maliyetlerindeki artışlar şirketleri daha maliyet odaklı bir yönetime yönlendirmektedir. Bu durumda ulaştırma işletmeleri verimliliklerini daha da artırıp, rekabet güçlerini kaybetmemek için teknik ve işletme girdileri üzerinde çalışmalar yaparak maliyetlerini düşürme yönünde çalışmalar yapmaktadır.

Ulaştırma işletmelerinin en büyük maliyet kalemini sahip oldukları filoların işletme, yatırım ve amortisman maliyetleri oluşturmaktadır. Bu sebeple uzun dönemli olarak maliyet düşürmeye odaklı, etkin bir filo yönetimi, işletme kârlarını yükselterek verimlilik artışına sebep olacaktır.

Filo maliyetlerinin yapısı ulaştırma işletmesinin taşımacılık şekline göre değişmektedir. Ulaştırma işletmeleri, arz-talep büyüklüklerine ve verilen hizmet şekline göre iki ana işletme olgusu biçiminde oluşmuştur. Bu yönde ulaştırma işletme sistemlerinde farklı isimler kullanılmakta ise de genel anlamda ulaştırma işletmeleri, tarifeli ve tarifesiz taşımacılık olarak iki ana grup altında faaliyet göstermektedir.

Tarifeli taşımacılık, düzenli ve sürekli bir hizmet şeklidir. Bu hizmet türünde taşıma araçları seferlerini ve hizmetlerini belirli bir tarife ve program uyarınca sürdürürler. Tarifeli taşımalarda hizmetin belirliliği ve ortalama büyüklüğü taşıma biçiminin belirgin özelliğidir. Taşıma araçları, yeterli talebi bulamadıkları zaman bile, programlarını aksatmaksızın seferlerini sürdürürler. Tarifeli taşımalar, normal piyasa koşullarında daha istikrarlı ve kârlı bir hizmet şeklidir. Tarifeli taşımacılık büyük altyapı ve organizasyon gerektiren, dolayısıyla sabit maliyetleri yüksek olan ulaştırma işletme sistemleridir.

Tarifeli taşımacılık sistemine denizyolu taşımacılığında “layner taşımacılık” denmektedir. Karayolu, havayolu, demiryolu, taşımacılığında ise yine tarifeli taşımacılık adıyla anılmaktadır.

1.2. AMAÇ VE PROBLEM

Layner Taşımacılıkta, belirli terminaller arasında, tahmin edilebilir belirli talep büyüklükleri altında, yatırım ve işletme maliyetlerini aşağılara çeken uygun işletme biçiminin ve uygun tipte filo büyüklüğünün belirlenmesi önemli bir problemdir.

Mevcut ya da kurulacak bir filonun planlamasında tüm alternatif stratejik gelişimleri ve uzun dönemli finansal etkileri de göz önüne alınarak geliştirilmesi gereklidir.

Filo planlaması, içerisinde belirli ve belirsiz bir çok değişkeni içermektedir. Bu değişkenler sayısal kesin veriler olabileceği gibi, tamamen sübjektif, geleceğe dair beklentiler ve tahminlerden oluşan bilgiler de olabilmektedir. Dolayısıyla filo planlamasının içinde her zaman değişkenlerin belirliliğine bağlı olarak risk faktörü mevcuttur.

Filo planlamasının ele alınacak alt problemler;

- hangi büyüklükte gemilerin satın alınacağı,
- gemilerin ne zaman satın alınacağı veya filodan çıkarılacağı,
- mevcut gemilerin hangi güzergâhlara atanacağı,

- piyasadaki gemi arzının fazla olması durumunda hangi gemilerin servis dışı bekletileceği,
- piyasadaki talebin fazla olması durumunda spot gemi piyasasından hangi büyüklükte ve kira oranlarında gemi kiralanacağı,
- gemilerin yıllık sefer sıklıkları,
- tüm yapılan faaliyetlerin finansal açıdan sonuçları, maliyet ve gelire olan etkilerinin araştırılması, geçmiş değer ve oranlarla kıyaslanması,

şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu alt problemlerin çözümünde düşük maliyet ilkesine göre alınacak kararlar hem kısa dönemli hem de uzun dönemlidir. Uzun dönemli bir planlamada risklerin ve belirsizliğin elverdiği ölçüde ayrıntılı ve detaylı bir yaklaşım göstermek gerekmektedir. Aksi takdirde göz ardı edilecek en küçük bir ayrıntı geri alınması imkansız maliyetlere ve zaman harcanmasına sebep olacaktır.

Bu çalışmada belirli limanlar arasında, belirli talep beklentileri ve dalgalanmaları altında, minimum yatırım ve işletme maliyetlerinde, uygun taşıma kapasitelerinde, uygun tarifeli bir filo büyüklüğü modelinin geliştirmesi amaçlanmaktadır.

1.3. ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Filo planlamasını etkileyen değişkenler ve onlarla ilişkili kararların fazlalığına bağlı olarak değişkenleri aynı anda belirlemek pratikte mümkün olmayabilir. Bu nedenle çalışmada filo planlama problemi, uygun parçalara ayrılarak dinamik bir yaklaşımla daha basit alt problemlere indirgenerek çözülmektedir.

Bu amaca yönelik olarak problem dinamik programlama yöntemiyle ele alınıp, alt problemlere ayrılarak “Doğrusal Karma Tamsayı Programlama” yöntemleriyle çözümlenerek dinamik bir yapıda iki aşamalı olarak ele alınmıştır.

Birinci aşama; belirli talep koşullarında, farklı kapasitelerde ve maliyetlerde gemiler arasından uzun dönemli olarak toplam sermaye, amortisman ve işletme maliyetlerini minimum kılan optimum filo planlaması modelinin geliştirilmesidir.

İkinci aşama ise; içinde bulunulan yılda, birinci aşamada sayısı, kapasiteleri belirlenerek filoda mevcut bulunan gemilerin, yıllık toplam işletme maliyetlerini minimum kılacak sefer programlarının hazırlanması ve gemilerin uygun sefer güzergâhlarına atanması şeklindedir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. DENİZYOLU FİLO PLANLAMASI İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Literatürde yük taşımacılığı endüstrisi ve askeri alanda gemi güzergâhlarının planlanması ve gemilerin güzergâhlara atanması ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar oldukça geniş kapsamlı ve değişiklik gösteren farklı planlama düzeylerindeki problemleri kapsamaktadır.

Filo planlamasına öncülük eden çalışmalarında Dantzig ve Fulkerson (1954), mevcut bir sefer programında, aynı taşıma kapasitesinde olan tankerlerin sayısını minimum kılan bir model geliştirmişlerdir. Bu model ulaştırma modeli olarak adlandırılarak simpleks algoritma ile çözülmüştür.

Murotsu ve Taguchi (1976) yalnızca bir yükleme limanı ve bir boşaltma limanı arasındaki talebi karşılayan filo büyüklüğü ve planlaması problemini hesaplayan modeli çalışmalarında sunmuşlardır. Çözüm modelinde dinamik ve doğrusal olmayan programlama kullanılmıştır. Bu çalışmada ulaştırma talebinin, draft limitlerinin, liman maliyetlerinin ve kanal geçiş ücretlerinin, depolama maliyetlerinin optimum sonuca etkileri tartışılmıştır.

Ronen (1983) çalışmalarıyla, gemi güzergâh planlaması ve gemi sefer programları üzerine yeterli dikkatin verilmediği bir dönemde, gemi sefer programlarında diğer araç sefer programlarına göre daha az planlama yapıldığını belirterek bu konunun önemine dikkat çekmeye çalışmıştır.

Etezadi ve Beasley (1983) çalışmalarında filo büyüklüğü ile filo oluşturmanın tanımlarını vermişlerdir. Bu çalışmada; filo büyüklüğü problemleri gemi tiplerine ve gemi tipleri bilindiğinde her birinin filo içerisindeki sayısı ile ilgiliyen, filo oluşturma

problemleri ile, hem gemi tipleri hem de her birinin filo içindeki sayısı birlikte hesaplanmaktadır.

Jaikumar ve Solomon (1987) tek tip gemilerden oluşan bir başka filo büyüklüğü problemini çalışmalarında göstermişlerdir. Bu çalışmada amaç farklı limanlar arasında servis yapan barçları itecek römorkör sayısını minimum kılınmasıdır.

Lane ve diğ., (1987) belirli hatlar üzerinde layner taşımacılık taşıma talebini karşılayan maliyet etkin filo kararı problemi geliştirmişlerdir. Çalışmada gemi işletme maliyetini minimum yapan gemi ve hat kombinasyonu tasarlanarak, ayrıca yöntem Avustralya ile Amerika Birleşik Devletleri batı sahilleri arasında uygulanmıştır.

Larson (1988) deniz taşımacılığını tedarik zincirinin bir parçası olduğunu ortaya koyarak çalışmasında. New York kentinin lağım sularının, toplanma tesislerinden denizden açığa bırakılmasında deniz ulaştırmasını da kullanmıştır. Çalışmada, optimal filo planlaması ile kara tesislerinin depolama kapasitesi birlikte düşünülerek, filonun stratejik planlamasını içermiştir.

Ronen, (1993) çalışması gemi güzergâh planlaması ve gemilerin güzergâhlara atanması konusunda Ronen'in (1983) ilk inceleme çalışmasından sonra yapılan ikinci bir gözden geçirmedir. Bu çalışma daha sonra denizyolu taşımacılığı konusundaki yayınlara giderek artan bir ilgiyi de beraberinde getirmiştir.

Laporte ve Osman (1995) çalışmalarında araçlar ve gemiler arasındaki güzergâh planlaması ve zaman çizelgelerinin yapılmasındaki farklılıklara işaret ederek, güzergâh planlaması konularını incelemişlerdir.

Pesenti, (1995) konteyner gemi filosu kaynak yönetimi, tarafından çalışıldı. Problem, müşteri taleplerini karşılamak için gemilerin kiralanması ve satın alınması üzerine karar vermeyi içeriyordu. Farklı karar seviyelerinde sezgisel teknikler kullanılarak hiyerarşik bir model tanımlanıyordu.

Federgruen ve Simchi-Levy, (1995) ve Desrosiers ve diğ., (1995) zaman kısıtı altında güzergâh planlamasının incelendiği, klasik araç çizelgeleme ve güzergâh planlama problemlerinden daha büyük boyutlarda ve daha gerçekçi kabuller altında çalışmalar yapmışlardır. Bunun en önemli sebeplerinden birisi gelişen teknoloji ile birlikte bilgisayarlarda daha karmaşık işlemlerin çok daha kolay hesaplanabilmesi ve yeni geliştirilen çözüm algoritmalarıdır. Bu çalışmalarda envanter ve güzergâh planlaması birlikte incelenmiştir.

Gendreau ve diğ., (1996) yaptıkları çalışmada stokastik (olasılıklı) güzergâh planlaması üzerinde duran ilk araştırmacılarıdır.

Darzentas ve Sprou (1996) çalışmalarında, Ege Denizindeki adalar arasında feribot trafiğinin simülasyon çalışması yaparak mevcut feribot filosunu değerlendirmişlerdir. Ayrıca yeni teknolojiye sahip gemiler ve yeni liman kapasitelerini belirleyerek yeni ulaştırma senaryoları ortaya koymuşlardır.

Richetta ve Larson,(1997) ikinci çalışmalarında ilk çalışmaya benzer olarak New York kentinin atıklarının kamyonlarla tesislere getirilmesi ve buradan barçlara yüklenen atıkların römorkörler ile Staten Adasına götürülerek ada etrafının denize doğru doldurulması üzerinedir. Modelde simülasyon tekniği kullanılarak stratejik ve operasyonel filo planlaması yapılmıştır.

Fagerholt (1999) çalışmasında Norveç kıyıları boyunca layner taşımacılık hatları için her bir filo içindeki gemilerin haftalık zaman çizelgesi hazırlanmıştır. Modelde dinamik programlama algoritması kullanılmıştır. Ancak çalışmada aynı hıza sahip farklı gemiler kullanılmıştır.

Fagerholt ve Lindstad (2000), Fagerholt'un (1999) modelini geliştirerek farklı gemileri farklı hızlarda ele almışlardır. Yeni çözüm algoritması Norveç kıyılarındaki layner taşımacılığı yapan bir şirkete uygulandığında, şirket gerçek maliyetlerine göre ekonomi sağladığı görülmüştür.

Christiansen ve Fagerholt, (2002) ve Christiansen ve Nygreen, (2001) gemi güzergâh planlaması ile çalışmalarında deterministik modelleri güçlendirmek için modelin parçaları içinde stokastik algoritmalar kullanmışlardır. Bu çalışmalar gemi güzergâh planlaması üzerine stokastik çalışmaların başlangıcı sayılmaktadır.

Crary ve diğerleri (2002) çalışmalarında, Birleşik Devletler destroyer filosu büyüklüğü problemini ele almışlardır. Problemin çözümünde uzman görüşü ile nicel yöntemler birlikte ele alınmıştır.

Fagerhold ve Rygh (2002) tarafından yapılan çalışmada Ürdün ve Türkiye arasındaki tatlı su taşımacılığı için bir simülasyon yapılmıştır. Çalışmaya göre Türkiye'den İsrail'e gemilerle taşınan tatlı su, İsrail'den Ürdün'e boru hattı ile taşınmaktaydı. Modelleri, ihtiyaç duyulan gemilerin hızını, kapasitesini ve sayısını, gemilerden boşaltmanın yapıldığı şamandıra, boru hattı ve tank terminali sayısını veriyordu.

List ve diğ. (2003) tarafından gelecekteki belirsiz talep ve koşulları minimum maliyetle karşılamayı amaçlayan stokastik bir model geliştirirler. Model optimizasyon ve risk faktörü üzerine odaklanmıştı. İki aşamalı stokastik bir formülasyon içeriyordu.

Sambracos ve diğ. (2004) Ege Denizi Yunan Adaları arasında küçük konteyner gemi filo büyüklüğünün stratejik ve taktik planlaması gerçekleştiren bir model geliştirmişlerdi. Modelde doğrusal programlama kullanılarak, toplam işletme maliyetleri ve güzergâh uzunlukları en aza indiriliyordu.

Campbell ve Hardin (2005) tarafından her dağıtımda bir gün için, bir aracın kullanılması koşulları altında tek varış noktalı bir talep noktasına periyodik sefer yapan araçların sayısını minimuma indirmeyi amaçlayan bir çalışma yapıldı. Çalışmalarında envanter maliyetleri gözetilerek optimal güzergâh planlaması amaçlanmıştı.

Ceder (2006) tarafından Hong Kong feribot seferlerinin diğer ulaştırma modları karşısında avantajlarını yitirmeye başlaması sebebiyle, feribot seferlerinin güzergâh planlamasını, yeni feribotlar ile filonu güçlendirilmesi ve hizmet kalitesinin iyileştirilmesi konusunda bir çalışma yapılmıştı. Çalışmada yolcu beklentileri

doğrultusunda sefer programları ve güzergâh planlaması yapılarak diğer taşıma modları karşısında deniz taşımacılığının rekabet gücü arttırılmaya çalışılmıştır.

Hsua ve Hsieha (2007) envanter ve işletme maliyetlerini en aza indiren konteyner filosu için gemi büyüklüğü, sefer frekansını ve optimal güzergâhı belirleyen iki amaçlı bir model geliştirdiler. Modellerinde toplam maliyetler gözetilerek, öncelikle taşıma ve envanter maliyeti analitik yöntemlerle elde hesaplanıp, konteyner gemilerinin doğrudan yükün varacağı limana mı yoksa aktarma limanına mı yükü boşaltacaklarına karar veriliyordu.

2.2. GENEL TANIM VE KAVRAMLAR

Tez çalışmasında ele alınan konuların daha anlaşılır olması açısından bazı kavram ve terimlerin tanımları verilmiştir. Bu kavramlar ilerleyen bölümlerde daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.2.1. Filo

Aynı tür yük taşıyan ticaret gemilerinin veya kara taşıtlarının bütünüdür (Türk Dil Kurumu, 2005). Filodaki araç sayısı en az iki adettir. Aksi taktirde taşıt gemi, tır, vb. kendi adıyla anılır.

2.2.2. Layner Taşımacılık

Layner taşımacılığı, düzenli, sürekli bir deniz taşıma ve ulaştırma hizmet şeklidir. Bu hizmet türünde zamanlama esastır. Gemiler seferlerini ve hizmetlerini belirli bir tarife uyarınca sürdürürler (Akten 1988). Layner taşımacılığın ilk dönemlerinde yükler ve yüklerin birimleri çuval, palet, varil gibi çeşitli şekillerde ifade edilirken Son 25 – 30 yılda yüklerin tek birim halinde taşınması söz konusudur. Böylece liman süreleri azalarak taşımacılık daha verimli hale gelmiştir.

Günümüz modern laynerciliğinde taşıma üniteleri ambalajdan çok yükçünlere (yük üniteleri) dönmüştür. Konteyner, çekerme (swap body), palet, barça, vagon, treyler yükçünlerin uygulamadaki örnekleridir. Hatta bir tür yükçün taşıması olan konteyner taşımaları yük miktarları TEU ve FEU denilen birimlerle ifade edilmektedir. TEU ve

FEU navlun ücretlendirmesinde esas alınan navlun / kapasite birimidir. Bunlardan TEU “twenty foot equivalent unit” sözcüklerinin baş harflerinden türetilmiş bir taşıma birimiyken FEU, aynı şekilde, “forty foot equivalent unit” kelimelerinin baş harflerinden türetilmiş bir taşıma birimidir. Anlamları ise sırasıyla uzunluğu 20 feet ve 40 feet olan bir konteyner demektir.

Layner taşımacılığı yük ve yolcu taşımacılığı alanında uygulanır. Uygulanma alanı kabotaj bölgesi ya da uluslararası sulardır.

2.2.3. Tramp Taşımacılık

Tramp taşımaları çoklukla iki liman sahasında yapılır. Hizmet, homojen yüklerin belli bir tarifeyle bağlı olmaksızın taşınması şeklindedir. Bu yüzden, bu taşıma modelinin armatörleri, hizmeti yükün olduğu yörelere kaydırma eğilimindedirler. Yani nerede yük varsa orada tramp hizmeti oluşur (Akten 1988).

2.2.4. Kapasite

Bir işletmenin elindeki üretim faktörlerini en iyi şekilde kullanarak yapabileceği en büyük üretim veya hizmet miktarına kapasite denir. Kapasite kullanım amaçlarına göre teorik kapasite, pratik kapasite, olası kapasite, atıl kapasite fiili kapasite ve optimum kapasite kavramları geliştirilmiştir (Emecen 2004).

Teorik Kapasite

Bir işletmenin ideal çalışma koşullarında eşit aralıklarla sürekli biçimde birim zamanda hizmet üretimine ait kapasitedir. Diğer adı teknik kapasite olan bu kapasite, hiç duraklamadan ve en verimli şekilde ki azami üretim-hizmet miktarını göstermektedir. Bu kapasite daha çok ön projelerde belirtilen ve teorik hesaplamalarla bulunan kapasitedir (Emecen 2004).

Pratik Kapasite

İşletmelerde bakım onarım çalışmaları, arızalar gibi çeşitli sebeplerle üretim-hizmet kesintisi veya duraklamaları söz konusu olabilir. Bu kesinti ve duraksamalara ait kapasite kayıplarının teorik kapasiteden çıkarılması ile elde edilen kapasiteye, pratik kapasite denmektedir. Pratik kapasite normal çalışma koşullarına ait bir kapasitedir; genellikle bu kapasite işletmelerin varmaya çalıştığı normal verimliliği ifade eden bir ölçü olarak kullanılmaktadır. Uygulamada bir işletmenin kapasitesi denince akla bu

kapasite gelmektedir. Çeşitli sanayi kollarına ve çeşitli şartlara göre pratik kapasite, teorik kapasitenin %75-85 i civarında olduğu saptanmıştır (Emecen 2004).

Fiili Kapasite

Belli bir dönem içinde talebe bağlı olarak gerçekleştirilen üretim-hizmet miktarı fiili kapasitedir.

Optimum Kapasite

Bir işletmede birim başına sabit ve değişken maliyetlerin en düşük olduğu veya gelirin ve kârlılığın en yüksek olduğu üretim-hizmet miktarına optimum kapasite denmektedir. Optimum kapasite işletmelerin varmak istedikleri en uygun kapasitedir.

2.2.5. Kapasite Kullanım Oranı

Fiili kapasitenin pratik kapasiteye oranına kapasite kullanım oranı denmektedir. Bu oran işletmelerin üretim-hizmet verimliliğinin bir ölçüsüdür. Kapasite kullanım oranının 1 olması işletmenin verimli bir şekilde çalıştığını ve kullanılmayan atıl kapasite bulunmadığını gösterir (Emecen 2004).

2.2.6. Sistem

Belirli bir amacı olan, dış çevre ile uyumlu, alt sistemlerden oluşan ve kendisinde bir alt sisten olan bütünlüktür (Emecen 2004).

2.2.7. Model

Tasarlanmış veya gerçek sistemi; amaçları, olanakları, kısıtları ile tanımlayan matematik ifadeler bütünlüğüdür (Emecen 2004). Bir sisteme ait model amaç fonksiyonu ve kısıt bağıntılarından oluşur. Bu bağıntılar sabitler ve kontrol edilebilir veya edilemez karar değişkenlerinden meydana gelir. Amaç fonksiyonu işletmenin maliyetleri minimum, kârlılığı, geliri ve verimliliği maksimum olacak şekilde tanımlanmalıdır. Modelin çözümü temel çözüm, optimum çözüm olmak iki aşamada gerçekleştirilir (Emecen 2004).

Temel çözüm; Kısıt bağıntılarını, matematik çözüm yöntemlerinin kurallarını, koşullarını sağlayan çözümdür. Temel çözümler çok sayıda olabilir.

Optimum Çözüm; amaç bağıntısını sağlayan, temel çözümlerden biridir.

2.2.8. Doğrusal Programlama Modeli

Belirli bir amacın gerçekleşme derecesini etkileyen bazı kısıtlayıcı koşulların bulunması ve bunların doğrusal eşitlik veya eşitsizlikler olarak verilmesi durumunda, bu amaca en iyi bir biçimde ulaşılmasını, kıt kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını sağlayan bir matematik yöntemidir (Tulunay 1991).

İlk olarak Sovyet matematikçisi A. N. Kolmogorov tarafından II. Dünya Savaşı yıllarında geliştirilmiştir. Başlangıçta askeri alanda uygulanan doğrusal programlama tekniği, daha sonraki yıllarda endüstride yaygın kullanım alanı bulmuştur. Doğrusal Programlama konusundaki ilk uygulama 1945'te Stigler tarafından gerçekleştirilen ve "Diyet Problemi" olarak bilinen problemdir. 1947'de G. Dantzig tarafından geliştirilen "Simpleks Yöntem" Doğrusal Programlama konusundaki en büyük gelişmelerden biridir (Timor 2001).

İşletmecilikte kaynakların optimum şekilde yönetilmesi başlı başına önemli bir sorundur. İşletmeler, ürünleri için gereken kaynakları tedarik ederken gereğinden fazla kaynağa ödeme yapmak istemeyeceklerdir. Aynı şekilde bir mamul veya hizmet üretirken kullanılan hammadde, işgücü, makine saati ve sermaye gibi üretim-hizmet için gerekli tüm kaynakların en uygun biçimde tahsisi amaçlanacaktır.

İşletmelerde üretim gerçekleştirilirken kaynakların alternatif faaliyetler arasında en uygun şekilde tahsisi, işletmenin amaçları doğrultusunda gerçekleştirilmelidir (Timor 2001). İşletmeler üretecekleri ürünlerden ortaya çıkacak kârı maksimize etmeye (veya ürünlerinin maliyetini minimize etmeye) çalışırlar. İşletmenin amacı doğrusal programlama problemlerinde bir amaç fonksiyonu ile temsil edilmektedir. Bu yönde genel doğrusal programlama probleminin standart formu, (2.1), (2.2), (2.3) denklemleri şeklinde ifade edilir.

$$z_{maks} = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (2.2)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

Bu modelde;

a_{ij} : bir birim x_j üretebilmek için kullanılması gereken kaynak miktarı,

b_i : mevcut i kaynağı miktarı,

c_j : birim maliyet,

x_j : karar değişkeni,

büyükliklerini gösterir. Modelde bütün kısıtları birden sağlayan çözüme “uygun çözüm”, uygun çözümler içindeki en iyi çözüme ise “optimum çözüm” adı verilir.

2.2.9. Tamsayılı Programlama

Pratik uygulamalarda üretim miktarı, listeleme vb. problemlerde karar değişkeninin tamsayı olması istenir. Tam sayılı programlama problem sonuçlarını tam sayı olarak veren, doğrusal programlamanın özel bir çözüm yöntemidir (Tulunay 1991).

2.2.10. Ulaştırma Modelleri

Ulaştırma modeli, doğrusal programlama probleminin özel bir şeklidir. Bu modelde, malların kaynaklardan hedeflere taşınmasıyla ilgilenilir. Buradaki amaç talebi karşılamak amacıyla arz noktalarından talep noktalarına yapılan taşımaların toplam maliyetini minimum kılacak taşıma miktarını belirlemektir. Modelde verilen güzergâh üzerindeki taşıma maliyetlerinin, aynı güzergâh üzerindeki taşıma miktarlarıyla doğru orantılı olduğu kabul edilmektedir. Ulaştırma modeli malların bir yerden bir yere taşınmasından başka, stok kontrolü, işgücü programlama, personel atama gibi alanlarda da kullanılabilir (Taha 2000).

2.2.11. Dinamik Programlama Modeli

Dinamik Programlama, çok aşamalı karar süreçlerinin optimizasyonu için geliştirilmiş bir çözüm tekniğidir. Dinamik programlama kavramı ve çözüm yöntemi ilk kez 1950 yılında Richard Bellman tarafından tanımlanarak geliştirilmiştir. Bu teknik yardımıyla N değişkenli olan bu tip problemler, her biri tek değişkenli olan N aşamaya bölünerek, her bir aşama tek değişkenli bir problem haline dönüştürülür. Tek değişkenli olan her aşamada kısıtlar dikkate alınarak seçeneklere ilişkin hesaplamalar yapılır. Bir önceki aşamada yapılan hesaplamalar, bir sonraki aşamanın girdisi olur. Tüm aşamalara ilişkin işlemler bu düşünce ile gerçekleştirilir. N aşamaya ilişkin hesaplamalar yapıldıktan sonra verilen ölçütler ışığında optimum çözüm bulunur. Herhangi bir işlemin çözümü esnasında her aşamada yapılan, bir önceki aşamada yapılan işlemle aynı olduğundan işlemlerin yinelenme özelliği vardır. Dinamik programlama, optimizasyon problemine bağlı olarak aşamaların yapısı farklılıklar gösterdiğinden, her bir aşamaya ilişkin olarak yapılması gereken hesaplamaların formülasyonu konusunda ayrıntılı bir çözüm süreci önermez. Bu ayrıntılar problem çözücü tarafından doğaçlama olarak gerçekleştirilip tasarlanır. Dinamik programlama problemlerinin bilgisayar desteğinde çözümü aşamasında yukarıda kısaca değinilen “Dinamik Programlama” çözüm süreci, gözden uzak tutulmamalıdır (Esen, 2008).

Literatürde Dinamik Programlama Modelleri, Deterministik Dinamik Programlama Modelleri ve Probabilistik Dinamik Programlama Modelleri olmak üzere iki ana başlık altında ele alınır. Deterministik Dinamik Programlama Modellerinde bir sonraki aşamaya ilişkin durum, önceki aşamanın karar tutumunun belirlenmesi aşamasında bellidir. Oysa Probabilistik Dinamik Programlama Modellerinde bir sonraki aşamaya ilişkin durum açıkça belli olmayıp, sadece olasılık dağılımı bellidir (Esen, 2008).

Elektronik tablo yardımıyla gerçekleştirilen çözümlerde yukarıda tanımlanan klasik çözüm yöntemleri yerine problemin yapısına bağlı olarak farklı çözüm modelleri kullanılır. Dinamik programlama modellerini aşağıdaki başlıklar altında sınıflandırmak mümkündür (Esen, 2008).

- En Kısa Yol veya Posta Arabası Modelleri,
- Kargo Yükleme veya Sırt çantası problemleri,

- İşgücü Planlama Modelleri,
- Yatırım Modelleri,
- Stok Modelleridir.

Çalışmadaki modelin stratejik filo planlaması aşamasında Deterministik Dinamik Programlama Modelinden faydalanacaktır.

2.2.12. Politika

Bir sektörün ve alt sektörlerin gelişim trendine, bilimsel yöntemler ve bulgular çerçevesinde belirginleşen ihtiyaçlara, amaçlara, olanaklara ve kaynaklara uygun olarak belirlenen çözüm yaklaşımları, çözüm önerileri ve yatırımları olarak tanımlanır. Sektörlerin politikaları ve planlama ilkeleri; sektörlerin fiziki koşullarına, olanaklarına bilgi durumuna bağlı olarak ortaya çıkan sorunların çözümüne ve uygulamasına ilişkin ana doğrultulardır. Bu yönde politikaları belirleme genel yöntemi sosyal bilimlerin teorilerine dayanır, yine ihtiyaçlara ve amaçlara bağlı olarak ortaya çıkan sorunların çözümüne ve uygulamasına ilişkin teorilerin, kuralların ve önlemlerin uygun sıralamasını kapsar. Politikalar sektörlerin, uzun dönemli stratejik planlama kararlarını ve uygulamalarını biçimlendirip yönlendirir.

2.2.13. Planlama

Planlama ulaştırma işletme sistemleri yönetiminin en önemli etkinliğidir. Planlama ile politikalar, vizyon ve misyonlar arasında yakın ilişki mevcuttur. Planlar genel olarak amaçları, amaçlara bağlı politikaları gerçekleştirmek için yapılır. Yapılacak işlere ilişkin olarak kaynak öngörme etkinliğine planlama denilmektedir. İşletmelerde amaçların, politikaların prosedürlerin, kuralların, programların bütçe ve stratejilerin tespit ve tayini planlamanın başlıca görevleri arasındadır. Bu tanıma göre planlama bir problem çözme, karar verme sürecinde gerçekleştirilir. Planlama; uzun dönemli, orta dönemli, kısa dönemli planlama aşamalarında yapılır.

Uzun Dönemli Planlama

Bu planlamada kapasite, kapasiteye bağlı yatırım bedeli değişken kabul edilir. Bu planlamaya stratejik planlama da denir. Uzun dönemli planlama işletmenin ve yatırımın niteliğine bağlı olarak 3-4 yıl ile 25-30 yıllık dönemleri kapsar. Uzun dönemli planlanma kapasite ve yatırım planlamaları için talep ve işletme planlamalarını içerir.

Uzun dönemli planlamada yatırım ve işletme toplam giderlerinin, bir diğer ifade ile maliyetlerin bugünkü değeri (C_T);

$$C_T = A + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+i_0)^i} \quad (2.4)$$

şeklindedir. Burada;

A : ilk yatırım maliyeti,

C_i : i. Yılda işletme maliyeti veya gideri,

n : uzun dönemli planlama dönem süresi,

i_0 : yatırım kredileri için yıllık faiz yüzde değerini,

göstermektedir.

Uzun dönemli toplam gelir fonksiyonu (G_T) ise;

$$G_T = \sum_{i=1}^n \left(\frac{G_i}{(1+r)^i} + \frac{S}{(1+r)^n} \right) \quad (2.5)$$

biçiminde tanımlanır. Burada;

G_i : i. yıldaki gelir,

S : dönem sonundaki hurda değeri,

r : yıllık faiz ya da indirgeme oranı

büyükliklerini göstermektedir.

Uzun dönemli planlamada toplam gelirden toplam maliyetin çıkartılması ile projenin Bugünkü Net Değeri (BND);

$$BND = -A + \sum_{i=1}^n \left(\frac{G_i - C_i}{(1+r)^i} + \frac{S}{(1+r)^n} \right) \quad (2.6)$$

biçiminde tanımlanır. Uzun dönemli planlamada projenin gelecekteki talep değişimleri göz önünde bulundurulur.

Uzun dönemli planlama başta talep olmak üzere rasgele değişkenlerin, rasgele değişkenlere bağlı rasgele fonksiyonların, bağımlı-bağımsız değişkenlerin ortalama ve standart sapma değerlerine göre yapılır. Bu değişkenlerin belirli ve belirsiz durumları dikkate alınması gerekir. Değişkenlerin standart sapmaları küçük ise belirliliğin yüksek, standart sapmaları büyük ise belirsizliğin yüksek olduğu kabul edilir. Genel olarak projenin Bugünkü Net Değeri ve yapılabirlik ölçütünün buna bağlı olarak değerlendirilmesi gerekir.

Orta Dönemli Planlama

Orta dönemli planlama altyapı ve araç kapasite yatırımlarının düşünülmediği, uzun dönemli planlama amaçları ve bulguları doğrultusunda yapılan planlamadır. Bu bağlamda orta dönemli planlar, talep dalgalanmalarının mevcut kapasite koşullarına uygun talep, stok, satış ve işletme yönetimi planlarıdır. Bu planlamaya taktik planlama da denir. Bu planlar işletme yönetimlerinin niteliğine bağlı olarak 6 ay – 1 yıllık dönemleri kapsayabilir.

Bu planlama rasgele değişkenlerin dönemsel talep dalgalanmalarının avantajlarından yararlanma, dezavantajlarından kaçınma yönünde yapılır. Bu planlama için dönemsel talep dalgalanmaları ile istatistik yöntemlerden, stok, kuyruk ve satış simülasyon modellerinden yararlanır. Orta dönemli planlama kapasite, dönemsel işletme ve trafik değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri dikkate alınarak yapılır. Bu planlama dönemsel olarak personel, makine, malzeme, enerji, işletme sermayesi öngörülerini ve teminini kapsar. Orta dönemli planlama kapasite koşullarına uygun olarak birimlerin servis sistemlerinde bekleme kayıp ve maliyetleri ile kapasite fazlalığından kaynaklanan

servis sistemlerinin boş kalma maliyetleri toplamının ekonomiklik ölçütüne bağlı olarak yapılır. Bu planlar aynı zamanda talep dalgalanmalarına uygun seferlerin ve hatların işletmeye açılması, işletmeden kaldırılması işleri biçiminde de yapılır.

Orta dönemli planlamada trafik dalgalanmalarına bağlı birim sabit sermaye maliyeti ile sabit işletme maliyeti ve değişken maliyetler birlikte değerlendirilerek uzun dönemli yapılabirlik ölçütüne uygun birim işletme ve taşıma fiyatlarının belirlenmesi yoluna gidilir. Q yıllık ortalama trafik hacmine bağlı olarak birim sabit sermaye maliyeti bir diğer ifade ile amortisman ve faiz maliyeti (C);

$$C = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \times \frac{A}{Q} = CRF \times \frac{A}{Q} \quad (2.7)$$

şeklindedir. Burada;

r : Amortisman yılı

A : İlk yatırım maliyeti

Q : Ortalama yıllık trafik hacmi

biçiminde tanımlanır.

Kısa Dönemli Planlama

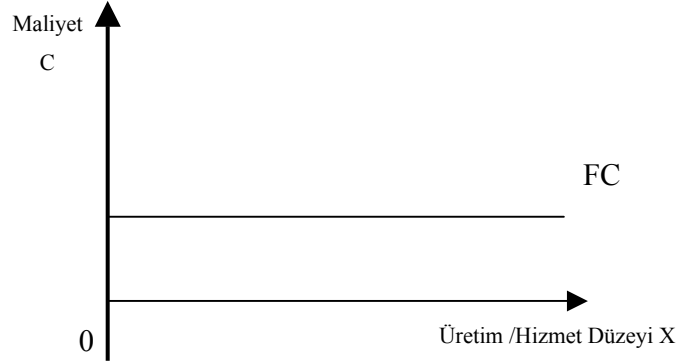
Kısa dönemli planlama; işletmelerin niteliğine bağlı olarak günlük, haftalık, mevsimlik dönemleri ve işleri kapsar. Kısa dönemli planlama; talep dalgalanmalarının mevcut kapasite koşullarına uygun olarak karşılanmasına ilişkin personel, makine, malzeme, enerji, nakit öngörülerini, organizasyonlarını ve kullanımlarını kapsayan iş planlarıdır. Bu planlama belirsizliği ve riski az olan somut bir planlamadır. Bu planlamaya operasyon planlaması da denir.

2.2.14. Maliyet Analizi

Mal ve hizmet üreten firmanın kısa dönemde karşı karşıya kaldığı maliyet sabit maliyet ve değişken maliyet olmak üzere ikiye ayrılır.

Sabit Maliyet (FC)

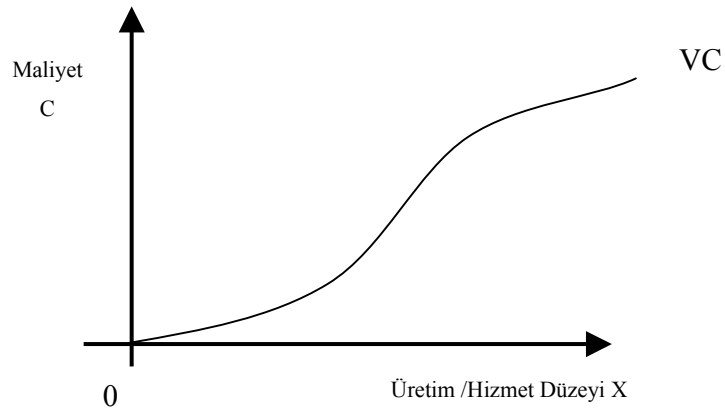
Sabit Maliyet (FC), üretim miktarındaki değişmeden bağımsız olarak yapılması zorunlu harcamalar toplamıdır. Üretim hacminden bağımsız olan, mevcut maliyettir. Sabit maliyet doğrusu Şekil 2.1’te görüldüğü gibi yatay eksene paralel bir doğrudur.



Şekil 2.1 Sabit Maliyet (Tunç, 2002)

Değişken Maliyet (VC)

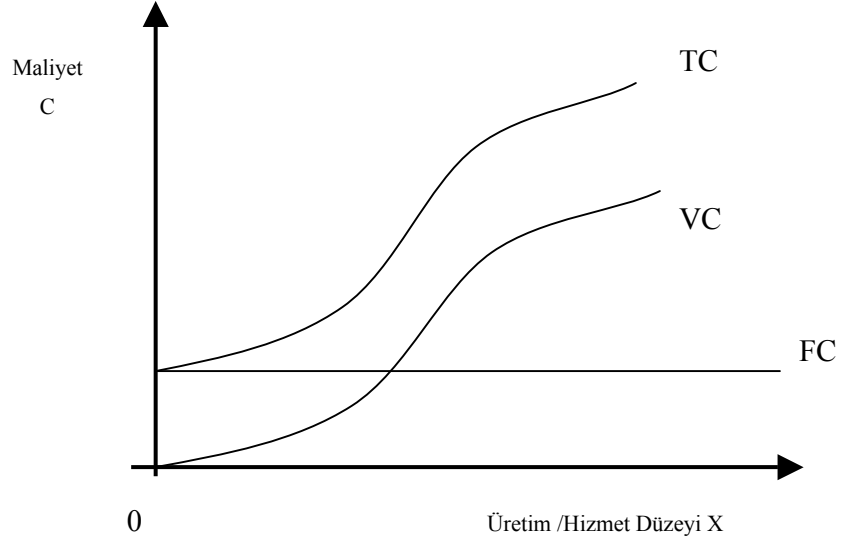
Değişken Maliyet (VC), üretim hacminde meydana gelen değişime (artış-azalış) paralel olarak maliyet yapısındaki değişime (artış-azalış) değişken ya da değişir maliyet adı verilir. Üretim (X) yapılmadığı zaman değişken maliyet (C) sıfırdır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Değişken Maliyet (Tunç, 2002)

Toplam Maliyet (TC)

Toplam Maliyet (TC), üretim süreci sırasında, değişir ve sabit maliyet toplamına denir (Şekil 2.3).



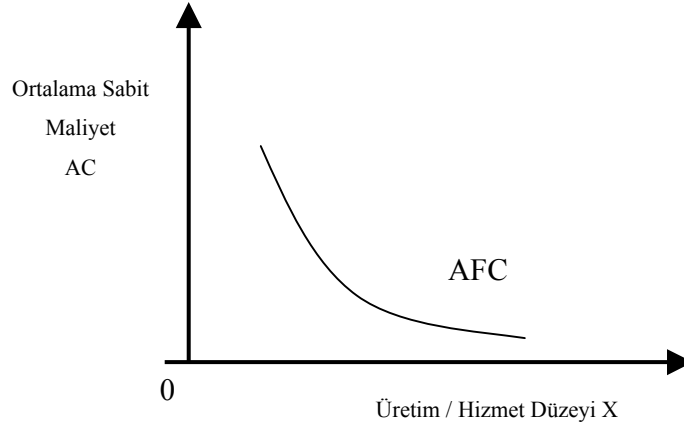
Şekil 2.3 Toplam Maliyet (Tunç, 2002)

Ortalama Sabit Maliyet (AFC),

Ortalama Sabit Maliyet (AFC), Üretim sürecinde ortaya çıkan sabit maliyetin toplam üretilen miktara bölünmesiyle elde edilen maliyettir. Birim maliyet ya da parça başına düşen sabit maliyette denir. Belli bir üretim seviyesinden sonra AFC sıfırlanır (Şekil.2.4).

$$\text{Ortalama Sabit Maliyet} = \frac{\text{Sabit Maliyet}}{\text{Üretim Hacmi}} \quad (2.8)$$

$$AFC = \frac{FC}{Q} \quad (2.9)$$



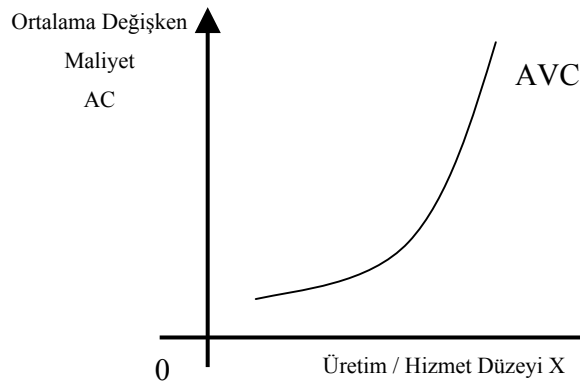
Şekil 2.4 Ortalama Sabit Maliyet (Tunç, 2002)

Ortalama Değişken Maliyet (AVC)

Ortalama Değişken Maliyet (AVC), üretim süreci sırasında ortaya çıkan toplam değişir maliyetin toplam üretim miktarına bölünmesiyle elde edilen değerdir.

$$\text{Ortalama Değişken Maliyet} = \frac{\text{Değişken Maliyet}}{\text{Üretim Miktarı}} \quad (2.10)$$

$$AVC = \frac{VC}{Q} \quad (2.11)$$



Şekil 2.5 Ortalama Değişken Maliyet (Tunç, 2002)

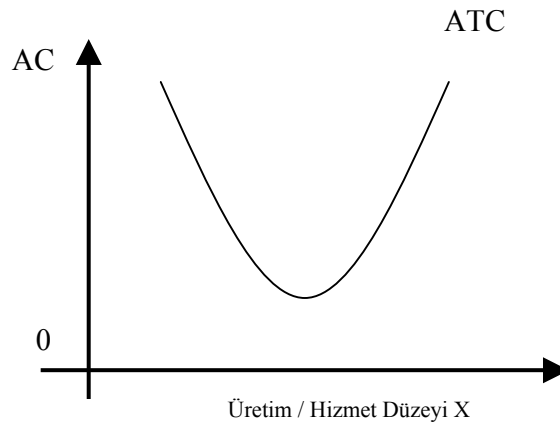
Üretilen miktar artıkça ortalama maliyet azalır. Üretimdeki artış devam ederse ortalama değişken maliyet azalır. Üretimdeki artış devam ederse ortalama değişken maliyet eğrisi artış trendine girer. Ortalama değişken maliyet eğrisi, ortalama sabit maliyet eğrisinin tam tersine olarak üretimin artması ile maliyet artışına sebep olur (Şekil 2.5).

Ortalama Toplam Maliyet (ATC)

Ortalama Toplam Maliyet (ATC), ortalama değişken maliyet ile ortalama sabit maliyetin toplamıdır.

$$ATC = AVC + AFC \quad (2.12)$$

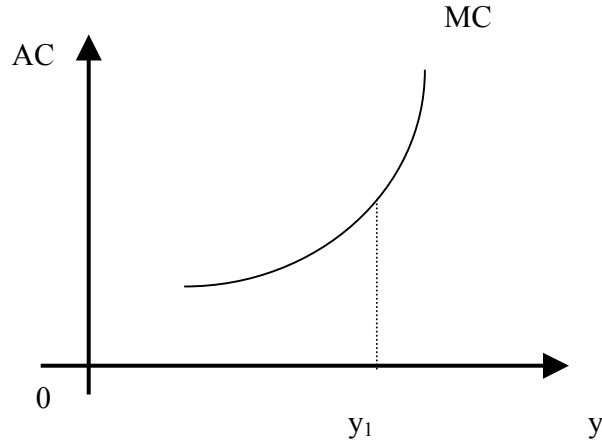
Ortalama maliyet denildiği zaman, ortalama toplam maliyet anlamındadır. Uzun dönem ortalama toplam maliyet eğrisi, kısa dönem ortalama maliyet eğrileri toplamından oluşur. Uzun dönemde ortalama maliyet eğrisi ortalama değişken maliyet eğrisine yaklaşır ya da ona eşit değer alır. Uzun dönemde üretim artıkça ortalama sabit maliyet sifıra yaklaştığından ortalama maliyet ortalama değişken maliyete eşit olur (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Ortalama Toplam Maliyet (Tunç, 2002)

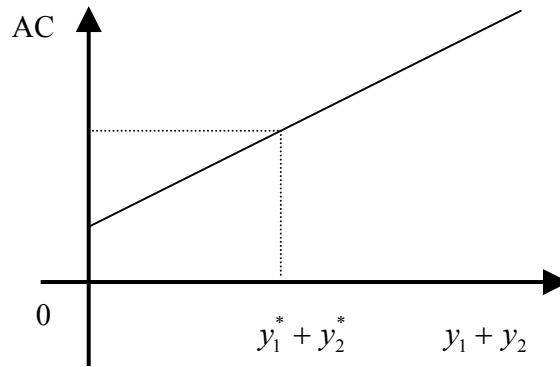
Marjinal Maliyet

Marjinal Maliyet, üretimdeki artışların maliyet üzerindeki yansımaları tespit etmede marjinal maliyet önemlidir. İlave son birimi üretmekle bu son birimin toplam maliyet üzerindeki etkisine marjinal maliyet denir.



Şekil 2.7 Marjinal Maliyet Eğrisi (Tunç, 2002)

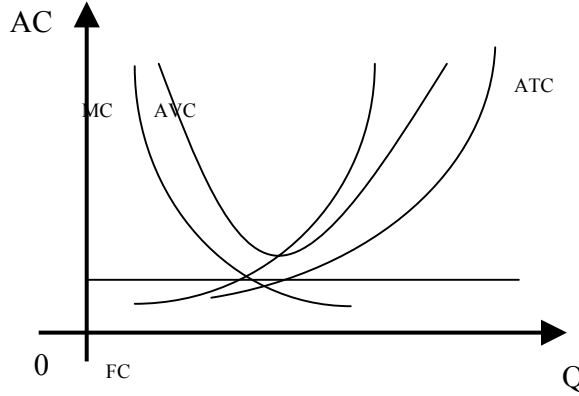
Üretim arttıkça ilave birimin artan üretim üzerindeki etkisi marjinal maliyeti verir. Üretimin ilerleyen aşamalarının ilave üretimlerin maliyet üzerinde baskısı artar (Şekil 2.7), (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Marjinal Maliyet Doğrusu (Tunç, 2002)

$$MC = \frac{d(TC)}{dQ} \quad (2.13)$$

Maliyet eğrilerini tek bir diyagramda gösterirsek;



Şekil 2.9 Maliyet Eğrileri (Unay, 2000)

Şekil 2.9 de görüldüğü üzere “Marjinal Maliyet Eğrisi (MC)”, “Ortalama Toplam Maliyet Eğrisini (ATC)” minimum olduğu noktada keser.

Ortalama Toplam Maliyet eğrisinin minimum olduğu noktada Marjinal Maliyet eğrisi (MC), Ortalama Toplam Maliyete eşittir ($MC=ATC$).

2.3. LAYNER TAŞIMACILIĞI

Dünya gemi filosu gelişimi gerek gemi sayısı gerekse tonaj olarak her yıl artarak devam etmektedir. Dünya gemi filosunun % 73'nü tankerler ve dökme yük gemileri oluşturmaktadır (ISL Bremen, 2001).

Denizcilik endüstrisi kıtalar arası büyük hacimli ticaret ve taşımacılıkta alternatif olmaması bir sektördür. Yakın ve uzak gelecekte de dünya nüfusunun artması, yaşam standartlarının artması, küreselleşmenin sonucu olarak uluslararası şirket gruplarının birleşmesi ve ortaklıkları, yerel kaynakların azalması sebebiyle denizyolu taşımacılığı artarak devam edecektir (ISL Bremen, 2001).

Gelişmeler göstermektedir ki deniz yolu taşımacılığının gelişiminde en büyük payı layner taşımacılık sektörü alacaktır. Daha etkin limanlar, daha büyük layner hat gemileri inşası, doğu – batı hattındaki ticari gelişmeler bunu kanıtlamaktadır.

Layner taşımacılık Süveyş Kanalının açılışına kadar giden bir geçmişe sahiptir. İlk uygulaması – ki 1850’li yıllar başlangıcını oluşturur – posta taşımacılığı şeklindedir. Özellikle Kuzey Atlantik parkurunda Yeni Dünyanın şekillenmesi aşamasında önce köle taşımaları şeklinde başlayan ve gücünü buhar makinesinin gemilere uygulanmasından alan tarifeli hizmet, ilk kez, mektup ve posta kolilerinin alıcısına zamanında ulaştırılması amacıyla insanlığın gündemine oturmuştur. Kölelerle birlikte yüklerin de taşınması ve posta malzemelerinin de yük statüsüne büründürülmesi layner taşımacılığının salt tarife esas alınmış uygulanma biçimidir. Süveyş Kanalının devreye girmesiyle birlikte Kuzey Avrupa Hindistan hattında yol yarından daha çok kısalmış; buysa gemilerin yıllık sefer kapasitelerinin artması sonucunu doğurmuştur.

Doğaldır ki, haklı rekabet konsepti içinde taşıyanlar önce navlun kırma yarışına girmiş; fakat bunun yük sahipleri / ilgilileri dışında başka kimseye yararı olmamıştır. Sonrasında taşıyanlar navlun faktörünü rekabette temel almak yerine, işi yük kotasına götüren sefer sayısı (istihkak) ile oynayarak çözüm arayışına girmişlerdir.

Gelişmeler, layner taşımacılığında hizmette tarife ilkesinin korunduğu ve navlunun sabit tutulduğu, ne var ki haklı rekabeti baskılayan bir mekanizmanın devreye girmesine ortam hazırlamıştır. Bu ise taşıyanlar arasında, oluşturulmuş kartel nitelikli armatör birliklerinin (navlun konferansları) varlık kazanmasıyla sağlanmıştır.

Dolayısıyla layner taşımacılığı, yük taşımacılığında kartel yapıya bürünerek rekabeti baskı altına almış bir yapıya sahipken posta ve kruvaziyer taşımalarında (yük, yolcu ve postanın birlikte aynı gemide taşındığı hizmet şekli) konferans dışı taşımalarda tarifeyi esas alan bir özellik göstermiştir.

Layner taşımacılık ile yük taşımacılığı ilk olarak 1960’lı yılların başından itibaren genel yük (general cargo) taşımacılığı olarak tanındı. Yükler palet, kutu, varil, kasa gibi çeşitli

ambalaj ve formlarda nispi olarak küçük gemilerle taşınıyordu (Haralambides, 2000). Son 20 yılda artan hizmet maliyetleri, yükleyicilerin navlun bazlarını sabit tutma istemleri ile birlikte birleşince layner işletmeler, yükleyicilerin istemleri yönünde operasyonel olarak değişime uğramıştır. 30-40 yıl önce seferlerinin çoğunu limanlara uğramakla, limanlarda yük alıp vermekle geçiren geleneksel laynerleri, yerlerini limanlarda çok daha kısa zamanda yük elleçlemesi yapan modern layner gemilerine bırakmışlardır. Çok sayıda limana uğramak ve limanda uzun süre kalmak işletme kârlılığını azaltmaktadır. Bu nedenledir ki; işletmeler liman sayılarını azaltmak için ana limanlara uğramayı tercih ederlerken, bazı işletmeler de gemi türlerinde değişiklik tasarlayarak limanlarda az kalmanın yollarını aramaktadırlar. Hepsinde de amaç, gemiyi hizmette, bir diğer deyişle geminin denizde geçen zamanını daha çok tutabilmektir (Akten 1988).

Layner taşımacılığı, belirli bir organizasyon ve işletme sistemi gerektirdiğinden taşıma türleri içinde en yüksek maliyetli deniz taşımacılığı şeklidir. Bunu hazırlayan öğelerin başında liman süresinin sefer içindeki oranının yüksekliği gelmektedir. Layner gemiler ömürlerinin yaklaşık 2/3'ünü limanlarda geçirmektedirler. Buna göre, layner gemiler zamanlarının %20-35' inde temel işlemi olan taşıma hizmeti yapmaktadırlar.

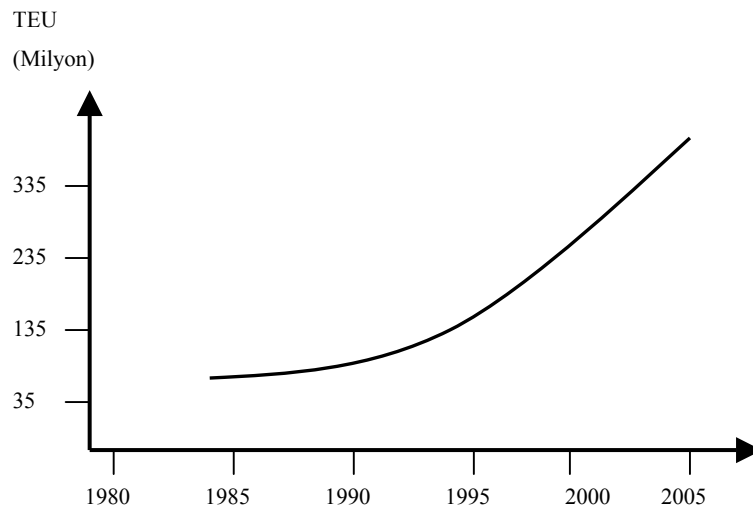
Layner taşımalarında hizmet kartelleşme biçiminde yürütülmektedir. “navlun konferansları” adını alan bu organizasyonlar dünyada ilk uluslararası kartelciliği de oluşturmuşlardır. Bununla birlikte, konferansların ters tutumları yüzünden bağımsız taşıyanlarda taşıma bölgesine yerleşmeye çalışmaktadırlar (Akten 1988).

Teknolojik gelişmelerin sonucunda modern laynerciliği olanaklı ve uygun kılan iki ana öğe, yüklerin birleştirilmesi ve mekanizasyonu ile elleçlenmesi olgularıdır (Akten 1988). Denizyolu taşımacılığında modern laynercilik ve bu yönde kombine taşımacılık yaygın olarak yüklerin birleştirilmesi ve elleçlemenin mekanizasyonu işlemlerini birlikte gerektiren taşımacılık biçimidir.

Yüklerin birleştirilmesi ve dünya ekonomisindeki düzenli büyüme, ülkeler arası ticaret kotaların kalkması dünya layner taşımacılığında büyük artışa sebep olmuştur. Aşağıdaki Şekil 2.10'de dünya ekonomisindeki canlılıkla beraber dünya konteyner

trafiğinin artış miktarı görülmektedir. 1985 yıllarında dünya konteyner trafiği 100 milyon TEU altındayken bu sayı 1995 yılında 135 milyon TEU'yu geçmiş 2005 yılında ise geometrik bir artışla 335 milyon TEU'yu aşmıştır.

Bunun en önemli sebeplerinden birisi konteynerlerin taşımacılıkta kullanılmasının artmasıdır. Konteynerize edilmiş bir yük hem fiziksel olarak hem de ekonomik olarak depolanmış sayılır. Konteyner içindeki yüklerin hem liman içi elleçlenmesi kolaylaşır hem de buna bağlı olarak liman iş gücü azalır (Agarwal ve Ergun, 2008).



Şekil 2.10 Yıllara Göre Dünyada Taşınan Konteyner Miktarları

(Agarwal ve Ergun,2008).

Drewry (2001)'e göre 1980 li yıllan başında layner konteyner taşımacılığı genel kargo taşımacılığının %20'si iken, 2001 yılına gelindiğinde bu pay % 60'a yükselmiştir.

Şekil 2.10, 5 yıllık periyotlar halinde TEU birimi cinsinden dünya layner taşımacılığında taşınan konteyner sayısındaki muazzam artışı göstermektedir. Bu artışın arkasındaki en önemli noktalardan biri gemiler arası aktarmanın vinçlerle kolaylıkla yapılabildiği yeni aktarma limanların inşa edilmesidir. Bu limanlarda konteynerler ya gemiden gemiye doğrudan ya da geçici olarak depolanarak kısa süre sonra diğer gemiye aktarılmaktadır. Bu limanlar taşıyıcılara ekstra güzergâh seçenekleri, transit zamanın

azalması ve dünya taşımacılığında yeni fırsatlar gibi avantajlar da getirmektedir (Agarwal ve Ergun,2008).

2.4. LAYNER TAŞIMACILIĞI EKONOMİSİ

Layner taşımacılığı belirli, talep çeken, uygun sayıda limanlar arasında planlanır. Bu bakımdan bir layner işletmesi az sayıda limanla taşıma hizmetini sürdürmeye çalışmalıdır (Akten 1988).

Liman sayısının azlığı da yeterli çözüm değildir. Elleçleme hizmetleri gelişmiş, çevre limanları ile sefer bağlantı olanakları geniş, hinterlant hizmetleri yaygın, ulaşım hizmetleri örgünleşmiş, endüstri ürünlerini elleçleyen limanlar, layner işletmelerince aranan limanlardır.

Layner işletmeleri gemilerini limanlarda az tutmaya yönelmek durumundadırlar. Limanda geçen her gün, taşıma yapılmaksızın ödenen para demektir. Limanda geçen süre artıka sefer giderleri de artar. Bu yüzden işletmeler yüksek talepli ve kapasiteli limanları tercih etmektedir (Akten 1988).

Günümüz layner taşımalarında yük ihtisaslaşması yaygınlaşmıştır. Bu yönde işletmeler gemilerini taşıma yapacakları yük cinsine göre öngörmektedirler. Böylece yük çeşitleri üzerine yoğunlaşarak hem kârlılıklarını artırmakta hem de yükleme boşaltma için limanda geçen süreyi azaltmaktadırlar (Akten 1988).

Layner taşımaları, serbest piyasa ve tam rekabetin sindirilmiş olduğu bir taşıma şeklidir. Layner taşıma konseptinin taşıma hattının ekonomik değeri yüksek yükleri hedeflemesi, layner taşımalarındaki kartel yapının temel nedenidir. Öte yandan, rekabet olanakları sınırlı olan armatörler devlet himayesiyle hizmeti yürütmek istemektedirler. Ayrıca, taşıma hattına yerleşmiş donatanlarsa başkalarını hizmetlerine ortak etmemek için bir araya gelerek navlun konferanslarını oluşturmuşlardır. Böylelikle, rekabeti azaltmayı, bölgede hizmeti verecekleri yükleyicileri ve taşıtanları kendilerine bağlamayı amaçlamaktadır. Hizmetin, taşıma bölgesinin özellikleriyle uyumlandırılması hat kurmada ve hatta tutunmada önemli bir etmen olmaktadır (Akten 1988).

Öbür taraftan, verimli yani yükleri bol bir taşıma hattında organize olmuş / örgütlenmiş layner taşıyanlarının yanı sıra bazı denizcilik işletmelerinin de tarifeli hizmet verdiği olur. Bağımsız taşıyan (outsider) olarak bilinen bu layner taşımacıları, taşıyan örgütü olan navlun konferanslarla aynı taşıma hattında rekabet eder. Rekabet genelde navlun indirimi şeklinde gelişir. Ne var ki, konferans taşıyanları zaman içinde konferansın yerleşik navlun tarifesiyle oynamaksızın kiraladıkları gemilerle bağımsız taşıyanları izleyerek kıyasıya navlun kırma yoluyla bağımsız taşıyanları çökertmeye çalışır. Kıyasıya rekabete dayanamayan bağımsız taşıyanlar hattı terk etmek durumunda bırakılır. Taşıyanların organize olduğu layner taşımalarda çoklukla navlun konferansı olarak bilinen taşıyan örgütü hatta hakim ve egemendir.

Layner hizmetlerinin özelleri içinde bulunan hizmette programlama, layner taşımalarında etkin bir öğedir. Bu programlama denizde kalış süresini maksimum düzeyde tutabilmek için gereklidir. Yerinde bir ya da iki limanın program dışı tutulması, gemiye fazladan bir sefer çevirme olanağı sağlayabilir.

Gemiler, layner taşımacılığında verimliliği belirleyen ana öğedir. Gemilerin sefer programları, armatör şirketlerinin inisiyatifinde bulundukça taşıma hizmeti kâr getirir, aksi halde kârlılık azalmaktadır.

Layner taşımacılığında hizmet yük olsun ya da olmasın, hizmet bölgesi içinde kalan limanlara götürülür. Oysa, tramp taşımalarında hizmeti yük çeker. Hizmet, yükün olduğu limanlara kayar, aynı limanda sürekli olarak kalmaz.

Modern laynercilik “hizmette üretimi artırarak birim maliyeti düşürme” fikrinden doğmuştur. Bu düşünce, öncelikle liman süresinin kısaltılması, seyir süresinin sefer içindeki payının artırılması biçiminde oluşmuştur.

2.5. DENİZYOLU FİLO İŞLETMECİLİĞİ

Gemi işletmeciliğini, işletmelerin sahip oldukları gemilerin bir noktadan diğer bir noktaya hareketini sağlamak amacıyla yapılan işlemler olarak tanımlayabiliriz.

İşletmenin sahip olduğu gemi filosunu en etkin şekilde kullanması uzun dönemli olarak maliyetleri sürekli düşürmeye öncelik vermesi ve filonun boşta kalma süresini minimum tutma becerisi işletmenin başarılı olma ölçüsüdür. Filo planlamasını, filo yönetiminden ve gemi işletmeciliğinden ayrı tutmak mümkün değildir. Etkin bir filo planlaması tüm maliyet kalemlerine hakim olmakla mümkündür. Tüm detaylarıyla düşünülmemiş maliyet kalemleri, uzun dönemli olarak maliyetlerin yükselmesine ve kârlılığın azalmasına sebep olacaktır.

2.5.1. Denizyolu Filo İşletmeciliğinde Oluşan Başlıca Faaliyetler

Yönetim biliminin teorisyenlerinden ve öncülerinden Fayol (1962), işletmede oluşan iş ve faaliyetleri şu altı gruba ayırarak incelemektedir. Bu faaliyetler;

- teknik faaliyetler,
- ticari faaliyetler,
- finansal faaliyetler,
- muhasebe faaliyetleri,
- güvenlik faaliyetleri ,
- yönetim faaliyetleri

dir. Bu faaliyetlerin bir denizyolu filo işletmeciliğindeki görünümü aşağıdaki gibi olmaktadır.

Teknik Faaliyetler

Denizyolu filo işletmeciliğinde, bir üretim veya hizmet işletmesinden farklı olarak teknik faaliyetler de bulunmaktadır. Üretim faktörleri yerine, geminin fiziki yapısını her an sefere hazır tutabilmek için yedek parça temini, tamirler, yağ, yakıt, kumanya, bakım ve diğer tüketim malzemeleri temini ile geminin uluslararası normlara uygunluğu için gerekli sertifika ve vesaikin zamanında ve eksiksiz olarak hazır tutulması, teknik faaliyetler olarak adlandırılmaktadır (Aksu,1987).

Ticari Faaliyetler

Bu tip faaliyetler, gemiye yük temini faaliyetleridir. Armatörün amacı, sahip olduğu gemiyi teknik arızalar ve zorunlu duraklamalar dışında, maksimum düzeyde

çalıştırabilmektir. Ticari faaliyetlerin istenen seviyede olabilmesi, Dünyada o andaki ekonomik duruma bağlı olmakla birlikte, uluslararası politik ve ekonomik alanlardaki kısıtlama ve serbestiye bağlıdır. Diğer önemli bir etken ise; sahip olunan gemi ve gemi tiplerinin, yaş, tonaj, performans gibi teknik özellikleri açısından talebi olması gerekmektedir (Aksu,1987).

Finansal Faaliyetler

Bu faaliyet grubuna, diğer faaliyetlere işlerlik kazandırmak ve etkin bir işletmecilik tesis edebilmek için finansal olayların çok iyi planlanması ve nakit akışının faaliyetleri aksatmayacak biçimde planlanması gereklidir. Bir denizcilik işletmesindeki finansal faaliyetleri, yatırım harcamaları için gerekli fonlar dikkate alındığında öncelikle para girişleri ve para ıkışları olmak üzere iki gruba ayırabiliriz (Aksu,1987).

Finansal Faaliyetler-Para Girişleri; denizyolu işletmelerinde, faaliyet sonucu yaratılan girdi olarak adlandırılan kaynaklardır. Genel olarak üç kaynak bulunmaktadır. Bunlar;

- Navlun Girişleri: Geminin taşıdığı yük karşılığında, taşıtandan alınan taşıma ücretidir.
- Komisyon: İşletme aynı zamanda gemi kiralama (Chartering) ve brokerlik (Brokering) faaliyetinde bulunuyor ise, bunun sonucu tahsil ettiği ücrettir.
- Navlun Farkı: İşletme, gemi kiralama faaliyeti sonucu elde ettiği komisyona ilave olarak, almış olduğu ihale ücretinden, daha d şuk fiyata gemi kiralarak navlun farkı yaratabilir. İki navlun  creti arasındaki fark gelir kalemine eklenmiş olur (Aksu,1987).

Finansal Faaliyetler-Para ıkışları; genel kabul görmüş muhasebe ilkelerine göre, para çıkışlarını gerektiren faaliyet giderleridir. Sabit gider ödemeleri ve değişken gider ödemeleri olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir (Aksu,1987).

Sabit Gider  demeleri: Gemi işletmeciliğinde sabit gider kavramı “gemi bordasında personeli ile birlikte yük almaya hazır bekler iken yapılması zorunlu giderler” olarak kavranmakta, buna faiz ve genel giderleri ilave olunmaktadır. Sabit giderleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- *Personel Giderleri:* Gemici personele ödenen aylık ücretler, ikramiyeler, pirimler, ferdi kaza sigortaları, kıdem tazminatları ve özlük haklarıyla ilgili diğer giderler ile gemilerde personel değiştirilmesi sırasında yapılan yol ve otel masrafları personel ücretlerini oluşturur.
- *Yedek Parça Giderleri:* Geminin aşınan ve bozulan yedek aksamının yenilenmesi veya tamir edilerek kullanılmasını teminen satın alınan güverte ve makine parçalarıdır.
- *Yağlama Yağları Giderleri:* Gemilerde, ana makine de dahil olmak üzere diğer makine aksamının yağlanması için tedarik edilen yağlama yağı giderleridir.
- *Tamir Giderleri:* Genel olarak, yedek parça kullanılsın veya kullanılsın, yapılan işçilik karşılığı giderlerdir.
- *Boya Giderleri:* Gemilerde, özellikle deniz suyu ile temas eden yüzeylerin ekonomik ömrünü uzatmak ancak zamanında ve iyi kalite boya kullanılarak yapılan boyama işlemi ile mümkün olmaktadır. Bu amaçla sarf edilen boya ve işçilik bedelleri, boya giderleri başlığı altında toplanmaktadır.
- *Sigorta Giderleri:* Satın alma değeri ve piyasa rayici büyük rakamlara ulaşan gemilerin yangın batma, harp, grev gibi gerek ekonomik ömrünü sona erdirebilecek ve gerekse ticari faaliyetine sekte vurduracak tehlikelere karşı sigortalanması için yapılan giderlerdir.
- *Haberleşme Giderleri:* Gemilerin seyir ve limanda buldukları sürelerde, işletme merkezi, kiracılar, acenteler ve liman yetkilileri ile yapmış oldukları telefon, teleks, faks ve diğer haberleşme giderleridir.
- *Sörvey Giderleri:* Gemilerin, periyodik olarak uluslararası normlara uygunluğunun tespiti için yapılan inceleme ve bu incelemeler sonucu saptanan eksikliklerin tamamlanması için yapılan giderlerdir.
- *Faiz Giderleri:* Bu giderler, yatırım ve işletme kredisi faizi giderleridir.
- *Genel İdare Giderleri:* İşletmenin genel sevk ve idaresi için yapılan giderlerdir. Bu giderlerin içine, büro personel giderleri, kiralar, elektrik, su, telefon, teleks, faks, internet server, web site, internet servis hizmeti, üyelikler, aidatlar vb. genel karakterli giderler dahil olmaktadır (Aksu,1987).

Gerek faiz giderleri ve gerekse genel idare giderleri, navlun fiyatlandırma kararlarında, sabit gemi işletme giderleri olarak kabul edilmemektedir. Aksi halde, faiz borcu

olmayan veya önemsiz miktarda olan, genel idare giderlerini denetim altına alabilen bir gemi işletmesi ile ağır faiz yükü altında ezilen, diğer maliyetlerini kontrol edemeyen bir gemi işletmesinin aynı yük için verecekleri birim fiyat farklı olacağından, rekabet şansını ortadan kaldırmamak için uygulamada bu yola gidilmektedir.

Değişken Gider Ödemeleri: İş hacminin bir fonksiyonu olarak azalan veya çoğalan giderlere, değişken giderler denilmektedir. Gemi işletmeciliğinde bu tanım geminin hareket halinde olması, sefer yapması nedeniyle oluşan giderler olarak verilmektedir. Bu tanıma konu olan ödemelerinde aşağıdaki ayrıma tabi tutmak mümkündür.

Liman Giderleri: Geminin ulusal ve uluslararası seferleri sırasında yük almak veya boşaltmak üzere limanlara girişi, iskelelere yanaşması veya kalkması nedeniyle oluşan, liman idareleri tarafından verilen hizmet ücretleridir. Römorkaj, kılavuzluk, palamar, su, yakıt verilmesi gibi hizmetler, bu giderler kapsamına girmektedir.

- *Yakıt Giderleri:* Gemilerin sefer sırasında ve limanlarda harcadıkları fuel oil, dizel oil ve gaz oil yakıt giderlerini oluşturmaktadır. Gemiler, seyir sırasında fuel oil, limanlarda, yanaşma- kalkma, boğaz ve kanal geçişlerinde dizel ve gaz oil harcamaktadırlar.
- *Yükleme Boşaltma Giderleri:* Yüklerin gemi ambarına alınması, istif edilmesi, boşaltılarak liman sahasına veya alıcının araçlarına yüklenmesi için gerekli ekipman ve işçilik giderleridir.
- *Taşıma Sigortası Giderleri:* Taşınan yükün, yükleme yerinden boşaltma yerine kadar her türlü tehlikeden korunması ve hasar olduğu takdirde bedelinin sigorta şirketinden tahsil edilebilmesini teminen yaptırılan sigorta için ödenen primler yük veya taşıma sigortası giderlerini içermektedir.

Muhasebe Faaliyetleri

Teknik ve ticaret faaliyetlerinin yürütülmesini temin amacıyla oluşan parasal faaliyetlerin, sistematik olarak kaydedilme faaliyetidir. Giderlerin, gemi işletmelerindeki faaliyetlerin dinamizm ve karakteri, muhasebeyi sadece hesap kayıt sistemi anlayışı içinde kabullenilmeyecek bir yönetim aracı düzeyine çıkarmayı gerektirmektedir.

Gerçekten, muhasebe hesaplarının güncel, doğru ve muhasebenin açıklık ilkelerine göre tutulması, gelir, gider, borç-alacak ve diğer hesapların iyi analiz edilerek gerek finansal planlama ve gerekse yönetim kararlarının etkin biçimde alınmasını sağlayacaktır.

Güvenlik Faaliyetleri

İşletmeyi tehdit eden çevre koşullarına ilave olarak, gemi işletmelerinde, gemilerin, yangın, harp ve diğer tehlikelere karşı, grev riskine karşı özel güvenlik faaliyetleri gerektiren işlevlerdir.

Yönetim Faaliyetleri

İşletme faaliyetlerinin etkin biçimde yerine getirilebilmesi için bir takım yönetsel faaliyetlere ihtiyaç vardır. Bunlar planlama, organizasyon, yürütme, koordinasyon, kontrol (denetim) faaliyetleridir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. FİLO PLANLAMASININ SÜREÇLERİ, HUSUSLARI VE BİLEŞENLERİ

Denizyolu taşımacılık şirketlerinin filo yöneticileri talep daralması yaşandığı dönemlerde aşırı kapasite sebebiyle hangi gemilerini serviste tutup hangi gemilerini servisten çekeceklerine karar vermek zorunda kalırlar (Perakis, Papadakis, 1987a).

Yöneticiler alacakları kararlarda genelde kişisel tecrübelerinden faydalanırlar. Filolarındaki gemi sayısı az olan şirketler için analitik yöntemler kullanmadan, tecrübelerle alınan kararlar kolay olmakla beraber, gemi ve hat sayısı artıkça filonun planlaması çok daha karmaşık faktörler oluşarak problemlerin çözümü zorlaşmaktadır (Cho ve Perakis, 1996).

Özellikle yük işlem ve operasyonlarında yüklerin, tüm kısıtları sağlayacak uygun gemiye atanması sırasında karmaşık operasyonel problemler ortaya çıkmaktadır. Sağlanması gerekli kısıtlar, yükün zaman çizelgesi, gemi taşıma kapasitesi, limanların gemilerin draft ve boylarına uygunluğu şeklinde sıralanabilir. Büyük layner şirketlerin dışındaki orta ölçekli az sayıda şirket, optimizasyon temelli analitik karar destek sistemleri kullanmaktadır. Şirketlerin çoğu halen kalem, kağıt ve ofis programları ile problemlerini çözmeye çalışmaktadırlar (Fagerholt, 2002).

Yöneticiler yeni filo yatırım kararları yanında mevcut filonun yapısını bozmadan maliyetlerini düşürme yönünde işletme kararları da alabilirler. Örnek olarak yakıt fiyatlarının yüksek olduğu dönemlerde şirketler aşırı kapasiteli gemilerin servis hızlarını düşürme yönünde hareket ederek yakıt maliyetlerini düşük seviyede tutmaya çalışırlar (Perakis, 1985). Düşük servis hızı gemilerin dizayn hızları altında seyir yapmalarınıdır. Bu şekilde makine devirlerini düşürerek uzun dönemli yakıt maliyetlerinden ekonomi sağlayarak işletme maliyetlerini düşürürler (Perakis, Papadakis, 1987b).

3.1.1. Filo Planlama Süreçleri

Filo planlaması çalışmalarında genel olarak 8 temel adım mevcuttur (Viglundsson. 1994). Bunlar;

1. Planlama çalışmasının ana hatlarının ortaya konulması,
2. Değerlendirme kriterlerini seçilmesi,
3. Alternatif stratejilerin formüle edilmesi,
4. Alternatif stratejilerin değerlendirilmesi,
5. Duyarlılık analizi,
6. Son eleme,
7. Değerlendirmeler sonucunda çalışma planlarının yapılması,
8. Kararların uygulanmasıdır.

Planlama çalışmasının ana hatlarını ortaya koymak:

Filoda yapılacak iyileştirmenin kapsamı bu aşamada belirlenir. Aynı kalacak ve iyileştirme yapılacak bölümler tespit edilir. Bazen iyileştirme yapmamak en uygun karar olabilir. Çünkü filoda yeniden yapılanma her zaman risk faktörünü de içinde bulundurur. Bu sebeple filoda yeniden yapılanma sürecine girmeden önce bunun gerçekten ihtiyaç olup olmadığı konusunda iyi dayanakların ortaya konması gereklidir.

Değerlendirme kriterlerini seçmek:

Eğer bir şirket kâr amaçlı bir şirket ise gelecekteki vergi sonrası gelirleri için net bugünkü değerinin maksimum yapması yönünde bir değerlendirme kriteri seçebilir. Eğer kâr amaçlı bir kuruluş değilse, bu taktirde gelecekteki maliyetlerinin net bugünkü değerini minimize etmeye çalışabilir.

Alternatif Stratejilerin Formülasyonu:

Burada, uygulanabilir ve akla uygun alternatif yaklaşımlar düşünülür. Bunların arasından en uygun olanlar seçilerek liste yapılır.

Alternatif Stratejilerin Değerlendirilmesi:

Seçilen stratejiler değerlendirilir. Talep tahminlerini karşılamak için ne kadar gemiye ihtiyaç var, gelecekteki gelir ve maliyetler nedir, ne kadar yatırıma ihtiyaç var ve seçilen

değerlendirme kriterleri altında alternatif stratejiler nasıl performans gösterecekler gibi bir dizi sorulara cevap aranmaktadır.

Duyarlılık Analizi:

Tahmini hesap değerleri bir çok kabule bağlı olarak elde edilir. Bu kabullerde yapılacak değişiklikler sonuçları doğrudan etkilemektedir. Özellikle gelecekteki talep değerlerinin, navlun oranlarının, enflasyon oranlarının tahmininde yapılacak kabuller önemlidir. Filo planlaması çalışmalarında yapılan kabuller aynı zamanda risk faktörünü de beraberinde getirmektedir.

Son Eleme:

Analizin her bir aşamasında, alternatif stratejiler, aşırı belirsizlik, pratik olmaması, aşırı maliyetli olması kısıtlarından dolayı elenerek çalışma dışına çıkarılabilir. Bu aşamada, birbirine yakın stratejiler bir araya toplanır. Uzak alternatifler, yetersiz zaman ve maliyet sebebiyle çalışma dışına çıkarılarak elenmektedir.

Değerlendirmeler sonucunda çalışma planlarının yapılması:

Filo planlamasının son aşaması için çalışma planı geliştirilir. Girdiler içerisinde az da olsa belirsizlikler vardır. Kararlar, olası sonuçların değerlendirilmesiyle alınacaktır.

Kararların uygulanması:

Filo planlamasının son aşamasında ne yapılacağına karar verilerek uygulamaya geçilir. Bu aşamada karar verici acele etmemeli, çalışmanın tüm malzemelerini ve bilgilerini tamamlamadan planlama sürecine geçmemelidir.

3.1.2. Ulaştırma Tedbirleri ve Politikaları

Hükümetlerin ulaştırma sektöründeki rolleri oldukça önemlidir. Hükümetler teşvikler ve düzenlemeler ile iki şekilde de ulaştırma sektöründe rol oynarlar. Devletçi yapıya sahip hükümetlerde ise bizzat devlet, kendisine ait şirketleri ile taşımacılık yaparak özel sektörün tüm planlamalarını etkilerler (Viglundsson, 1994).

Örneğin Türkiye de, çok uzun yıllar boyunca kendisine ait devlet kurumlarıyla deniz taşımacılığı yapmış ve kısa süre önce de bu kurumların çoğunu özelleştirerek özel sektör ve belediye şirketlerine devretmiştir.

Bunun dışında, ticaretin ve ekonominin canlanması ve gelişimi için ulaştırma ağlarının güvenli ve rekabete açık olarak çalışması gereklidir. Bu sebeple hükümetler çeşitli destek, teşvik ve denetlemeler ile ulaştırma sistemlerine müdahale ederler. Hava trafik kontrolleri, deniz trafik kontrolleri, liman yönetimleri ve kontrolleri ile bizzat ulaştırma sisteminin bir bölümünde yer alırlar.

Teşvik ve denetimler konusunda hükümetlerin standart davranmadığı bir gerçektir. Demokrasi ile yönetilen devletlerde hükümetler genelde oy kullananların daha fazla kullandığı taşıma modlarına ilgi göstermektedirler. Örnek olarak okyanus aşırı hatlarda çalışan layner konferanslarına diğer taşıma modlarından daha az düzenlemeler getirilmektedir. Bu durum layner konferanslarına navlun fiyatları konusunda ve kapasitelerini azaltma ve artırma konusunda kartel oluşturma fırsatı vermektedir. Çünkü navlun müşterilerinin nüfuzu ve hükümet seçimlerindeki oy sayıları, diğer taşıma modlarını kullanan müşteri sayılarına göre daha azdır. Oysa havayolu ve karayolu yolcu ve yük taşımacılığını kullanan müşteri sayısı çok daha fazladır. Dolayısıyla müşterilerin nüfuzu ve kullandıkları oy miktarının çokluğu oranında, hükümetlerde bu taşıma modlarına daha çok ilgi gösterirler. Daha fazla müşteri memnuniyetine yönelik düzenlemeler ve politikalar geliştirirler. Rekabeti artıracak teşvikler yaparlar. Örnek olarak havayolu şirketleri, layner şirketlerine göre çok daha fazla denetlenerek fiyat ve kapasite kullanımı konusunda ceza alırlar (Viglundsson. 1994).

Düzenlemeler iki boyutlu olarak yapılır. Birincisi, ekonomik olmayan, güvenlik, çevre ile ilgili düzenlemelerdir. İkincisi ise ekonomik anlamda yapılan fiyat istikrarı ve rekabet geliştirici düzenlemelerdir. Şirketler için düzenlemelerin anlamı, maliyetlerin artması demektir. Daha az düzenleme daha az kaynak kullanımı, verimliliğin artması ve sınırlamaların azalması anlamına gelir.

Bunun sonucunda rekabet koşullarının normal olduğu şartlarda fiyat esnekliği, kapasite ve hizmet düzeyi artar. Ancak düzenlemelerin daha da azalması monopollerin oluşmasına sebep verebilir (Viglundsson, 1994).

Bir piyasada normal rekabet koşullarının bulunduğu ya da monopol bir piyasanın bulunduğu Hirshchmann Herfindahl Index (HHI) ile tespit edilmektedir.

Birleşik Devletler Adalet Bakanlığı'nca da kullanılan bu indekse göre bir piyasada birleşme ve monopol davranışı aşağıdaki formül ile belirlenir (Viglundsson, 1994).

$$HHI = \sum_{i=0}^i (MS_i)^2, i : \text{Pazardaki tüm firmalar seti} \quad (3.1)$$

MS_i : i firmasının pazar payıdır.

Burada, i pazarın başlangıç ve varış merkezlerindeki tüm firmalarını kapsamaktadır. İngilizce'de Origin-Destination (O-D) Market olarak adlandırılan bu kavramı Türkçe'de Başlangıç ve Varış (B-V) Pazarları olarak çevirebiliriz. Rekabet; güzergâhlar seviyesinde değil, daha geniş anlamda güzergâh noktalarındaki pazarlar düzeyindedir. HHI indeksi mükemmel rekabet ortamını gösteren 1'den monopol piyasayı gösteren 10,000 değerleri arasında değişir. Amerikan Ticaret Mahkemelerinde 1000 üzerindeki indeks değeri zayıf rekabet şartlarının işareti olarak kabul edilirken, 2000 üzerindeki indeks değerlerini monopol piyasanın işaretleri olarak kabul edilmektedir (Viglundsson, 1994).

Hükümetlerin yapmış olduğu düzenlemeler ve politikalar, piyasadaki rekabet koşulları, şirketlerin filo planlamasındaki amacını ve amaç fonksiyonlarını doğrudan etkilemektedir. Bazı koşullarda şirket uzun dönemli olarak kârını maksimize etmek yerine, yeni düzenlemelerin gelmesine sebep olmayacak kadar aşırı olmayan bir miktar kâr elde etmeyi tercih edebilmektedir. Bu koşullar sebebiyle filo planlamasında çok detaylı ve kesin amaç fonksiyonu olan matematiksel modeller ortaya koymak oldukça güç olmaktadır.

3.1.3. Filo Planlamasının Bileşenleri

Filo planlamasının ana bileşenleri, güzergâh analizi, navlun tahminleri, finansman ve ekonomidir.

Güzergâh Analizi

Güzergâh analizi; limanlar arası mesafeleri, gemi boyutları ve çevre kirliliği sebebiyle liman kısıtlarını, sefer zamanlarını ve periyotlarının analizini içermektedir. Güzergâh analizindeki diğer önemli konular ise; limanlardaki yükleme ve boşaltma ekipmanları, limanlardaki yoğunluk sebebiyle oluşabilen gecikmeler, sefer programı kısıtları ve analiz edilecek güzergâha uygun gemilerdir. Bir diğer dikkat edilmesi gereken durum ise belirli güzergâh bölgelerinde, kışın oluşabilecek olağandışı kötü hava koşulları ve buzlardır. Örnek olarak Akdeniz içi ve tropikal bölge hatlarında çalışacak gemi dizaynlarına, Kuzey Atlantik layner hatlarında çalışan gemilerde bulunan, buz çarpışmalarına karşı yapılan inşa güçlendirmeleri koymak, mantık dışı bir planlama olarak değerlendirilebilir.

Filo planlamalarının başlangıcında gelecekte oluşabilecek tüm senaryolar ortaya konarak, iyi, orta ve kötü şartların oluşumundaki belirsizliğe ve gelecekte oluşacak taleplerin değişkenliğine karşı esnek bir filo yapısı sağlanmalıdır.

Eğer gemi güzergâhları sığ sularda ya da dar kanallarda olacaksa bu durum gemi hızlarının yavaş olmasına yol açacaktır. Limanlar arasındaki mesafe de gemi boyutlarını etkilemektedir. Genelde daha uzak mesafeler için daha büyük boyutlarda gemiler kullanılmaktadır. Güzergâh mesafesi kısa olan hatlarda ise daha küçük boyutlarda gemiler çalıştırılmaktadır.

Gemi büyüklüğü, ancak gemi seyir halinde iken birim maliyetlerin düşmesi açısından avantajdır. Oysa limanlarda tam tersine, büyük gemiler daha maliyetlidir. Çünkü taşıdığı yük miktarına bağlı olarak büyük gemilerin yükleme-boşaltma ve limanda kalış süreleri daha fazla olur. Limanlardaki fiyat tarifeleri ise gemilerin tonajlarına ve boyutlarına göre değişmektedir.

Güzergâh analizindeki bir diğer önemli konu güzergâh üzerindeki limanlar arası taşınan yük miktarlarıdır. Her liman çifti buldukları bölgedeki ekonomik pazarlara hizmet

ederler. Bu pazarlardan her biri bir Başlangıç-Variş Merkezli Piyasa (B-V Pazarı) olarak adlandırılır. Bu pazarlardan birbirlerine taşınan yükler aynı tip ürün olmayabilir. Navlunoranları tamamen farklı olabilir. Potansiyel B-V Pazarlarının sayısını bulmak için ziyaret edilecek limanların sayısından Denklem (3.2) deki gibi faydalanılır (Viglundsson, 1994).

$$\text{B-V Pazarları Sayısı} = n \times (n - 1) \quad (3.2)$$

Eğer ziyaret edilen liman sayısı 5 ise B-V Pazarı sayısı formüle göre 20 dir. Bir şirket B-V pazarlarını tümünde varlık göstermeyebilir. Düzenlemeler ya da devletlerin kabotaj kanunları tüm limanlarda her bayraktan geminin taşımacılık yapmasına izin vermeyebilir.

Bu sebeple yeni pazarlar şirketler için önemlidir. Ancak şirket yeni pazarlar için stratejiler oluştururken, asıl işine de gereken özeni göstermeli ve müşteri potansiyelinin iyi ve kârlı olduğu hatlarında pazar payını kaybetmemelidir.

Okyanus aşırı hatlarda sefer yapan bir şirket için bir hattına yeni bir liman eklemek cazip olabilir. Yukarıdaki örnekte yeni eklenen bir liman B-V Pazar formülünde yerine bulunduğu pazar sayısını 20'den 30'a çıkarmaktadır. Bunun sonucunda pazar sayısının artmasıyla şirket gelirlerini artıracak ve kapasitesini geliştirecektir. Var olan bir hatta yeni bir liman eklemenin marjinal maliyeti küçük gibi görünse de servis kalitesinin hattaki diğer limanlara göre düşük kalması gibi bazı riskleri bulunur. Feeder servislerin fizibilite çalışmaları güzergâh analizinin önemli bir parçasıdır.

Feeder servis; ana ihracat limanlarından büyük kapasitelerdeki gemilerin aktarma limanlarına yüklerinin tümünü indirdikten sonra, bu aktarma limanlarından çevre limanlara daha küçük kapasitede gemiler ile dağıtımın yapılmasıdır. Etkin bir feeder servisi maliyetleri önemli derecede düşürmektedir. Bir güzergah haricinde taşınan az miktardaki yükten dolayı oldukça maliyetli seferler ile gidilecek bir limana, feeder servislerinin bir ayağı olarak giriş imkanı sağlandığında, birim sefer maliyetleri düşecek böylece taşımacılık şirketlerine yeni pazar imkanları ortaya çıkacaktır. Feeder servisler ile limanlar arası seyahat süresi uzasa da, sefer frekanslarının geliştirilebilmesi mümkün olduğu için bir

dezavantaj olmamaktadır. Sefer frekanslarının artırılması sonucu gemilerin ve yüklerin terminaldeki bekleme süreleri kısalmış olmaktadır. Ancak feeder gemilerin taşıma kapasiteleri uzak sefer yapan büyük gemilere göre azdır. Bu durumda feeder gemilerin birim deplasman maliyetleri ve birim taşıma kapasitesi maliyetleri daha yüksektir (Viglundsson, 1994).

Feeder servislerde B-V pazarları genellikle aynı güzergâhları kullanırlar. Birleştirilmiş rotalardan oluşan güzergâh taşımalar, pazarların farklı bölgelerle olan güzergâh dışı taşımalara göre, navlun piyasasındaki dalgalanmalardan daha az oranlarda etkilenmektedir. Bu durum feeder servis yapan gemilerin daha az boş yük hacmi ve yüksek yükleme faktörüne sahip olmalarını sağlamaktadır.

Servis frekansı bir başka önemli değişkendir. Şirketler oldukça maliyetli yüksek servis frekansı ile ölçek ekonomisinin elverdiği düzeyde daha az maliyetli düşük servis frekansı arasında bir karar vermek durumundadırlar. Ancak müşteri lojistiğini anlamadan ve analiz etmeden servis frekansı konusunda karar vermek güçtür.

Servis frekansı analizinin önemini belirtmek için iki liman arasında yapılan ve bir geminin sefer periyodu 4 hafta süren taşımaları ele alalım. Limanlara yüklerin rasgele geldiğini ve gemilerin limanlardaki ortalama bekleme sürelerinin toplam 2 hafta aldığını kabul edelim. Terminalde bekleme ve seyahat süresi toplamı olan 4 hafta müşteriler için yetersiz bir servis düzeyi olmaktadır. Servis frekansını iki katına çıkarıp haftada ikiye aldığımızda, limanlarda bekleme süresi yarıya inecek ve toplam sefer süresi 3 haftaya inecektir. Servis frekansını 3 katına çıkarıp haftada üçe aldığımızda toplam seyahat süresi 2.7 haftaya, dört katına çıkardığımızda ise toplam sefer süresi 2.5 haftaya inecektir. Bu örnek frekansın doyma noktası konusunu açıklamaktadır. Servis frekansının artırılması sadece terminaldeki bekleme sürelerini kısaltmaktadır. Seyirde geçen sürede hiçbir azalma olmamaktadır. Rekabetin yüksek olduğu pazarlarda servis frekansı daha da önem arz etmektedir. Şirketler daha maliyetli olmasına rağmen pazardaki paylarını kaybetmemek için servis frekanslarını yükseltebilirler. Rekabetin yoğun olduğu pazarlarda düşük servis frekansı pazar payının gerilemesine, yüksek servis frekansı ise pazar payının artmasını sağlayacaktır. Ancak pazardaki şirketler birlikte hareket edecekleri bir konferans oluştururlarsa, bu taktirde servis frekansı sebebiyle ne pazar paylarını artırırılar ne de azaltırlar.

Yük Tahmini

Tecrübeler göstermiştir ki yerleşik piyasalarda talep tahminlerinin yapılmasında basit matematik modeller en az karmaşık modeller kadar iyi çalışmaktadır. Daha yeni pazarlarda ise talep tahmini yapılırken geçmiş verilerden daha çok endüstriyel analizlere ve stratejilere önem verilmesi daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Geçmiş verileri ele alırken navlun talebinin filonun taşıma kapasitesinden etkilenmediği göz önünde bulundurulmalıdır. Navlun talebi; servis frekansından, servis tarifelerinden, servisin güvenilirliğinden, servisin maliyetinden, servis fiyatlandırmasından, intermodal taşımalarda özellikle servisin müşteriye uygunluğundan, servisin kaza ve kayıp geçmişinden, kalite kontrol prosedürlerinin iyi ya da kötü olmasından etkilenir. Taşıyanın çevre korumasına karşı duyarlılığı da kendisine gelen talebi etkileyen faktörlerden biri olabilir.

Ekonomik dalgalanmalar ve önlenemez olaylar talebi etkileyen iki önemli konu olmaktadır. Bu sebeple geçmiş veriler dikkatle incelenmelidir. Talebi etkileyen bu olaylara örnek olarak; savaş, kötü hava koşulları, grevler, döviz kurlarındaki dalgalanmalar, ekonomideki durgunluk, yeni rakiplerin pazara girmesi, rakiplerden birisinin pazardan çıkması, rekabet koşullarındaki değişimler verilebilir. Devletler arası ticaret anlaşmaları, yeni düzenlemeler de talebi sert bir biçimde etkileyebilir. Olağan olmayan ve önlenemez olaylar sebebiyle taleplerdeki anormal düşüşler veya yükselişlerin sebepleri incelenerek değerlendirme dışına çıkarılmalıdır. Son olarak talebi etkileyen faktörlerden birisi de diğer taşıma modlarındaki değişimlerdir. Yeni yapılan bir otoyol ya da diğer taşıma modlarına gösterilen vergi kolaylığı denizyolu taşımacılığını karayoluna çekebilir. Bu sebeple talep tahminlerinde diğer taşıma modlarındaki dinamik değişimlerin denizyolu taşımacılığı üzerine olan etkileri de incelenmelidir.

Geçmiş verilerin istatistiksel biçimde incelenmesi önemlidir. Navlun talebinin standart sapması ve varyansı gibi basit istatistiksel değerlerin her başlangıç ve varış pazarları için hesaplanarak ortaya konması, servis kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olabilir. Standart sapmanın bilinmediği durumlarda servis kalitesinin sağlanması zordur. Bu durumda muhtemel müşteriler için uygun kapasitesinin tanımlanması güç olur. Standart sapma

biliniyorsa ortalama taşıma talebine “3*standart sapma” değeri eklenerek taşıma kapasitesi planlanır.

Standart sapmanın önemli olduğu bir başka konu ise bir güzergâh üzerindeki ikiden fazla başlangıç ve varış limanları olması durumundaki talep tahminidir. Tecrübeler göstermiştir ki aynı güzergâhın kullanıldığı B-V liman taşımalarında standart sapma değerleri, bu limanların tek başlarına diğer limanlar ile yaptıkları taşımalarındaki standart sapma değerlerinden daha azdır. Bir başka ifade ile limanların talep toplamının nispi talep dalgalanmaları, bu limanların ayrı ayrı göstermiş oldukları talep dalgalanmalarından daha azdır. Bu sebeple kapasite planlaması yapılırken, ikiden fazla B-V limanlarının bulunduğu birleştirilmiş bir güzergâh için filo kapasitesi, bu limanların ikili olarak başka limanlar ile olan taşımalarındaki filo kapasite toplamlarından daha az olmalıdır. Bu ortalama yükleme faktörünün artması anlamına gelir. Dolayısıyla verimlilik artar. Yükleme faktöründeki artış uzun mesafeli ve kısa mesafeli feeder servislerin birlikte yapılmasının çıkış noktasını oluşturmaktadır (Viglundsson, 1994).

Bu durum daha iyi açıklanması için örnek olarak; iki ticari pazarı ve bu pazarların kullandığı iki liman ele alınsın. Bunlardan birincisinin ortalama talebi x_1 standart sapması σ_1 , ikinci pazarın ortalama talebi x_2 standart sapması σ_2 olsun.

B-V pazarlarının birleştirilmiş ortalama talebi ve standart sapması Denklem (3.3) ve Denklem (3.4) formülleri ile bulunur:

$$x = x_1 + x_2 + \dots + x_N \quad (3.3)$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_N^2}}{\sqrt{N}} \quad (3.4)$$

Burada;

N : Güzergâh üzerindeki toplam pazar sayısı

dır. Denklem (3.4) incelendiğinde, Pazar ve bu pazarların kullandığı liman sayısı artıkça buna bağlı olarak ortalama talep artmakta, ancak standart sapma nispi olarak azalmaktadır. İki pazarın geçmiş talep değerleri dikkate alınarak ortalama talepleri 50 ve 80 TEU varsayıldığında, standart sapmaları ise sırasıyla 8 ve 12 TEU kabul edilirse yukarıdaki (3.3) ve (3.4) denklemlerinden birleştirilmiş ortalama talep 130 ve standart sapma ise 10.2 bulunur. Geleceğe yönelik kapasite planlaması yapılırken;

$$\text{Uygun yer miktarı} = \text{Ortalama Talep} + (3 \times \text{Standart Sapma}) \quad (3.5)$$

formülünden faydalanıldığında her iki pazar için;

$$\text{Uygun yer miktarı} = 130 + (3 \times 10.2) = 161 \text{ TEU bulunur.}$$

$$\text{Yükleme Faktörü} = \text{Ortalama Talep} / \text{Uygun Yer Miktarı (planlama aşamasında)}$$

ya da

$$\text{Yükleme Faktörü} = \text{Gerçekleşen Taşıma Miktarı} / \text{Uygun Yer Miktarı} \quad (3.6)$$

olarak bulunan uygun yer miktarı 161 TEU değeri Denklem (3.6)'da yerine koyulduğunda, aynı güzergâh üzerinde birleştirilmiş pazarların

$$\text{Yükleme Faktörü} = 130/161 = 0.81$$

bulunur.

Örnekteki pazarlar ve onlara bağılı limanlar kendi başlarına tek olarak incelemiş olunsaydı bu taktirde;

Birinci Pazar için uygun yer miktarı = $50 + (3 \times 8) = 74$

Birinci Pazar için Yükleme Faktörü = $50 / 74 = 0.68$

İkinci Pazar için uygun yer miktarı = $80 + (3 \times 12) = 116$

İkinci Pazar için Yükleme Faktörü = $80 / 116 = 0.69$

bulunur, ortalama yükleme faktörü ise 0.685 olurdu. Bu değer pazarların birleştirilmiş yükleme faktörü değerinden çok düşüktür. Daha az yükleme faktörü daha az verimlilik demektir. Bu örnek, B-V pazarlarının aynı güzergâh üzerinde artırılmasının verimliliği artırmasını göstermesi açısından önemlidir.

Filo Finansmanı ve Ekonomisi

Yatırım kararlarında, hangi varlıklara, ne kadar bir bütçe ile ve ne zaman yatırım yapılacağı yatırımın başarısının etkileyen en önemli üç sorudur. Amaç, yatırım yapılan varlıkların değerinin belli bir dönem içinde, istenen getiri oranlarında, maliyetlerinin üzerinde olmasıdır. Birbirinden bağımsız yatırımlar söz konusu olduğunda, Net Bugünkü Değer (NBD) yöntemi yatırım değerlemelerinde ve maliyetlerinin hesaplanmasında en çok tercih edilen yöntem olmaktadır.

Filo yatırım analizinde nakit akışları hesaplanmalıdır. Batık maliyetler değerlendirmeye katılmamalıdır. Genel giderler, yatırım araştırması sırasında meydana gelen maliyetler hariç olmak üzere hesaplamalara dahil edilmelidir.

Tüm dış etkiler yatırım değerlendirmesine dahil edilmelidir. Örnek olarak yeni bir güzergâh açılmasına karar verildiğinde ve yeni hat tek olarak düşünüldüğünde, başlangıçta güzergâhın nakit akışlarının NBD' i negatif olup kârlı gözükmeyebilir. Ancak tüm hatları göz önüne alan bir bakış açısıyla bakıldığında tüm hatların yaratmış olduğu etki ile o hattın NBD getirisi pozitif olabilir.

Fırsat maliyetleri analizlere dahil edilmelidir. Örnek olarak eğer yatırım kaynağı birikmiş kârlar ise, bu kârların kullanılmasının fırsat maliyeti, yeni gemi almak ya da almamak olmaktadır.

Enflasyon oranları dikkate alınmalıdır. Sözde nakit akışları tahminleri sözde enflasyon değerleriyle iskonto edilmeli, gerçek tahminler ise gerçek enflasyon oranlarıyla iskonto edilmelidir. Geçmişte gerçekleşen enflasyon oranları gelecek nakit akışlarının iskonto edilmesinde kullanılmamalı, gelecek enflasyon beklentilerine göre iskonto edilmelidir.

Pozitif NBD'e sahip bir yatırımın geri dönüşü yatırım sürecindeki gecikmeler sebebiyle her zaman beklenildiği süre içerisinde olmayabilir. Bu sebeple beklenen NBD'inden daha yüksek bir değer düşünülmesi, gecikmelere karşı bir güvenlik payı bırakılmalıdır.

3.1.4. Müşteri Lojistiği

Lojistiğin temelinde yük hareketleri olması açısından filo planlamasında önemli bir yeri vardır. Yük sahiplerinin ihtiyaçları planlama aşamasında dikkate alınmalıdır. Sadece taşıyıcıların maliyet minimizasyonunu yapmak müşterilerin taleplerini dikkate almamak uzun dönemde talep azalmasına ve pazar payında azalmaya sebep olabilir. Müşterilerin taşıyıcı seçimini etkileyen faktörler Tablo 3.1 'de özetlenmiştir.

Sefer takvimleri, navlun ücretleri, servis kalitesi ve birbirleriyle olan ilişkileri dikkate alınarak planlama yapılmalıdır.

Taşıyıcı firmalar, daha yüksek navlun ücretleri ile çalışıyorsa ya da daha yüksek pazar payına sahiplerse müşterilerine daha uygun sefer programları sunabilirler. Müşteriler için daha uygun sefer programları ancak daha hızlı gemiler, daha etkin güzergâhlar ve daha yüksek servis frekansları ile gerçekleştirilir. Gemilerin hızları yalnızca sefer programlarında, limandan kalkış zamanlarında ya da servis frekanslarında müşteri lehine bir geliştirme yapılacağı takdirde artırılmalıdır. Çünkü denizdeki hız artışının armatör ya da donatan açısından bir kazancı yoktur. Aksine hızdaki artış daha yüksek oranda, maliyette artış anlamına gelmektedir.

Tablo 3.1 Taşıyıcı Seçimini Etkileyen Faktörler (D'Este ve Meyrick, 1992),

| | |
|----------|---|
| Güzergâh | Servis frekansı, Transit Zaman, Servisin doğrudan ya da aktarmalı yapılması, Kapasite |
| Maliyet | Navlun Ücretleri, Diğer Maliyetler |
| Hizmet | Gecikmeler ve güvenirlilik, Hasar, kayıp ve hırsızlıklara karşı alınan önlemler, Problemlere hızlı cevap verebilme, Dokümantasyonun düzenli yapılması ve takip |

Ancak bazı durumlarda armatör ya da donatan gemilerini maliyetli yüksek hızlarda çalıştırabilirler. Bu durumlar özetle aşağıdaki gibidir.

Birim değeri yüksek yükler: Buna karşın; düşük değerli yükler yüksek hızlardaki sefer maliyetlerini karşılayamazlar.

Yüksek navlun fiyatları: Ekonominin iyi ve talebin yüksek olduğu dönemlerde armatör ya da donatan yıllık sefer sayılarını artırarak daha fazla yük taşıyabilmek için gemilerin seyir hızlarını artırırlar. Böylece yıllık gelirlerini artırırlar.

Kısa sefer süreleri: Eğer gemilerin bir güzergâh seyir periyodu kısa ise, bu taktirde denizde geçen süresi de kısa olacağı için yüksek hızın maliyeti kaldırılabilir bir seviyede kalacaktır.

Ucuz yakıt ücretleri, ya da yakıt ücretlerindeki artış oranının diğer gelir ve harcama kalemlerindeki artış oranlarından daha az olması durumundadır.

Yüksek faiz oranları: Bu sebeple yıllık sefer sayısı ve gelirleri artırılarak geminin üzerindeki sermaye maliyeti yükü azaltılmaya çalışılır.

Yüksek günlük işletme maliyeti, yüksek personel ücretleri vb.: Birim zamandaki verimliliği artırmak için, gelirlerin ve sefer sayılarının artırılması gereklidir.

Gemilerin taşıma kapasitelerindeki yetersizlik: Geminin ya da filonun toplam taşıma kapasitesi talebi karşılayamıyorsa, sefer frekansını artırıp talebi karşılamak için hız artırılabilir.

Rekabetteki artış: Pazar payını kaybetmemek için servis frekansı artırılıp müşteri servis düzeyi yükseltilir.

Taşıyıcı ve onların müşterilerinin, hammadde kaynağından son kullanıcıya kadar geçen tüm lojistik kanalda birlikte hareket ederek, toplam lojistik maliyeti düşürmeye çalışmaları önemlidir. Uluslararası büyük şirketlerin arkasında yatan güç, tüm lojistik kanallarını kontrol ederek toplam lojistik maliyetlerini en düşük düzeyde tutmalarıdır. Ulaştırma zamanı lojistik kanallar için çok değerlidir. Bu sebeple özellikle denizaşırı uzak sefer yapan layner şirketleri de hammaddeden son kullanıcıya kadar olan bu lojistik kanalın önemli bir parçasıdır. Eğer sefer zamanı artarsa; lojistik kanallar, son kullanım tarihi yakın olan ya da kısa ömürlü ürünler için daha yüksek envanter harcaması, daha fazla amortisman maliyeti ve daha fazla ürün stokta tutmak zorunda kalır. Optimum bir filo sefer programı müşterinin envanter ve stok maliyetlerini artırabilir. Bu sebeple müşteriler toplam lojistik maliyetlerini düşürebilmek için taşıma maliyetlerine daha fazla bütçe ayırmaya razı olabilir. Böylece layner şirketlere daha yüksek navlun ücreti ödeyerek daha hızlı ve kaliteli bir taşıma servis hizmeti isteyebilirler (Viglundsson 1994).

3.2. FİLO MALİYET ANALİZİ

Maliyetler, bir ekonomik analizin en önemli parçasıdır. Farklı maliyet tanımları olmasına karşın; genel olarak maliyetler, ürün ya da servis yaratmak için üretici ya da servis sağlayıcı tarafından yapılan harcamalardır. Deniz taşımacılık maliyetleri iki farklı kaynaktan doğmaktadır (Chrzanowski,1989). Bunlar;

- Gemi donatanının taşımacılık servisini sağlamasından doğan maliyetler,
- Taşımacılık servisini kullanan kullanıcı tarafından doğan maliyetlerdir.

Bu iki maliyet başlığı birbirinden tamamen ayrı iki kategori olarak ele alınır ve incelenir.

Gemi donatanı tarafından katlanılan taşımacılık servis maliyetleri, tramp taşımacılıktaki kira oranları ile layner taşımacılıktaki fiyat tarifelerinin hesaplanmasındaki en önemli faktörlerden biridir.

Deniz taşımacılık maliyetleri, sabit maliyetler ve değişken maliyetler olarak iki ana başlık altında incelenir.

Değişken maliyetler, servis üretiminin miktarına göre değişirken; sabit maliyetler, servis üretiminin miktarına bağlı değişmezler. Ancak bu durağan ve kısa dönemli bir bakış açısidir. Uzun dönemli bir zaman periyodu düşünüldüğünde her maliyet kalemi aynı yönde ve miktarda olmamakla beraber değişmektedir. Ayrıca sabit ve değişken maliyetlerin içeriği de servis türüne göre değişebilir. Örnek olarak tramp taşımacılıkta yakıt maliyetleri sefer güzergâhına bağlı olarak değişen bir maliyet kalemiyken, layner taşımacılıkta güzergâhlar uzun dönemli olarak değişmediğinden ve sefer başına yakıt tüketimi de buna bağlı olarak değişmemesinden dolayı sabit maliyet olarak düşünülebilir (Chrzanowski,1989).

Genel olarak taşımacılık ekonomistleri taşımacılık maliyetlerini dört gruba ayırırlar. Bunlar (Chrzanowski,1989);

- İşletme genel gider harcamaları,
- Operasyon maliyetleri (gemi genel giderleri),
- Sefer maliyetleri,
- Yük ile ilgili harcamalardır.

İşletme genel gider harcamaları; aşağıdaki kalemleri içeren sabit maliyetlerdir. Bunlar;

- Genel maliyetler: Firmanın yönetim, muhasebe bankacılık işlemler maliyetleri, planlama,
- Pazarlama ve reklam maliyetleri, istatistikler, acente ücretleri vs.,
- Gemi operasyon genel giderleri: notik yayınlar, teknik harcamalardır.

Gemi Genel Giderleri ya da Operasyon Maliyetleri; aşağıdaki kalemleri içeren maliyetlerdir. Bunlar;

- Tamir ve bakım: Ambarlar ve gövde elemanları, ana ve yardımcı makineleri,
- Sörveyler: Dört yıllık ve yıllık sörveyler, kaza ve çatışma sörveyleri,
- Sigorta: Tekne ve ana makine, P&I,
- Personel maliyetleri: Mürettebatın maaşları, ikramiyeler, gemiye katılım ve ayrılış masrafları, sosyal güvenlik sigorta ödemeleri,
- Mutfak, çamaşır ve giyim giderleri,
- Haberleşme masrafları,
- Gemideki makine ve güverte ardiye giderleridir.

Operasyon maliyetleri yıllık olarak hesaplandıktan sonra 365 güne bölünüp, 1 günlük operasyon maliyeti bulunur. Böylece, benzer özelliklere sahip gemilerin maliyetlerini karşılaştırma imkanı elde edilir.

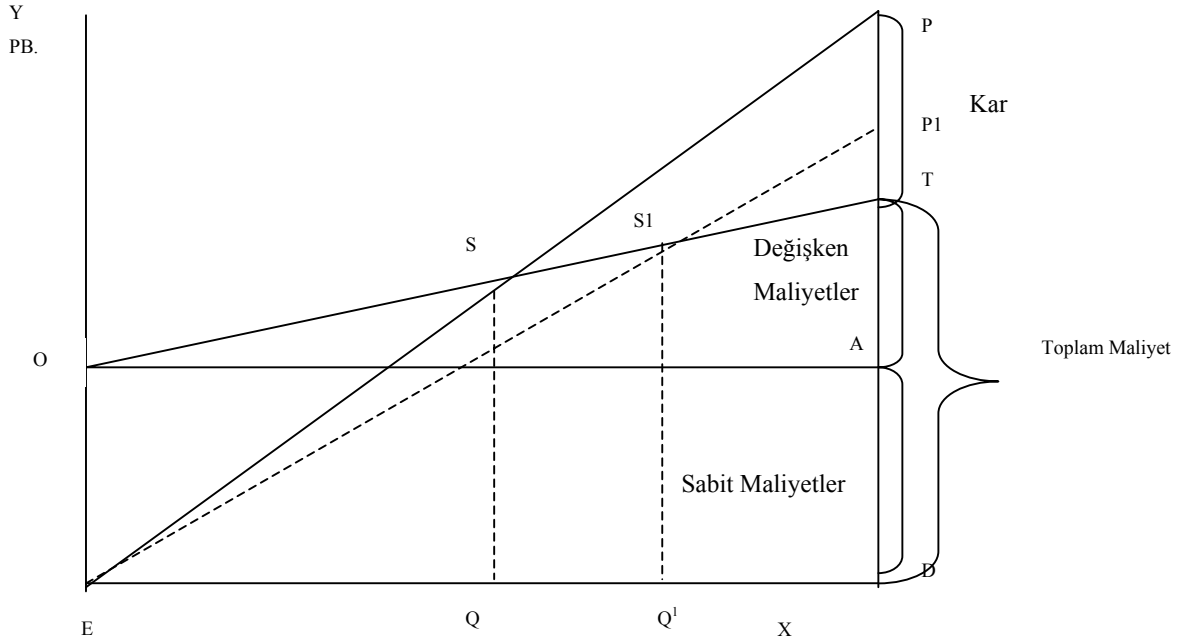
Sefer maliyetleri; geminin taşımacılık hizmetini gerçekleştirirken ortaya çıkan ek maliyetlerdir. Bunlar;

- Yakıt maliyetleri: Seyirde ya da limanda günlük ve saatlik tükettiği ton olarak yakıt miktarı,
- Liman ücretleri: Rihtim ücreti, fener ve şamandıra ücretleri, römorkaj ve pilotaj ücretleri, liman otoritesi ücretleri(polis, gümrük, sağlık),
- Acente ücretleri: Geminin liman evrakı ve işlerini takip eden acentelere ödenen ücrettir.

Yük maliyetleri ya da direkt maliyetler; yükün yapısına, miktarına, elleçleme şekline göre değişen tipik değişken maliyetlerdir. Eğer gemi bir yolcu gemisi ise, maliyetler yolcular ile ilgili olacaktır. Direkt maliyetler aşağıdaki kalemlerden oluşur.

- Yükün yüklenmesi ve boşaltılması ile ilgili maliyetler: Stevedor, shifting, daneç, istifleme, haplama maliyetleri,

- Yolcu maliyetleri: Yolcuların gemi üzerindeki maliyetleri, çöp, liman maliyetleri, yolcu komisyonları, vs.



Şekil 3.1 Gemi Sabit ve Değişken Maliyetleri ile Navlun Gelirleri Arasındaki İlişki (Chrzanowski,1989).

Şekil 3.1; basitleştirilmiş şekilde sabit ve değişken maliyetler ile navlun gelirleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir. (OA) fonksiyonu, sabit maliyetleri göstermektedir. Bu grafikte görüldüğü gibi sabit maliyet, yük ya da hizmet düzeyinin artması ya da azalmasıyla değişmemektedir.

Oysa (OT) fonksiyonu, değişken maliyet fonksiyonu olup, hizmet düzeyi ve yük miktarına bağlı olarak doğru orantılı olarak değişmektedir. (OT) fonksiyonunun doğrusal olması grafiği basitleştirmek içindir. Ancak bu durum değişken maliyet kavramının mantığını değiştirmemektedir. Toplam maliyet, (OT) doğrusu ile gösterilmektedir. (OT) toplam maliyet fonksiyonu, (OA) sabit maliyet ve (OT) değişken maliyet fonksiyonlarının toplamını göstermektedir.

Burada, (EP) ve (EP¹) doğruları gelir doğrularıdır. (EP) doğrusu hizmetin birim fiyatının P olduğu durumda EP¹ ise hizmet birim fiyatının P¹ olması halinde geçerlidir. Değişken maliyet fonksiyonunun gelir doğrularını kestiği S ve S¹ noktaları, gelirin ve maliyetlerin birbirine eşit olduğu noktalardır.

Dolayısıyla TP¹ ve TP aralıkları talebin D kadar olması durumunda kâr miktarını vermektedir. Gelirin EP ve Q miktarının başa baş olması durumunda (ESO) alanı zararı gösterirken; (ETP) alanı da kârı göstermektedir. Gelir doğrusunun P¹'e çekilmesi durumunda; başa baş noktası S¹ noktasına gelirken, kâr alanı (S¹P¹T) küçülerek kârlılığın azaldığı görülmektedir. İkinci durumda, başa baş noktası da Q¹ noktasına gelmektedir.

Şekil 3.1'deki grafikte, navlun oranlarının değişmediği ve donatan tarafından da değiştirilmeyeceği kabul edilmiştir. Uygulamada ise;

- navlun oranlarındaki dalgalanmalar,
- monopol piyasa rekabeti ve birbirinden bağımsız gemi donatanlarının kurduğu navlun konferansları,

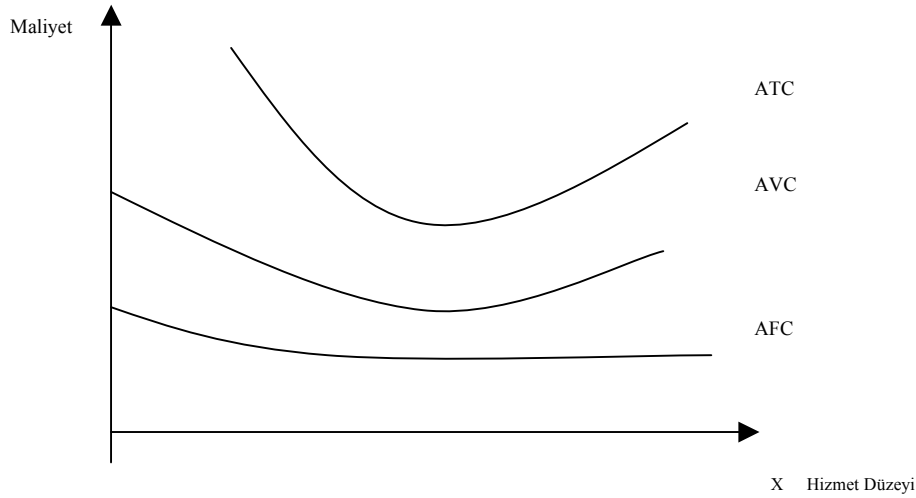
belirli taşımacılık servislerinde navlun ve tarife fiyatlarını etkiler.

Özellikle layner taşımacılık yapan konferanslar gelir doğrusunu sola doğru kaldırmaya çalışarak kârlılıklarını artırıp buldukları bölgede monopol piyasa oluştururlar.

Uygulamada maliyetler doğrusal olarak değil eğrisel biçimde artar. Şekil 3.1, doğrusal bir gelir maliyet ilişkisini gösterdiğinden; uygulamadaki durumu tam olarak yansıtmamaktadır. Ancak yine de sabit ve değişken maliyetlerle, gelir ve kâr arasındaki ilişkileri basitleştirilmiş olarak göstermektedir.

Filo maliyet analizinde marjinal maliyet kavramı, üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Marjinal maliyet, bir birimlik üretim ya da hizmet artışının toplam maliyet üzerindeki net artışını göstermektedir. Taşımacılık sektöründe bir birimlik hizmet ya da yük artışını ölçmek için kullanılan birim; ton, konteyner adet, 1 ton-mil gibi birimler olabilir (Chrzanowski,1989).

Önceden programlanmış layner servislerde yükün bir ekstra tonunu ulaştırmanın marjinal maliyeti ek elleçleme maliyetleri ile birlikte hesaplanır. Diğer maliyet kalemlerinin değişmediği sabit kaldığı kabul edilerek marjinal maliyet hesabına katılmaz. Bununla beraber tramp taşımacılıkta yükleme-boşaltma limanları sürekli değişkenlik gösterdiğinden diğer maliyet kalemleri sabit kabul edilmeyip marjinal maliyet hesabına eklenebilir (Chrzanowski,1989).

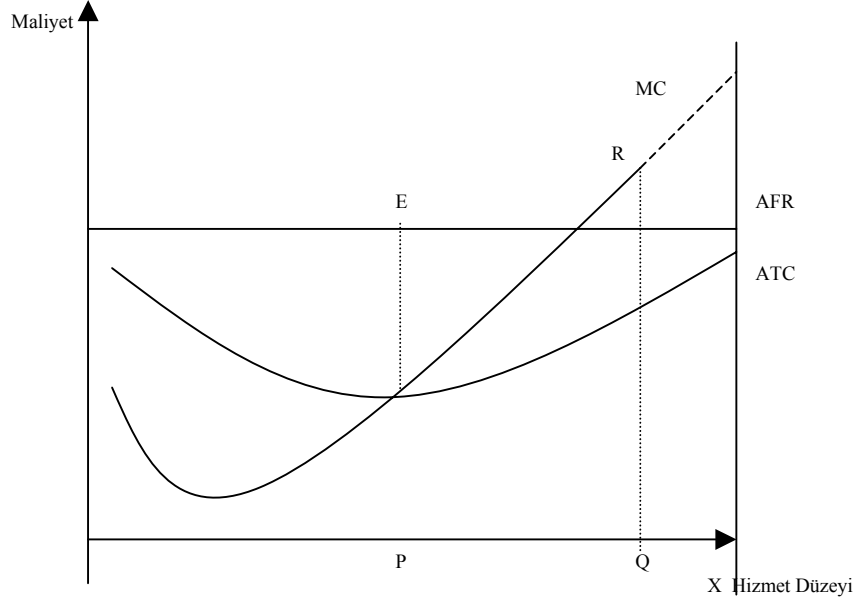


Şekil 3.2 Deniz Ulaştırma İşletmelerinde Hizmet Düzeyi, Ortalama Toplama, Ortalama Değişken ve Ortalama Sabit Maliyet İlişkileri

Buraya kadar toplam maliyetin üzerinde durulmuştur. Ortalama maliyet kavramını incelendiğinde ise maliyet eğrisinin farklı şekilde olduğu görülür.

Şekil 3.2’de ortalama maliyet eğrisi (ATC)’nin U şekline yakın bir biçimi vardır. Belirli bir hizmet düzeyinden sonra ortalama maliyet eğrisi hızla yükselmeye başlar. Bunun başlıca sebepleri, talep artışını karşılamak için doğan ödenen cezalar, ekstra tonajın gerekliliği sebebiyle yeni kiralama masrafları vb. ekstra harcamalardır. Bu ekstra harcamalar ortalama maliyet fonksiyonunu hızla yukarıya doğru çekmektedir. Şekil 3.3, deniz ulaştırma işletmelerinde ortalama maliyet ile marjinal maliyet arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Ortalama maliyet önce hızla düşmekte, daha sonra hızla yükselmektedir. Marjinal maliyet eğrisinin (MC) ortalama maliyet eğrisinin kestiği E noktasında ortalama maliyet en düşük seviyededir. Bunun anlamı E noktasının optimal hizmet üretim düzeyi olduğu değildir.

Çünkü kârlılık marjinal maliyet eğrisinin (MC) ortalama navlun geliri (AFR) fonksiyonunu kestiği R noktasından elde edilir.



Şekil 3.3 Deniz Ulaştırma İşletmelerinde Hizmet Düzeyi, Ortalama Maliyet ve Marjinal Maliyet İlişkisi (Chrzanowski,1989).

Tramp taşımacılıktaki navlun piyasasında rekabet, layner piyasadakine nazaran çok daha yüksektir. Piyasada yük bulabilmek için donatanlar, marjinal olarak ekonomik olmasa da ekstra yükleri reddetmemektedir. Bununla beraber eğer rekabet çok daha yıkıcı ise, ortalama navlun geliri marjinal maliyet eğrisinin altına doğru daha fazla ineceği ve kârlılık yok olacağından; donatanlar gemilerinin zarar etmesinden sakındıkları için servisten çekebilirler.

Taşımacılık talebinin arz miktarını geçmesi durumunda ortalama navlun oranı (AFR) doğrusu marjinal maliyet eğrisinin üzerine çıkacaktır. Bu durum beraberinde yeni tonaj kapasitelerinin devreye girmesini sağlayacaktır. Yeni tonaj kapasitelerinin devreye girmesi navlun oranların düşmesine kadar sürecektir.

Denizyolu taşımacılığı maliyet analizinde son olarak fırsat maliyeti üzerinde durulacak olursa; fırsat maliyeti, diğer alternatif yük ya da servislerle taşıdığımız yük ve verdiğimiz hizmet arasındaki ilişkidir.

Makroekonomik düzeyde fırsat maliyetini hesaplamak zordur. Ancak mikro ekonomik düzeyde fırsat maliyeti kavramını görmek ve hesaplamak kolay olmaktadır. Gemi sahibi armatör şirketlerin, donatan şirketlerin, taşıtan şirketlerin önünde faaliyetlerini yönetmek için bir çok alternatifli seçenekler vardır. Bu seçeneklerden stratejisine ve konjoktüre en uygun işi alırken, diğer alternatif işlerden elde edeceği faydalardan vazgeçmiş olmaktadır.

Fırsat maliyetini, vazgeçtiğimiz alternatif faaliyetlerden elde edeceğimiz faydalar olarak tanımlayabiliriz. Alternatifi olan bu seçenekler sefer ya da zaman kiralaması, gemiyi bekletme ya da sürekli olarak çalıştırma gibi işlerdir.

3.2.1. Denizyolu Filo İşletmeciliğinde Birim Maliyetler

Denizyolu taşımacılığında birim maliyetler genel olarak aşağıdaki gibidir (Chrzanowski, 1989):

- Verilen bir mesafede yükün bir tonunun ya da biriminin ulaştırma maliyeti,
- Geminin bir dedveyt tonunun maliyeti,
- Bir ton ya da birim-mil maliyeti,
- Geminin çalıştığı bir gün maliyeti ya da tonaj mil maliyeti,
- Geminin bir sefer maliyetidir.

Bazı şirketler, tramp ya da layner gibi yaptıkları taşımacılık türüne veya muhasebe sistemlerine göre, diğer başka göstergeleri de kullanabilirler.

Denizyolu işletmeciliği maliyet analizlerinde kullanılan önemli maliyet kalemleri aşağıdaki konu başlıklarıyla incelenmiştir.

Yükün Bir Tonunun Ulaştırma Maliyeti

Bu birim maliyet türü, toplam maliyetin ulaştırılan yük miktarına bölünmesiyle elde edilir (3.7).

$$U_c = \frac{\sum C_c}{\sum Q} \quad (3.7)$$

Burada;

U_c : birim maliyet hesaplarında kullanılan toplam operasyon maliyeti,

C_c : toplam maliyet,

Q : yük miktarı (ton)(konteyner adet)(araç),

olarak ifade edilir.

Layner taşımacılıkta yükün cinsine ve içeriğine bağlı olarak ağırlığı veya hacmine göre fiyatlandırma yapılmaktadır. Yükün bir tonunun ulaştırma maliyeti yükün sadece miktarını hesaba dahil etmektedir. Yükün değerini, cinsini ve taşıma mesafesini göz ardı eder.

Yükün bir tonunun ulaştırma maliyeti; sadece birim ton başına navlun oranıyla birlikte düşünüldüğünde anlamlı bir karşılaştırma imkanı vermektedir. Bununla beraber; dökme yük ticaretinde farklı büyüklük ve tiplerdeki gemiler arasında maliyet karşılaştırmasında yararlı bir gösterge olmaktadır.

Geminin Bir Dedveyt Tonunun Maliyeti

Geminin bir dedveyt ton maliyeti, geminin bir tonluk dedveyt kapasite maliyetinin ne kadar olduğunu vermektedir. Genel olarak bu maliyet birimi gemi büyüklüğü arttığı zaman düşüş eğilimi göstermektedir (3.8).

Bu eğilime göre toplam maliyet artış oranı, gemi dedveyt artış oranına göre daha azdır. Bununla beraber; bu gösterge gemi yükleme kapasitesinden faydalanma derecesine izin vermez. Bu yüzden geminin bir dedveyt ton maliyet birimi, diğer birim maliyet göstergeleriyle birlikte kullanılır.

$$U_{dwt} = \frac{\sum C_c}{D_{dwt}} \quad (3.8)$$

Burada;

U_{dwt} : geminin bir dedveyt ton maliyeti,

C_c : toplam maliyet,

V_{dwt} : geminin net dedveyti,

olmaktadır.

Bir Ton-Mil Maliyeti

Bir Ton-Mil Maliyet birimi, toplam maliyetin, geminin yaptığı ton-mil miktarına bölünmesiyle hesaplanır (3.9).

$$U_{tm} = \frac{\sum C_c}{\sum (Q.L)} \quad (3.9)$$

Bu formülde;

U_{tm} : Bir ton-mil maliyeti,

C_c : Toplam maliyet,

$Q.L$: Geminin kat ettiği ton-mil.

olarak ifade edilmektedir. Bu maliyet değeri taşınan mesafeyle ters orantılıdır. Mesafe artıkça ton-mil birim değeri azalmaktadır.

Bir Tonaj-Mil Maliyeti

Bu maliyet birimi; gemi tam yüklendiği taktirde, bir önceki ton-mil maliyet birimi değerini vermektedir (3.10). Dolayısıyla yapılan analizlerde, ton-mil maliyet birimi ile birlikte incelenmesi faydalıdır. Bu iki maliyet birimi karşılaştırıldığında, geminin taşıma kapasitesinden faydalanma değeri hakkında bilgi verir.

$$U_{tm}^1 = \frac{\sum C_c}{\sum (V_{dwt} \cdot L)} \quad (3.10)$$

Bu hesaplamada;

U_{tm}^1 : bir tonaj mil,

C_c : toplam maliyet,

$V_{dwt} \cdot L$: tonaj ile kat edilen mesafe,

olmaktadır.

Geminin Bir Günlük Operasyon Maliyeti

Geminin bir günlük operasyon maliyeti aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (3.11).

$$US - D = \frac{\sum C_c}{T_o} \quad (3.11)$$

Burada;

$US - D$: geminin bir operasyon gün maliyeti,

C_c = toplam maliyet

T_o = işletilen gün sayısı,

olarak gösterilmektedir.

Bir Sefer Maliyeti

Bu maliyet birimi, geminin bir yıllık toplam maliyetinin yıl içinde yapılan sefer sayısına bölünmesiyle elde edilir (3.12).

$$U_v = \frac{\sum TAC}{R} \quad (3.12)$$

Buradaki değerler;

U_v :Geminin bir sefer maliyeti,

TAC : toplam yıllık operasyon maliyeti,

R = bir yılda yapılan sefer sayısı.

olarak açıklanır.

Bu maliyet birimi, aynı tipte ve büyüklükteki ve aynı rota üzerinde çalışan gemilerin maliyetlerini kıyaslamak açısından faydalıdır.

Fakat yukarıda tanımlanan maliyetler, belirli koşullar altında uygundur. Örnek olarak yükün bir ton maliyetinin farklı mesafelerde, farklı güzergâhlarda, farklı yük taşıyan gemilerin birbiriyle karşılaştırılması anlamlı değildir.

Ancak iki ya da daha fazla geminin aynı rotada, aynı tür yükleri taşınması durumunda, gemilerin sefer maliyetlerini karşılaştırmak için etkin bir gösterge olurlar.

Bir ticaret gemisinin birim maliyetlerini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Geminin net dedveyt kapasitesinden yararlanma derecesi,
- Ulaştırma mesafesi,
- Bir yılda yapılan sefer sayısı,
- Servis yapılan limanlardaki yükleme boşaltma zamanı,
- Geminin ekonomik servis hızıdır.

3.2.2. Gemi Maliyetlerinin Yapısı

Başlıca maliyetleri sabit ya da değişken olması farkı gözetmeksizin aşağıdaki gibidir.

Bunlar;

- Personel maliyetleri,
- Yakıt maliyetleri,
- Sigorta giderleri,
- Tamir ve bakım giderleri,
- Amortisman ve sermaye faiz giderleri,
- Liman masrafları,
- Yük elleçleme maliyetleridir.

Personel Maliyetleri

Personel maliyetleri, gemi maliyetlerinin en önemli kalemlerinden biridir. Geminin işletme giderlerinin % 15-25' ni oluşturmaktadır. Genel olarak aşağıdaki üç faktöre bağlı olarak miktarı değişir (Chrzanowski, 1989). Bunlar;

- Gemi büyüklüğü ve servis tipi,
- Mürettebatın uyruğu,
- Maaş ödeme politikasıdır.

Ayrıca kullanılan muhasebe sistemine bağlı olarak personel maliyetleri üç gruba bölünmektedir:

- Ücretler: Çıplak maaş, mesai ücretleri, özel çalışma ücretleri, sosyal güvenlik ödemeleri, ikramiyeler vb...
- Seyahat maliyetleri: Seyahat ücretleri, bagaj masrafları.
- Diğer maliyetler: Sağlık giderleri, giyim, kumanya masrafları.

Genel olarak personel masrafları, geminin boyutuna göre artmaktadır. Ancak bu artış, gemi boyutuyla aynı orantıda değil, daha az olmaktadır. Örnek olarak; 100,000 tonluk bir gemi 50,000 tonluk bir gemiye göre iki kat personele ihtiyaç duymamaktadır. Büyük bir olasılıkla her iki gemide çok az farklılıkla benzer personel yapılanmasına sahiptirler.

Buna göre geminin tonajı büyüdükçe, gemi masrafları içindeki personel giderleri payı düşmektedir. Örnek olarak; 19,000 dedveyt tonluk bir tankerin personel masrafı geminin

toplam sabit giderleri içindeki payı %18 iken bu pay 50,000 dedveyt tonluk bir tankerde %10.7, 400,000 dedveyt tonluk bir VLCC tankerde ise %2.8' e kadar düşmektedir (Chrzanowski, 1989).

Yakıt Maliyetleri

Yakıt ve yağ maliyeti bazı gemi tipleri için daha yüksek olmasına karşın genelde toplam maliyetlerin %12-25'ini oluşturur. Özellikle petrol fiyatlarının yüksek olduğu dönemlerde sefer maliyetlerinin en önemli kalemini yakıt maliyeti oluşturur (Chrzanowski, 1989).

Teknolojik gelişmeler sonucu oldukça ekonomik ana ve yardımcı makineler üretilmiş olmasına rağmen, yakıt maliyetleri önemini korumaktadır. Yakıt maliyetleri; makine tipine, makinenin beygir gücüne, kullanılan yakıtın cinsine ve tabii ki yakıtın birim fiyatına göre değişmektedir. Ana makinenin bakımı, kondisyonu, yaşı, makine dairesi personelinin eğitim ve tecrübesi de geminin yakıt harcamasını etkileyen diğer önemli unsurlardır.

Geminin su altında kalan bölümünün geminin ilerlemesine karşı gösterdiği direnç, gemi hızına bağlı olarak ana makine yakıt tüketimini etkilemektedir. Tüm bunların dışında kontrol edilemeyen bazı faktörler de yakıt tüketimini etkiler. Örneğin, hava ve deniz koşullarına bağlı olarak ana makinenin zorlanması ya da yakıtın yanma koşullarının değişmesi de yakıt harcamasını etkiler.

Ancak tüm bunların dışında yakıt tüketimini en çok etkileyen faktör geminin servis hızıdır. Ampirik veriler göstermiştir ki; yakıt tüketimi, hız artışına göre geometrik olarak değişmektedir. Örnek olarak, gemi hızını 18 knots dan 22 knots a çıkardığımızda yakıt tüketimi 18 knotsa göre 2 kat artar. Gemiler günlük yakıt tüketimine göre değerlendirilirler. Ancak günlük tüketim, geminin yüklü ya da balastlı olmasına göre %6'ya varan farklılık göstermektedir. Gemiler limanlarda ise, denizdeki yakıt tüketimlerinin kabaca %15 i kadar yakıt tüketmektedirler (Chrzanowski, 1989).

Bakım ve Onarım

Gemi sahipleri gemilerini denize sürekli elverişli bir halde tutmak için, gemilerin bakım ve onarım masraflarına katlanmak durumundadır. Bakım ve onarım maliyetleri, toplam maliyetin yaklaşık %10-15'i kadardır. Bu bakım ve tamir masrafları, yıllık ve 3 aylık klas

bakım ve sörvey masrafları, çatışmadan doğan tamir masrafları ve günlük bakım ve tamir masraflarından oluşmaktadır (Chrzanowski, 1989).

Gemiyi havuzlama, raspalama, boyama işlemleri, düzenli olarak yapılan bakım işlemleridir. Bu işlemlerin maliyeti; geminin büyüklüğüne, işin büyüklüğüne, geminin kondisyonuna, tersanelerdeki işgücü ve ücretlerine, kullanılan tedariklerin maliyetine bağlıdır. İşlemlerin yapıldığı ülkenin ekonomisine, ücret politikalarına, dünyadaki ekonomik gelişmelere göre işlem maliyetleri de değişkenlik göstermektedir.

Tamir ve bakım için maliyetlerini rekabet açısından düşürmüş bir tersane seçimi, oldukça iyi bir tamir bakım maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca son uğranılan liman civarında, şartları uygun bir tersane seçimi; hem zaman, hem de başka bir bölgedeki tersaneye gidilmesi sonucu doğacak sefer masraflarından tasarruf sağlaması yönünden önemlidir.

Yaşlı gemiler, yeni gemilere göre daha fazla tamir ve bakım ihtiyacı duyarlar. Bu sebeple filosunda yaşlı gemi bulunduran gemi sahipleri tamir ve bakım masraflarını minimumda tutacak stratejiler geliştirmek durumundadır. Bazı durumlarda gemiyi hurdaya çıkarmak onu tamir etmekten daha ekonomik olmaktadır.

Bir yaş sınırı olmamakla birlikte, genel olarak 10 yaşını geçen bir geminin tamir ve bakım masrafları artmaya başlamaktadır. Bu yaşı doldurmuş gemilerin tamir bakım masraflarının artması demek, artık filodan çıkarılmaları zamanı gelmesi demek değildir.

Tecrübeler göstermiştir ki; iyi eğitilmiş mürettebatı ve iyi bir tamir bakım politikası olan şirketlerin yaşlı gemileri, yeni gemileri kadar verimli çalışabilmektedir (Chrzanowski, 1989).

Sigorta

Gemi sahipleri, kendi tarafının kusuru sonucu doğabilecek ve gemilerinin ve üçüncü kişilerin fiziksel ve maddi kayıplarını karşılamak amacıyla sigorta şirketlerinden poliçeler satın alarak, risklerini en aza indirmeye çalışarak gemilerini sigortalatırlar (Chrzanowski, 1989).

Sigorta piyasası oldukça rekabetçi bir piyasadır. Geleneksel Londra Sigorta Piyasası, New York, Tokyo ve bunun gibi gelişmiş diğer sigorta marketleri birbirleriyle rekabet halindedirler. İlk standart tekne ve makine poliçesini hazırlayan ve dünya denizcilik piyasasında satmaya başlayan Londra sigorta marketi, diğer gelişmiş rakip sigorta marketlerine rağmen önemini korumaktadır. Bu ilk standart tekne ve makine poliçesi, neredeyse değişmeden 18. yüzyıldan bu yana kullanılmaktadır.

Sigorta maliyetini etkileyen faktörler, geminin piyasa değeri ve sigortalanan risklerin kapsamıdır. Gemi değerinin hesaplanması ve üzerinde uzlaşılması gemi sahibi ve poliçeyi hazırlayan sigortacı arasındaki en önemli müzakere konusudur. Prim ödemeleri sigortalı için doğrudan sigorta maliyetidir. Prim hesabı; gemi sahibinin geçmiş tecrübesine, geminin kondisyonu ve yaşına, gemi personelinin uzmanlığına ve filodaki gemi sayısına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Üçüncü şahısların uğradığı zarara karşı sorumluluktan doğan riskler, kısmen tekne sigortasından kısmen de Protection & Indemnity Clubs (P&I clubs) sigortalarından karşılanmaktadır. P&I Klüp sigortalar, sigorta şirketleri tarafından güvence altına alınmayan risklere karşı kendilerini korumak amacıyla, gemi sahipleri tarafından kurulmuş sigorta kulüpleridir.

P&I sigorta primleri, geminin sigortalanan gros register tonuna göre hesaplanmaktadır. P&I üyeleri hisseleri kadar, oluşturulan fon üzerinden, alacak hakkı doğan diğer gemi sahiplerine ödenecek sigorta bedeline katkıda bulunurlar.

Tekne hasarları ve üçüncü kişilerin uğradığı sorumlu olunan zararların sigorta altına alınmasından başka; gemi sahipleri kazançlarının kaybına karşılık savaş ve grev risklerine karşı, çevre kirliliğine sebep olunmasından doğan zararlara karşı sigorta yaptırmaktadırlar. Personelin sigorta masrafları ise; personel maliyetleri içinde yer almaktadır.

Sigorta maliyetleri; sigortalanan değer büyüklüğüne, kaza kayıtlarına, sigortanın kapsamı gibi vb. bir dizi faktöre bağlı olarak, toplam maliyetin %6-12'sini oluştururlar (Chrzanowski, 1989). Genelde daha yaşlı gemi, daha yüksek sigorta maliyeti demektir.

Amortisman

Toplam maliyetin %15-30'nu oluşturan amortisman maliyeti, temel maliyet unsurlarından biridir. Sabit maliyet kalemleri içerisinde, ilgili olduğu geminin kullanışlı ömrü kısaldıkça maliyet değeri yükselen tek kalemdir. Amortisman, finanse edilecek taşınabilir ya da taşınmaz malın yerine konulacak bir fonun oluşturulmasıdır (Chrzanowski, 1989).

Amortismanın yıllık miktarını hesaplamanın belirli kuralları bulunmaktadır. Fakat bazı ülkeler, gemi sahiplerine daha yüksek bir oranda, gemilerin hesap değerini daha sonraki yıllarda daha da azaltacak bir hesap yöntemi kullanmalarına izin vermektedir. Bu doğrusal olmayan amortisman yönteminde; gemi sahipleri, filolarını daha hızlı yenileyebilme, konjonktürü takip edebilme ve taşımacılıktaki teknolojik ilerlemeyi kullanma imkanı sağlar. Ancak bu şekilde hesaplanan amortisman, toplam maliyeti kısa dönemli olarak artırarak kârlılığını azaltır.

Doğrusal hesap yöntemindeyse; geminin amortismanı her yıl için (3.13) denkleminde olduğu gibi sabit olarak hesaplanır:

$$O_a = \frac{PR - PS}{N} \quad (3.13)$$

Bu formülde;

- O_a : yıllık amortisman oranı,
- PR : geminin başlangıç değeri,
- PS : hurda değeri,
- N : geminin ekonomik çalışma süresi (yıl),

olarak ifade edilmektedir.

Amortisman hesaplarında gemilerin ekonomik ömrü, genellikle 15-20 yıl arası olarak kabul edilir. Ayrıca tankerlerin ekonomik ömrü, güvenlik nedenleriyle daha da kısadır. Bununla beraber; bazı filoların yönetim tarzında gemiler, ekonomik ömründen daha erken

bir sürede iyi bir fiyata satılarak yerine daha yeni gemiler alınıp, filo genç tutularak gelecekteki ticaret fırsatlarından daha avantajlı olarak yararlanırlar (Chrzanowski, 1989).

Bazı taşımacılık şirketlerinde kredi faiz ödemeleri, amortismanı da içermektedir. Sonuç olarak; amortisman, gemi sabit maliyetleri içerisinde en önemli bölümü oluşturmaktadır. Örnek olarak büyük tankerler için amortisman ve kredi faizi toplamı, toplam sabit maliyetlerin %70-80'ini oluşturmaktadır (Chrzanowski, 1989).

Liman Masrafları

Toplam maliyetin %8-12 arasında değişen liman masrafları, geminin limanda harcadığı zamana, geminin büyüklüğüne ve boyutlarına göre değişmektedir. Liman masrafları, rıhtım ve liman kirası, yanaşma ve kalkma ücretleri, pilotaj ve römorkaj ücretleri, fener ücretleri, sağlık ücretleri gibi gidilen limana ve ülkeye göre oranları ve sayısı değişen masrafları içermektedir. Bu masraflar, sadece gemiye bağlı masraflardır. Taşıdığı yük ile herhangi bir ilgisi yoktur (Chrzanowski, 1989).

Liman masrafları, limandan limana değişiklik arz eder. Liman masrafları, liman operasyonları açısından etkin limanlarda, etkin olmayan diğer limanlara göre genellikle daha yüksektir. Gemi sahibi açısından liman masraflarını düşürmek için yapılabilecek tek yol; mümkünse gidilecek limanı, önerdikleri fiyat tarifesine göre seçebilmektir. Birbirine yakın ve rekabet içinde bulunan özel limanlar için bu geçerli olabilir. Ancak unutulmamalıdır ki; operasyon açısından etkin limanlarda geminin rıhtımda kalma süresi kısaltmakta ve liman masrafları da zamana bağlı olarak azalmaktadır. Dolayısıyla sefer programları esnek olmayan gemiler için etkin limanlarda işlem görmek, limanda kalış süresini azalttığı için, yüksek maliyete karşı yine de önem kazanmaktadır.

Yük Elleçleme Maliyetleri

Yük elleçleme maliyetleri, tipik değişken maliyet kalemlerinden biridir. Yükün doğasına, miktarına bağlı olarak değişmektedirler. Seferlerin ve yüklerin birbirinden çok farklı olması açısından, yük elleçleme masraflarının toplam maliyetler içerisindeki yüzdesini hesaplamak güçtür.

Yük elleçleme masrafları; istifleme, bağlama, güvenlik, depolardan gemilere transfer, sayım, tartım gibi masraflardan oluşur.

Yük elleçleme masraflarını hangi tarafın üstleneceği önemli bir sorudur. Genel kural olarak layner taşımacılıkta donatan, navlun oranlarının içine dahil ettiği yük elleçleme masraflarını, taşıtanlara karşı üstlenir. Charter Party (C/P) taşımalarında yük elleçleme masraflarını ya donatan ya da kiracı öder. Her C/P anlaşmasında bu masrafları kiracı mı yoksa donatanın mı üstleneceği açıkça belirtilir Bunlara örnek olarak Free on Board (FOB), Free Alonside (F.A.S.), Free in Out (F.I.O.) anlaşma koşulları verilebilir (Chrzanowski, 1989).

Liman içi elleçleme ücretleri yükün cinsine ve içeriğine değişmektedir. Yüksek performanslı elleçleme ekipmanları ile dökme yük elleçlemesi, elleçlemesi daha zor olan parça yüklere göre hizmet bakımından daha pahalıdır. Bununla beraber yüklerin konteyner ve paletli olarak birimleştirilmesi sayesinde, yük elleçleme maliyetleri düşerek liman içi verimliliği artırmaktadır.

3.2.3. Filo Bekleme-Sıkışıklık Maliyetleri

Layner ulaştırma sistemlerinin ve bu sistemlerdeki araçların büyüklüklerinin seçimi; ulaştırma işletmesindeki birim maliyetleri, yüklerin toplanma, bekleme ve sıkışıklık zaman maliyetleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilir. Bu yönde çok büyük taşıtlar seçilmesi halinde taşıma ücretlerinin düşük olması olanaklı iken; toplanma zaman maliyetleri büyük, sıkışıklık bekleme maliyetleri küçük olur. Buna karşın küçük taşıtlar seçilmesi halinde ise taşıma ücretleri daha yüksek olması olanaklı iken toplanma zaman maliyetleri küçük, sıkışıklık bekleme maliyetleri yüksek olur. Bu sebeple uygun taşıma kapasitesinin ve uygun taşıt büyüklüğünün hesaplanması önemli bir problemdir.

İki ana terminal arasında trafik hacmine, taşıma uzaklığına bağlı olarak iki sefer arasında talebin/birimlerin bekleme maliyetlerini, taşıma maliyetlerini dengeleyen minimum maliyetli trafik birimi/taşıt büyüklüğüne, ekonomik/optimum taşıt hacmi yükü denir (Özen, 1990).

Örneğin; uygun araçların büyüklüklerinin seçimi, ulaştırma işletmesindeki aracın sefer zaman sabit maliyeti, enerji birim maliyeti, kullanıcıların toplanma bekleme zaman maliyetleri göz önünde bulundurularak aşağıda belirtildiği biçimde saptanabilir.

Bir aracın birim zaman sabit sermaye, amortisman ve işletme maliyetinin,

$$(c_s + c_b X) \cong c_0 \quad (3.14)$$

Burada;

c_0 : birim zamandaki sabit maliyet,

c_s : sabit sermaye, amortisman maliyeti,

c_b : birim işletme maliyeti,

X : araç sayısı

dır. Aracın büyüklüğünden bağımsız olduğu kabulü ile bir sefere ait toplam sabit sermaye ve işletme maliyeti, USD /sefer;

$$\cong c_0 \left(\frac{L}{V} + \tau \right) \quad (3.15)$$

L : İki durak arası taşıma uzaklığı (mil),

V : Ekonomik ortalama seyahat hızı (mil/saat) (knots),

τ : Bir sefer için kalkış ve yanaşma zamanı (saat/sefer),

biçiminde tanımlanır.

Bir sefere ait toplam toplanma maliyeti, USD/sefer;

$$c_q \frac{24.X^2 T}{2Q} \quad (3.16)$$

c_q : Birim aracın birim zamandaki bekleme maliyeti (USD/birim-saat),

Q : İki nokta arası bir yöndeki trafik hacmi, (birim/gün),

T : Bir günlük etkili çalışması süresi, (saat/gün),

gösterilmiştir. Enerji ve diğer işletme malzemesi tüketim maliyeti, USD/sefer;

$$c_1 \cdot X \quad (3.17)$$

C_1 : enerji ve diğer işletme malzemesi tüketim maliyeti (USD/sefer),

biçiminde tanımlanır ise aracın bir seferine ait taşıma ve birimlerin toplanma zaman maliyeti toplamı;

$$c_T(X) = c_0 \left(\frac{L}{V} + \tau \right) + c_1 X + c_q \frac{24 \cdot X^2}{2Q} T \quad (3.18)$$

C_0 : Taşıtın saatlik amortisman, faiz, sigorta, personel, yakıt maliyeti (USD/saat),

olarak ifade edilebilir.

Buradan taşınan bir birimin maliyet fonksiyonu USD/birim;

$$c_b(X) = \frac{c_T(X)}{X} = \frac{c_0}{X} \left(\frac{L}{V} + \tau \right) + c_1 + c_q \frac{24 \cdot X}{2Q} T \quad (3.19)$$

olarak elde edilir. Buradan;

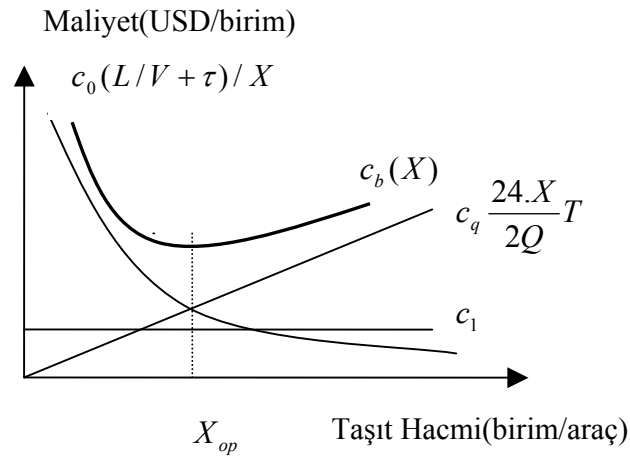
$$\frac{d[c_b(X)]}{dX} = -\frac{c_0}{X^2} \left(\frac{L}{V} + \tau \right) + 24 \cdot \frac{c_q T}{2Q} = 0 \quad (3.20)$$

şeklinde türevinin sıfıra eşitlenip maliyet fonksiyonunu minimum yapan noktalar bulunduğu anda elde edilen denklemin çözümü ile optimum taşıt hacmi veya kısa dönemli taşıt yükü, taşıt hacmi;

$$X_{op} = \sqrt{\frac{2c_0 \left(\frac{L}{V} + \tau \right) Q}{c_q T}} \quad (3.21)$$

olarak elde edilir.

Uzun dönemli ulaştırma planlaması sefer planlaması aşamalarında ekonomik taşıt taşıt/yükü büyüklüklerine yaklaşılmaya çalışılmalıdır.



Şekil 3.4. Taşıt Hacmi/Kapasitesi Sefer Maliyet Fonksiyonu İlişkisi (Özen, 1989)

Şekil 3.4 toplam maliyet fonksiyonunun minimum olduğu optimum X taşıt hacmini ve maliyetler arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Özen, 1989).

3.3. LAYNER ULAŞTIRMA SİSTEMLERİNDE BİR FİLO PLANLAMA MODELİ

3.3.1. Layner Taşımacılık Filo Dizaynında Planlama Süreci

Taşımacılık endüstrisinde planlama sürecinin önemi büyüktür. Planlamanın temel yapısı, taşımacılığın yapıldığı coğrafi yapıya bağlı olacaktır. Taşımacılığın açık denizde, yakın sefer bölgesinde ve iç sularda yapılmasına göre modelin yapısı farklılaşacaktır. Buna ek olarak, taşımacılık şeklinin layner, tramp ve endüstri taşımacılığı olması da modelin yapısını etkileyen önemli bir unsurdur.

Gemilerle yapılan iki nokta arasındaki sefer süresi, diğer araçlarla yapılanlara göre daha fazladır. Buna ek olarak; yükleme ve boşaltma süresi birkaç gün sürebilir. Planlama periyodu diğer taşımacılık şekillerine göre daha uzun olmasına rağmen; deniz taşımacılığında yapılan sefer sayısı genelde daha azdır.

Diğer taşımacılık şekillerine göre deniz taşımacılığında, gemilerin güzergâhlara atanmasında hava koşullarından dolayı daha büyük oranda belirsizlik vardır. Normal şartlarda gemiler herhangi bir istasyona bağlı kalmadan çalıştıklarından, diğer taşıma araçları gibi geceleri böyle bir istasyonda beklemezler. Böylece gemi operasyonlarında gecikmeleri önleyecek boşta bekleme periyotlarının planlaması yapılmaz (Christiansen ve diğ., 2004).

Layner taşımacılıkta filo dizaynı ve planlama süreci; stratejik planlama, taktik planlama ve operasyonel planlama şeklinde 3 farklı planlama ufkuna sahip aşamadan oluşmaktadır (Agarwal ve Ergun,2008).

Stratejik planlama aşamasında filodaki gemilerin optimum büyüklükleri ve sayıları elde edilir. Sahip olunan bir gemi, oldukça yüksek bir sermaye yatırımı gerektirir. Atıl kalan ve serviste olmayan 2000 TEU luk bir geminin günlük maliyeti 20,000-25,000 USD arasında değişmektedir. Bu sebeple stratejik planlama aşaması çok önemlidir.

Stratejik filo planlamasının göz ardı edilmesi, değişen dünya ekonomisinin koşulları sebebiyle olumsuz sonuçlar doğurabilir. Dünya ekonomisindeki yavaşlama, deniz

ulaştırma sektörünü etkileyerek ulaştırma taleplerinde azalmaya neden olmaktadır. Bu durumda gereğinden büyük bir filoya sahip işletmeler, azalan talep ile birlikte aynı oranda filolarını küçültememekte ve filonun yatırım ve sabit maliyetleri altında ezilmektedirler. Tersine olarak ekonomideki canlanış, ulaştırma taleplerinde de artışa neden olmakta, bu durumu öngöremeyen şirketler, artan talebi karşılayamayarak gelecekte elde edecekleri kârlılıktan mahrum kalmaktadırlar.

Burada hayati öneme sahip olan nokta, dağıtım merkezlerinin ya da limanların gelecekteki talep miktarlarını öngörebilmektir. Talep miktarları tahmin edildikten sonra, yeterli filo kapasitesinin hesaplanması gerekmektedir. Karar vericinin bu noktadaki en önemli problemi, farklı büyüklük, yatırım ve çalışma maliyetlerine sahip gemiler arasından hangi büyüklükten kaç adet alınması ya da spot piyasadan kiralanmasıdır.

Uzun dönemli stratejik planlamada, kapasiteye bağlı yatırım bedeli değişken olarak kabul edilir. Stratejik planlama işletmenin ve yatırımın niteliğine bağlı olarak 3-4 yıl ile 25-30 yıllık dönemleri kapsar. Stratejik planlama kapasite ve yatırım planlamaları için talep ve işletme planlamalarını içerir.

Uzun dönemli planlamada yatırım ve işletme toplam giderlerinin, bir diğer ifade ile maliyetlerin bugünkü değeri;

$$C_T = A + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad (3.22)$$

şeklindedir. Burada;

A : ilk yatırım maliyeti,

C_i : i . Yılda işletme maliyeti veya gideri,

n : uzun dönemli planlama dönem süresi,

r : yatırım kredileri için yıllık faiz yüzde değeri,

olarak ifade edilir. Uzun dönemli toplam gelir fonksiyonu ise;

$$G_T = \sum \left(\frac{G_i}{(1+r)^i} + \frac{S}{(1+r)^n} \right) \quad (3.23)$$

biçiminde tanımlanır. Burada;

G_i : i. Yılda gelir,

S : dönem sonundaki hurda değeri

büyükliklerini göstermektedir.

Uzun dönemli planlamada toplam gelirden toplam maliyetin çıkartılması ile projenin Bugünkü Net Değeri (BND);

$$BND = -A + \sum_{i=1}^n \left(\frac{G_i - C_i}{(1+r)^i} + \frac{S}{(1+r)^n} \right) \quad (3.24)$$

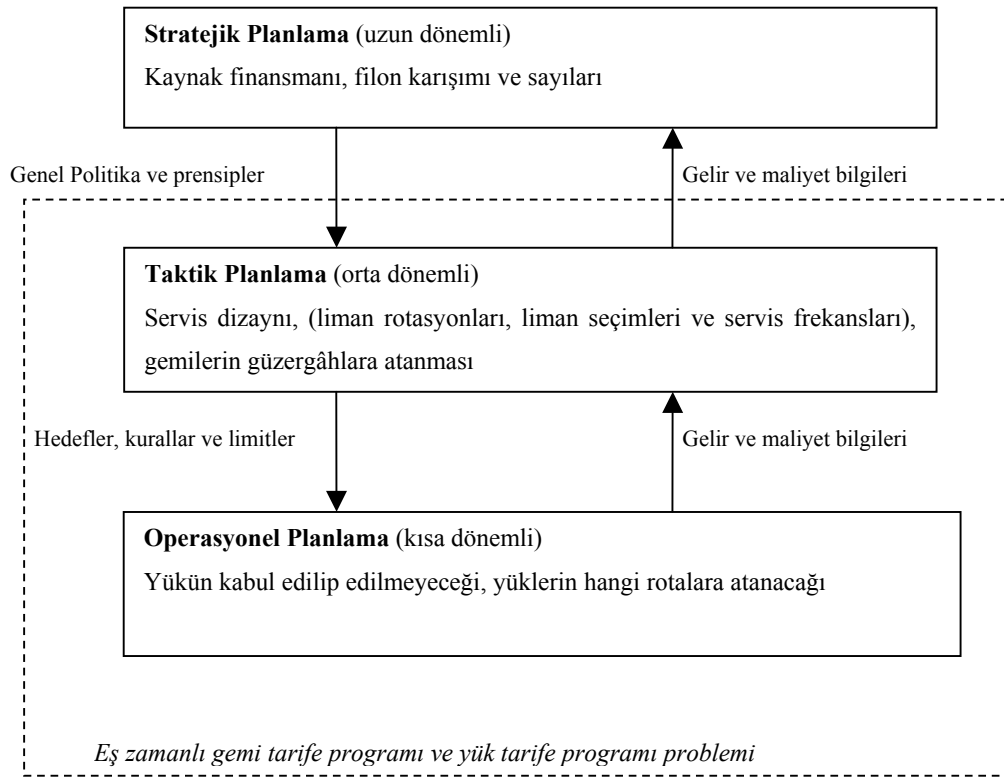
biçiminde tanımlanır. Uzun dönemli planlamada projenin gelecekteki talep değişimleri göz önünde bulundurulur (3.24).

Taktik planlama aşamasında oluşturulmuş güzergâhlara; stratejik planlama aşamasında karar verilen gemilerden hangilerinin, hangi güzergâha atanacağına ve güzergâhların servis frekanslarına karar verilir. Müşteri temelli taktik planlamalarda, genelde bir limana haftada en az bir defa uğranması beklenir. Bu durumda; gemilerin periyotları haftalık ve haftanın katları olacak şekilde ayarlanır (Agarwal ve Ergun,2008).

Operasyonel planlamalar ise, taşınması istenen bir yükün kabul edilip edilmeyeceği, yükün hangi güzergâhlar üzerinden gideceği yere ulaştırılacağı ile ilgilidir. Buna başka bir deyişle “yüklerin güzergâhlara atanması” da denebilir. Taşıyıcı, bazı yükleri kârlı olmadığı ya da diğer limanlarda bekleyen daha kârlı yükler olması sebebiyle eleyerek kabul etmeyebilirler

(Agarwal ve Ergun, 2008). Şekil 3.5 layner taşımacılıktaki farklı planlama aşamalarının sırasını ve aralarındaki bilgi akışını göstermektedir.

Çalışmada; sadece stratejik ve taktik planlama üzerine bir model geliştirilmiştir. Modelde stratejik planlama sonuçları, aynı zamanda taktik planlamanın da girdisi olduğundan, model dinamik bir yapıya sahip olmaktadır. Çalışmadaki modelin akış diyagramını Şekil 3.6 göstermektedir.

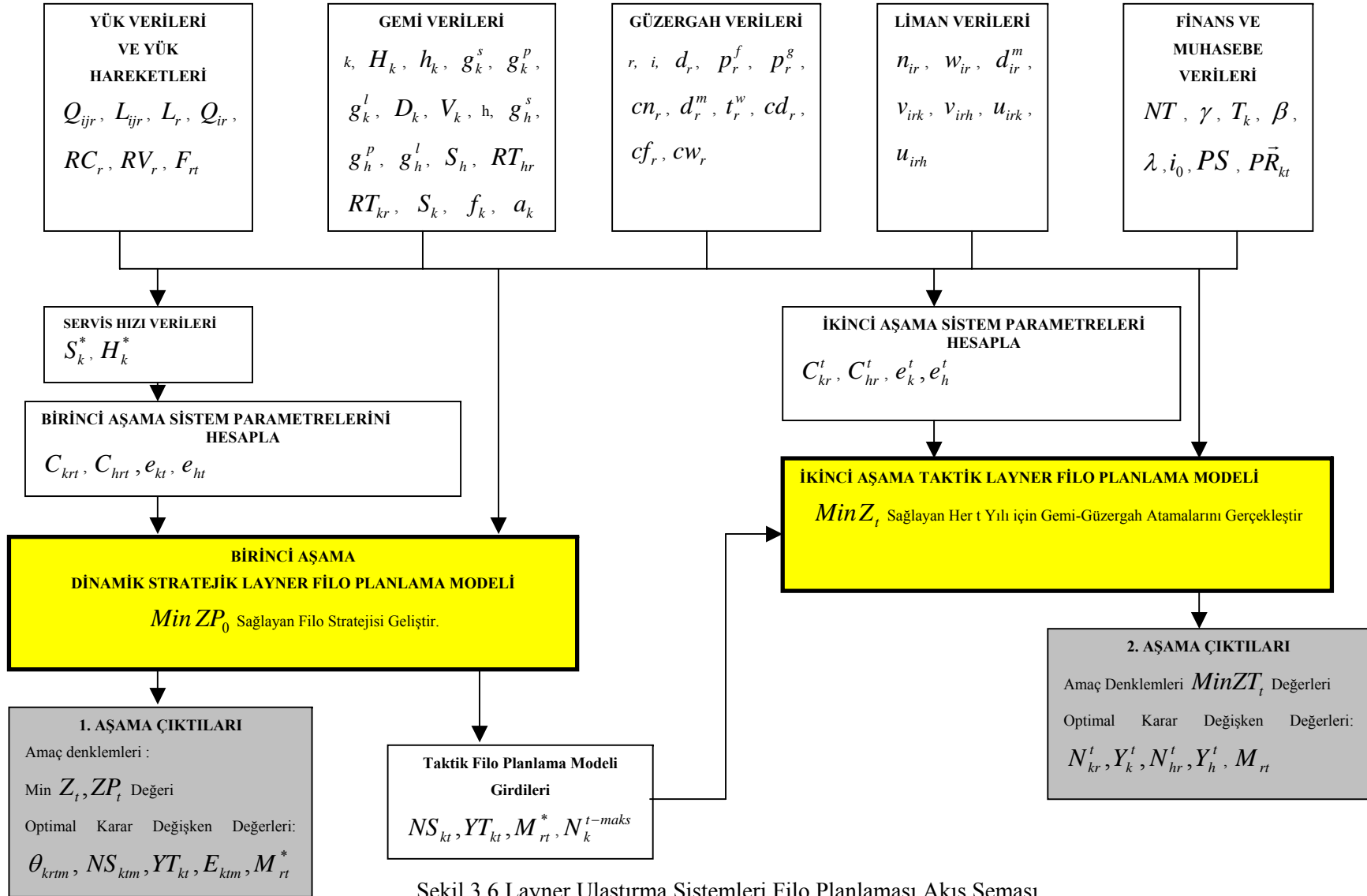


Şekil 3.5 Layner Taşımacılıkta Farklı Planlama Düzeyleri (Agarwal ve Ergun,2008)

Layner Taşımacılığın farklı planlama seviyelerinde, aşağıdaki çeşitli karar verme aşamaları ve problemleri mevcuttur:

- Güzergâh ve tarife program dizaynı, gemi filolarının servis yapacağı optimal layner güzergâhlarının dizaynı. Bu kararlar genelde stratejik filo planlaması konusunun içindedir.

- Filo büyüklüğü ve karışımı, verilen bir layner servis için optimal filo dizaynı. Bu maddedeki kararlar ve problemler de yine stratejik filo planlaması konusu içindedir.
- Filo dağılımı, verilen güzergâhlara gemilerin atanması, servis frekansları. Bu aşamadaki kararlar genelde taktik filo planlaması olarak adlandırılır.
- Yük rezervasyonları, verilen bir sefer için yüklerin kabul edilip edilmeyeceği. Bu maddedeki karar ve problemler ise, operasyonel planlama konusuna girmektedir (Fagerholt, 2004)



Şekil 3.6 Layner Ulaştırma Sistemleri Filo Planlaması Akış Şeması

3.3.2. Layner Taşımacılık Filo Dizaynında Parametrelerin Hesaplanması

İki ya da daha fazla taşıma merkezi arasında tarifeli yük-yolcu taşımacılığına yatırım yapılması ihtiyacı durumunda, öncelikle taşımacılık hizmeti verilecek merkezlerin taşıma talebinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Minimum maliyet gözetilerek tarifeli taşımacılık ulaştırma sisteminin kurulması ve uzun dönemli planlanması aşamasında, talebin belirliliği, seferlerin düzenliliği, seferlerin frekansı kısıtları altında; uygun servis güzergâhı, uygun taşıma aracı miktarı, uygun araç kapasite büyüklükleri, uygun servis hızlarının hesaplanması gerekmektedir.

Matematiksel optimizasyon modellerinin en önemli aşamalarından birini, modele girecek parametrelerin hesabı oluşturur. “Layner Filo Planlaması” sürecinde sonuçları en çok etkileyen aşama da parametrelerin elde edilmesidir. Filo planlamasında parametreleri altı bölüme ayırabiliriz. Bunlar;

- Başlangıç ve varış limanları arasında yük hareketleri, gemi yük seviyeleri ve geleceğe yönelik yük talebi tahminleri,
- Güzergâhlar ile ilgili parametreler (seyir mesafeleri, seyir yolu ve liman özellikleri, gemi – güzergâh atama kısıtları),
- Gemi seçeneklerinin güzergâhlardaki maliyetleri ve müşteri lojistiği açısından en uygun servis hızlarının hesaplanması,
- Güzergâh ve gemi tiplerine göre sefer maliyetleri ve ilgili alt parametrelerin hesabı,
- Güzergâh ve gemi seçeneklerine göre sefer süreleri ve ilgili alt parametrelerin hesabı ve
- Müşteri lojistiği açısından alternatifli sefer frekanslarının tespit edilmesidir.

Modelde, talebi karşılayacak minimum maliyetli ve kapasiteli gemi güzergâh tahsisi için sefer frekansları önem arz etmektedir. Bir limandan diğer bir limana olan yıllık yük miktarının servis frekansına göre değişmeyeceği, birbirlerinden bağımsız olacağı kabul edilmiştir. Böylece layner şirketin servis frekanslarını yeniden düzenlemesinin talep üzerinde etkisi kaldırılmış olur. Bu şekilde, limanlar arasındaki yük miktarları, her seferde taşınan ortalama yük miktarları ve her bir güzergâhın servis frekansı hesaplanabilir.

Böylece bir limanda bir geminin kalış süresi, sadece yük miktarına ve limandaki standart elleçleme teçhizatının verimlilik oranlarına bağlı olarak değişmektedir.

Filo planlama parametrelerin hesabında en önemli bölümlerinden biri limanlar arası yük hareketlerinin ve bu yüklerin gemiler üzerindeki miktarının hesaplanmasıdır.

Yük Hareketleri ve Gemi Yük Seviyeleri

r güzergâhında i limanından j limanına bir yıl içinde taşınan yük miktarı Q aşağıdaki formül ile hesaplanır;

$$Q_{ir} = \sum_{j=1}^{I_r} [Q_{ijr} + Q_{jir}] \quad (3.25)$$

Burada;

Q_{ir} : bütün gemiler tarafından r güzergâhında i limanındaki yıllık yüklenen ve boşaltılan yük hareketinin miktarını

Q_{ijr} : r güzergâhındaki i limanından j limanına yıllık taşınan yükün miktarını

I_r : r güzergâhındaki limanların sayısını

vermektedir.

Böylece yılda elleçlenen yük miktarı sayesinde sefer başına her bir limandaki elleçlenen yük miktarını da aşağıdaki formül ile bulabiliriz.

$$q_{ir} = \frac{Q_{ir}}{\left(\frac{F_r}{365} \right)} \quad (3.26)$$

Burada;

q_i : i limanında sefer başına elleçlenen ortalama yük miktarını

F_r :servis frekansını

vermektedir. Bununla birlikte servis frekansının 365'e bölünmesiyle yıllık sefer sayısı bulunur.

Gemi Yük Seviyeleri;

Modelde güzergâhların ve gemilerin güzergâhlar boyunca izleyeceği liman sıralarının belirlenmiş olduğu kabul edilmiştir. Gemiler ancak, belirlenen rotalar ve belirlenen sıralar boyunca limanları ziyaret ederek yükleme ve boşaltma işlemlerini yapabilirler. Gemiler, limanlara belirlenen sıra ile uğrayacaklardır. Ancak ziyaret edilen limanda, güzergâhtaki limanların tümüne gidecek yükleri yüklemek zorunda değildir.

Örnek olarak; İzmit-İstanbul-İzmir-Mersin Limanlarından oluşan bir güzergâh düşünelim. Güzergâh sırasında aynı şekilde 1-2-3-4 olsun. Gemi İzmit Limanı'ndan kalkarak İstanbul Limanı'na geldiğinde İzmit yükünü almamalıdır. Eğer alırsa, İzmit yükünü gereksiz olarak İzmir ve İskenderun'a kadar götürecektir ve tekrar geri getirecektir. Bu durum; hem yükün müşterilere tesliminde gecikmeye, hem de geminin ambarında hacim kaybına yol açacaktır.

Modelin bir önemli bileşeni de; belirli bir güzergâhta her bir (ij) limanı ayağında gemi üzerindeki yük seviyesinin hesaplanmasıdır. Bulunan yük seviyesi, en uygun servis frekansının bulunmasını sağlayacaktır. Yıllık sefer sayısı ise 365'in frekans (gün) değerine bölünmesiyle bulunur.

Bir r güzergâhında herhangi (ij) ayağında gemi üzerinde bulunan yükü L_{ij} olarak tanımlarsak;

$$L_{ijr} = \sum_{f=1}^i \sum_{g=j}^f Q_{fgr} \quad (i = I_r \text{ için}) \quad (3.27)$$

$$L_{ijr} = \sum_{f=j}^{I_r} \sum_{g=j}^f Q_{fg} + \sum_{f=1}^i \sum_{g=j}^f Q_{fg} + \sum_{f=1}^i \sum_{g=j}^{I_r} Q_{fg} \quad (i \neq I_r \text{ için}) \quad (3.28)$$

olur. Burada Q_{fg} r güzergâhında liman f ' den liman g ' ye taşınan yıllık yük miktarıdır.

Modele girecek ve servis frekansını ya da gemi kapasitesini belirleyecek yük miktarı;

$$L_r = \max L_{ijr} \quad (r \text{ güzergâhındaki her } (ij) \text{ ayağı için}) \quad (3.29)$$

şeklinde bulunur.

Buna göre r güzergâhında çalıştırılacak minimum gerekli kapasite, frekans önceden belirlendiğinde,

$$RC_r = \frac{L_r}{\left(\frac{365}{F_r}\right)} \quad (3.30)$$

olarak bulunur. Burada F_r , karar vericinin tarafından çeşitli rekabet koşulları ve alternatif taşıma modları göz önünde bulundurarak belirlediği servis frekansı değeridir.

Bu durumun tam tersi olarak; eğer modelin başında elde bulunan gemi tipi ve kapasiteleri belli ise, bu taktirde r güzergâhında minimum gerekli sefer sayısı Denklem (3.31) ve buna bağlı servis frekansı Denklem (3.32) ile hesaplanır.

$$RV_r = \frac{L_r}{V_k} \quad (3.31)$$

$$F_r = \frac{365}{RV_r} \quad (3.32)$$

En Uygun Servis Hızının Hesaplanması

Genel kural olarak bir geminin hızı, dizayn aşamasında belirlenir. Bu tespit sırasında geminin her zaman tam yüklü olacağı ve boş taşıma yapmayacağı göz önünde bulundurulur. Bununla beraber layner gemiler için dizayn hızı, her zaman en uygun hız olmamaktadır. Bunun yerine; sefer tarifesine göre belli bir miktar hız miktarını rezervlerinde tutarak, uygun bir optimum hızda karar kılarlar. Yüksek hız, maliyetlidir. Yüksek hız sadece yakıt tüketimi açısından değil, aynı zamanda makine boyutlarının büyümesi, buna bağlı olarak geminin eni ve boyunun artması ve toplam ağırlığın artması anlamına gelir (Evans ve Marlow, 1990).

Servis hızının belirlenmesi, problemin ana çözüm aşamalarından ayrı olarak ele alınması gereken bir konudur. S hızında k gemisinin itici gücü Denklem (3.33)'deki gibi hesaplanabilir.

$$P_k = c_k \cdot S_k^{b_k} \quad (3.33)$$

Burada c_k ve b_k katsayıdır. b_k 'nin, tüm gemilerin kendi olağan servis hız limitleri, arasında 3'e yakın bir değer olduğu kabul edilir.

Dizayn hızına yakın hızlarda ise yakıt tüketimi hıza bağlı olarak Denklem (3.34)'deki gibi kabul edilir (Perakis ve Jaramillo, 1991a).

$$f_k = a_k \cdot S_k^3 \quad (3.34)$$

Burada;

f_k : k gemisi için birim zamandaki yakıt tüketimi,

a_k : katsayı

şeklindedir.

Bir k gemisinin, r güzergâhındaki bir sefer için operasyon maliyetini veren açık formül Denklem (3.35)'deki gibidir.

$$C_{kr} = \frac{d_r}{24S_{kr}} [f_k p_r^f + g_k^s p_r^g + H_k] + m_{kr} + t_r^m H_k + C_{kr}^p \quad (3.35)$$

f_k 'nın (3.34) denklemindeki değeri, (3.35) denkleminde yerine koyulduğunda, aşağıdaki (3.36) denklemini elde edilir.

$$C_{kr} = \frac{d}{24} \left[a_k \cdot p_r^f \cdot S_{kr}^2 + \frac{(g_k^s \cdot p_r^g + H_k)}{S_{kr}} \right] + m_{kr} + t_r^m H_k + C_{kr}^p \quad (3.36)$$

Burada S_{kr} , k gemisinin r güzergâhındaki hız değerini vermektedir. (3.36) denklemini S_{kr} değişkenine göre türevini alıp sıfıra eşitlersek, bulunan S_{kr}^* değeri maliyeti minimum yapan hız değerini vermektedir (Perakis ve Jaramillo, 1991a).

$$S_{kr}^* = \sqrt[3]{\frac{(g_k^s \cdot p_r^g + H_k^*)}{2a_k \cdot p_r^f}} \quad (3.37)$$

(3.37) denklemindeki H_k^* günlük sabit maliyet değeri H_k yerine kullanılmıştır. Çünkü değeri ve yorumu k gemisinin kiralık ya da sahip olunan bir gemi olmasına göre değişmektedir (Perakis ve Jaramillo, 1991a).

- Layner şirket, gemilerin sahibi olduğunda $H_k^* = [H_k - h_k]$ olarak alınır.

- Layner şirket, gemileri kiraladığı takdirde H_k^* geminin günlük kirası olarak alınır.

Gemi hızı konusunda yukarıdaki formüller analiz edildiğinde, bazı çıkarımlarda bulunmak mümkündür. Eğer filoda sahip olunan gemiler kapasite açısından yeterliyse ve gemilerin servis dışı kalma günlük sabit maliyeti yüksek ise, H_k^* değeri düşük olacaktır. Dolayısıyla optimal hız, alt limit bölgesinde kalacaktır.

Diğer açıdan bakıldığında sahip olunan filo kapasite yönünden yetersiz ve gemi kira değerleri yüksek ise, H_k^* değeri yüksek olacak ve dolayısıyla optimal hız değeri üst limitlerde çıkacaktır.

Optimal hız formülünün geçerli olabilmesi için, hız değerlerinin uygun bir bölgede çıkması gerekmektedir. Eğer formül sonucunda optimal hız çok az ya da çok yüksek değerlerde çıkmışsa, optimal hız değeri kendisine en yakın alt ya da üst hız limitlerine çekilerek işlemler yapılmalıdır.

Gemi Maliyet Değerleri

Günlük sabit maliyet, gemi operasyonları ve filo yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Sabit maliyet kalemleri ve bu kalemlerin toplam sabit maliyet içindeki yüzdesi aşağıda verilmiştir (Perakis ve Jeramillo, 1991a):

- Günlük sermaye maliyeti (45%),
- Personel maliyeti (35%),
- Tamir ve bakım maliyetleri (5- 10%),
- Sigorta maliyetleri (5%),
- Makine yağı maliyeti (1-5%),
- Tedarik ve diğer maliyetler (3%).

Sefer Maliyetleri; seferin denizde geçen seyir bölümü ve demirleme, yükleme ve boşaltma sırasında beklediği liman bölümü olarak ikiye ayrılmaktadır.

Ayrıca sahip olunan gemiler ile kiralık gemilerin sefer maliyetleri farklılık gösterecektir. K , sahip olunan gemiler seti; H , kiralık gemiler seti olmak üzere, sefer maliyetlerinin

hesaplanması; sahip olunan gemiler için (3.38), kiralık gemiler için (3.39) denklemlerinde verilmiştir.

$$C_{kr} = C_{kr}^s + C_{kr}^p \quad (3.38)$$

Burada;

C_{kr} : r güzergâhındaki k gemisinin sefer başına operasyon maliyetini,

C_{kr}^s : r güzergâhındaki k gemisinin denizde geçen süre içindeki sefer başına operasyon maliyetini,

C_{kr}^p : r güzergâhındaki k gemisinin yıllık limanda geçen süre içindeki operasyon maliyeti,

olarak gösterilmiştir (Perakis ve Jeramillo, 1991a). Kiralanacak gemilerin sefer başına operasyon maliyeti ise;

$$C_{hr} = C_{hr}^s + C_{hr}^p \quad (3.39)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Burada;

C_{hr} : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin yıllık operasyon maliyetini,

C_{hr}^s : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin denizde geçen süre içindeki yıllık operasyon maliyetini,

C_{hr}^p : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin yıllık limanda geçen süre içindeki operasyon maliyeti, olmaktadır.

Denizde geçen süre içindeki operasyon maliyetleri Denklem (3.40), (3.42) ile hesaplanabilir:

$$C_{kr}^s = t_{kr}^s \cdot A_{kr}^s + m_{kr} + t_r^m \cdot H_k \quad (3.40)$$

Burada;

t_{kr}^s : r güzergâhındaki k gemisinin sefer başına denizde geçen seyir süresini (gün),

A_{kr}^s : r güzergâhındaki k gemisinin birim zamandaki operasyon maliyetini (USD/gün),

m_{kr} : r güzergâhındaki k gemisinin sefer başına kanal ücretlerini (USD),

t_r^m : seyir kısıtlaması olan sularda bekleme süresi dahil gecikme zamanını (gün),

H_k : Normal işletme koşullarında k gemisinin günlük sabit maliyetini

vermektedir. (3.40) denklemindeki t_{kr}^s seyir süresi (3.41) formülü ile bulunmaktadır;

$$t_{kr}^s = \frac{d_r}{24 \cdot S_k} \quad (3.41)$$

Formülde;

d_r : r güzergâhındaki toplam seyir mesafesi (mil),

S_k : k gemisinin servis hızı (knots) (mil/saat),

şeklinde gösterilmektedir.

Kiralık gemiler için ise denizde geçen süre içindeki yıllık operasyon maliyeti (3.42) deki gibidir.

$$C_{hr}^s = t_{hr}^s \cdot A_{hr}^s + m_{hr} + t_r^m \cdot H_h \quad (3.42)$$

Burada;

t_{hr}^s : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin sefer başına denizde geçen seyir süresini (gün),

A_{hr}^s : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin birim zamandaki operasyon maliyetini (USD/gün),

m_{hr} : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin sefer başına kanal ücretlerini (USD),

t_r^m : seyir kısıtlaması olan sularda bekleme süresi dahil gecikme zamanını (gün),

H_h : normal işletme koşullarında kiralık h gemisinin günlük sabit maliyetini

vermektedir. Bu aynı zamanda kiralık geminin günlük kira değeridir. (3.42) denklemindeki

t_{hr}^s seyir süresi (3.43) formülü ile bulunmaktadır;

$$t_{hr}^s = \frac{d_r}{24 \cdot S_h} \quad (3.43)$$

Burada;

d_r : r güzergâhındaki toplam seyir mesafesi (mil),

S_h : kiralık h gemisinin servis hızı (knots) (mil/saat),

şeklinde gösterilir.

Bir r güzergâhındaki k gemisi için günlük seyir maliyeti (3.44) denklemi ile hesaplanır:

$$A_{kr}^s = f_k \cdot p_r^f + g_k^s \cdot p_r^g + H_k \quad (3.44)$$

Burada;

f_k : k gemisinin birim zamandaki yürütücü ana makine yakıt tüketimi (ton/gün),

p_r^f : yürütücü ana makine yakıt maliyeti (USD/ ton),

g_k^s : k gemisinin elektrik jeneratörü yakıt tüketimi (ton/gün),

p_r^g : elektrik jeneratörü yakıtının birim maliyeti (USD/ton),

olmaktadır.

Bir r güzergâhındaki kiralık h gemisi için ise günlük seyir maliyeti (3.45) denklemi ile elde edilir;

$$A_{hr}^s = f_h p_r^f + g_h^s \cdot p_r^g + H_h \quad (3.45)$$

Burada;

f_h : kiralık h gemisinin birim zamandaki yürütücü ana makine yakıt tüketimi (ton/gün),

p_r^f : yürütücü ana makine yakıt maliyeti (USD/ ton),

g_h^s : kiralık h gemisinin elektrik jeneratörü yakıt tüketimi (ton/gün),

p_r^g : elektrik jeneratörü yakıtının birim maliyetini (USD/ton)

vermektedir. Kanal ücretleri genellikle geminin grostonaj birimi başına ücretlendirilmektedir. Modelde kanal ücretleri Denklem (3.46) ve (3.47)'deki gibi hesaplanacaktır. Sahip olunan gemiler için;

$$m_{kr} = c f_r \cdot RT_{kr} \cdot cn_r \quad (3.46)$$

olur.

Burada;

cf_r : r güzergâhındaki kanal ücreti (USD/register-ton),

RT_{kr} : r güzergâhındaki bir kanalda k gemisinin grosregister-tonu,

cn_r : r güzergâhındaki kanal geçişi sayısı

olarak ifade edilir.

Kiralık gemiler için;

$$m_{hr} = cf_r \cdot RT_{hr} \cdot cn_r \quad (3.47)$$

olmaktadır. Formülde;

cf_r : r güzergâhındaki kanal ücreti (USD/register-ton),

RT_{hr} : r güzergâhındaki bir kanalda k gemisinin grosregister-tonu,

cn_r : r güzergâhındaki kanal geçişi sayısı

olarak gösterilmektedir.

Kanal geçişi sırasında kuyruktaki bekleme, kanal geçişleri ve çıkışları da dahil olmak üzere, kısıtlı sulardaki seyir sebebiyle meydana gelen gecikme zamanı ise formül (3.48) yardımıyla bulunur.

$$t_r^m = \frac{d_r^m}{24} \cdot \left(\frac{1}{S_m} - \frac{1}{S_k} \right) + t_r^w \quad (3.48)$$

Burada;

d_r^m : r güzergâhında kısıtlı sulardaki seyir mesafesi (mil).

S_m : Tüm gemiler için kısıtlı sulardaki ortalama gemi hızı (knots) (mil/saat).

t_r^w : Her bir sefer için kanal girişlerinde kuyruk oluştuğunda demirde bekleme süresi (gün).

t_r^w kanal girişleri demirde bekleme süresi her bir kanal geçişi başına sabit olarak kabul edilebilir. Bu şekilde tüm güzergâh için kanal girişleri toplam demirde bekleme süreleri (3.49) denklemi ile elde edilir;

$$t_r^w : cn_r . cw_r \quad (3.49)$$

Formülde bulunan;

cw_r : kanal geçişi başına bekleme süresi (gün),

cn_r : r güzergâhındaki kanal geçişi sayısıdır.

d_r^m : r güzergâhında kısıtlı sulardaki seyir mesafesi,

olmaktadır.

Bu durumda d_r^m , r güzergâhı üzerindeki her bir limana ait kısıtlı su mesafeleri ile yine bu güzergâh üzerindeki kanal seyri mesafelerinin toplamıdır. Bu taktirde d_r^m , Denklem (3.50) ile hesaplanmaktadır.

$$d_r^m = \sum_{i=1}^{I_r} d_{ir}^m + cn_r . cd_r \quad (3.50)$$

Burada;

d_{ir}^m : r güzergâhındaki i 'nci limanın kısıtlı seyir suyu mesafesi (mil),

cd_r : r güzergâhındaki kanal seyri mesafesi (mil).

olarak ifade edilmektedir.

Liman maliyet değerleri; modelde liman maliyetleri hem sabit hem de değişken olarak düşünülmüştür. Buna göre r güzergâhındaki bir k ve kiralık h gemisinin sefer başına toplam liman operasyon maliyeti Denklem (3.51) ve (3.52) formülleri ile hesaplanabilir:

$$C_{kr}^p = \sum_{i=1}^{I_r} (t_{ir}^p \cdot A_{irk}^p + u_{irk}) \quad (3.51)$$

Formülde;

C_{kr}^p : r güzergâhındaki k gemisi için sefer başına toplam liman operasyon maliyeti (USD),

t_{ir}^p : r güzergâhındaki i 'inci limanda bekleme süresi (gün). sefer başına aynı limana birkaç kez uğranıldığı takdirde her uğrayış ayrı bir liman olarak düşünülüp bekleme süreleri ayrı olarak hesaplanacaktır,

A_{irk}^p : r güzergâhındaki i 'inci limanda k gemisinin birim zaman başına operasyon maliyeti,

u_{irk} : r güzergâhındaki i 'nci limanda k gemisinin sabit maliyetleri

dir.

$$C_{hr}^p = \sum_{i=1}^{I_r} (t_{ir}^p \cdot A_{irh}^p + u_{irh}) \quad (3.52)$$

Burada;

C_{hr}^p : r güzergâhındaki kiralık h gemisi için sefer başına toplam liman operasyon maliyeti (USD).

t_{ir}^p : r güzergâhındaki i 'inci limanda bekleme süresi (gün). Burada önemli olarak sefer başına aynı limana birkaç kez uğranıldığı taktirde her uğrayış ayrı bir liman olarak düşünülüp bekleme süreleri ayrı olarak hesaplanacaktır.

A_{irh}^p : r güzergâhındaki i 'inci limanda k gemisinin birim zaman başına operasyon maliyeti.

u_{irh} : r güzergâhındaki i 'nci limanda k gemisinin sabit maliyetleri,

göstermektedir.

Sabit liman maliyetleri (u_{irh});

- Rıhtıma yanaşma ve kalkma,
- Pilotaj,
- Römorkaj ücretleri,
- Fener ücretleri vb.

olarak düşünülebilir.

Liman otoritesinin kurallarına göre daha başka sabit liman masrafları da olabilir. Buradaki masraf çizelgeleri genellikle geminin tam boyu, draftı, dedveyt tonajı ve grostonajına göre değişmektedir.

Bir geminin bir limanda harcayacağı süre, yüklenen ve boşaltılan yükün miktarına göre değişmektedir. Modelde karışıklığı önlemek üzere tek tip yük cinsi ve birim zamanda tek yükleme-boşaltma hızı kabul edilmiştir.

Ancak gerçekçilik açısından da; yükleme–boşaltma süresine ek olarak aktif olmayan ek bir süre eklenmesi uygun görülmüştür Buna göre limanda geçen süre;

$$t_{ir}^p = \frac{q_{ir}}{n_{ir}} + w_{ir} \quad (3.53)$$

olmaktadır.

Burada;

n_{ir} : r güzergâhındaki i limanının yükleme ve boşaltma verimliliği (ton ya da konteyner/gün)

q_{ir} : r güzergâhındaki i limanında yüklenecek ve boşaltılacak yük miktarı (ton ya da konteyner)

w_{ir} : r güzergâhındaki i limanına ait bir geminin harcadığı aktif olmayan bekleme süresi (gün)

olarak gösterilmektedir.

Limanda geçen süre içerisinde bir geminin birim zaman başına toplam maliyeti, günlük running cost (sabit işletme maliyeti) ve değişken liman ücretlerini içerecek şekilde Denklem (3.54) ve (3.56) ile hesaplanır.

$$A_{irk}^p = g_k^p \cdot p_r^g + H_k + v_{irk} \quad (3.54)$$

Burada

g_k^p : k gemisinin limandaki ortalama yakıt tüketimi (ton/gün).

p_r^g : r güzergâhındaki jeneratör yakıtı fiyatı (USD/ton).

v_{irk} : r güzergâhındaki k gemisinin birim zaman başına değişken liman ücretleri [USD (grostonaj-tam boy- draft) /gün],

şeklinde ifade edilmektedir.

$$A_{irh}^p = g_h^p \cdot p_r^g + H_h + v_{irh} \quad (3.55)$$

Burada;

g_h^p : kiralık h gemisinin ortalama yakıt tüketimi (ton/gün).

p_r^g : r güzergâhındaki jeneratör yakıtı fiyatı (USD/ton).

v_{irh} : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin birim zaman başına değişken liman ücretleri [USD (grostonaj-tam boy- draft) /gün],

olmaktadır.

Değişken liman ücretleri belirli limanlarda geçerlidir. Genel olarak demirleme, rıhtım ücretleri bu kategoriye girer. Uğranan limanlarda değişken maliyet değerleri gemi boyuna, draftına, dedveyt tonuna ya da grostonuna göre hesaplanmaktadır.

Gemilerin Servis Dışı Günlük Maliyeti

Deniz ulaştırma sektörü, dünya ekonomisinden doğrudan etkilenen sektörlerden biridir. Dünya ekonomisindeki canlılık ve durgunluk, doğru orantılı olarak arz ve talep dengesine, navlun fiyatlarına ve taşıma hacimlerine yansımaktadır. Taşıma taleplerinin düştüğü durgunluk dönemlerinde, taşınacak yük miktarına göre gemi tonajı aşırı fazla olduğu için, rekabet sebebiyle navlun oranları düşmektedir. Bu durumda donatan şirketler, maliyetlerini düşürmek ve navlun fiyatlarını belirli bir seviyede tutabilmek için filosundaki bazı gemileri demire ya da bakıma çekerek personel sayısını azaltıp, gemilerinin günlük sabit maliyetlerini en aza indirmeye çalışırlar. Bu duruma gemilerin *servisten çekilmesi* adını verebiliriz. Gemi servisten çekildiğinde günlük maliyeti (3.56) denklemi ile elde edilir.

$$e_k = h_k + g_{kl} \cdot pl + D_k \quad (3.56)$$

Burada;

e_k : r güzergâhındaki k gemisinin günlük servis dışı kalma maliyeti,

g_{kl} : geminin servis dışı kaldığında jeneratör yakıt tüketimi (ton / gün),

p_l : geminin servisten çekildiği ve demirde beklediği bölgedeki jeneratör yakıt fiyatı(USD),

D_k : k gemisinin servis dışı döneminde demirleme, mürettebat transferleri vb. ek maliyetler,

olarak gösterilmektedir.

Kiralık gemiler için e_h değeri sıfır olarak kabul edilebilir. Çünkü kiralık gemilere kira sözleşmesi süresince sabit bir ücret ödenmektedir. Kiralık gemiler servis dışına çıkarıldığında bu gemiler ile ilgili kira sözleşmesi de bittiği için maliyeti genellikle sıfır olur ($e_h = 0$).

Toplam Sefer Süresi

Sahip olunan bir k gemisinin ve kiralanan bir h gemisinin bir r güzergâhına ait toplam sefer süresi; denizde geçen süre, limanda geçen süre ve gecikme zamanlarının toplamıdır (3.57), (3.58).

$$t_{kr} = t_{kr}^s + t_r^p + t_r^m \quad (3.57)$$

$$t_{hr} = t_{hr}^s + t_r^p + t_r^m \quad (3.58)$$

Burada t_r^p ;

$$t_r^p = \sum_{i=1}^{I_r} t_{ir}^p \quad (3.59)$$

(3.59) formülü ile bulunur.

3.3.3. Stratejik Filo Planlama Problemi, Tanımları ve Kabulleri

Filo dizaynı ve deniz ulaştırma sisteminin dizaynı stratejik planlamanın iki önemli problemidir. Deniz ulaştırma faaliyeti bir tedarik zincirinin çok önemli bir parçası olduğu zaman deniz ulaştırma sistemi olarak adlandırılır (Christiansen ve Fagerholt, 2002).

Literatürde, filo planlama problemlerinin çözümü için genel olarak doğrusal programlama kullanılmaktadır. Doğrusal programlama; optimalliğin kesin olması, sonuçlar için duyarlılık analizi yapılabilmesi, basit bir algoritma olması açısından avantajlıdır. Doğrusal programlama, filo planlama çalışmalarında uygulama alanı ve detaylı tasnif ve duyarlılık analizleriyle geniş bir uygulama alanı bulmuştur (Claessens, 1987).

Ancak filoya yeni eklenen gemilerin tam sayılı olmaması sonuçların gerçekliğini etkiler. Genel olarak sonuçlar en yakın tamsayıya yuvarlanarak bulunmaya çalışılır (Xinlian ve Tengfei, 2000). Bu sebeple tamsayılı programlama ve karma tamsayılı programlama da yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada ise; stratejik filo planlaması probleminin çözümünde, dinamik programlamadan faydalanılacaktır. Dinamik programlama yönteminde, filoya yeni eklenen gemiler tamsayılı programlama ile, filonun kapasite kullanımı ise doğrusal programlama ile çözülerek doğrusal programlamanın yukarıda bahsedilen eksikliği giderilmektedir.

Stratejik filo planlaması modelinin çözüm algoritmasına geçmeden önce; model ile ilgili aşağıdaki bazı tanım ve kabulleri belirtmek gerekir:

- 1 den K 'ya kadar sıralanan, K adet gemi seçeneği düşünülmüştür. Bazı gemiler modelin başlangıcında olabileceği gibi planlama ufkunda da filoya katılabilmektedir.
- 1'den R 'ye kadar sıralanan R adet güzergâh vardır. Taşıma talebi, bu güzergâhlar için yeterli büyüklükte olmalı; gemiler yükleme limanından tam olarak yükleme, boşaltma limanında tam olarak boşaltma yapabilmelidirler.
- Filoya katılacak gemilere ödenen para, gemiler için alınana borç üzerindeki faiz, brokerlik ve alım satım masrafları sebebiyle yüzde α kadar daha fazla olacaktır.
- Planlama ufku N yıl, gelecekte yapılacak yatırımın bugünkü değerine indirgeme iskonto oranı ise i_0 olarak gösterilmektedir.
- Satın alınan yeni gemilerin yatırım harcamaları ve filonun işletme harcamaları bulunduğu senenin başında ödenir.
- Her sene ve her güzergâh için tüm taşıma talepleri gerçekleşecektir.

Çözüm sonunda modelden şu sonuçlar bulunacaktır:

- Her bir yıl için her bir güzergâha ait optimum filo yerleşimi planı,
- Gelecekte tahmin edilen taşıma talebine göre her yıl için, hangi gemi büyüklüğünden hangi sayıda yeni gemi satın alınarak filoya ekleneceği,
- Yıl içindeki talebin tonajdan az kalması durumunda hangi gemi büyüklüğünden hangi sayıda geminin servisten çekilerek çalıştırılmadan bekletileceği,
- Gelecek yıllardaki talebin tonajdan az kalması durumunda hangi büyüklükte hangi sayıda geminin filodan çıkarılacağı,
- Şirketin faaliyet göstereceği ya da gösterdiği hatlardaki müşteri lojistiği, memnuniyeti, rekabet şartları göz önünde bulundurularak sefer frekanslarının belirlenmesi ya da model tarafından saptanmasına karar verilmesi.

Navlun oranlarının sürekli değişkenlik göstermesinden dolayı modelde kâr maksimizasyonu yerine, maliyet minimizasyonu kullanılacaktır.

Dinamik programlamanın özelliğinden dolayı model, seviye seviye hesaplanacaktır. Bir seviyenin sonucu, bir sonraki seviyenin girdisini oluşturacaktır. N periyotlu bir planlama

ufku için seviyelerin numaralandırılması, başlangıç yılı seviye olarak 0 alındığında son seviye $N - 1$ olacaktır.

Modelde kullanılan sembollerin anlamları ve açıklamaları aşağıdaki gibidir.

\vec{UU} : Durum vektörü. t yılı için ($t = 0, 1, 2, \dots, N - 1$) çeşitli gemilerden oluşan filonun durum vektörü. Periyot başında hangi tip gemiden kaçar adet olduğunu gösterir. $AA_j : j = 1, 2, 3, \dots, K$ gösteriminin planlama sürecinin öncesinde k gemi tiplerinin sayısı anlamına gelmektedir.

\vec{II}_m : ($m = 0, 1, 2, \dots, M$) filoya yeni katılma olasılığı bulunan gemilerin çözüm kümelerinin iki boyutlu nicel bileşim vektörü. Eğer \vec{UU}_{t-1} değeri $t - 1$ yılının sonunda bilinirse, \vec{UU}_t , \vec{II}_m ve \vec{UU}_{t-1} değerleriyle saptanabilir. \vec{II}_m ve \vec{UU}_t , arasında bire bir ilişki mevcuttur. \vec{II}_{km} 'nine anlamı k tipindeki yeni eklenen gemilerin m 'nci durumudur. m çözümlerinin bir tanesi ise optimaldir. \vec{II}_m tamsayılı bir karar değişkenidir.

Z_{tm} : t yılında m durumundaki optimal filonun yıllık işletme maliyeti.

ZP_m : t yılından $N - 1$ yıla kadar \vec{U}_t durumundaki filonun minimum sermaye yatırımı ve sabit çalıştırma maliyeti toplamları. Bu aynı zamanda t yılından $N - 1$ yılına kadar optimal filo stratejisini veren modelin amaç denklemidir.

$\vec{\theta}_t$: t yılındaki filonun durumunu veren karar değişkeni. $\vec{\theta}_t$ 'nin her θ_{ktm} elemanının anlamı, t yılında m durumu altında rotasına servis yapan k tipindeki gemilerin sayısıdır.

\vec{E}_t : t yılında servisten çekilen farklı gemi tiplerindeki gemilerin durumu. \vec{E}_t 'nin her E_{ktm} elemanının anlamı t yılında m durumu altında servisten çekilen k tipindeki gemilerin sayısıdır.

\overline{NS}_t : t yılında yeni eklenen farklı gemi tiplerindeki gemilerin durumu. \overline{NS}_t 'nin her NS_{ktm} elemanının anlamı t yılında m durumu altında filoya yeni eklenen k tipindeki gemilerin sayısıdır.

\overline{PR}_t : t yılındaki gemiler için fiyat vektörü. \overline{PR}_t nin her \overline{PR}_{kt} elemanının anlamı t yılındaki k tipindeki bir geminin pazar fiyatıdır.

M_r^* : Planlama yapılan hatlardaki şirket stratejileri, rekabet şartları ve müşteri lojistiği durumuna göre karar verici ya da model tarafından saptanan t yılında r güzergâhındaki yıllık sefer sayısıdır.

Stratejik filo planlama probleminin çözümü, iki aşamada gerçekleşecektir. Birinci aşamada; yıllık optimum filo durumu, doğrusal programlama yöntemiyle elde edilir. İkinci aşamada ise; planlama ufunda için birbiri sıra takip eden yıllar için stratejik optimal filo gelişimi bulunur. İkinci aşamada; dinamik programlama yönteminden faydalanılır. Orijinal problem, iki alt problemin çözümünün bileşimidir.

Birinci aşamada; diğer seviyeleri göz ardı ederek her seviye için ayrı olarak filo dağılımı optimizasyonu (3.60), (3.61), (3.62), (3.63), (3.64), (3.65), (3.66), (3.67) denklemlerinden oluşan doğrusal programlama yöntemiyle yapılır.

$$\min Z_{tm} \quad (3.60)$$

$$Z_{tm} = \begin{cases} \sum_{k=1}^K \left[\sum_{r=1}^R C_{krt} \cdot \theta_{krtm} + e_{kt} \cdot E_{ktm} \right] & \text{eger } \bar{\theta}_k \in \bar{\Omega} \\ \infty & \text{eger } \bar{\theta}_k \in \bar{\psi} \end{cases} \quad (3.61)$$

$\bar{\Omega}$ aşağıdaki iki grup kısıtları sağlayan bir $\bar{\theta}_i$ setidir.

$$\sum_{k=1}^K (\theta_{krm} \cdot V_{krt}) = L_{rt} \quad r = 1, 2, \dots, G \quad (3.62)$$

$$\sum_{r=1}^R \theta_{krm} + E_{ktm} = UU_{k,t-1} - YT_{kt} + NS_{ktm} \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (3.63)$$

$$\sum_{k=1}^K (\theta_{krt} \cdot M_{kr}^{maks}) = M_{rt}^* \quad r = 1, 2, \dots, R \quad (3.64)$$

$$M_{kr}^{maks} = \frac{T_k}{t_{kr}} \quad (3.65)$$

Güzergâhların yıllık taşıma talebi, (3.29) denkleminde elde edilen ilgili güzergâhta gemi üzerindeki yük seviyesinin en çok olduğu güzergâh ayağının yük seviyesi değeridir.

Eğer tüm ya da bazı hatlardaki servis frekansını karar verici belirleyecekse aşağıdaki (3.66) denklemi ile hatlardaki yıllık sefer sayısı belirlenir. Eğer tüm ya da bazı hatlardaki servis frekansını model belirleyecekse (3.66) denkleminin ilgili hatlar ile ilgili olan denklemleri modellen çıkarılır.

$$M_{rt}^* = \frac{365}{F_{rt}} \quad r = 1, 2, \dots, R \quad (3.66)$$

$$\theta_{krm}, NS_{ktm}, YT_{kt}, E_{ktm}, M_{rt}^* \geq 0 \quad NS_{ktm} : \text{tamsayı} \quad m = 1, 2, \dots, M \quad (3.67)$$

Yukarıdaki (3.60), (3.61), (3.62), (3.63), (3.64), (3.65), (3.66), (3.67) denklemlerinde;

$\bar{\Psi}$: $\bar{\Omega}$ 'nin tamamlayıcı seti. ($\bar{\Omega} + \bar{\Psi} = \text{tüm } \theta_t$ seti).

C_{krt} : t yılında r güzergâhındaki k tipindeki geminin yıllık sabit işletme maliyeti.

V_{krt} : t yılında r güzergâhındaki k tipindeki geminin yıllık taşıma kapasitesi.

e_{kt} : t yılında k tipindeki hizmet dışı gemi kalma maliyeti.

YT_{kt} : t yılında k tipindeki hizmet dışı kalan gemi sayısı.

M_{krt}^{maks} : t yılında r güzergâhındaki k tipindeki bir geminin yapabileceği en fazla sefer sayısı,

olarak ifade edilmektedir.

M_{krt}^{maks} , Denklem (3.65)'de görüldüğü üzere k gemisinin taşıma sezonu süresinin yine k gemisinin r güzergâhındaki bir seferinin aldığı süreye bölünmesiyle elde edilmektedir.

M_{rt}^* ; Stratejik Filo planlamasında tramp taşımacılık ile layner taşımacılığı birbirinden farklılaştıran değişkendir. Stratejik filo planlamasında kullanımı; planlama yapılacak hatlardaki müşteri potansiyeli ve lojistiği, rekabet şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Karar verici r güzergâhındaki sefer frekansını (3.66) formülünde olduğu gibi kendisi belirleyebileceği gibi, Denklem (3.66) kısıtını modelden çıkartarak sefer frekansının değerinin hesaplanmasını modele bırakabilir. Eğer karar verici, müşteri lojistiğini ya da rekabet şartlarını göz önünde bulundurarak sefer frekansını modelin belirlediğinden daha kısa olarak buluyorsa bu taktirde belirlenen filonun sayısı ve büyüklüğü dolayısıyla maliyeti modelin belirlediğinden daha fazla olacaktır.

(3.61) denkleminde maliyet değeri C_{krt} ; k gemisinin r güzergâhındaki bir sefer maliyetinin

(C_{kr}), k gemisinin r güzergâhındaki maksimum sefer sayısı $\left(\frac{T_k}{t_{kr}}\right)$ değerine çarpımıyla

elde edilir. C_{kr} elde edilişi (3.68) denklemi ile gösterilmiştir.

$$C_{krt} = C_{kr} \left(\frac{T_k}{t_{kr}} \right) \quad (3.68)$$

$\bar{\theta}_t$ ve \bar{E}_t değişkenlerinin optimum değerlerini ve yıllık minimum işletme maliyetlerini bulmak için her t yılı ve m 'in olası her durumu için (3.61) amaç fonksiyonu çözümlenmelidir. (m); (3.61) amaç fonksiyonunun bütün temel çözüm durumlarını içermektedir. Olası tüm (m) temel çözümleri içerisinde, (3.61) amaç fonksiyonunu minimum yapan $\bar{\theta}_t$ ve \bar{E}_t değişkenlerinin değerleri optimum çözüm değerleri olacaktır.

İkinci aşamada; birbirini izleyen yıllar boyunca optimal filo dizaynı stratejisini bulmak için, ilk olarak birinci aşamada bulunan her yıl için $\min Z_{it}$ değerlerinin bilinmesi gereklidir. Birinci aşamada bu değerler hesaplandıktan sonra; filonun amortisman maliyetlerini göz önünde bulundurularak yatırım maliyetini ve işletme maliyetini minimum kılacak stratejik optimal filo dizaynı hesaplanır. Burada önemli olan nokta; $\overrightarrow{UU}_{N-2}$ filo durumunu bulabilmek için, $\overrightarrow{UU}_{N-1}$ filo durumunun bilinmesi zorunluluğudur (Xinlian ve Tengfei, 2000). Ancak bu şekilde, filonun gelecekteki maliyet değerleri bugünkü net değere indirgenerek, sağlıklı bir stratejik filo dizaynı yapılabilir. Bu şekilde çözüm kümesindeki bir m durumu için çalışma maliyeti ve yatırım maliyetini içeren toplam maliyet fonksiyonu Denklem (3.69) gibi olmaktadır:

$$ZP_{N-1,t} = \frac{Z_{N-1,m}}{(1+i_0)^{N-1}} + \frac{1+\alpha}{(1+i_0)^{N-1}} \cdot \sum_{k=1}^K NS_{k,N-1,m} \cdot PR_{k,N-1} - \frac{\beta}{(1+i_0)^{N-1}} L(1) \quad (3.69)$$

(3.69) denkleminde bulunan $L(1)$ 'in açılımı (3.70) denkleminde gösterilmiştir.

$$L(1) = \frac{(NT-1) \cdot (1-\gamma)}{NT} \sum_{k=1}^K NS_{k,N-1,m} \cdot PR_{k,N-1} + \gamma \sum_{k=1}^K NS_{k,N-1,m} \cdot PR_{k,N-1} \quad (3.70)$$

Denklem (3.69) denkleminde bulunan ve (3.70) formülünde açık ifadesi gösterilen $L(1)$ değeri; filoya yılın başında eklenen yeni gemilerin planlama ufkunun ardında kalan ve ekonomik işletme ömürlerinin sonuna kadar olan zaman içindeki fiziki değerini vermektedir. Başka değişle amortisman çıktıktan sonraki kalan sermaye değeridir. Burada doğrusal amortisman yöntemi benimsenmiştir (Xinlian ve Tengfei, 2000). (3.69) ve (3.70) denklemlerinde belirtilen;

γ : Geminin hurda değeri yüzdesi,

α : Gemilerin pazar fiyatı üzerine eklenen faiz, alım satım masrafları gibi ek masrafların yüzdesi,

NT : Bir geminin işletme ömrü,

β : Karar vericinin filonun planlama ufkunun ardında kalan sermaye değerinin orijinal sermaye değerine olan yakınlığının ifadesini gösteren ağırlık katsayısı ($0 \leq \beta \leq 1$),

$m = 0,1,2,\dots, M$ her yılın başında filoya eklenen yeni gemilerin olası değerlerinin çözüm kümesi içindeki bileşimleri,

şeklinde ifade edilmektedir.

Benzer olarak $N - 2$ yılı için ise;

$$ZP_{N-2,t} = \min_{mm=0 \rightarrow M} \left\{ ZP_{N-1,mm} + \frac{Z_{N-2,m}}{(1+i_0)^{N-2}} + \frac{1+\alpha}{(1+i_0)^{N-2}} \cdot \sum_{k=1}^K NS_{k,N-2,m} \cdot PR_{k,N-2} - \frac{\beta}{(1+i_0)^{N-2}} L(2) \right\} \quad (3.71)$$

olmaktadır. Burada;

$$L(2) = \frac{(NT-2) \cdot (1-\gamma)}{NT} \sum_{k=1}^K NS_{k,N-2,m} \cdot PR_{k,N-2} + \gamma \sum_{k=1}^K NS_{k,N-2,m} \cdot PR_{k,N-2} \quad (3.72)$$

olarak gösterilir.

Her iki aşamanın (3.61) ve (3.73) amaç denklemlerinde bulunan (m) ve (mm) ifadeleri; bu amaç fonksiyonların ilgili tüm kısıtlarını sağlayan çözüm kümesi içerisindeki olası tüm M sayıda temel çözüm durumlarını göstermektedir. Buna göre;

$$m = 0,1,2,\dots, M$$

$$mm = 0 \rightarrow M$$

şeklinde dirler.

Modeli genel bir ifade ile belirtecek olursak;

$$ZP_{tm} = \min_{mm=0 \rightarrow M} \left\{ ZP_{t+1,mm} + \frac{Z_{tm}}{(1+i_0)^t} + \frac{1+\alpha}{(1+i_0)^t} \cdot \sum_{k=1}^K NS_{ktm} \cdot PR_{kt} - \frac{\beta}{(1+i_0)^N} L(N-t) \right\} \quad (3.73)$$

Burada;

$$L(N-t) = \frac{(NT - N + t)(1-\gamma)}{NT} \sum_{k=1}^K NS_{ktm} \cdot PR_{kt} + \gamma \sum_{k=1}^K NS_{ktm} \cdot PR_{kt} \quad \text{eğer } (N-t) \leq NT \quad (3.74)$$

ya da

$$L(N-t) = \frac{\gamma}{(1+i_0)^{t+NT-N}} \sum_{k=1}^K NS_{kti} \cdot PR_{kt} \quad \text{eğer } (N-t) > NT \quad (3.75)$$

formülleri kullanılır.

3.3.4. Taktik Filo Planlaması Alt Problemi, Tanımları, Kabulleri

Layner filo planlamasının birinci aşaması olan stratejik filo planlama aşaması Bölüm (3.3.3) de anlatılmıştı. Layner filo planlamasının ikinci bölümünü oluşturan taktik filo planlama aşamasında, gemilerin minimum operasyon maliyetinde çalıştırılması en önemli önceliktir. Filodaki gemi çeşitlerinin sayıları, büyüklükleri, hatların yıllık sefer sayıları ve frekansları stratejik filo dizaynı aşamasında hesaplanmış ve bellidir. Bu aşamada yapılması gerekenler, sahip olunan eldeki gemileri minimum operasyon maliyetinde taşıma yapacağımız güzergâhlara atanması; gemilerin kapasitesinin yetmediği durumlarda ise kiralama yapılacak gemilerin kapasitesinin ve sayısının belirlenmesidir.

Layner Taşımacılık Filosu Taktik Planlama Problemi ve Tanımı

Layner servis yapan şirketlerin yöneticileri, küresel ekonomideki değişimleri çok iyi gözlemleyerek filo maliyetini artıracak operasyon faaliyetlerinden kaçınmaları gereklidir. Dünya ekonomisindeki yavaşlama ya da hızlanma, hükümet kararları, çevresel değişimler, yeni rekabet faktörlerinin devreye girmesi, kargo miktarlarını ve navlun oranlarını direkt olarak etkileyen faktörlerdir (Perakis ve Jaramillo, 1991a).

Küçük filoya sahip şirketler için, değişen koşullarda taktik planlamalarda bazı küçük ve basit kararlarla maliyetler düşük tutulabilirse de; çok büyük filolara sahip şirketlerde bu kararlar oldukça karmaşık hale gelmektedir.

Şirket yönetiminin önündeki cevap bekleyen en büyük problem, en düşük maliyetle, belirli bir güzergâhtaki en çok miktarda yükü, tam kapasite kullanarak hangi gemiler ile taşınabileceğine karar vermektir (Perakis ve Jaramillo, 1991a).

Stratejik olarak bir filonun gemi kapasitelerini ve sayılarını yıllara göre değişen şekilde Bölüm (3.3.3) de hesaplanmıştı. Taktik planlama aşamasında ise, güzergâhları ve uğrama sıklığı belli olan limanlara, hangi gemiler ile taşımacılık yapılacağı hesaplanacaktır.

Layner Taşımacılık Filosu Taktik Planlama Amacı ve Kabuller

Layner ulaştırma sistemlerinde optimum filo planlamasının taktik planlama aşamasındaki modelin amacı, filonun yıllık operasyon maliyetlerini minimuma indirmektir. Bu aynı zamanda yıllık kârın maksimize edilmesini sağlar. Navlun oranları sabit kabul edilmiştir. Bu sebeple taşıma miktarına göre elde edilen gelirden sabittir.

Modelde bahsedilen maliyetleri aşağıdaki sınıflarda toplayabiliriz:

- Yakıt maliyetleri (yürütücü ana makine ve jeneratör yardımcı makineleri).
- Günlük sabit maliyet (Running Cost).
- Liman ücretleri;
 - zamana bağlı olmayan ve her liman ziyaretinde ödenen ücretler (plotaj, römorkaj, liman bakım ücretleri, havuzlama vs...),
 - zamana bağlı olan, limanda kalışın birim zamanına ödenen ücretleri (rıhtım kullanım ücretleri, demirleme vs...),
- Kanal ücretleri.

Birçok önemli maliyet kalemleri model dışında bırakılmıştır. Bunun sebebi, bu maliyet kalemlerinin sabit olmasıdır. Dolayısıyla modelin amaç fonksiyonunda herhangi bir etkisi olmayacaktır. Model dışında bırakılan maliyet kalemleri şunlardır:

- Yükleme-boşaltma ve stevedor maliyetleri.
- Acente masrafları.
- Yük brokerlerinin komisyonları.
- Yük ile ilgili acente tarafından fatura edilen haberleşme masrafları.
- Konteyner kiralama ve bakım masrafları.

Yukarıda sabit kabul edilen maliyet kalemleri, yük miktarına göre değişen ve yüke bağlı maliyet kalemleridir. Bu maliyet kalemlerinin çalışmanın başında verildiğini kabul edersek, amaç denkleminde sabit kalacaklar ve modelin optimizasyonuna herhangi bir etkide bulunmayacaklardır. Bu sebeple bu maliyet kalemlerinin filo atamasından bağımsız olduğunu kabul edilerek modelden çıkarılacaktır.

Optimizasyon modelinin çıktısı aşağıdaki bilgileri içerecektir:

- Sahibi olunan gemilerin güzergâhlara tahsisi.
- Her kira döneminde kiraya alınacak gemilerin sayısı ve tonaj aralığı.

- Sahip olunan gemilerden gerekirse hangilerinin ve ne kadar süre ile servisten çıkarılması gerektiği. Kiralanan gemilerin kiradan çıkarılması gerekiyorsa şirket tarafından bu gemilerin hangileri olacağına kararı.

Burada önemli noktalardan biri de; ekonomik gemi hızının ne olacağı sorusudur. Doğrusal problemin çözüm şartlarının oluşabilmesi için hızın sabit olarak kabul edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla modelde gemi hızı, sabit olarak kabul edilmiştir. Tüm gemilerin aynı güzergâhtaki seyir hızları sabit kabul edildiği için de, aynı güzergâhtaki seyir süreleri tüm gemiler için sabittir.

Kabuller:

Modelde kullanılan kargo miktarı, filonun tipine göre; konteyner gemi filosu için TEU konteyner sayısı, kuru yük gemi filosu için birim ağırlık ton olarak alınmaktadır. Buna bağlı olarak da limanlar arası taşımacılık yapacak gemi kapasiteleri ya TEU ya da metrik ton olarak belirtilecektir.

Modele güzergâhların belirli noktalar arasında belirlenmesi dahil değildir. Dünyadaki ticaret merkezlerinin ana limanların ve tali limanların belli olduğu bir ortamda güzergâh belirlenmesi çok karmaşık değildir. Bu sebeple modelin başlangıcında güzergâhlar ve liman sıralarının belli ve sabit olduğu kabul edilmiştir.

Uygulamada ara sırada olsa, istif güçlüklerinin üstesinden gelmek için bir limana iki kez uğramak gerekebilmektedir. Aynı güzergâh üzerindeki aynı limana iki kez uğramayı modelde belirtebilmek için her liman ziyareti, farklı liman olarak gösterilmiştir. Örnek olarak:

liman A (boşaltma) – liman B (boşaltma ve yükleme) – liman A (yükleme)

Yukarıdaki A ve B limanları arasındaki güzergâhta liman A (boşaltma) birinci liman, liman A yükleme ise üçüncü liman olarak tanımlanabilir. Liman simgeleri, liman ziyaret sıralarını göstermektedir. Bu gösterim şekli, farklı servis frekans değerleri için gemi-güzergâh uyumu, kapasite hesabı ve seferin her ayağında gemi üzerindeki yük miktarının doğru hesaplanabilmesine esas oluşturmaktadır.

Gemiler yükleme ve boşaltma için limanlara düzenli aralıklarla uğramalıdır. Yükün, yıl boyunca eşit olarak talep edildiği kabul edilmiştir.

Servis frekansı ya da servis sıklığı olarak bahsedilen terim, bir güzergâh üzerindeki bir limana, gemilerin iki varışı arasındaki süre anlamına gelmektedir. Her seferde, her limana ancak bir kez uğranabilir. Dolayısıyla bir limanın bir yıllık servis frekansı, bize aynı zamanda o güzergâhtaki yıllık sefer sayısını vermektedir.

Gemilerin yüklü ya da balastlı olduklarında suyun gösterdiği direnç farklı olur. Bu durum geminin aynı pervane devirdeki hızı üzerinde farklılık oluşturur. Modelde geminin uzun süre balastlı olarak seyretmesinden dolayı, hız artışının sebep olduğu zaman kazancında ek sefer düzenlenmeyecektir. Aslında bu layner seferler için geçerli bir kabuldür. Layner gemilerin dedveyt ve deplasman oranlarının yüksek olmaması gemi hızında balastlı ve tam yüklü iken hız farkına çok fazla neden olmaz. Çünkü layner gemiler tankerler ve dökme kuru yük gemileri gibi çok büyük tonajlarda olmazlar. Bu sebeple balastlı geminin hızının artmasından dolayı elde edilen zaman kazancı göz ardı edilmiştir.

Ek olarak; kısa ve uzun dönemli kiralamalar için kira oranları, sahip olunan gemi tipleri ve bunların maksimum sayılarına göre bir menü olarak verilmiştir.

Layner Ulaştırma Sistemi Matematik Programlama Formülasyonu

Layner Taşımacılıkta taktik planlama aşamasında filomuzda sayıları ve büyüklükleri, stratejik filo planlaması aşamasında belirlenmiş olan gemilerin yıllık ulaştırma maliyetini minimum kılan sefer sayıları belirlenmelidir. Elde bulunan filonun yıllık çalışma maliyetini minimum kılan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

Karar Değişkenleri;

N_{kr}^t : t yılında r güzergâhındaki k gemisinin sayısı (tamsayı),

N_{hr}^t : t yılında r güzergâhındaki *kiralık* h gemisinin sayısı (tamsayı),

Y_k^t : t yılında k gemisinin yıllık servis dışı kaldığı gün sayısı,

Y_h^t : t yılında *kiralık* h gemisinin yıllık servis dışı kaldığı gün sayısı

ifadeleri ile gösterilmiştir.

Kiralanan gemilerin servis dışı kaldığı günlerde hat sahibi şirket açısından kendisine bir maliyeti olmamaktadır. Şirket serviste tuttuğu gün için kira ödemektedir. Yani $e_k = 0$ dır.

Sahip olunan gemiler için; $k = 1, \dots, K$,

Kiralık tüm gemiler için; $h = 1, \dots, H$

Modeldeki tüm güzergâhlar için; $r = 1, \dots, R$

olmaktadır. Burada K farklı taşıma kapasitelerindeki gemi tipinin sayısını verirken, H farklı taşıma kapasitelerindeki kiralık gemi tipinin sayısını vermektedir. R güzergâh sayısını vermektedir.

Amaç Fonksiyonu

Planlama periyodu içindeki herhangi bir t yılı için toplam operasyon maliyetini minimum kılan amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılır.

$$\text{Min } ZT^t \quad (3.76)$$

$$ZT^t = \left[\sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R C_{kr}^t N_{kr}^t + \sum_{k=1}^K e_k^t Y_k^t \right] + \left[\sum_{h=1}^H \sum_{r=1}^R C_{hr}^t N_{hr}^t + \sum_{h=1}^H e_h^t Y_h^t \right] \quad (3.77)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{r=1}^R N_{kr}^t = N_k^{\text{maks}} \quad (\text{tüm sahip olunan gemileri için}) \quad (3.78)$$

$$\sum_{r=1}^R N_{hr}^t \leq N_h^{maks} \quad (\text{tüm spot piyasadan kiralanan gemileri için}) \quad (3.79)$$

$$\sum_{k=1}^K M_{kr}^t N_{kr}^t + \sum_{h=1}^H M_{hr}^t N_{hr}^t \geq M_r^t \quad (3.80)$$

$$M_r^t = \frac{365}{F_r^t} \quad (3.81)$$

$$Y_k^t = \left(365 \cdot N_k^{t-maks} - T_k \sum_{r=1}^R N_{kr}^t \right) \quad (3.82)$$

$$Y_h^t = 365 \left(N_h^{t-maks} - \sum_{r=1}^R N_{hr}^t \right) \quad (3.83)$$

$$N_k^t, Y_k^t, N_{hr}^t, Y_h^t \geq 0, \quad N_{kr}^t, N_{hr}^t = \text{tamsayı} \quad (3.84)$$

(3.77) denklemindeki;

C_{kr}^t : r güzergâhındaki k gemisinin yıllık işletme maliyeti

şeklinde ifade edilir.

Sahip olunan gemilerle ilgili olarak C_{kr}^t ,

$$C_{kr}^t = C_{kr} \cdot \left(\frac{T_k}{t_{kr}} \right) \quad (3.85)$$

(3.85) formülü ile hesaplanır.

(3.85) formülü stratejik filo planlamasında (3.68) denklemindeki yıllık işletme maliyeti ile aynı değerdir. Bu gemilerin tümü ya da bir kısmı spot piyasadan kiralanacaksa burada dikkat edilecek nokta şudur: Kiralık gemiler için yıllık çalışma süresi 365 gün olarak alınmalı ve bunun dışında sefer maliyetlerinin hesaplanmasında H_k günlük işletme maliyeti, günlük gemi kira bedeli olmalıdır. Buna göre (3.77) denklemindeki C_{hr}^t ;

C_{hr}^t : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin yıllık işletme maliyeti

şeklinde ifade edilir.

Kiralanen gemilerle ilgili olarak C_{hr}^t ;

$$C_{hr}^t = C_{hr} \cdot \left(\frac{365}{t_{hr}} \right) \quad (3.86)$$

(3.86) formülü ile hesaplanır.

Sahip olunan tüm gemiler modelde kullanılmalıdır (3.78). Kiralanacak gemiler spot piyasada mevcut bulunan gemilerden az olabilir, fakat daha fazla olamaz (3.79).

Güzergâhlara Atanan Gemilerin Yıllık Sefer Sayıları

Taktik planlama aşamasında karar değişkenleri N_{kr}^t ve N_{hr}^t , r güzergâhında k ve h gemisinin sayısını vermektedir. Güzergâhlara atanan k ve kiralık h gemilerinin her bir rotadaki yıllık sefer sayıları aşağıdaki (3.87) ve (3.88) denklemleri ile bulunmaktadır.

$$X_{kr}^t = \frac{N_{kr}^t \cdot T_k}{t_{kr}} \quad (3.87)$$

$$X_{hr}^t = \frac{N_{hr}^t \cdot T_h}{t_{hr}} \quad (3.88)$$

Burada;

- X_{kr}^t : r güzergâhındaki k gemisinin yıllık sefer sayısı,
- X_{hr}^t : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin yıllık sefer sayısı,
- N_{kr}^t : r güzergâhına tahsis edilen k tipindeki gemilerin sayısı,
- N_{hr}^t : r güzergâhına tahsis edilen kiralık h gemilerinin sayısı,
- t_{kr} : r güzergâhındaki k gemisinin seyir süresi,
- t_{hr} : r güzergâhındaki kiralık h gemisinin seyir süresi,
- T_k : k gemisi için bir taşıma sezonunun süresi,
- T_h : kiralık h gemisi için bir taşıma sezonu süresi

dir. T_h , genelde 365 alınır.

X_{kr}^t ve X_{hr}^t değeri tam sayı olmaması durumunda, her gemi tipi için M_{kr}^{t-maks} ve M_{hr}^{t-maks} değerini geçmeyecek şekilde tam sayıya yuvarlatılmalıdır.

4. BULGULAR

4.1. OPTİMİZASYON PROSEDÜRÜ

4.1.1. Temel Girdiler

Yük Verileri;

Yük verileri bir güzergâh üzerindeki liman çiftlerinin yük hareketlerini göstermektedir. Veriler üç boyutlu bir matris şeklinde Q_{ijr} (güzergâh r , başlangıç limanı i , varış limanı j kısaltması ile gösterilir. Güzergâh üzerinde özel taşıma gerektiren bir yük varsa bu durum planlama periyodunun başında verilerek, potansiyel bir gemi–güzergâh uyumsuzluğunun önüne geçilmelidir.

Gemi Verileri;

Gemiler ile ilgili bilgilerin sınıflandırılması aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

- a) k , sahip olunan ya da olunacak gemilerin kapasitelerine göre modelde tanımlanan numaralarını; h ise, kiralık gemilerin kapasitelerine göre modelde tanımlanan numaralarını göstermektedir.
- b) $H_k, h_k, g_k^s, g_k^p, g_k^l, D_k, V_k, N_k^{\max}, RT_{hr}, H_h, g_h^s, g_h^p, g_h^l, V_h, N_h^{\max}, RT_{hr}$, kısaltmaları ile semboller listesinde gösterilen gemilere ait özellikler ve değerler.
- c) Ana makine birim zamandaki yakıt tüketiminin servis hızına bağlı değişim grafiği ya da formülasyonudur. Bu değerler değişik hızlardaki yakıt tüketim değerlerini gösteren tablo değerleri olabileceği gibi sürekli bir fonksiyonun grafik ya da formülasyonu da olabilir. Buradaki girdi kısaltmaları S_k, f_k, a_k, S_h, f_h , ve a_h .
- d) Güzergâhlar üzerindeki limanlarda manevra ve yükleme boşaltma operasyonlarına gemilerin uygunluğunu belirlemek amacıyla gemilerin teknik özellikleri:
 - i. Yük elleçleme ekipmanlarının tipi, miktarı ve kapasiteleri.
 - ii. Ambar ve ambar ağızlarının boyutları ve şekilleri.
 - iii. Yük soğutma kapasitesi ve ekipmanları.

- iv. Geminin taşıma tipine göre konteyner kapasitesi, yolcu kapasitesi ya da araç kapasitesi.
- v. Elektrik tedariki ve soğuk hava konteyner sayısı.

Güzergâh Verileri:

- a) Güzergâh adları ve modelde tanımlanan numarası, r .
- b) Güzergâh üzerindeki limanlar ve seyir sıraları; limanların tanımlanan numaraları (i) güzergâhın başlangıç noktasından sonra gelen sefer sırasına göre verilmektedir.
- c) d_r , p_r^f , p_r^g , cn_r , d_r^m , t_r^w , cd_r , cf_r , cw_r ile semboller listesinde kısaltmaları verilen güzergâha ait bilgiler.
- d) Pazarlama stratejilerine göre düşünülen ilgili güzergâha ait servis frekansı, F_r .

Liman Verileri:

- a) n_{ir} , w_{ir} , d_{ir}^m (tüm gemiler için aynı kabul edilir).
- b) v_{irk} , u_{irk} , (her k gemisi ve ir limanı için), v_{irh} , u_{irh} , (her *kiralık* h gemisi ve ir limanı için).
- c) Yük elleçleme ekipmanları tipleri, kapasiteleri ve miktarıdır (potansiyel gemi-güzergâh uyumsuzluğunun önlenmesi amacıyla).

Muhasebe, Finans ve Ekonomi Verileri:

- a) NT , γ (Tüm gemiler için aynı kabul edilir).
- b) T_k (Sahip olunan tüm gemiler için aynı kabul edilir).
- c) T_h (Kiralık gemiler için yıllık çalışma süresi. T_h , 365 kabul edilir).
- d) β , λ , i_0 (Tüm gemiler için aynı kabul edilir).
- e) PS , PR_{kt} (Her k gemisi için farklı bir değer alır).

Servis Frekansı ve Yükler ile ilgili Veriler:

L_{ijr} , L_r , Q_{ir} , RC_r , RV_r . Yük kapasiteleri ve gemi yük seviyelerinin elde edildiği (3.25), (3.26), (3.27), (3.28), (3.29), (3.30), (3.31), (3.32) denklemlerinde tanımlanan aşağıdaki veriler hesaplanır. Gerekli minimum kapasite RC_r ve gerekli minimum sefer sayısı RV_r , farklı frekans değerleri F_r ve farklı gemi kapasiteleri V_k için elde edilir.

Bir r güzergâhında, her bir (ij) liman çifti arasında, gemi üzerindeki yıllık yük hareketi L_{ijr} , ve buna bağlı olarak elde edilen bir r güzergâhındaki yıllık maksimum yük hareketini gösteren L_r , (3.27), (3.28), (3.29), (3.30) denklemleri ile elde edilir.

L_r , bir geminin bir güzergâh üzerinde yılda sadece 1 kez sefer yaptığı kabul edildiğinde, güzergâhın her bir ayağında gemi üzerinde bulunan yük seviyeleri içerisinde maksimum olan yük miktarıdır. Başka bir deyişle yıllık taşıma talebini karşılayabilmek için gerekli minimum kapasite anlamına gelir. Güzergâh üzerindeki maksimum taşıma talebi, minimum taşıma kapasitesine karşılık gelmektedir.

Servis Hızı Verileri

Yakıt tüketim katsayısı a_k , her k gemisi için yakıt tüketiminin hıza bağlı değişimini gösteren tablodan hesaplanabilir. Daha sonra S_k^* , Denklem (3.37) ile her bir güzergâh için o güzergâhtaki yakıt fiyatları uygulanarak elde edilir. Eğer güzergâhlar arasındaki yakıt birim fiyatlarında çok az bir fark varsa, yakıt fiyatını ortalama tek bir değer olarak, her bir gemi tipi için tek bir optimal hız değeri elde edilmesi uygun olacaktır (Perakis ve Jaramillo, 1991b).

Aynı işlemler kiralık gemiler için de uygulanır. Denklem (3.37)'da en önemli parametreler p_r^f yakıt fiyatları ve H_k günlük işletme maliyetidir. Optimal hız hesabında kritik nokta doğru H_k^* değerinin bulunmasıdır. Eğer ulaştırma işletmesinin sahibi olduğu gemilerin taşıma kapasitesi yetersiz ya da kapasite yeterli ancak servis dışı günlük maliyeti düşük ise, filonun servis hızını artırarak bazı gemilerin servis dışına alınması ekonomik olabilir. Bunun tam tersi olarak sahip olunan gemilerin kapasiteleri yeterli ve servis dışı gemilerin günlük işletme maliyeti yüksek ise filonun servis hızını düşürmek daha ekonomik olacaktır.

4.1.2. Model Çözümünde Kullanılan Optimizasyon Programı

Modelin çözümünde Microsoft Excel Tabloları ve Frontline Systems Firmasına ait Microsoft Excel Premium Solver Programı kullanılmıştır. Excel tablolarının kolay hazırlanması, Excel tablolarına uyumlu olması ve oldukça esnek bir yapıda olması sebebiyle Premium Solver optimizasyon eklentisi tercih edilmiştir.

Premium Solver çözümleri aşağıdaki çıktıları içermektedir. Bunlar;

- Optimal çözümleri veren karar değişkenlerinin değerleri,
- Optimal çözümün amaç fonksiyonu değeri,
- Optimal çözümün adım sayısı,
- Amaç fonksiyonundaki değişken katsayılarının indirgenmiş maliyet değerleri,
- Kısıt denklemlerindeki duyarlılık analiz değerleri,
- Kısıtların Dual değişken değerleri,
- Karar değişken katsayılarında optimal çözümleri bozmayacak alt ve üst sınır değeri aralıkları,
- Kısıt denklemlerinin sağ taraf değerlerinde optimal çözümleri bozmayacak alt ve üst sınır değeri aralıkları

olmaktadır.

Karar değişkenleri θ_{krt} modelin birinci aşamasında yıllara göre değişen filo yapısı içerisinde her bir planlama yılında, her bir güzergâhtaki gemilerin kullanım miktarını vermektedir. Birinci aşamada yıllık talep yük hareketlerine göre filoya eklenecek ya da filodan çıkarılacak gemi tipleri ile, servisten çekilen gemilerin yıllık miktarı hakkında bilgi edinilir. Bu aşamanın en önemli çıktılarından birisi r güzergâhında servis yapacak tüm gemilerin yıllık optimum sefer sayısının dolayısıyla servis frekansının hesaplanmasıdır. Bu noktada karar vericinin önünde iki seçenek bulunmaktadır. Yıllık sefer sayısı, piyasa koşulları, rekabet şartları, müşteri beklentileri doğrultusunda karar verici tarafından belirlenebilir. Bu taktirde M_{kr} değerleri belirlenir. Bunun tersi olarak optimum yıllık sefer sayısını modelin hesaplaması istenebilir. M_{kr}^* değeri yıllık işletme maliyeti minimum olacak şekilde optimum olarak hesaplanır.

İkinci aşamada ise birinci aşamada sayıları belirlenmiş filonun güzergâhlara ataması yapılmaktadır. Burada N_{kr} , güzergâhlara atanan sahip olunan gemileri sayısını gösterirken; Y_k , k gemisinin servisten çekildiği gün sayısını vermektedir. Y_k , gemilerin tamir ve bakım sürelerini de içerirken gün olarak zamanı belirtmektir. Filonun değişen koşullara uyum

sağlaması için yıl içinde gemi kiralaması gerekebilir. Bu taktirde modelin ikinci aşamasına N_{hr} kiralık gemiler için karar değişkeni eklenmiştir. N_{hr} , r güzergâhındaki h kiralık gemisinin sayısını vermektedir. Y_{hr} servis dışında olan kiralık gemilerin servis dışı kaldığı gün sayısını vermektedir. Kiralık gemilerin servis dışında günlük maliyetleri hat işleten şirketler için genelde yoktur. Ancak özel durumlara karşı modele koyulması gerekli görülmüştür.

4.2. LAYNER ULAŞTIRMA SİSTEMLERİ FİLO PLANLAMASINDA BİR UYGULAMA

Çalışmada filo planlama modelinin uygulamasında layner taşımacılık servisi yapan bir şirket örnek alınmıştır. Şirket aşağıdaki güzergâhlarda layner taşımacılık hizmetini gerçekleştirmektedir:

- Güzergâh 1: Türkiye- Akdeniz.
- Güzergâh 2: Türkiye – Kuzey Avrupa.
- Güzergâh 3: Türkiye – Amerika.

Şirketin tüm gemileri 750 TEU konteyner taşıma kapasitesinde toplam 10 adet eş gemiye sahiptir. Filo yönetimi açısından eş gemiler kullanmanın avantajları bulunmaktadır. Eş gemilerden oluşan bir filonun bakım tutum masrafları daha kolay, hızlı ve ekonomik olabilir. Buna karşın farklı hatlarda aynı kapasiteli ve maliyetlerde gemi kullanmanın işletme maliyetleri açısından ekonomik olup olmayacağı ise tartışma konusudur.

4.2.1. Uygulamada Kullanılan Veriler

Uygulamada birbirinden farklı kapasite ve maliyetlerde 11 adet satın alınabilecek gemi ile taktik filo planlaması aşamasında aynı 11 gemi setinin kiralanabilmesi de mümkün kılınarak 22 adet gemi seçeneği belirlenmiştir. Gemilerin özellikleri ve maliyet değerleri Ek 1 ve Ek 2 de, güzergâh değerleri de Ek 3' te verilmiştir.

Gemilerin yıllık taşıma talebi, güzergâhlar üzerindeki başlangıç-varış limanları arasında geminin üzerindeki en yoğun yük seviyesinin bulunduğu güzergâh ayağına göre yapılmıştır. (3.27), (3.28), (3.29) denklemlerinden faydalanarak 1. yıl için 1. güzergâhta

46,000 TEU, 2. güzergâhta 28,000 TEU ve 3. güzergâhta 32,000 TEU luk bir yük seviyesi belirlenmiştir. Güzergâhların gelecek 2 yıl için yük seviyesi artış/azalış oranları Tablo 4.1 gibi öngörülmüştür.

Tablo 4.1 Güzergâhlardaki Yıllık Taşıma Talepleri

| Rota | Talep | | | | |
|------|--------|--------------|-------|--------------|-------|
| | Yıl 1 | artış/azalış | Yıl 2 | artış/azalış | Yıl 3 |
| 1 | 46.000 | 5% | 48300 | 5% | 50715 |
| 2 | 28.000 | 20% | 33600 | -15% | 28560 |
| 3 | 32.000 | -20% | 25600 | -20% | 20480 |

Dünyadaki ekonomik şartlar, gemilerin hurda değerleri, alım satım masrafları, filonun yaşı ve planlama süresinin uzunluğu ile ilgili olarak filonun piyasa satışındaki değer kaybı ile ilgili parametreler Tablo 4.2 de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Finansal ve ekonomik değerler.

| | | |
|---|----------|--------|
| NBD. İndirgeme oranı | i_0 | 0,05 |
| Hurda değeri oranı | γ | 0,05 |
| Ek satın alma değeri | α | 0,03 |
| Planlama sonu filo değer kaybı yüzde oranı | β | 1 |
| Gemilerin ekonomik ömrü | NT | 25 yıl |

Tablo 4.2’de net bugünkü değere (NBD) yıllık indirgeme iskonto oranı Amerika Merkez Bankası yıllık faiz oranı 2008 yılı Haziran ayı yıllık %3 borçlanma faizi üzerine % 2 bir risk payı eklenerek % 5 olarak alınmıştır.

Hurda değeri %5, ek satın alma maliyeleri piyasa fiyatının üzerine %3, gemilerin ekonomik ömrü de 25 yıl olarak kabul edilmiştir.

Çalışmadaki modelde karar vericinin sübjektif değerlendirmesine bırakılan tek parametre planlama sonu filo değer kaybı β oranıdır. Eğer karar verici planlama periyodu sonunda

filo piyasa değerini kaybetmediğini ya da çok az kaybettiğini düşünüyorsa β değerini 1 ya da 1'e çok yakın bir değer, planlama periyodunun sonunda filonun piyasa fiyatını hurda değerine yakın bir şekilde aşırı kaybedeceğini düşünüyorsa sıfır ya da sıfıra çok yakın bir değer almalıdır. β değeri karar vericinin tecrübesi ve piyasa koşullarına göre 0 ile 1 arasında bir değer olarak belirlenir. Çalışmada planlama periyodunun 3 yıl gibi çok az bir süre olarak alınması ve gemilerin ise yaşı küçük yeni gemiler olduğunun kabul edilmesi sebebiyle filonun planlama periyodu sonunda değerini yitirmeyeceği göz önüne alınarak β katsayısı 1 olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada her bir satın alınabilecek geminin r güzergâhındaki bir seferine ait süre ve maliyet değerleri (3.38), (3.57), denklemlerinden elde edilerek EK 4'te bulunan Tablo 7.4, Tablo 7.5'te gösterilirken, spot piyasada kiralık gemilerin r güzergâhındaki bir seferine ait süre ve maliyet değerleri, (3.39), (3.58) denklemlerinden elde edilerek EK6'da bulunan Tablo 7.8 ve Tablo 7.9' da verilmiştir.

Ayrıca yine her bir satın alınabilecek geminin r güzergâhındaki yıllık maksimum sefer sayısı (3.65) ve yıllık maliyet değerleri (3.85) denklemlerinden elde edilerek EK 5'te bulunan Tablo 7.6, Tablo 7.7'te gösterilirken, spot piyasada kiralık gemilerin r güzergâhındaki yıllık maksimum sefer sayısı (3.65) ve yıllık maliyet değerleri (3.86), denklemlerinden elde edilerek Ek 7'de bulunan Tablo 7.10, Tablo 7.11'te gösterilmiştir.

Gemilerin ekonomik hızları;

Gemilerin ekonomik hızını veren Denklem (3.37)'ye ilgili gemi ve yakıt değerleri girildiğinde tüm gemiler için ekonomik hızlar 10 knots altında çıkmaktadır. Bu taktirde ekonomik hız olarak gemi dizayn hızlarının alt limitini almak uygun olacaktır. Bu taktirde gemi dizayn hızlarının %20 altını almak uygun olacaktır. Gemilerin hesaplanmış ekonomik hızları S_k^* , Ek 1' de verilmiştir.

Uygulamada dört senaryo üzerinde çalışılacaktır. Senaryoların tanımları aşağıdaki gibidir:

4.2.2. Senaryolar

Senaryo 1

Birinci senaryo ile ilgili başlangıç koşulları aşağıda verilmiştir:

Çözümün birinci aşamasında Denklem (3.61), (3.62), (3.63), (3.73) modelde kullanılacaktır. Yıllık sefer sayısı ve frekanslar model tarafından belirleneceğinden, Denklem (3.64) modelden çıkarılarak Denklem (3.63) de güzergâhların yıllık sefer sayısı M_r^* değişkeni bağımsız hale getirilir.

Modelde kullanılan optimizasyon programı Premium Solver Microsoft Excel Eklentisine Amaç denklemi (3.61) ve kısıt denklemleri (3.62), (3.63) (3.73) tanımlanarak çözüldüğünde Tablo 7.12'deki sonuçlar bulunarak EK 8' de sunulmuştur. Buna göre:

Planlama periyodu 3 yıl boyunca yıllık filo işletme maliyetini, yatırım maliyetini ve amortisman maliyetini minimum yapan filo stratejisi birinci yılın başında k=6 nolu gemiden 2 adet ve k=3 nolu gemiden 1 adet satın alınması ve üçüncü yılın başında k=3 nolu 1 adet geminin filodan çıkarılması şeklinde olmalıdır.

Tablo 4.4 Senaryo 1 – Aşama 1 Güzergâhların Bulunan Yıllık Sefer Sayıları ve Frekansları

| | Birinci Yıl t=1 | | İkinci Yıl t=2 | | Üçüncü Yıl t=3 | |
|--------------|--------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | Yıllık Sefer | Frekans | Yıllık Sefer | Frekans | Yıllık Sefer | Frekans |
| | Sayısı | | Sayısı | | Sayısı | |
| Güzergâh (r) | M_{rt} | F_{rt} | M_{rt} | F_{rt} | M_{rt} | F_{rt} |
| 1 | 24 | 15 | 25 | 14 | 27 | 14 |
| 2 | 15 | 25 | 18 | 21 | 15 | 24 |
| 3 | 21 | 17 | 17 | 22 | 11 | 34 |

Bu taktirde üç yılın minimum toplam işletme, yatırım ve amortisman maliyetlerinin net bugünkü değeri $ZP_0 = 158.128.063$ USD olacaktır.

Modelin karar verdiği güzergâhlardaki taşımaların yıllık sefer sayısı ve frekansları aşağıdaki Tablo 4.4'de verilmiştir.

Taktik Filo Planlaması İkinci Aşama

Senaryo 1 birinci aşamada filoya alınmasına karar verilen gemilere ve güzergahların yıllık sefer sayılarına model karar vermiştir. İkinci aşamada mevcut gemilerin model tarafından

belirlenen sefer periyotlarında güzergahlara ataması yapılacaktır. Eğer gerekli görülürse yıllık sefer sayısını sağlayabilmek için spot piyasadan gemi kiralanmalıdır.

Birinci aşamada $k=6$ nolu gemiden 2 adet $k=3$ nolu gemiden 1 adet bulunmuştur. Bu değerler taktik filo planlama aşamasında Denklem (3.78) deki N_{kr}^{maks} değerleri olmaktadır.

$N_{6r}^{maks} = 2$ ve $N_{3r}^{maks} = 1$ dışındaki tüm N_{kr}^{maks} değerleri sıfırdır.

Kiralık gemiler için N_{hr}^{maks} 4 alınması uygun görülmüştür. Bu her bir h gemisinden maksimum 4 adet kiralanabilir anlamına gelmektedir. Böylece spot piyasada her hangi bir kiralık gemi arzında bir sıkıntı olmadığı kabul edilmiştir.

Bu kabuller (3.76), (3.77), (3.78), (3.79), (3.80), (3.82), (3.83), (3.84), denklemleri optimizasyon programı Premium Solver Microsoft Excel Eklentisine yüklendiğinde birinci, ikinci ve üçüncü yıllar için taktik planlama gemi güzergah atamaları ve yıllık işletme maliyetlerinin değerleri Ek 9, Ek 10, Ek 11 de bulunan Tablo 7.13, Tablo 7.14 ve Tablo 7.15’de gösterilmiştir.

Birinci yıl için yıllık işletme maliyetini minimum yapan gemi – güzergâh atamasına göre birinci güzergâha $k=6$ nolu gemiden 1 adet, ikinci güzergâha $h=8$ numaralı kiralık gemilerden 1 adet, 3. güzergâha ise $k=3$ ve $k=6$ numaralı gemilerden 1’er adet atanmıştır.

$K=3$ nolu gemi tüm çalışma tüm yıl boyunca 10 gün servis dışı kalırken, $K=6$ nolu 2 adet gemi toplam 20 gün servis dışı kalmıştır. Sahip olunan gemiler için yıllık çalışma süresi 355 gün olduğu için, servis dışı kalma gün sayıları modelin başında kabul edilen sürelerdir. Sahip olunan tüm gemiler yıllık çalışma sezonu süresince maksimum çalışmışlardır. $H = 8$ nolu gemi sefer sayılarını karşılamak amacıyla kiralanmıştır.

Kiralık h gemilerinin her birinden 4 adet kiralanabilmektedir. Bu sebeple Y_h satırında kiralanmayan gemilerin çalışma günleri modelin gereğince servis dışı çalışma günü olarak gözükmemektedir. Ancak servis dışı kiralık gemilerin işletmeye bir mali sorumluluğu olmadığı için ($e_h = 0$) amaç denklemine ve sonuca bu günlerin bir etkisi olmamaktadır.

Senaryo 1'e göre yapılan atamalara göre planlama periyodunun ilk yılındaki yıllık işletme maliyeti minimum 55.836.101 USD olarak bulunmuştur.

Senaryo 2

İkinci senaryo ile ilgili başlangıç koşulları aşağıda verilmiştir:

- Şirketin mevcut gemisi yoktur.
- Şirket şimdiye kadar sadece gemi kiralararak hizmet yapmakta ancak bundan sonra yeni gemiler satın alarak kendi gemileri ile taşımacılık yapmak istemektedir.
- Kiralık gemileri sadece taktik planlama aşamasında dönemlik ihtiyaçları doğrultusunda mevcut filo kapasitesi yetersiz kaldığında kullanacaktır. Spot piyasada kiralık gemi arzında herhangi bir yetersizlik yoktur.
- Şirket önündeki 3 yıl içinde stratejik bir yapılanma içine girerek gemiler satın almak istemektedir.
- Sefer frekansları şirket tarafından belirlenecektir.

Geliştirilen model sonunda aşağıdaki problemlerin çözümü bulunacaktır:

- Mevcut 11 gemi seçeneğinden 3 yıllık planlama döneminde her bir yıl için hangi kapasiteli gemilerden kaç adet satın alınmalıdır?
- Her bir taşımacılık sezonun başında ihtiyaca göre hangi gemi seçeneklerinden kaç adet gemi kiralanmalıdır?
- Tüm planlama dönemi boyunca filo işletme, amortisman maliyetlerinin net bugünkü değeri ne olmalıdır ?
- Planlama döneminin her bir yılında yıllık işletme maliyeti nedir?

Stratejik Filo Planlaması Birinci Aşama:

Stratejik Filo Planlaması aşamasında 1. senaryoya göre başlangıç durumunda gemilerin filo dağılımını gösteren durum vektörü ($U\vec{U}$) değerleri Tablo 4.5'de görüldüğü gibi sıfırdır.

Şirketin karar verdiği güzergâhlardaki taşımaların yıllık sefer sayısı ve frekansları aşağıdaki Tablo 4.6'de verilmiştir.

Tablo 4.5 Senaryo 2 Filo Başlangıç Durumu

| Gemi No (k) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Başlangıç Gemi Sayısı UU_{t-1} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Çözümün birinci aşamasında Denklem (3.61), (3.62), (3.63), (3.73) modelde kullanılacaktır. Yıllık sefer sayısı ve frekanslar şirket tarafından belirleneceğinden, Denklem (3.64) modele eklenerek Denklem (3.63) de güzergâhların yıllık sefer sayısı M_r^* değişkeni bağımlı bir kısıt haline getirilir.

Tablo 4.6 Senaryo 2 – Aşama 1 Güzergâhların Bulunan Yıllık Sefer Sayıları ve Frekansları

| | Birinci Yıl t=1 | | İkinci Yıl t=2 | | Üçüncü Yıl t=3 | |
|--------------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| | Yıllık Sefer Sayısı | Frekans | Yıllık Sefer Sayısı | Frekans | Yıllık Sefer Sayısı | Frekans |
| Güzergâh (r) | M_{rt} | F_{rt} | M_{rt} | F_{rt} | M_{rt} | F_{rt} |
| 1 | 52 | 7 | 52 | 7 | 52 | 7 |
| 2 | 52 | 7 | 52 | 7 | 52 | 7 |
| 3 | 52 | 7 | 52 | 7 | 52 | 7 |

Modelde kullanılan optimizasyon programı Premium Solver Microsoft Excel Eklentisine Amaç denklemi (3.61) ve kısıt denklemleri (3.62), (3.63), (3.64), (3.73) tanımlanarak çözüldüğünde Tablo 7.16’teki sonuçlar bulunarak Ek 12’de sunulmuştur. Buna göre:

Planlama periyodu 3 yıl boyunca yıllık filo işletme maliyetini, yatırım maliyetini ve amortisman maliyetini minimum yapan filo stratejisi birinci yılın başında k=1 nolu gemiden 1 adet ve k=3 nolu gemiden 2 adettir. k=8 nolu gemiden 3 adet, k=10 no’lu gemiden 4 adet satın alınması, ikinci yılda herhangi bir satın alınmaması, üçüncü yılın başında k=8 nolu gemiden 1 adet satın alınması, üçüncü yılın başında k=1 nolu geminin filodan çıkarılması şeklinde olmalıdır.

Bu taktirde üç yılın minimum toplam işletme, yatırım ve amortisman maliyetlerinin net bugünkü değeri $ZP_0 = 307.429.743$ USD olacaktır.

Taktik Filo Planlaması İkinci Aşama

Senaryo 2 birinci aşamada filoya alınmasına karar verilen gemilere ve güzergahların yıllık sefer sayılarına model karar vermiştir. İkinci aşamada mevcut gemilerin model tarafından belirlenen sefer periyotlarında güzergahlara ataması yapılacaktır. Eğer gerekli görülürse yıllık sefer sayısını sağlayabilmek için spot piyasadan gemi kiralanmalıdır.

Birinci aşamada satın alınacak gemiler birinci yılın başında $k=1$ nolu gemiden 1 adet ve $k=3$ nolu gemiden 2 adet, $k=8$ nolu gemiden 3 adet, $k=10$ nolu gemiden 4 adet bulunmuştur. Bu değerler taktik filo planlama aşamasında Denklem (3.78) deki N_{kr}^{maks} değerleri olmaktadır. $N_{1r}^{1-maks} = 1$, $N_{3r}^{1-maks} = 2$, $N_{8r}^{1-maks} = 3$ ve $N_{10r}^{1-maks} = 4$ dışındaki tüm N_{kr}^{1-maks} değerleri sıfırdır.

Kiralık gemiler için $N_{hr}^{1-maks} = 4$ alınması uygun görülmüştür. Bu, her bir h gemisinden maksimum 4 adet kiralanabilir anlamına gelmektedir. Böylece spot piyasada kiralık gemi arzında bir sıkıntı olmadığı kabul edilmiştir.

Bu kabuller ve (3.76), (3.77), (3.78), (3.79), (3.80), (3.82), (3.83), (3.84), denklemleri optimizasyon programı Premium Solver Microsoft Excel Eklentisine yüklendiğinde elde edilen sonuçlar Ek 13, Ek 14, Ek 15'deki Tablo 7.17, Tablo 7.18, Tablo 7.19'da gösterilmiştir.

Yıllık işletme maliyetini minimum yapan gemi ve güzergâh atamasına göre birinci güzergâha $k=10$ nolu gemiden 2 adet, ikinci güzergâha $k=10$ nolu gemiden 2 adet, üçüncü güzergâha ise $k=1$ nolu gemiden 1 adet, $k=3$ nolu gemiden 1 adet, $k=8$ nolu gemiden 3 adet, $h=10$ nolu kiralık gemiden 1 adet gemi atanmıştır.

Senaryo 2' e göre yapılan atamalara göre planlama periyodunun ilk yılındaki yıllık işletme maliyeti minimum 105.490.316 USD olarak bulunmuştur.

Senaryo 3

Üçüncü senaryo ile ilgili başlangıç koşulları aşağıda verilmiştir.

- Şirketin sahip olduğu mevcut gemileri bulunmaktadır.
- Şirket şimdiye kadar kendi gemileri ve ihtiyaç durumunda spot piyasadan gemi kiralarak taşımacılık hizmeti gerçekleştirmektedir.
- Kiralık gemileri sadece taktik planlama aşamasında dönemlik ihtiyaçları doğrultusunda mevcut filo kapasitesi yetersiz kaldığında kullanacaktır. Spot piyasada kiralık gemi arzında herhangi bir yetersizlik yoktur.
- Şirket önündeki 3 yıl içinde filo yapısını toplam maliyetleri minimum olacak şekilde geliştirmek istemektedir.
- Güzergâhlara ait sefer frekansları model tarafından belirlenecektir.

Geliştirilen model sonunda aşağıdaki problemlerin çözümü bulunacaktır.

- Mevcut 11 gemi seçeneğinden 3 yıllık planlama döneminde her bir yıl için hangi kapasiteli gemilerden kaç adet satın alınmalıdır?
- Her bir taşımacılık sezonun başında ihtiyaca göre hangi gemi seçeneklerinden kaç adet gemi kiralanmalıdır ?
- Tüm planlama dönemi boyunca filo işletme, amortisman maliyetlerinin net bugünkü değeri ne olmalıdır ?
- Güzergâhların yıllık sefer sayıları ve frekansları ne olmalıdır?
- Planlama döneminin her bir yılında yıllık işletme maliyeti nedir?

Stratejik Filo Planlaması Birinci Aşama:

Stratejik Filo Planlaması aşamasında 1. senaryoya göre başlangıç durumunda gemilerin filo dağılımını gösteren durum vektörü (\overline{UU}) değerleri Tablo 4.7'de görüldüğü gibidir. Buna göre şirketin k=1 nolu gemiden 8 adet aynı özelliklere sahip eş gemisi vardır.

Tablo 4.7 Senaryo 3 Filo Başlangıç Durumu

| Gemi No (k) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Başlangıç Gemi Sayısı $U\vec{U}_{t-1}$ | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Çözümün birinci aşamasında Denklem (3.61), (3.62), (3.63), (3.73) modelde kullanılacaktır. Yıllık sefer sayısı ve frekanslar model tarafından belirleneceğinden, Denklem (3.64) modelden çıkarılarak Denklem (3.63) de güzergâhların yıllık sefer sayısı M_r^* değişkeni bağımsız hale getirilir.

Modelde kullanılan optimizasyon programı Premium Solver Microsoft Excel Eklentisine Amaç denklemi (3.61) ve kısıt denklemleri (3.62), (3.63) (3.73) tanımlanarak çözüldüğünde Tablo 7.20'deki sonuçlar bulunarak EK 16'da sunulmuştur. Buna göre:

3 yıllık planlama periyodu boyunca, yıllık filo işletme maliyetini, yatırım maliyetini ve amortisman maliyetini minimum yapan filo stratejisi; birinci yılın başında k=1 nolu mevcut gemilerinden 7 adetinin filodan çıkarılması, k=6 nolu gemiden 2 adet, k=10 nolu gemiden 1 adet satın alınması; ikinci yılın başında k=1 nolu gemiden 1 adet satın alınması; üçüncü yılın başında ise k=1 nolu mevcut 1 adet gemisinin filodan çıkarılması şeklinde olmalıdır.

Bu taktirde üç yılın minimum toplam işletme, yatırım ve amortisman maliyetlerinin net bugünkü değeri $ZP_0 = 160.384.635$ USD olacaktır.

Modelin karar verdiği güzergâhlardaki taşımaların yıllık sefer sayısı ve frekansları aşağıdaki Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8 Senaryo 3 – Aşama 1 Güzergâhların Bulunan Yıllık Sefer Sayıları ve Frekansları

| | Birinci Yıl t=1 | | İkinci Yıl t=2 | | Üçüncü Yıl t=3 | |
|--------------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| | Yıllık Sefer Sayısı | Frekans | Yıllık Sefer Sayısı | Frekans | Yıllık Sefer Sayısı | Frekans |
| Güzergâh (r) | M_{rt} | F_{rt} | M_{rt} | F_{rt} | M_{rt} | F_{rt} |
| 1 | 24 | 15 | 25 | 14 | 27 | 14 |
| 2 | 15 | 25 | 18 | 21 | 15 | 24 |
| 3 | 26 | 14 | 19 | 19 | 11 | 34 |

Taktik Filo Planlaması İkinci Aşama

Senaryo 3 birinci aşamada filoya alınmasına karar verilen gemilere ve güzergahların yıllık sefer sayılarına model karar vermiştir. İkinci aşamada mevcut gemilerin model tarafından belirlenen sefer periyotlarında güzergahlara ataması yapılacaktır. Eğer gerekli görülürse yıllık sefer sayısını sağlayabilmek için spot piyasadan gemi kiralanmalıdır.

Birinci aşamada planlama periyodunun “birinci yılı” için $k=1$ nolu gemiden 1, $k=6$ nolu gemiden 2 adet, $k=10$ nolu gemiden 1 adet bulunmuştu. Bu değerler taktik filo planlama aşamasında Denklem (3.78) deki N_{kr}^{maks} değerleri olmaktadır. $N_{1r}^{maks} = 1$ ve $N_{6r}^{maks} = 2$ $N_{10r}^{maks} = 1$ dışındaki tüm N_{kr}^{maks} değerleri sıfırdır.

Kiralık gemiler için N_{hr}^{maks} 4 alınması uygun görülmüştür. Bu her bir h gemisinden maksimum 4 adet kiralanabilir anlamına gelmektedir. Böylece spot piyasada her hangi bir kiralık gemi arzında bir sıkıntı olmadığı kabul edilmiştir.

Bu kabuller (3.76), (3.77), (3.78), (3.79), (3.80), (3.82), (3.83), (3.84), denklemleri optimizasyon programı Premium Solver Microsoft Excel Eklentisine yüklendiğinde elde edilen sonuçlar Ek 17, Ek 18 ve Ek 19 da Tablo 7.21, Tablo 7.22, Tablo 7.23 'de gösterilmiştir.

Yıllık işletme maliyetini minimum yapan gemi ve güzergâh atamasına göre birinci güzergâha k=10 nolu gemiden 1 adet, ikinci güzergâha k=1 nolu gemiden 1 adet. üçüncü güzergâha ise k=6 numaralı gemiden 2 adet atanmıştır.

K=1 nolu gemi tüm çalışma tüm yıl boyunca 10 gün servis dışı kalırken, K=6 nolu 2 adet gemi toplam 20 gün, k=10 nolu gemi toplam 10 gün servis dışı kalmıştır. Sahip olunan gemiler için yıllık çalışma süresi 355 gün olduğu için, servis dışı kalma gün sayıları modelin başında kabul edilen sürelerdir. Sahip olunan tüm gemiler yıllık çalışma sezonu süresince maksimum çalışmışlardır.

Taktik filo aşamasında spot piyasadan herhangi bir gemi kiralanmamıştır. Kiralık gemilerin her birinden 4 adet mümkün kılınarak bir kısıtlamaya gidilmemiştir. Bu sebeple Y_h satırında kiralanmayan gemilerin çalışma günleri modelin gereğince servis dışı çalışma günü olarak gözükmemektedir. Ancak servis dışı kiralık gemilerin işletmeye bir mali sorumluluğu olmadığı için ($e_h = 0$) amaç denkleminde ve sonuca bu günlerin bir etkisi olmamaktadır.

Senaryo 3' e göre yapılan atamalara planlama periyodunun ilk yılındaki yıllık işletme maliyeti minimum 56.287.833 USD olarak bulunmuştur.

Senaryo 4

Dördüncü senaryo ile ilgili başlangıç koşulları aşağıda verilmiştir.

- Şirketin mevcut gemisi vardır.
- Şirket şimdiye kadar kendi gemileri ve ihtiyaç durumunda spot piyasadan gemi kiralarak taşımacılık hizmeti gerçekleştirmektedir.
- Kiralık gemileri sadece taktik planlama aşamasında dönemlik ihtiyaçları doğrultusunda mevcut filo kapasitesi yetersiz kaldığında kullanacaktır. Spot piyasada kiralık gemi arzında herhangi bir yetersizlik yoktur.
- Şirket önündeki 3 yıl içinde stratejik bir yapılanma içine girerek gemiler satın almak istemektedir.
- Sefer frekansları şirket tarafından belirlenecektir.

Geliştirilen model sonunda aşağıdaki problemlerin çözümü bulunacaktır.

- Mevcut 11 gemi seçeneğinden 3 yıllık planlama döneminde her bir yıl için hangi kapasiteli gemilerden kaç adet satın alınmalıdır?
- Her bir taşımacılık sezonun başında ihtiyaca göre hangi gemi seçeneklerinden kaç adet gemi kiralanmalıdır ?
- Tüm planlama dönemi boyunca filo işletme, amortisman maliyetlerinin net bugünkü değeri ne olmalıdır ?
- Planlama döneminin her bir yılında yıllık işletme maliyeti nedir?

Stratejik Filo Planlaması Birinci Aşama:

Stratejik Filo Planlaması aşamasında 1. senaryoya göre başlangıç durumunda gemilerin filo dağılımını gösteren durum vektörü (\overline{UU}) değerleri Tablo 4.9 'de görüldüğü gibidir. Buna göre şirketin k=1 nolu gemiden 8 adet aynı özelliklere sahip eş gemisi vardır.

Tablo 4.9 Senaryo 4 Filo Başlangıç Durumu

| Gemi No (k) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Başlangıç Gemi Sayısı UU_{t-1} | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Şirketin güzergâhlardaki karar verdiği yıllık sefer sayısı ve frekansları aşağıdaki Tablo 4.10'da verilmiştir.

Çözümün birinci aşamasında Denklem (3.61), (3.62), (3.63), (3.73) modelde kullanılacaktır. Yıllık sefer sayısı ve frekanslar şirket tarafından belirleneceğinden, Denklem (3.64) modele eklenerek Denklem (3.63) de güzergâhların yıllık sefer sayısı M_r^* değişkeni bağımlı bir kısıt haline getirilir.

Modelde kullanılan optimizasyon programı Premium Solver Microsoft Excel Eklentisine Amaç denklemi (3.61) ve kısıt denklemleri (3.62), (3.63), (3.64), (3.73) tanımlanarak çözüldüğünde Tablo 7.24'teki sonuçlar bulunarak Ek 20' de sunulmuştur. Buna göre:

Tablo 4.10 Senaryo 4 – Aşama 1 Güzergâhların Bulunan Yıllık Sefer Sayıları ve Frekansları

| | Birinci Yıl t=1 | | İkinci Yıl t=2 | | Üçüncü Yıl t=3 | |
|--------------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| | Yıllık Sefer Sayısı | Frekans | Yıllık Sefer Sayısı | Frekans | Yıllık Sefer Sayısı | Frekans |
| Güzergâh (r) | M_{rt} | F_{rt} | M_{rt} | F_{rt} | M_{rt} | F_{rt} |
| 1 | 52 | 7 | 52 | 7 | 52 | 7 |
| 2 | 52 | 7 | 52 | 7 | 52 | 7 |
| 3 | 52 | 7 | 52 | 7 | 52 | 7 |

3 yıllık planlama periyodu boyunca yıllık filo işletme maliyetini, yatırım maliyetini ve amortisman maliyetini minimum yapan filo stratejisi birinci yılın başında k=1 nolu gemiden 8 adet şirketin mevcut 8 gemisinin devamı, k=8 nolu gemiden 1 adet satın alınması; ikinci yılda herhangi bir gemi satın alınmaması ya da filodan çıkarılmaması, üçüncü yılın başında k=1 nolu gemiden 1 adet filodan çıkarılması ve k=3 nolu gemiden 1 adet satın alınması şeklinde olmalıdır.

Bu taktirde üç yılın minimum toplam işletme, yatırım ve amortisman maliyetlerinin net bugünkü değeri $ZP_0 = 307.429.743$ USD olacaktır.

Taktik Filo Planlaması İkinci Aşama

Senaryo 4 birinci aşamada filoya alınmasına karar verilen gemilere ve güzergahların yıllık sefer sayılarına model karar vermiştir. İkinci aşamada mevcut gemilerin model tarafından belirlenen sefer periyotlarında güzergahlara ataması yapılacaktır. Eğer gerekli görülürse yıllık sefer sayısını sağlayabilmek için spot piyasadan gemi kiralanmalıdır.

Birinci aşamada satın alınacak gemiler birinci yılın başında k=1 nolu gemiden 8 adet ve k=8 nolu gemiden 1 adet, bulunmuştu. Bu değerler taktik filo planlama aşamasında Denklem (3.78) deki N_{kr}^{t-maks} değerleri olmaktadır. $N_{1r}^{1-maks} = 1$ ve $N_{3r}^{1-maks} = 2$. dışındaki tüm N_{kr}^{1-maks} değerleri sıfırdır.

Kiralık gemiler için N_{hr}^{1-maks} 4 alınması uygun görülmüştür. Bu, her bir h gemisinden maksimum 4 adet kiralanabilir anlamına gelmektedir. Böylece spot piyasada kiralık gemi arzında bir sıkıntı olmadığı kabul edilmiştir.

Bu kabuller ve (3.76), (3.77), (3.78), (3.79), (3.80), (3.82), (3.83), (3.84), denklemleri optimizasyon programı Premium Solver Microsoft Excel Eklentisine yüklendiğinde elde edilen sonuçlar Ek 21, Ek 22 ve Ek 23 deki, Tablo 7.25, Tablo 7.26, Tablo 7.27 gösterilmiştir.

Yıllık işletme maliyetini minimum yapan gemi ve güzergâh atamasına göre birinci güzergâha $k=1$ nolu gemiden 1 adet, $k=8$ nolu gemiden 1 adet; ikinci güzergâha $k=1$ nolu gemiden 3 adet; üçüncü güzergâha ise $k=1$ nolu gemiden 4 adet, $h=8$ nolu 1 adet kiralanarak atanmıştır.

Senaryo 4' e göre yapılan atamalara göre planlama periyodunun ilk yılındaki yıllık işletme maliyeti minimum 115.706.208 USD olarak bulunmuştur.

4.2.3. Senaryo Sonuçlarının Karşılaştırılması

Senaryoların başlangıç koşulları farklı olması, sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında modelin geçerliliğinin araştırılmasında önemlidir. Senaryoların elde edilen önemli sonuçlardan bazıları özet halinde Tablo 4.11 ve Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.11 de dört farklı senaryonun başlangıç durumları ve model sonuçları özet halinde, Tablo 4.12'de senaryoların hesaplanan sefer frekansları ve şirketin uyguladığı sefer frekansları toplu halde verilmiştir.

Tablo 4.12'ye göre güzergâhlar üzerindeki sefer frekansları sırasıyla 15, 25, 17 dir. Şirketin bu noktada önünde iki seçenek bulunmaktadır. Bunlardan birincisi minimum maliyeti seçerek yıllık sefer sayıları azaltmak diğeri ise müşteri beklentilerini göz önüne alarak haftada bir sefer programına devam etmektir. Genellikle firmalar bu konuda müşteri beklentileri yönünde hareket ederler.

Tablo 4.11 Senaryoların Başlangıç Durumları ve Toplam Maliyet Özet Sonuçları

| | SENARYO 1 | SENARYO 2 | SENARYO 3 | SENARYO 4 |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Mevcut Gemi | Yok | Yok | Var k=1 8 adet | Var k=1 8 adet |
| Sefer Sayısının belirlenmesi | Model | Şirket | Model | Şirket |
| ZP₀ | 158.128.063 USD | 307.429.743 USD | 160.384.635 USD | 282.358.509 USD |
| Z₁ | 55.836.101 USD | 105.490.316 USD | 56.287.833 USD | 115.706.208 USD |
| Z₂ | 55.836.101 USD | 105.490.316 USD | 56.880.169 USD | 115.706.208 USD |
| Z₃ | 54.132.979 USD | 102.499.709 USD | 55.056.833 USD | 114.390.806 USD |

Tablo 4.12 Senaryoların Güzergâhlara Ait Sefer Sayıları Özet Sonuçları

| | | Senaryo 1 | | Senaryo 2 | | Senaryo 3 | | Senaryo 4 | |
|----------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | M _r | F _r | M _r | F _r | M _r | F _r | M _r | F _r |
| 1. | R 1 | 24 | 15 | 52 | 7 | 24 | 15 | 52 | 7 |
| YIL | R 2 | 15 | 25 | 52 | 7 | 15 | 25 | 52 | 7 |
| θ_{kr1} | R 3 | 21 | 17 | 52 | 7 | 26 | 14 | 52 | 7 |

Ancak sonuçlarda da görüldüğü üzere senaryo 1 ve 2 arasında sefer sayısına bağlı olarak yıllık işletme maliyetinde yaklaşık 50 milyon Amerikan Doları, Senaryo 3 ile Senaryo 4 arasında da yine sefer sayılarına bağlı olarak yıllık 60 milyon Amerikan Dolarlık bir fark vardır. Bu önemli bir maliyet değeridir.

Böyle durumlarda şirketler, müşteri beklentileri ve rekabet şartlarını analiz ederek müşterilerin taleplerinin düşmeyeceği bir sınır noktası tespit etmeye çalışmalı, sefer sayılarını uygun bir noktaya kadar azaltmaya çalışmalıdır.

Dört farklı senaryoya göre gemilerin stratejik filo planlaması aşamasındaki filo dağılımları, Ek 8, Ek 12, Ek 16, Ek 20' de gösterilmiştir. Buna göre çalışmadaki modelin şirketin eş gemilerden oluşan filosuna göre yıllık işletme maliyetlerinde çok daha az maliyetli bir filo oluşturduğu görülmektedir. Senaryo 2 ile Senaryo 4 arasında ise üç yıllık planlama

periyodu sonundaki işletme, yatırım ve amortisman maliyetlerinin NBD maliyeti hesaplandığında Şirketin mevcut filo yapısının daha az maliyetli olduğu gözükse de, bu aslında modelin çok iyi bir sonuç verdiğini göstermektedir. Çünkü senaryo 2 de model yeni bir filo oluşturmakta ve ilk yıl için 10 adet çeşitli kapasitelerde gemi satın almaktadır. Oysa senaryo 4 de şirketin zaten mevcut 8 adet gemisi bulunmaktadır. İlk yıl yeni bir yatırım olarak $k=8$ nolu gemiden sadece 1 adet alınmıştır. Senaryo 2 ve Senaryo 4'ün yıllık işletme maliyetleri incelendiğinde ise modelin kurduğu filonun işletme maliyetinin yıllık 10 milyon Amerikan Doları daha az olduğu görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Uluslararası başarılı şirketlerin temelinde etkin bir maliyet yönetimi bulunmaktadır. Bu şirketler, hammaddeden son kullanıcıya kadar tüm lojistik kanal üzerinde oluşan maliyetleri etkin bir şekilde kontrol ederek ve maliyet düşürme yönünde stratejiler üreterek, piyasadaki konumlarını korumakta ve geliştirmektedirler. Maliyetlerini olabilecek en düşük düzeyde tutabilen işletmeler, kâr marjlarını düşürmemekte ve böylece daha uygun fiyat ve servis kalitesini müşterilerine sunarak rekabette diğer rakiplerine üstünlük sağlamaktadırlar.

Hizmetin düzenliliği, belirliliği ve kalitesinin önemli olduğu Layner Denizyolu işletmeciliğinde, işletme, yatırım ve amortisman maliyetleri oldukça yüksektir. Dolayısıyla layner işletmeleri için maliyetleri en iyi şekilde yönetecek stratejiler geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Bir layner işletmesinde en büyük maliyet kalemini filo maliyetleri oluşturmaktadır. Filo maliyetleri de kendi içinde; filo yatırım, filo işletme ve filo amortisman maliyetleri olarak üçe ayrılmaktadır. Etkin bir filo yönetimi, müşteri taleplerini ve beklentilerini mümkün derecede gerçekleştirmeyi amaçlarken, gerçekleşecek maliyetleri de en düşük düzeyde tutmayı başarmalıdır.

Etkin bir filo yönetimi uzun ve orta dönemli stratejiler gelişmekle mümkündür. Orta ve uzun dönemli filo maliyetlerini en düşük seviyede tutabilen işletmeler, kısa dönemli operasyonel kararlarında daha müşteri odaklı ve kaliteli servis imkanlarını müşterilerine sunabileceklerdir.

Modelde filo planlaması problemi maliyet bileşenleri dikkate alınarak ve maliyet minimizasyonu yapılarak ele alınmıştır. Literatürde bazı çalışmalarda gelir- maliyet ilişkilerini incelendiği ve kâr maksimizasyonu konusunda modellerin geliştirildiği görülmektedir. Ancak, işletmelerin gelirleri dünya ve ulusal ekonomilerdeki dalgalanmalar,

rakip işletmelerin stratejileri ve hükümetlerin ulaştırma politikaları gibi hem dış hem de iç etkenlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ayrıca bir layner işletmesi belli bir süre için bir güzergâh üzerinde durumunu korumak, iyileştirmek ya da başka firmaların piyasaya girmelerini engellemek için hiç gelir elde etmeden hatta zarar edebileceği bir fiyat politikası uygulayabilir. Bu durumda işletme gelirleri her işletmenin kendine özgü stratejileri ve fiyat politikalarına bağlı olmakta ve genel problemleri ele alan çalışmaların birim gelir hesaplarında belirsizlik yaratmaktadır. Birim maliyetler ise genelde işletme yönetimine bağlı olmayıp dış etkenlere bağlıdır. Bu nedenle genel problemlerin ele alındığı çalışmalarda birim maliyetlerin kullanılması değişkenlerdeki belirsizliği azaltarak problemin geçerliliğini artırmaktadır.

Model sonuçlarının geçerli olabilmesi için en önemli noktalardan biri güzergâhlardaki yıllık maksimum gemi yük seviyesi büyüklüğünün doğru olarak belirlenmesidir. Bu büyüklük güzergâhlar üzerindeki başlangıç ve varış limanları arasındaki yıllık taşınan yük miktarları verilerine ve planlama periyodundaki yıllık tahminlere bağlı olarak hesaplanmaktadır. Çalışmanın uygulama aşamasında gerekli olan bu verilerin elde edilmesi hususunda görüşülen layner ulaştırma şirketleri, şirket politikası olarak verilerin gizli olduğunu ifade ederek, özellikle yük hareketlerini vermek istememişlerdir. Bu sebeple taşıma talepleri şirketlerin verdikleri sınırlı güzergâh verileri, gemilerin doluluk oranları ve yıllık sefer sayıları kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Modelin geçerliliği için diğer önemli bir noktada da modele konu olan maliyet kalemlerinin ve parametrelerin doğru olarak hesaplanmasıdır. Modelin sonuçlarını etkileyen en önemli parametrelerden birini gemilerin ekonomik servis hızlarının hesaplanması oluşturmaktadır. Ekonomik hız hesabında dikkat edilecek nokta gemi ekonomik hızlarının alt ve üst sınırlarının tespit edilmesidir. (3.37) denklemi ile elde edilen gemi hızları alt limitin de altında bir değer ise bu taktirde ekonomik hız alt limit hız değeri alınmalıdır. Eğer ekonomik hız değeri üst limitinde üzerinde bir değer ise bu taktirde ekonomik hız değeri üst hız limit değeri olarak alınmalıdır.

Çalışmada geliştirilen filo planlama modelini diğer çalışmalardan özgün kılan en önemli özelliklerden birisi maliyetleri en aza indiren güzergâhlara ait yıllık optimum sefer sayılarının model tarafından bağımsız bir değişken olarak belirlenebilmesidir. Karar verici

optimum sefer sayısı ile müşteri beklentileri sonucunda düşünülen yıllık sefer sayıları arasındaki maliyet farklarını açıkça görebilmekte, müşteri lojistiği ve maliyetleri minimum kılan sefer sayıları arasında uygun bir sefer sayısını belirleyebilmektedir. Böylece uluslararası lojistik kanallar için çok değerli olan ulaştırma zamanının belirlenmesinde esneklik sağlanmaktadır. Eğer sefer zamanı artarsa; lojistik kanallar, daha yüksek envanter harcaması, daha fazla amortisman maliyeti ve daha fazla ürün stokta tutmak zorunda kalır. Layner firma açısından optimum bir filo sefer programı büyük müşterilerinin envanter ve stok maliyetlerini artırmaktadır. Bu sebeple müşteriler kendi envanter ve stok maliyet artışları azaltmak amacıyla ulaştırma faaliyetinin daha hızlı olması yönünde daha fazla navlun ücreti ödemeye razı olarak, layner şirketlerini yıllık sefer sayılarını arttırmaları yönünde teşvik edebilirler.

Çalışmada filo planlama modelinin uygulamasında bir layner şirketinin 4 farklı filo planlama başlangıç durumunu ele alarak optimum filo planı, sefer frekansları ve minimum maliyet değerleri ile gemilerin güzergâhlara atanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Senaryo sonuçlarına göre yıllık sefer sayılarının model tarafından belirlenmesi yıllık işletme maliyetlerinde yarı yarıya bir tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca, gemi setinin işletme maliyetlerinde çok büyük farklılıklar olmaması durumunda, filonun stratejisi mevcut filo üzerinden geliştirilmektedir. Örneğin; Senaryo 4'te mevcut filo yapısını bozmadan az sayıda yeni satın alımlar, filonun yapısında büyük farklılıklar yaratmamıştır. Modelin test aşamalarında farklı senaryolar uygulandığında da mevcut filo yapısı üzerinden geliştirmeler yaparak gerçekçi stratejiler oluşturmaktadır. Çünkü mevcut bir filonun tümünün elden çıkarılması ve tümüyle yeniden kurulması pratik değildir.

Layner taşımacılık şirketleri ile yapılan görüşmelerde, filo planlamasının şirket yöneticileri tarafından kişisel tecrübelerinden faydalanılarak yapıldığı görülmüştür. Ancak filolarında gemi sayısı az olan şirketler için analitik yöntemler kullanılmasına gerek olmadan tecrübelerle verilen kararlar doğru sonuçlar verebilirken, gemi ve güzergâh sayısının artması çok daha karmaşık faktörler oluşturarak problemlerin çözümünü zorlaştırmakta ve kararların yanlış alınmasına neden olabilmektedir.

Deniz ulaştırma sektörü firmalarının karar destek sistemlerini diğer sektörlerle göre daha geriden takip etmeleri nedeniyle sayısal karar verme yöntemlerinin deniz işletmeciliğinde

kullanımı son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Geniş ölçekli deniz ulaştırma işletmeleri, bu şirketlerle birlikte çalışan diğer işletmeler, büyük lojistik kanallara hizmet eden deniz taşımacılık işletmeleri, geleneksel ve aile şirketlerine göre karar destek sistemlerine daha fazla ilgi göstererek faydalanmaktadırlar. Özellikle yeni araştırmacıların optimizasyon, bilgisayar sistemleri ve programlama bilgilerinin gelişmiş olması ile bu süreç daha da hızlanacaktır.

Çalışmada, filo planlama ile ilgili bilgiler ve geliştirilen model tüm layner işletmeler için, gemi kiralama ve satın alma alternatiflerini uzun dönemli ve dinamik bir yapıda inceleyen, sefer frekanslarını toplam maliyetleri minimum olacak şekilde hesaplayabilen genel bir modeldir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda konu özel durumlar için incelenebilir. Ancak layner işletmesinin özelliğine göre ilgili kısıtların modele eklenmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

AGARWAL R., ERGUN Ö., 2008, Ship Scheduling and Network Design for Cargo Routing in Liner Shipping, *Transportation Science*, DOI, 1287

AKSU, M., 1987, *Gemi İşletmeciliğinde Yatırım Kararları ve Proje Değerlemesi*, Doktora, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul

AKTEN, N., ALBAYRAK, M. A., 1988, *Deniz Taşımacılığı Klavuzu*, Ekim Matbaası, İstanbul

BROWN G. G., GRAVES G. W. and RONEN D., 1987, Scheduling Ocean Transportation of Crude Oil, *Management Science* 33(3), 335-346

CAMPBELL A. M., HARDİN, J. R., 2005. Discrete Optimization Vehicle minimization for periodic deliveries, *European Journal of Operational Research* 165 668–684

CEDER, Avishai, 2006, Planning and Evaluation Of Passenger Ferry Service In Hong Kong, *Transportation*, 33. 133–152

CHO S. C., ve PERAKIS A. N., 1996, Optimal Liner Fleet Routing Strategies, *Maritime Policy and Management* Vol 23 No 3, 249-259

CHO S-C. ve PERAKIS A. N., 2001, An Improved Formulation For Bulk Cargo Ship Scheduling with A Single Loading Port, *Maritime Policy and Management* 28(4), 339-345

CHRISTIANSEN M. ve NYGREEN B., 2001, *A Ship Routing Problem With Soft Inventory Constraints*, Working paper, Section of Operations Research, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, pp. 25.

CHRISTIANSEN M. ve FAGERHOLT K., 2002, Robust Ship Scheduling with Multiple Time Windows, *Naval Research Logistics* 49

CHRISTIANSEN M. ve FAGERHOLT K., RONEN D., 2004, Ship Routing and Scheduling: Status and Perspectives, *Transportation Science* Vol 38, No 1,

CHRZANOWSKI, I., 1989, *An Introduction to Shipping Economics*, Fairplay Publication L.T.D, United Kingdom

CLAESSENS, E. M., 1985, Optimization Procedures in Maritime Fleet Management, *Maritime Policy and Management* Vol.14, No.1, 27-48

CRARY M., NOZICK L. K. ve WHITAKER L. R., 2002, Sizing the US Destroyer Fleet, *European Journal of Operational Research* 136, 680-695.

DANTZIG G. B., FULKERSON D. R., 1954, Minimizing The Number of Tankers to Meet A Fixed Schedule, *Naval Research Logistics Quarterly* 1, 217-222

DESROSIERS J., DUMAS Y., SOLOMON M. M. ve SOUMIS F., (1995), Time Constrained Routing and Scheduling, *In Handbooks in Operations Research and Management Science* 8, *Network Routing*, (M. O. Ball, T. L. Magnanti, C. L. Monma and G. L. Nemhauser, eds.), North-Holland, 35-139.

D'ESTE G. M. ve MEYRICK S., 1992, Carrier Selection in a Ro/Ro Ferry Trade Part 1. Decision Factors and Attitudes, *Maritime Policy and Management* Vol.39, No.2, 115-126

DARZENTAS J. ve SPYROU T., 1996, Ferry Traffic In The Aegean Islands: A Simulation Study, *Journal of the Operational Research Society* 47, 203-216.

DREWRY, 2001, *The Drewry Container Market Quarterly*, Drewry Shipping Consultants Limited, September 2001, <http://www.drewry.co.uk/>.

EMECEN, G., 2004, *Marmara Bölgesi Limanlarının Çok Kanallı Kuyruk Teorisiyle Talep ve İşletme Yönetim Modelinin Geliştirilmesi*, Doktora, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

ESEN, Ö., 2008, *Yöneticiler İçin Bilgisayar Destekli Karar Modelleri*, Çağlayan Basımevi, İstanbul, 978-975-436-072-1

EVANS, J. ve MARLOW, P., 1990, *Quantitative Methods In Maritime Economics Second Edition*, Fairplay Publications, London UK, 1870093 31 3

ETEZADI T. ve BEASLEY J. E., 1983, Vehicle Fleet Composition, *Journal Of The Operational Research Society* 34, 87-91.

FAGERHOLT K., 1999, Optimal Fleet Design İn A Ship Routing Problem, *International Transactions in Operational Research* 6(5), 453-464.

FAGERHOLT K. ve LINDSTAD H., 2000, Optimal Policies For Maintaining A Supply Service In The Norwegian Sea, *Omega -The International Journal of Management Science* 28, 269-275.

FAGERHOLT K., 2002, *A Computer-Based Decision Support System For Vessel Fleet Scheduling -Experience And Future Research*, Working paper, MARINTEK and the Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 18 pp.

FAGERHOLT K. ve RYGH, B., 2002, Design Of A Sea-Borne System For Fresh Water Transport – A Simulation Analysis, *Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science* 40(3-4), 137-146.

FAGERHOLT K., 2004a, Designing Optimal Routes in a Liner Shipping Problem, *Maritime Policy and Management* Vol.31, No.4, 259-268

FAGERHOLT, Kjetil, 2004b, A Computer-Based Decision Support System For Vessel Fleet Scheduling, Experience and Future Research, *Decision Support Systems*, 37, 35-47

FAYOL, Henry, 1962, Administration Industrielle et Générale a Re-Interpretation, *Public Administration*, Volume 40, Issue 3, 311-317

FEDERGRUEN A. ve SIMCHI-LEVI D., 1995, Analysis of Vehicle Routing and Inventory-Routing Problems, *In Handbooks in Operations Research and Management Science 8, Network Routing*, (M. O. Ball, T. L. Magnanti, C. L. Monma and G. L. Nemhauser, eds.), North-Holland, 297-373.

GENDREAU M., LAPORTE G. ve SEGUIN R., 1996, Stochastic Vehicle Routing, *European Journal Of Operational Research* 88, 3-12.

HARALAMBIDES H.E, 2000, *Liner Shipping Economics*, Center for Maritime Economics & Logistics (MEL), Erasmus University Rotterdam

HSUA C., HSIEHA Y., 2007, Routing, Ship Size, and Sailing Frequency Decision-Making For A Maritime Hub-And-Spoke Container Network, *Mathematical And Computer Modelling* 45 (2007) 899–916

ISL BREMEN 2001, *Shipping Statistics And Market Review*, Institute of Shipping Economics and Logistics, Bremen (2001).

- JAIKUMAR R. ve SOLOMON M. M., 1987, The Tug Fleet Size Problem For Barge Line Operations: A Polynomial Algorithm, *Transportation Science* 21(4), 264-272
- LANE D. E., HEAVER T. D. and UYENO D., 1987, Planning and scheduling for efficiency in liner shipping, *Maritime Policy and Management* 14(2), 109-125.
- LAPORTE G. ve OSMAN I. H., 1995, Routing problems: A Bibliography, *Annals of Operations Research* 61, 227-262.
- LARSON R. C., 1988, *Transporting Sludge to The 106-Mile Site: An Inventory/Routing Model for Fleet Sizing and Logistics System Design*, *Transportation Science* 22(3), 186-198.
- LIST, G. F., WOOD, B., NOZICK, L. K., TURNQUIST, M. A., JONES, D. A., KJELDGAARD E. A., LAWTON C. R., 2003, Robust Optimization for Fleet Planning under Uncertainty, *Transportation Research Part E* 39 (2003) 209–227
- MOURA, M. C., PATO M. V., PAIXA A. C., 2001, Ship Assignment with Hub and Spoke Constraints, *Maritime Policy and Management*, 29 (2), 135-150
- MUROTSU Y. ve TAGUCHI K., 1976, On Optimum Selection of Ship Fleet-Size For Investment Purposes, *Operational Research*, In: K. B. Haley (Ed.) '75, North-Holland Publishing Company, 301-322.
- ÖZEN, S., 1989, Karayolu, Denizyolu, ve Raylı Taşıma Türlerinin Ekonomik Taşıt Hacmi, Taşıma Uzaklığı, Trafik Akımı Koşullarında, *Ulaşımında Raylı Taşıt Sempozyumu*, Raytaş 89, Mart 1989 Adapazarı
- ÖZEN, S., 1990, *Denizyolu Taşımacılığında Optimum Gemi Hacmi / Yüğü*, Türk Loydu Vakfı, İstanbul

PERAKIS A. N., 1985, A Second Look at Fleet Deployment, *Maritime Policy and Management*, Vol 12, No 3, 209-214

PERAKIS, A. N., PAPADAKIS, N., 1987a, Fleet Deployment Optimization Models Part 1, *Maritime Policy and Management*, Vol 14, No 2, 127-144

PERAKIS, A. N., PAPADAKIS, N., 1987b, Fleet Deployment Optimization Models Part 2, *Maritime Policy and Management*, Vol 14, No 2, 145-155

PERAKIS A. N., JARAMILLO D. I., 1991a, Fleet Deployment Optimization for Liner Shipping Part 1. Background, Problem Formulation and Solution Approaches, *Maritime Policy and Management*, Vol 18, No 3, 183-200

PERAKIS A. N., JARAMILLO D. I., 1991b, Fleet Deployment Optimization for Liner Shipping Part 2, Implementation and Results, *Maritime Policy and Management*, Vol 18, No 4, 235-262

PESENTI R., 1995, *Hierarchical Resource Planning For Shipping Companies*, *European Journal of Operational Research* 86, 91-102.

RICHETTA O. ve LARSON R. C., 1997, Modeling The Increased Complexity of New York City's Refuse Marine Transport System, *Transportation Science* 31(3), 272-293.

RONEN D., 1983, Cargo Ships Routing and Scheduling: Survey of Models and Problems, *European Journal of Operational Research* 12, 119-126.

RONEN D., 1993, Ship Scheduling: The Last Decade, *European Journal of Operational Research* 71, 325-333.

SAMBRACOS, E., PARAVANTIS, J. A., TARANTILIS, C. D., KIRANOUDIS, C. T., 2004, Dispatching of Small Containers via Coastal Freight Liners: The Case Of The Aegean Sea, *European Journal of Operational Research*, 152, 365–381

TAHA, H. A., 2000, *Yöneylem Araştırması*, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 975-8431-06-4

TİMOR, M., 2001, *Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları*, İstanbul Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü, İstanbul, 975-404-599-2

TULUNAY, Y., 1991, *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*, Renk – İş Matbaası, İstanbul

TUNÇ, H., 2002, *Mikro İktisat*, Alfa Yayınları, İstanbul, 975-297-260-8

TÜRK DİL KURUMU, 2005, *Türkçe Sözlük*, Akşam Sanat Okulu Matbaası, Ankara

XINLIAN X., TENGFEI W., DAISONG C., 2000, A Dynamic Model and Algorithm For Fleet Planning, *Maritime and Policy Management*, 27, 1, 53-63

VIGLUNDSSON, V. T., 1994, *Modern Fleet Planning Methods For Ocean Liner Service*, Thesis (PhD), Massachusetts Institute of Technology, University of Iceland

EKLER

EK 1

Tablo 7.1 Satın Alınabilecek K Gemilerinin Özellik ve Maliyet Değerleri

| SATIN ALINACAK YA DA SAHİP OLUNAN GEMİ SETİ | Gemi no | Piyasa Fiyatları | Gemini Ekonomik Hızı | Geminin Maksimum Taşıma Kapasitesi | Ana Makine Yakıt Tüketimi (ton/gün) | Denizde Yardımcı Makineler Yakıt Tüketimi (ton/gün) | Limanda Yardımcı Makineler Yakıt Tüketimi (ton/gün) | Servis Dışı durumda Yard. Mak. Yakıt Tüketimi (ton/gün) | Geminin günlük running cost değeri (USD) | Servis dışı günlük maliyet | k gemisi için bir taşıma sezonunun süresi |
|---|---------|------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|--|----------------------------|---|
| Gemi Adı | k | $\bar{P}R_{kt}$ | S_k | V_k | f_k | g_k^s | g_k^p | g_k^j | H_k | e_k | T_k |
| M/V K1 | 1 | 14.000.000 | 16,5 | 750 | 20 | 3 | 1 | 1,4 | 4000 | 2860 | 335 |
| M/V K2 | 2 | 26.133.333 | 18 | 1.400 | 38, | 3 | 1 | 1,3 | 3800 | 2570 | 335 |
| M/V K3 | 3 | 19.077.333 | 16 | 1022 | 26 | 2,1 | 1,15 | 1,15 | 4500 | 2935 | 335 |
| M/V K4 | 4 | 22.400.000 | 19 | 1200 | 46, | 3,7 | 1,65 | 1,6 | 3700 | 2985 | 335 |
| M/V K5 | 5 | 28.560.000 | 19 | 1530 | 46 | 4,8 | 2,4 | 2,4 | 3600 | 3560 | 335 |
| M/V K6 | 6 | 22.792.000 | 19 | 1221 | 46 | 4,8 | 2,4 | 2,4 | 4300 | 4060 | 335 |
| M/V K7 | 7 | 10.826.667 | 14,5 | 580 | 20 | 1,78 | 0,9 | 0,9 | 4400 | 2710 | 335 |
| M/V K8 | 8 | 8.512.000 | 14 | 456 | 19 | 3 | 1,5 | 2,5 | 4200 | 4050 | 335 |
| M/V K9 | 9 | 22.400.000 | 19 | 1200 | 46 | 4,8 | 2,4 | 2,4 | 3000 | 3560 | 335 |
| M/V K10 | 10 | 8.400.000 | 13 | 450 | 16 | 2,5 | 0,8 | 0,8 | 3800 | 2320 | 335 |
| M/V K11 | 11 | 224.000.000 | 18 | 12000 | 320 | 48 | 24 | 24 | 32000 | 40600 | 335 |

EK 2

Tablo 7.2 Kiralanabilecek H Gemilerinin Özellik ve Maliyet Değerleri

| Kiralanacak Gemi Seti | Gemi no | | Gemini Ekonomik Hızı | Geminin Maksimum Taşıma Kapasitesi | Ana Makine Yakıt Tüketimi (ton/gün) | Denizde Yardımcı Makineler Yakıt Tüketimi (ton/gün) | Limanda Yardımcı Makineler Yakıt Tüketimi (ton/gün) | Servis Dışı durumda Yard. Mak. Yakıt Tüketimi (ton/gün) | Geminin günlük Kira değeri (USD) | Servis dışı günlük maliyet | k gemisi için bir taşıma sezonunun süresi |
|-----------------------|---------|--|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|----------------------------------|----------------------------|---|
| Gemi Adı | h | | S_h | V_h | | g_h^s | g_h^p | g_k^l | H_h | e_h | T_h |
| M/V H1 | 1 | | 16,5 | 750 | 20 | 3 | 1 | 1,4 | 8.000 | 0 | 365 |
| M/V H2 | 2 | | 18 | 1.400 | 38, | 3 | 1 | 1,3 | 7.600 | 0 | 365 |
| M/V H3 | 3 | | 16 | 1022 | 26 | 2,1 | 1,15 | 1,15 | 9.000 | 0 | 365 |
| M/V H4 | 4 | | 19 | 1200 | 46, | 3,7 | 1,65 | 1,6 | 7.400 | 0 | 365 |
| M/V H5 | 5 | | 19 | 1530 | 46 | 4,8 | 2,4 | 2,4 | 7.200 | 0 | 365 |
| M/V H6 | 6 | | 19 | 1221 | 46 | 4,8 | 2,4 | 2,4 | 8.600 | 0 | 365 |
| M/V H7 | 7 | | 14,5 | 580 | 20 | 1,78 | 0,9 | 0,9 | 8.800 | 0 | 365 |
| M/V H8 | 8 | | 14 | 456 | 19 | 3 | 1,5 | 2,5 | 8.400 | 0 | 365 |
| M/V H9 | 9 | | 19 | 1200 | 46 | 4,8 | 2,4 | 2,4 | 6.000 | 0 | 365 |
| M/V H10 | 10 | | 13 | 450 | 16 | 2,5 | 0,8 | 0,8 | 7.600 | 0 | 365 |
| M/V H11 | 11 | | 18 | 12000 | 320 | 48 | 24 | 24 | 64.000 | 0 | 365 |

5.1.

EK 3

Tablo 7.3 Güzergâhlara Ait Veriler

| GÜZERGÂH ADI | No | Mesafe | liman sayısı | Ana makine Fuel Oil Yakıt ücreti | Dizel Yakıt Ücreti | Servis Frekansı | Şu andaki gemi sayısı | Kanal Sayısı | Kısıtlı su mesafesi | Kanallarda bekleme zamanı | Kısıtlı sularda toplam Bekleme Zamanı |
|-------------------------------|----|--------|--------------|----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|--------------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| | R | (mil) | | USD/ton. | USD/ton. | | | | (mil) | (gün) | (gün) |
| Doğu Akdeniz - Türkiye | 1 | 3400 | 4 | 790 | 1375 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| K. Avrupa - Türkiye | 2 | 6780 | 5 | 790 | 1375 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Amerika | 3 | 12118 | 5 | 790 | 1375 | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |

EK 4

Tablo 7.4 Satın Alınabilecek Bir K Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Sefer Maliyeti (USD) (C_{kr})

| C_{kr} | | Satın Alınabilecek K gemileri | | | | | | | | | | |
|----------|---|-------------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|---------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Güzergâh | 1 | 311.841 | 335.053 | 288.789 | 330.414 | 364.860 | 390.306 | 285.195 | 276.688 | 359.554 | 290.159 | 2.850.517 |
| | 2 | 588.801 | 635.206 | 542.529 | 625.782 | 694.279 | 743.971 | 535.769 | 518.920 | 678.552 | 546.574 | 5.624.671 |
| | 3 | 1.015.547 | 1.098.867 | 931.876 | 1.081.467 | 1.203.279 | 1.288.763 | 921.080 | 891.330 | 1.158.697 | 943.275 | 9.931.862 |

Tablo 7.5 Satın Alınabilecek Bir K Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Sefer Süresi (Gün) t_{kr}

| t_{kr} | | Satın Alınabilecek K gemileri | | | | | | | | | | |
|----------|---|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Güzergâh | 1 | 8,6 | 7,9 | 8,9 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 9,8 | 10,1 | 7,5 | 10,9 | 7,9 |
| | 2 | 17,1 | 15,7 | 17,7 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 19,5 | 20,2 | 14,9 | 21,7 | 15,7 |
| | 3 | 30,6 | 28,1 | 31,6 | 26,6 | 26,6 | 26,6 | 34,8 | 36,1 | 26,6 | 38,8 | 28,1 |

EK 5

Tablo 7.6 Satın Alınabilecek Bir K Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Yılda Yapabileceği Maksimum Sefer Sayısı $\left(\frac{T_k}{t_{kr}}\right)$

| $\left(\frac{T_k}{t_{kr}}\right)$ | | Satın Alınabilecek K gemileri | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Güzergâh | 1 | 41,35 | 45,11 | 40,09 | 47,61 | 47,61 | 47,61 | 36,34 | 35,08 | 47,61 | 32,58 | 45,11 |
| | 2 | 20,73 | 22,62 | 20,11 | 23,88 | 23,88 | 23,88 | 18,22 | 17,59 | 23,88 | 16,34 | 22,62 |
| | 3 | 11,60 | 12,66 | 11,25 | 13,36 | 13,36 | 13,36 | 10,19 | 9,84 | 13,36 | 9,14 | 12,66 |

Tablo 7.7 Satın Alınabilecek Bir K Gemisinin R Güzergâhındaki Yıllık İşletme Maliyeti (USD) (C_{krt}, C_{kr}^t)

| C_{krt}, C_{kr}^t | | Satın Alınabilecek K gemileri | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Güzergâh | 1 | 12.893.690 | 15.112.869 | 11.578.725 | 15.731.612 | 17.371.642 | 18.583.152 | 10.362.658 | 9.706.849 | 17.118.982 | 9.452.340 | 128.575.093 |
| | 2 | 12.208.496 | 14.368.027 | 10.908.184 | 14.941.228 | 16.576.683 | 17.763.131 | 9.762.380 | 9.129.319 | 16.201.190 | 8.928.994 | 127.227.075 |
| | 3 | 11.781.279 | 13.906.770 | 10.483.030 | 14.446.934 | 16.074.168 | 17.216.123 | 9.390.181 | 8.773.547 | 15.478.623 | 8.621.650 | 125.693.213 |

EK 6

Tablo 7.8 Kiralanacak Bir H Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Sefer Maliyeti (USD) (C_{hr})

| C_{hr} | | Kırslsnabilecek H gemileri | | | | | | | | | | |
|----------|---|------------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|---------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Güzergâh | 1 | 346.184 | 364.961 | 328.632 | 358.002 | 391.702 | 426.841 | 328.184 | 319.188 | 383.413 | 331.569 | 3.102.369 |
| | 2 | 588.801 | 635.206 | 542.529 | 625.782 | 694.279 | 743.971 | 535.769 | 518.920 | 678.552 | 546.574 | 5.624.671 |
| | 3 | 1.015.547 | 1.098.867 | 931.876 | 1.081.467 | 1.203.279 | 1.288.763 | 921.080 | 891.330 | 1.158.697 | 943.275 | 9.931.862 |

Tablo 7.9 Kiralanacak Bir H Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Sefer Süresi (Gün) (t_{hr})

| t_{hr} | | Kırslsnabilecek H gemileri | | | | | | | | | | |
|----------|---|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Güzergâh | 1 | 8,6 | 7,9 | 8,9 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 9,8 | 10,1 | 7,5 | 10,9 | 7,9 |
| | 2 | 17,1 | 15,7 | 17,7 | 14,9 | 14,9 | 14,9 | 19,5 | 20,2 | 14,9 | 21,7 | 15,7 |
| | 3 | 30,6 | 28,1 | 31,6 | 26,6 | 26,6 | 26,6 | 34,8 | 36,1 | 26,6 | 38,8 | 28,1 |

EK 7

Tablo 7.10 Kiralık Bir H Gemisinin R Güzergâhındaki Bir Yılda Yapabileceği Maksimum Sefer Sayısı $\left(\frac{T_h}{t_{hr}}\right)$

| $\left(\frac{T_h}{t_{hr}}\right)$ | | Kırılmsnabilecek H gemileri | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Güzergâh | 1 | 41,35 | 45,11 | 40,09 | 47,61 | 47,61 | 47,61 | 36,34 | 35,08 | 47,61 | 32,58 | 45,11 |
| | 2 | 20,73 | 22,62 | 20,11 | 23,88 | 23,88 | 23,88 | 18,22 | 17,59 | 23,88 | 16,34 | 22,62 |
| | 3 | 11,60 | 12,66 | 11,25 | 13,36 | 13,36 | 13,36 | 10,19 | 9,84 | 13,36 | 9,14 | 12,66 |

Tablo 7.11 Kiralık Bir H Gemisinin R Güzergâhındaki Yıllık İşletme Maliyeti (USD) (C_{hrt}, C_{hr}^t)

| C_{hrt} | C_{hr}^t | Kırılmsnabilecek H gemileri | | | | | | | | | | |
|-----------|------------|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Güzergâh | 1 | 14.716.892 | 16.925.584 | 13.547.387 | 17.525.256 | 19.174.984 | 20.895.122 | 12.260.564 | 11.513.281 | 18.769.207 | 11.105.603 | 143.876.927 |
| | 2 | 12.552.397 | 14.772.761 | 11.215.457 | 15.362.108 | 17.043.632 | 18.263.501 | 10.037.377 | 9.386.483 | 16.657.562 | 9.180.515 | 130.810.937 |
| | 3 | 12.113.146 | 14.298.510 | 10.778.327 | 14.853.890 | 16.526.961 | 17.701.084 | 9.654.693 | 9.020.689 | 15.914.640 | 8.864.514 | 129.233.867 |

EK 8

Tablo 7.12 Birinci Senaryo-Aşama 1 Çözüm Tablosu

| | YIL | Güzergâh | Gemi Seçenekleri | | | | | | | | | | | Yıllık Sefer sayısı | Frekans (gün) | |
|-----------------------|--------------------------|----------|------------------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|------|---------------------|---------------|----|
| | | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 | K 10 | K 11 | | | |
| Kullanımdaki gemiler | 1. YIL θ_{kr1} | R 1 | | | | | | 0,51 | | | | | | | 24 | 15 |
| | | R 2 | | | | | | 0,62 | | | | | | | 15 | 25 |
| | | R 3 | | | 0,85 | | | 0,87 | | | | | | | 21 | 17 |
| | 2. YIL θ_{kr2} | R 1 | | | | | | 0,53 | | | | | | | 25 | 14 |
| | | R 2 | | | | | | 0,74 | | | | | | | 18 | 21 |
| | | R 3 | | | 0,63 | | | 0,73 | | | | | | | 17 | 22 |
| | 3. YIL θ_{kr3} | R 1 | | | | | | 0,56 | | | | | | | 27 | 14 |
| | | R 2 | | | | | | 0,63 | | | | | | | 15 | 24 |
| | | R 3 | | | | | | 0,81 | | | | | | | 11 | 34 |
| Servis dışı gemiler | 1 | E | | | 0,15 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | E | | | 0,37 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | E | | | | | | | | | | | | | | |
| Filoya alınan gemiler | 1 | NS | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | |
| | 2 | NS | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | NS | | | | | | | | | | | | | | |
| Filodan çıkan gemiler | 1 | YT | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | YT | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | YT | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| Filo durum vektörü | 1 | UU | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | UU | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | |
| | 3 | UU | | | 1 | | 2 | | | | | | | | | |

| | | |
|---|-----------------|-----------------|
| 3 | Z ₂ | 35.499.728 USD |
| 2 | Z ₁ | 42.597.686 USD |
| 1 | Z ₀ | 44.595.988USD |
| 3 | ZP ₂ | 30.665.999 USD |
| 2 | ZP ₁ | 69.303.356 USD |
| 1 | ZP ₀ | 158.128.063 USD |

EK 9

Tablo 7.13 Birinci Senaryo–Aşama 2 Gemilerin Birinci Yıl için Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | 1 | | | 1 | | | | | |
| | Y_k | | | 10 | | | 20 | | | | | |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | 1 | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | |
| | Y_h | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 | 1460 | 1460 |

| | |
|---|-----------------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_1 | 55.836.101 USD |
|---|-----------------------|

EK 10

Tablo 7.14 Birinci Senaryo–Aşama 2 Gemilerin İkinci Yıl için Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | 1 | | | 1 | | | | | |
| | Y_k | | | 10 | | | 20 | | | | | |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | 1 | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | |
| | Y_h | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 | 1460 | 1460 |

| | |
|---|-----------------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_2 | 55.836.101 USD |
|---|-----------------------|

EK 11

Tablo 7.15 Birinci Senaryo–Aşama 2 Gemilerin Üçüncü Yıl için Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | 1 | | | | | |
| | Y_k | | | | | | 20 | | | | | |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | 1 | |
| | 3 | | | | | | | | 1 | | | |
| | Y_h | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 | 1095 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_3 | 54.132.979 USD |
|-------------------------------|----------------|

EK 12

Tablo 7.16 İkinci Senaryo-Aşama 1 Çözüm Tablosu

| | YIL | Güzergâh | Gemi Seçenekleri | | | | | | | | | | | Yıllık Sefer sayısı | Frekans (gün) |
|-----------------------|--------------------------|----------|------------------|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|---------------------|---------------|
| | | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 | K 10 | K 11 | | |
| Kullanımdaki gemiler | 1. YIL θ_{kr1} | R 1 | | | 0,99 | | | | | | | | 0,38 | 52 | 7 |
| | | R 2 | | | 0,40 | | | | | | | | 2,69 | 52 | 7 |
| | | R 3 | 1,00 | | 0,61 | | | | 3,00 | | | | 0,67 | 52 | 7 |
| | 2. YIL θ_{kr2} | R 1 | | | 1,09 | | | | | | | | 0,26 | 52 | 7 |
| | | R 2 | | | 0,89 | | | | | | | | 2,09 | 52 | 7 |
| | | R 3 | 0,61 | | 0,03 | | | | 3,00 | | | | 1,65 | 52 | 7 |
| | 3. YIL θ_{kr3} | R 1 | | | 1,19 | | | | | | | | 0,13 | 52 | 7 |
| | | R 2 | | | 0,45 | | | | | | | | 2,63 | 52 | 7 |
| | | R 3 | | | 0,36 | | | | 4,00 | | | | 0,94 | 52 | 7 |
| Servis dışı gemiler | 1 | E | | | | | | | | | | 0,25 | | | |
| | 2 | E | 0,39 | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | E | | | | | | | | | | 0,30 | | | |
| Filoya alınan gemiler | 1 | NS | 1,00 | 2,00 | | | | | 3,00 | | | 4,00 | | | |
| | 2 | NS | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | NS | | | | | | 1,00 | | | | | | | |
| Filodan çıkan gemiler | 1 | YT | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | YT | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | YT | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| Filo durum vektörü | 1 | UU | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | UU | 1 | 2 | | | | 3 | | | 4 | | | | |
| | 3 | UU | 1 | 2 | | | | 3 | | | 4 | | | | |

| | | |
|---|-----------------|-----------------|
| 3 | Z ₂ | 90.663.400 USD |
| 2 | Z ₁ | 91.903.717 USD |
| 1 | Z ₀ | 94.019.435 USD |
| 3 | ZP ₂ | 79.552.014 USD |
| 2 | ZP ₁ | 162.911.395 USD |
| 1 | ZP ₀ | 307.429.743 USD |

EK 13

Tablo 7.17 İkinci Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Birinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|---|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | 2 | |
| | 2 | | | | | | | | | | 2 | |
| | 3 | 1 | | 1 | | | | | 3 | | | |
| Y_k | | 10 | | 20 | | | | | 30 | | 40 | |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | 1 | |
| Y_h | | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_1 | 105.490.316 USD |
|-------------------------------|-----------------|

EK 14

Tablo 7.18 İkinci Senaryo-Aşama 2 Gemilerin İkinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|---|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | 2 | |
| | 2 | | | | | | | | | | 2 | |
| | 3 | 1 | | 1 | | | | | 3 | | | |
| Y_k | | 10 | | 20 | | | | | 30 | | 40 | |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | 1 | |
| Y_h | | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_2 | 105.490.316 USD |
|-------------------------------|-----------------|

EK 15

Tablo 7.19 İkinci Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Üçüncü Yıl İçin Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|---|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | 2 | |
| | 2 | | | 1 | | | | | | | 2 | |
| | 3 | | | 1 | | | | | 4 | | | |
| Y_k | | | | 20 | | | | | 40 | | 40 | |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | 1 | |
| Y_h | | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_3 | 102.499.709 USD |
|-------------------------------|-----------------|

EK 16

Tablo 7.20 Üçüncü Senaryo-Aşama 1 Çözüm Tablosu

| | YIL | Güzergâh | Gemi Seçenekleri | | | | | | | | | | | Yıllık Sefer sayısı | Frekans (gün) | |
|-----------------------|--------------------------|----------|------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|------|---------------------|---------------|----|
| | | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 | K 10 | K 11 | | | |
| Kullanımdaki gemiler | 1. YIL θ_{kr1} | R 1 | | | | | | 0,51 | | | | | | | 24 | 15 |
| | | R 2 | | | | | | 0,62 | | | | | | | 15 | 25 |
| | | R 3 | 1,00 | | | | | 0,87 | | | | 0,27 | | | 26 | 14 |
| | 2. YIL θ_{kr2} | R 1 | | | | | | 0,53 | | | | | | | 25 | 14 |
| | | R 2 | | | | | | 0,74 | | | | | | | 18 | 21 |
| | | R 3 | 0,83 | | | | | 0,73 | | | | | | | 19 | 19 |
| | 3. YIL θ_{kr3} | R 1 | | | | | | 0,56 | | | | | | | 27 | 14 |
| | | R 2 | | | | | | 0,63 | | | | | | | 15 | 24 |
| | | R 3 | | | | | | 0,81 | | | | | | | 11 | 34 |
| Servis dışı gemiler | 1 | E | | | | | | | | | | | 0,73 | | | |
| | 2 | E | 0,17 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | E | | | | | | | | | | | | | | |
| Filoya alınan gemiler | 1 | NS | | | | | | 2 | | | | | 1 | | | |
| | 2 | NS | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | NS | | | | | | | | | | | | | | |
| Filodan çıkan gemiler | 1 | YT | 7 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | YT | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | 3 | YT | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Filo durum vektörü | 1 | UU | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | UU | 1 | | | | | 2 | | | | | 1 | | | |
| | 3 | UU | 1 | | | | | 2 | | | | | | | | |

| | | |
|---|----------------|----------------|
| 3 | Z ₂ | 35.499.728 USD |
| 2 | Z ₁ | 45.524.037 USD |
| 1 | Z ₀ | 50.290.428 USD |

| | | |
|---|-----------------|-----------------|
| 3 | ZP ₂ | 30.665.999 USD |
| 2 | ZP ₁ | 71.957.643 USD |
| 1 | ZP ₀ | 160.384.635 USD |

EK 17

Tablo 7.21 Üçüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Birinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | 1 | |
| | 2 | 1 | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | 2 | | | | | |
| | Y_k | 10 | | | | | 20 | | | | 10 | 0 |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | |
| | Y_h | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_1 | 56.287.833 USD |
|-------------------------------|----------------|

EK 18

Tablo 7.22 Üçüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin İkinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | 2 | | | | | |
| | Y_k | 10 | | | | | 20 | | | | | |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | 1 | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | |
| | Y_h | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 | 1460 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_2 | 56.880.169 USD |
|-------------------------------|----------------|

EK 19

Tablo 7.23 Üçüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Üçüncü Yıl İçin Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | 2 | | | | | |
| | Y_k | | | | | | 20 | | | | | |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | 1 | |
| | 2 | | | | | | | | 1 | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | |
| | Y_h | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 | 1095 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_3 | 55.056.833 USD |
|-------------------------------|----------------|

EK 20

Tablo 7.24 Dördüncü Senaryo-Aşama 1 Çözüm Tablosu

| | YIL | Güzergâh | Gemi Seçenekleri | | | | | | | | | | | Yıllık Sefer sayısı | Frekans (gün) | |
|-----------------------|--------|--------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|---------------------|---------------|---|
| | | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 | K 9 | K 10 | K 11 | | | |
| Kullanımdaki gemiler | 1. YIL | R 1 | 1,48 | | | | | | | | | | | | 52 | 7 |
| | | θ_{kr1} R 2 | 1,66 | | | | | | 1,00 | | | | | | 52 | 7 |
| | | R 3 | 4,48 | | | | | | | | | | | | 52 | 7 |
| | 2. YIL | R 1 | 1,56 | | | | | | | | | | | | 52 | 7 |
| | | θ_{kr2} R 2 | 1,66 | | | | | | 1,00 | | | | | | 52 | 7 |
| | | R 3 | 4,48 | | | | | | | | | | | | 52 | 7 |
| | 3. YIL | R 1 | 0,31 | | | | | | | | | | | | 52 | 7 |
| | | θ_{kr3} R 2 | 1,66 | | | | | | 1,00 | | | | | | 52 | 7 |
| | | R 3 | 4,48 | | | | | | | | | | | | 52 | 7 |
| Servis dışı gemiler | 1 | E | 0,37 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | E | 0,30 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | E | 0,54 | | | | | | | | | | | | | |
| Filoya alınan gemiler | 1 | NS | | | | | | | 1,00 | | | | | | | |
| | 2 | NS | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | NS | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| Filodan çıkan gemiler | 1 | YT | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | YT | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | YT | 1,00 | | | | | | | | | | | | | |
| Filo durum vektörü | 1 | UU | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | UU | 8 | | | | | | 1 | | | | | | | |
| | 3 | UU | 8 | | | | | | 1 | | | | | | | |

| | | |
|---|----------------|-----------------|
| 3 | Z ₂ | 98.524.756 USD |
| 2 | Z ₁ | 102.665.999 USD |
| 1 | Z ₀ | 101.805.115 USD |

| | | |
|---|-----------------|-----------------|
| 3 | ZP ₂ | 87.752.732 USD |
| 2 | ZP ₁ | 180.873.819 USD |
| 1 | ZP ₀ | 282.358.509 USD |

EK 21

Tablo 7.25 Dördüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Birinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | |
| | 2 | 3 | | | | | | | | | | |
| | 3 | 4 | | | | | | | | | | |
| | Y_k | 80 | | | | | | | 10 | | 0 | |
| N_{hr} | | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | 1 | | | |
| | Y_h | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 | 1460 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_1 | 115.706.208 USD |
|-------------------------------|-----------------|

EK 22

Tablo 7.26 Dördüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin İkinci Yıl İçin Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | | |
| | 2 | 3 | | | | | | | | | | |
| | 3 | 4 | | | | | | | | | | |
| | Y_k | 80 | | | | | | | 10 | | 0 | |
| | N_{hr} | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| | Güzergâh r | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | 1 | | | |
| | Y_h | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 | 1460 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_2 | 115.706.208 USD |
|-------------------------------|-----------------|

EK 23

Tablo 7.27 Dördüncü Senaryo-Aşama 2 Gemilerin Üçüncü Yıl İçin Güzergâhlara Atanması

| N_{kr} | | SAHİP OLUNAN GEMİLER (k) | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Güzergâh r | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | |
| | 2 | 3 | | | | | | | | | | |
| | 3 | 4 | | | | | | | | | | |
| | Y_k | 70 | | 10 | | | | | 10 | | | |
| | N_{hr} | Gemi Tipi | KİRALIK GEMİLER (h) | | | | | | | | | |
| | Güzergâh r | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. YIL | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | 1 | | | |
| | Y_h | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1460 | 1095 | 1460 | 1460 | 1460 |

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Yıllık İşletme Maliyeti Z_3 | 114.390.806 USD |
|-------------------------------|-----------------|

ÖZGEÇMİŞ

Murat YILDIZ

1974 yılında Ankara’ da doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Balıkesir’in Burhaniye ilçesinde tamamladı.

1995 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü’nden mezun olarak TC. Ulaştırma Bakanlığında Uzak Yol Güverte Zabıtlığı Ehliyeti almaya hak kazandı.

1995–1997 yılları arasında Uzak yol Güverte Zabiti olarak Türk bayraklı Ticaret Gemilerinde Uzakyol Güverte Zabiti olarak çalıştı.

1997 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı.

2002 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programından mezun oldu.

2002 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Programına başladı.

İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümünde halen Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.