

## BİR OTOMOTİV FİRMASI İÇİN ARAÇ SEVKİYATI VE DAĞITIM MERKEZİ YER SEÇİMİ PROBLEMİ

*Aras BARUTÇUOĞLU\*, Derya DEMİRTAŞ, Betül DİLAN, Ruken DÜZGÜN  
Murat KÖKSALAN, Seçil SAVAŞANERİL*

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara  
aras.barutcuoglu@gmail.com, deryad44@gmail.com, h.betuldilan@gmail.com, rukenduzgun@gmail.com,  
koksalan@ie.metu.edu.tr, secil@ie.metu.edu.tr*

*Geliş Tarihi: 5 Mayıs 2008; Kabul Ediliş Tarihi: 8 Temmuz 2009  
Bu makale 1 kez düzeltilmek üzere 84 gün yazarlarda kalmıştır.*

### ÖZET

Bu çalışmada otomobil ve hafif ticari araçlar üreten ve bu araçları gelen siparişlere göre TIR'larla bayilere dağıtan bir firma için, dağıtım maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla dağıtım merkezleri açma kararları analiz edilmiş ve dağıtımın daha sistematik yapılmasına yönelik bir karar-destek sistemi oluşturulmuştur. İki alt problem incelenmiştir: (i) Gemi ile taşımacılıkta kullanılacak dağıtım merkezleri yer seçimi, (ii) Siparişlerin farklı rotalara sahip TIR'lara yüklenmesini sağlayacak bir karar-destek sistemi tasarımı. Her iki problem için de karışık tamsayı programlama modelleri oluşturularak çözüm alternatifleri belirlenmiştir. Dağıtım merkezi yer seçimi kararında değişik senaryolar için farklı liman bölgelerinin kullanıldığı gözlemlenmiş, olası kâr potansiyelleri ortaya konmuştur. Günlük TIR yükü oluşturma kararlarının ise önerilen karar-destek sistemiyle, mevcut dağıtım maliyetlerine yakın maliyetlerle çok kısa sürede verilebildiği görülmüştür. Karar vericinin tecrübesine ve yeteneklerine bağlı olmaksızın sistematik bir şekilde çözüm sağlayan karar-destek sistemi, aynı zamanda şu anda yapılan tüm işlemlerin yapılmasına olanak verecek esnekliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dağıtım merkezi yerleştirme, deniz taşımacılığı, dağıtım planlama, karar destek sistemi

### VEHICLE DISPATCH AND DISTRIBUTION CENTER LOCATION PROBLEM FOR AN AUTOMOTIVE FIRM

### ABSTRACT

In this study, we analyze the distribution decisions of a company operating in the automotive sector. The two subproblems discussed are: (i) how to locate distribution centers that will operate as cross-dock points to minimize the total distribution costs, (ii) to design a decision support system to determine the daily routes and truck-load mixes. Two mixed integer programming models are solved for this purpose. For the distribution center location problem, different harbors are found optimal for different scenarios and potential savings are evaluated. It is observed that daily truck-loading decisions are given with nearly the same costs but in a more rapid, accurate, and a systematic manner. The proposed decision support system does not only eliminate the dependence on the experience of the staff but also provide flexibility in truck-loading decisions.

**Keywords:** Locating distribution centers, maritime transportation, distribution planning, decision support system

\* İletişim yazarı

## 1. MEVCUT DURUM

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın dağıtım merkezi yerleşim ve dağıtım problemi ele alınmaktadır. Projenin gerçekleştirildiği 2007 yılında araç üretim kapasitesi 250.000 adet seviyesindedir ve yeni çıkan modellerle kapasitenin bir yıl içinde 300.000'e çıkarılması planlanmaktadır. Şirketin yurt içinde 46 ilde 81 adet bayisi bulunmaktadır. Üretilen araçlar herhangi bir dağıtım merkezine uğramadan fabrikadan bayilere dağıtılmaktadır. Nakliye, bağımsız nakliye şirketleri tarafından yapılmakta ve nakliye ücreti firma tarafından ödenmektedir. Dağıtım maliyetleri toplam lojistik maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Projenin amacı, dağıtım maliyetlerinin düşürülmesi için hâlihazırdaki dağıtım sisteminde hangi stratejik değişikliklerin ve iyileştirmelerin yapılabileceğinin bir analizinin yapılmasıdır.

Bayiler, firmaya taleplerini yerli araçlar için her 15 günde bir, ithal araçlar için ise her 30 günde bir bilgi sistemi aracılığıyla iletmektedir. Ancak, bayinin stoğunda müşterinin istediği araç yoksa bayi "acil talep" başlığı altında, sipariş periyoduna bağlı olmaksızın da sipariş verebilmektedir. Tüm siparişler tedarik zinciri lojistik biriminde toplanır. Tedarik zinciri lojistik birimi, her akşam günlük kesin sipariş listesini sevkiyat birimine iletir. Sevkiyat biriminin görevi araçları TIR'lara atamak ve TIR'ların uğrayacağı bayileri belirlemektir. Bu atama sırasında TIR'ların kapasitesi ve ücretlendirme göz önüne alınmaktadır. Araçların uzunluk ve yükseklikleri modelden modele değiştiği için yüklenebilecek araç sayısı yerleştirilen araç tipine göre değişmektedir. Dağıtım ücretleri mesafeyle doğru orantılıdır. Bir TIR'a konulan tüm araçların taşıma ücreti, TIR'ın gideceği en uzak mesafe üzerinden ödenmektedir. Bir TIR'a birden fazla ilin talebinin konulması istenmeyen bir durumdur, çünkü bu durumda yakın iller için de uzak il ücreti ödenmektedir. Firma, talebin birikmesi amacıyla siparişleri dört güne kadar bekletme hakkına sahiptir. Böylece, uzak mesafe üzerinden ücretlendirmenin

yarattığı dezavantaj azaltılabilir. Dört günün sonunda ilin talebi TIR'ı tamamen doldurmazsa, mümkün olan en yakın illerdeki taleplerle birleştirilerek TIR'ların dolu gitmesi sağlanır. Ücretlendirme politikası ve kapasite kısıtı, atama işlemini karmaşık bir hâle getirmektedir. Bu işlem mevcut durumda bir sistem olmaksızın manuel olarak yapılmakta ve büyük ölçüde işlemi yapan personelin tecrübesine dayanmaktadır. Araçları TIR'lara atama işleminin sistematik olarak gerçekleştirilmesi projenin bir diğer amacıdır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Dağıtım maliyetinin düşürülmesi için yapılabilecek stratejik değişiklikler firmanın da isteği ile bayilere yakın yerlerde dağıtım merkezleri oluşturmak olarak belirlenmiştir. Olası dağıtım merkezleri olarak limanlar düşünülmüştür. Araçların fabrikadan limanlara gemilerle, limanlardan bayilere TIR'larla taşındığı durumda maliyeti enazlayan bir liman seçme ve dağıtım modeli tasarlanmıştır. Çalışmada dağıtım merkezi seçimi için önerilen model, iki-seviyeli kesikli ağ tasarımı problemleri içinde yer alan depo yerleşim ve dağıtım modelidir. Kesikli ağ yerleşim problemlerinin bir incelemesi Current vd. (2001)'de bulunabilir. Problemden göz önünde bulundurulmuş maliyetler: Her liman için araç başına liman kiralama maliyeti, sefer başına gemi ile taşıma maliyeti, gemi ile taşıma süresince envanter tutma maliyeti ve dağıtım maliyetidir. Bu maliyetlere bakıldığında, ele alınan problem klasik bir yerleşim probleminden birkaç yönü ile ayrılır: Öncelikle depo yerleşimi için sabit bir maliyet yoktur. Sabit bir maliyet olmadığı için diğer maliyetlerin zamanla aynı oranda artacağını ya da azalacağını varsaymak mümkündür (Sabit ve periyodik maliyetlerin aynı modelde göz önünde bulundurulduğu bir çalışma için bakınız Köksalan ve Süral, 1999). Limanlarda (dağıtım merkezlerinde) kapasite kısıtı olmamakla birlikte fabrikadan limanlara araç gönderiminde gemi kapasitesi bir kısıt oluşturmaktadır. Dolayısıyla dağıtım maliyeti basamaklı bir yapıya sahiptir. Karabakal vd., (2000)'de yapılan çalışmada Volkswagen

firması için bir ağ tasarım problemi ele alınmış ve modelde basamaklı dağıtım maliyeti yapısı göz önünde bulundurulmuştur. Ele alınan problemde ayrıca bir geminin birkaç limana uğrayarak araç indirmesi de göz önünde bulundurulmaktadır. Deniz taşımacılığı literatüründe gemilerin birkaç limana uğrayarak yük indirip bindirmesini göz önünde bulunduran ve maliyeti enazlayan rotalama modelleri bulunmaktadır. Gemi rotalama ve çizelgeleme üzerine bir inceleme Christiansen vd., (2004)'te yapılmıştır. Ele alınan problem gemi rotalama literatüründe yer alan problemlere kıyasla oldukça basit bir yapıya sahip olmakla birlikte iki-seviyeli depo yerleşimi ve gemi rotalama problemlerinin kesişiminde yer aldığı belirtilebilir. Problemde bazı basitleştirici varsayımlar yapılmıştır. Makalenin ikinci kısmında detaylıca bahsedildiği gibi bayilere dağıtım bağımsız dağıtım şirketleri tarafından yapılmaktadır ve maliyet yapısı oldukça karmaşıktır. Dağıtım merkezi yer seçimi modelinde, araçların limanlardan bayilere dağıtımının lineer bir maliyet yapısına sahip olduğu varsayılmıştır. Rotalama kararları Türkiye'nin liman yerleşim yapısı düşünülerek birkaç seçeneğe indirgenmiştir. Bu basitleştirici varsayımlar ve problem ölçeğinin küçüklüğü depo yerleşim probleminin standart çözümlerle çözülebilmesini sağlamaktadır.

Makalenin ikinci bölümünde TIR yükleme problemi ele alınmıştır. TIR yükleme problemi kapasiteli çoklu araç rotalama probleminin bazı özelliklerini taşımakla birlikte dağıtım maliyetinin yapısından dolayı farklılıklar da içermektedir. Araç rotalama problemlerinde maliyet ziyaret edilen noktalar arası toplam uzaklığa göre hesaplanırken, bu problemde toplam maliyet gidilen en uzak noktaya göre hesaplanır. Bu yapı, problemi özel bir maliyet yapısı altındaki bir genelleştirilmiş atama ya da bidon yükleme problemine dönüştürmektedir. Bidon yükleme problemi NP-zor problemler sınıfındadır, literatürde bu probleme çözüm yaklaşımları ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. (Bakınız Dyckhoff, 1990). Ele alınan problemin karmaşık yapısı bazı

varsayımlarla basitleştirilmiştir: Örneğin, bütün talep noktalarını tek bir kümede düşünmek yerine optimal çözümde bulunma olasılığı çok düşük olan çözümler baştan elenmiştir. Bu eleme talep noktalarını kümelere ayırmaya karşılık gelir. Her küme birbirinden bağımsız ele alınmıştır. Basitleştirilmiş modelin çözümünde standart çözümler kullanılmıştır.

### 3. DAĞITIM MERKEZİ YER SEÇİMİ PROBLEMİ

Dağıtım merkezi yer seçimi probleminde olası dağıtım merkezleri olarak limanlar düşünülmüştür. Limanlara, firmaya en yakın limandan gemiyle toplu taşıma yaparak dağıtım maliyetinin düşürülmesi hedeflenmektedir (Firmaya çok yakın bir liman bulunmaktadır). Limanlara yakın illerdeki bayilerin talepleri de açılacak dağıtım merkezlerinden TIR'lar aracılığıyla karşılanacaktır. Proje hakkında daha detaylı bilgiye sistem tasarımı proje raporundan ulaşılabilir (Barutçuoğlu vd., 2007).

Kullanılabilecek alternatif limanlar tespit edilirken, liman kapasiteleri ve limanların talebin yoğun olduğu bölgelere yakınlıkları dikkate alınmıştır. Türkiye'de otomotiv sektöründe bu uygulamanın bir benzerinin bulunmaması, matematiksel modelin çözümünde kullanılacak verilerin toplanmasında sıkıntılara yol açmıştır. Bu verilerin toplanması esnasında taşımacılık yapan bazı şirketlerle iletişim kurulmuş ve maliyet parametreleri belirlenmiştir. Örneğin, gemi maliyetleri hesaplanırken farklı kapasitedeki gemilerin farklı maliyet kalemleri için (limana yanaşma, limandan ayrılma, yakıt/gün, kiralama/gün, vinç maliyeti, işçilik vs.) kullanılacak değişik katsayılar, şirketten elde edilen ve gerçekleşen bazı gemi taşımacılık maliyetleri analiz edilerek hesaplanmıştır. Liman kiralama maliyetleri ise Derince Limanı (İzmit) ile yapılan görüşmeler sonucu benzer şekilde belirlenmiştir. Birkaç farklı limanla yapılan görüşmelerden sonuç alınmadığı için, diğer bütün limanların kiralama fiyatlarının Derince Limanı'nın fiyatları ile aynı olduğu varsayılmıştır. Bu fiyatların değişik seviyeleri

göz önünde bulundurularak, kararların iyimser ve kötümser fiyat seviyeleri ile nasıl değiştiği incelenmiştir. Analiz aşamasında birçok anlamlı alternatif üzerinde çalışılmıştır. Ölçek ekonomisinden yararlanmak amacıyla geminin başka firmalarla ortak kullanılması da bu alternatiflerden biridir.

Modelde alternatif 7 liman ve 47 talep noktası vardır. Kullanılabilir gemiler 750, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 ve 5000 araç kapasiteli olmak üzere 10 çeşittir. Gemiler birden fazla limana uğrayarak yük indirebilir. Modelleme aşamasında aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır:

### 3.1 Varsayımlar

1. Dağıtım merkezleri sadece limanlarda açılabilir.
2. Modelin doğrusal olabilmesi için gemi gönderim sıklıkları girdi olarak alınmıştır.
3. Taşıma maliyeti taşınacak araç sayısı ile doğru orantılıdır.
4. Acil talepler firmadan TIR'larla karşılanacaktır. Bayilerin bir ay öncesinden sipariş ettikleri normal talepler ise gemilerle dağıtım merkezlerine tek seferde gönderilecektir. Araçlar, limanda TIR'lara atama işleminin yapılmasından sonra bayilere ulaştırılacaktır.
5. Araçların TIR'lara atanması işlemi en fazla bir gün sürmektedir. Bu sebeple, araçlar dağıtım merkezinde bir günden fazla beklemeyecektir.
6. Limanda araçları bir gün tutmanın maliyeti, Derince limanından edinilen bilgiler doğrultusunda hesaplanacaktır. Bu değer, tüm limanlar için yaklaşık olarak geçerlidir.

### 3.2 Dağıtım Merkezi Yer Seçimi Modeli

#### Kümeler

$i$ : Fabrika ve olası dağıtım alanları ( $i=1$ (Fabrika), 2(İzmir), 3(Antalya), 4(Samsun), 5(İstanbul), 6(Tekirdağ), 7(Mersin))

$j$ : Bayiler ( $j=1,2,\dots,45$ )

$t$ : Periyotlar ( $t=1,2,\dots,12$ )

$g$ : Kapasitelerine göre gemi tipleri ( $g=1$ (750 araç), 2(1000 araç), 3(1500 araç), 4(2000 araç), 5(2500 araç), 6(3000 araç), 7(3500 araç), 8(4000 araç), 9(4500 araç), 10(5000 araç))

#### Parametreler

$a_{ijt}$ :  $i$  konumundan (fabrika ya da liman)  $j$  bayisine  $t$  periyodunda araç başına TIR'la taşıma maliyeti (TL/araç)

$a_{00}$ : Fabrikadan en yakın limana araç başına TIR'la taşıma maliyeti (TL/araç)

$Lim_i$ :  $i$  limanı için araç başına liman kiralama maliyeti (TL/araç)

$l_{ig}$ : Fabrikadan  $i$  limanına  $g$  tipi gemiyle sefer başına taşıma maliyeti (TL/sefer)

$Te_i$ : Fabrikadan  $i$  limanına tedarik süresi (gün)

$s$ : Araç başı stok tutma maliyeti (TL/araç)

$D_{jt}$ :  $j$  bayisinin  $t$  periyodundaki talep miktarı (araç)

$C_g$ :  $g$  tipi geminin kapasitesi (araç)

#### Karar Değişkenleri

$X_{ijt}$ :  $i$  konumundan  $j$  bayisine  $t$  periyodunda gönderilen araç sayısı

$m_{it}$ : uğrayacağı son liman  $i$  limanı olan gemiye  $t$  periyodunda yüklenen araç sayısı

$ind_{it}$ :  $i$  limanına  $t$  periyodunda indirilen araç sayısı

$b_{igt} = 1$  eğer  $i$  limanına  $t$  periyodunda  $g$  tipi gemi gönderiliyorsa  
 $= 0$  aksi hâlde

Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıdaki gibidir:

Enazla

$$Z = \sum_t \sum_j \sum_i a_{ijt} \cdot X_{ijt} + \sum_i \sum_t Lim_i \cdot ind_{it} + \sum_t \sum_g \sum_i l_{ig} \cdot b_{igt} + \sum_i \sum_t Te_i \cdot s \cdot ind_{it} + \sum_i \sum_t a_{00} \cdot m_{it}$$

Kısıtlar

$$\sum_i X_{ijt} = D_{jt} \quad \forall t, j \quad (1)$$

$$\sum_j X_{ijt} = ind_{it} \quad \forall t, i \quad (2)$$

$$m_{it} \leq \sum_g b_{igt} \cdot C_g \quad \forall t, i \quad (3)$$

$$m_{it} = ind_{it} \quad i = 2, 4, 5, 7, \forall t \quad (4)$$

$$m_{it} = ind_{i-1t} + ind_{it} \quad i = 3, 6, \forall t \quad (5)$$

$$X_{ijt}, m_{it}, ind_{it} \geq 0 \quad \forall i, j, t \quad (6)$$

$$b_{igt} \quad 0-1 \text{ değişkeni} \quad \forall i, g, t \quad (7)$$

Toplam taşıma maliyetini gösteren amaç fonksiyonu  $Z$ 'nin en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Toplam taşıma maliyetindeki ilk terim TIR'la taşıma maliyetini, 2. terim limanda bir günlük stok alanı kiralama maliyetini, 3. terim gemiyle taşıma maliyetini, 4. terim transit envanter maliyetini ve 5. terim fabrikadan en yakın limana taşıma maliyetini belirtmektedir.

Kısıt(1);  $t$  periyodunda tüm konumlardan  $j$  bayisine gönderilen araç sayısının, aynı periyotta  $j$  bayisinin talep ettiği araç sayısına eşit olmasını sağlar.

Kısıt(2);  $t$  periyodunda  $i$  konumundan tüm bayilere gönderilen araç sayısının, aynı periyotta  $i$  konuma gemiden indirilen araç sayısına eşit olmasını sağlar.

Kısıt(3); uğrayacağı son liman  $i$  limanı olan gemiye  $t$  periyodunda yüklenen araç sayısının,  $i$  limanına  $t$  periyodunda gönderilen geminin kapasitesinden fazla olmamasını sağlar.

Kısıt(4);  $i$  limanına giden gemiye  $t$  periyodunda

yüklenen araç sayısının, o limana o periyotta gemiden indirilen araç sayısına eşit olmasını sağlar.

Kısıt(5); uğrayacağı son liman  $i$  limanı olan gemiye  $t$  periyodunda yüklenen araç sayısının, gemiden o limana ve daha önce uğradığı limana o periyotta indirilen araç sayısına eşit olmasını sağlar. Buna göre Antalya(3) istikametli gemiye yüklenen araç sayısı Antalya(3) ve İzmir(2) limanlarında indirilen araç sayısına eşit olmalıdır. İstanbul(5) ve Tekirdağ(6) için de benzer durum geçerlidir.

Kısıt (6) ve Kısıt (7); değişkenlerin tipini ve özelliklerini belirleyen kısıtlardır.

#### 4. DAĞITIM MERKEZİ YER SEÇİMİ PROBLEMİ ÇÖZÜMLERİ

Dağıtım merkezlerinin nerelerde açılacağına karar vermek için model öncelikle, 2008 yılı talep projeksiyonu, halihazırdaki sefer başına gemi ile taşıma maliyeti (ya da gemi kiralama maliyeti) ve Derince Limanı için elde edilen araç başına liman kiralama maliyeti bilgileri kullanılarak çalıştırılmıştır. Daha sonra çözüme en çok etki ettiği düşünülen üç faktörün (talep, sefer başına gemi ile taşıma maliyeti ve liman kiralama maliyeti) farklı seviyeleri düşünülerek model tekrar çalıştırılmış ve kararların bu faktörlere duyarlılığı analiz edilmiştir. Faktörlerin hangi seviyelerde ele alındığı Tablo 1'de görülebilir. Projenin gerçekleştirildiği sene talebin 2011 yılında 2008 yılına göre %50 artacağı öngörülmüştür. Sefer başına gemi ile taşıma maliyetinin %25 daha düşük olduğu senaryo ve başka bir otomobil üreticisi ile gemi kapasitesinin ortak kullanıldığı senaryo da göz önünde bulundurulmuştur. Derince Limanı dışındaki limanlardaki kiralama fiyatları çabalara rağmen elde

**Tablo 1.** Duyarlılık Analizi İçin Seçilen Faktörlerin Seviyeleri

Talep	Sefer başına gemi maliyeti	Liman kiralama maliyeti
2008 projeksiyonu	Halihazırdaki durum	Derince Limanı kiralama fiyatı
2011 projeksiyonu	%25 düşürülmüş maliyet	%50 düşürülmüş fiyat
	Ortak kullanım	%100 düşürülmüş fiyat
	%25 düşürülmüş maliyet ve ortak kullanım	%50 artırılmış fiyat
		%100 artırılmış fiyat

edilememiştir. Liman maliyetleri limanlar için aynı varsayılmakla birlikte beş farklı seviye göz önünde bulundurulmuştur.

#### 4.1 2008 Yılı Analizi

Analizler sonucunda 2008 yılı talep projeksiyonu altında, mevcut durumda (sefer başı taşıma maliyetlerinin halihazırdaki seviyesi ve Derince Limanı araç başı kiralama maliyeti göz önünde bulundurulduğunda) dağıtım merkezi açmanın kârlı olmadığı ortaya çıkmıştır. Bunun en temel nedeni illerdeki talep seviyelerinin yüksek sefer başı taşıma maliyetlerini karşılayacak düzeyde olmamasıdır.

##### 4.1.1 Sefer Başına Gemi ile Taşıma Maliyetinin Kararlara Etkisi

Sefer başına gemi ile taşıma maliyeti, ya da gemi kiralama maliyeti, hem sabit hem de değişken maliyet birimlerini içermektedir. Gemi kiralama maliyetlerinin %25 daha düşük olduğu varsayıldığında, Samsun Limanı'nın yılın dört ayında dağıtım merkezi olarak kullanılması kararı en düşük maliyeti vermektedir. Bu aylar talebin en yüksek olduğu dönemlerdir. Şekil 1'de görüldüğü gibi Türkiye'nin batısında kalan bayilerin

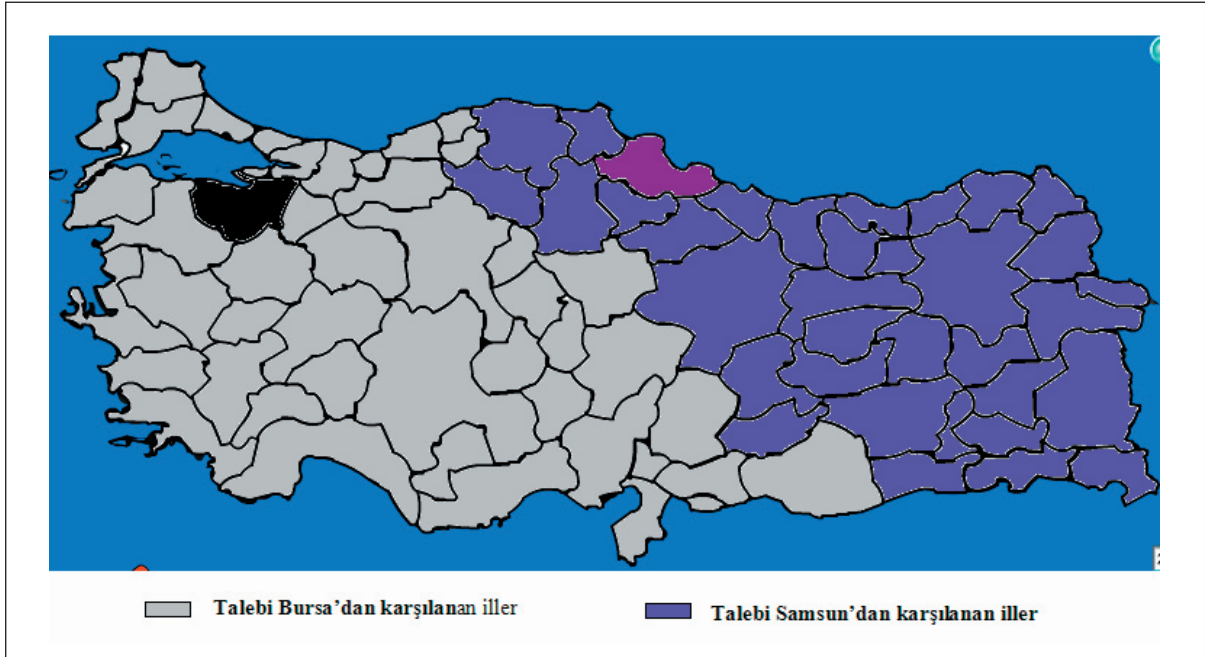
talepleri söz konusu aylarda firmadan TIR'larla karşılanırken, doğu illerinin talepleri yeni açılan dağıtım merkezinden karşılanmıştır.

Ortak kullanımda, yani kiralanan geminin kapasitesinin başka otomobil üreticileri ile paylaşılması durumunda, gemi kiralamanın sabit kısmını oluşturan maliyetlerin diğer üretici ile paylaşıldığı varsayılmıştır. Analiz sonucunda Samsun Limanı'nın yılın üç ayı boyunca, Mersin Limanı'nın ise yılın iki ayı boyunca kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Bir başka senaryo, hem maliyetlerin %25 daha düşük olduğu hem de gemi kapasitesinin bir başka otomobil üreticisi firmayla ortaklaşa kullanıldığı varsayımına dayandırılmıştır. Bu senaryo altında liman kullanım süresi Samsun Limanı'nda beş aya, Mersin Limanı'nda, ise dokuz aya çıkmaktadır.

##### 4.1.2 Araç Başına Liman Kiralama Fiyatının Kararlara Etkisi

Yapılan bir başka duyarlılık analizinde, limanlar için günlük araç tutma fiyatlarının kararlara etkisi incelenmiştir. Bu analizde, mevcut maliyet parametrelerinin %50 ve %100 azaltıldığı ve artırıldığı



Şekil 1. Dağıtım Merkezleri ve Talebi Karşılanan İller (2008 yılı)

durumlar göz önüne alınmıştır. 2008 yılında mevcut durumda liman kullanımını tercih etmeyen model, bütün limanlarda araç tutma günlük bedelleri sıfır olsa (%100 azaltılsa) dahi liman kullanımını tercih etmemiştir. Bu durum, 2008 yılı talep öngörüsü altında, modelin araç başına liman kiralama maliyetine duyarlı olmadığını göstermektedir.

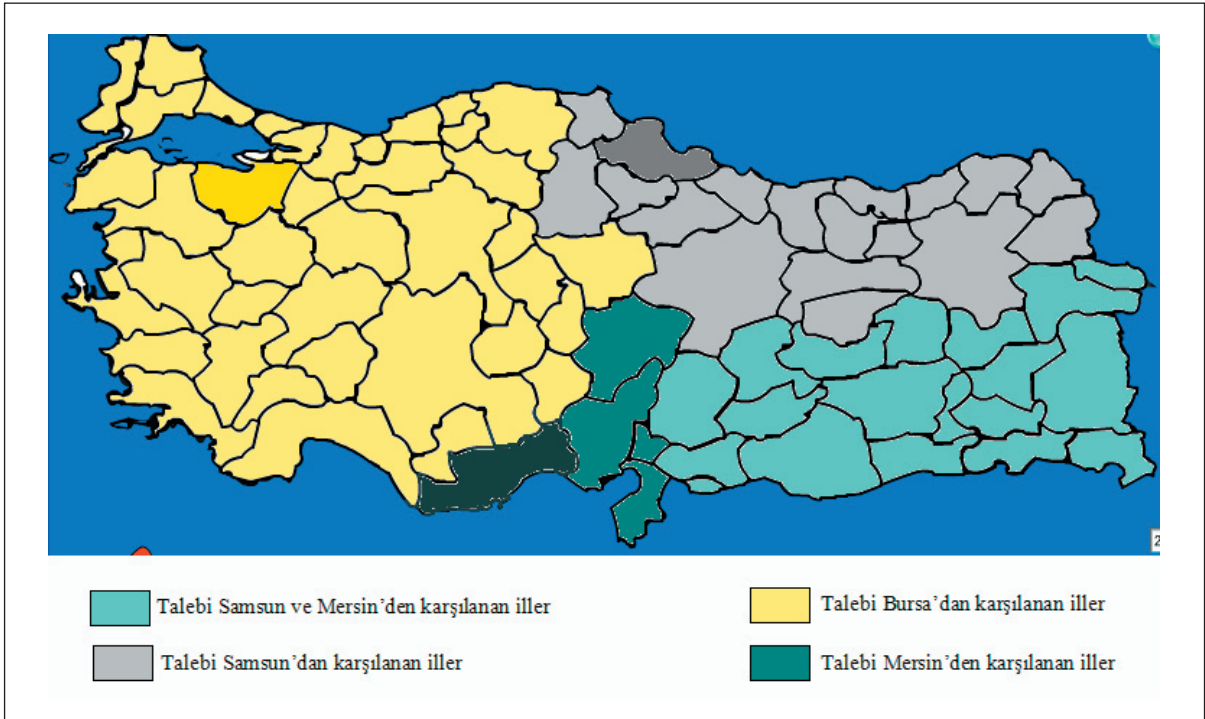
#### 4.2 2011 Yılı Analizi

2008 yılı için incelenen senaryolar talep öngörüsünün daha yüksek olduğu 2011 yılı için de tekrarlanmış ve mevcut gemi kiralama maliyetleri altında sadece (talebin yüksek olduğu) bir ay için Samsun Limanı'nı dağıtım merkezi olarak kullanmanın avantajlı olduğu görülmüştür. Yılın sadece bir ayında limanın dağıtım merkezi olarak kullanılması, deniz taşımacılığının uygulamaya yönelik ve gözardı edilmiş olması mümkün zorlukları da düşünüldüğünde çok makul gözükmemektedir. Bu nedenle analiz, daha sık liman kullanımı beklentisiyle gemi kiralama fiyatlarının veya liman kiralama bedellerinin daha düşük olduğu tahmini durumlar için de yapılmıştır.

#### 4.2.1 Sefer Başına Gemi ile Taşıma Maliyetinin Kararlara Etkisi

Gemi kiralama maliyetlerinin %25 düşük olduğu varsayılarak model tekrar çalıştırılmıştır. Analiz sonucunda, Samsun Limanı'nın yedi ay, Mersin Limanı'nın da dört ay dağıtım merkezi olarak kullanıldığı görülmüştür. Bu durum, şirketin daha yüksek talep öngördüğü 2011 yılı için deniz taşımacılığının sıkça kullanılabilir bir tercih olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla talep artışının gemi taşımacılığının kara taşımacılığına tercih edilmesine önemli ölçüde katkıda bulunduğu anlaşılmaktadır. Şekil 2, söz konusu aylarda Bursa, Samsun ve Mersin'den karşılanan illeri göstermektedir.

2011 yılı için, mevcut gemi kiralama maliyetleri altında gerçekleştirilen dağıtım kararları ile bu maliyetlerin %25 indirildiği senaryo altındaki kararlar karşılaştırıldığında, toplam dağıtım maliyetinin %1,8 oranında düştüğü gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, talebin yüksek gemi kiralama maliyetlerini telafi edecek kadar yüksek olmadığı veya gemi ile taşıma



Şekil 2. Dağıtım Merkezleri ve Talebi Karşılanan İller (2011 yılı)

fiyatlarının yeteri kadar düşük olmadığı durumlarda dağıtım merkezi açmak maliyet düşüren bir alternatif olarak gözükmemektedir.

Geminin ortaklaşa kullanılması durumunda, Samsun Limanı yılın yedi ayında dağıtım merkezi olarak kullanılırken Mersin Limanı yılın dört ayında dağıtım merkezi olarak kullanılmaktadır. Gemi kiralama maliyetlerinin %25 indirildiği duruma kıyasla Mersin Limanı'na daha çok sayıda araç gönderilmektedir. Gemi kiralama fiyatlarının %25 daha düşük olduğu ve ortak kullanım varsayımı altında Samsun ve Mersin Liman'ları yılın 11 ayı boyunca kullanılmakta, Antalya Limanı'nda da bir aylık kullanım gerçekleşmektedir.

#### **4.2.2 Araç Başına Liman Kiralama Fiyatının Kararlara Etkisi**

2011 yılı talep projeksiyonu altında, limanda araç tutma günlük bedellerinin limanlarda dağıtım merkezi açma kararına etkisi incelenmiştir. Liman kiralama fiyatlarının %50 daha düşük ya da %50 daha yüksek olduğu durumda mevcut durum altında alınan kararlarda bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Fiyatların %100 daha düşük olduğu durumda (yani liman kiralamanın ücretsiz olduğu durumda) Samsun Limanı'nın iki ay boyunca kullanıldığı, fiyatların %100 daha yüksek olduğu durumda ise hiç bir limanın kullanılmadığı gözlemlenmiştir.

Gemi ile taşıma fiyatlarının %25 daha düşük olduğu duruma ek olarak liman kiralama fiyatlarının %50 ya da %100 daha düşük olduğu durum incelendiğinde Samsun Limanı'nın sekiz ay, Mersin Limanı'nın dört ay dağıtım merkezi olarak kullanıldığı görülmüştür. Yani gemi taşıma fiyatlarının %25 daha düşük olduğu duruma kıyasla Samsun Limanı dışındaki limanların kullanımında değişiklik olmamaktadır. Fiyatların %50 ya da %100 artırıldığı durumda ise Samsun Limanı'nın kullanımı yedi ay, Mersin Limanı'nın kullanımı dört ay olmakta, yani gemi taşıma fiyatlarının %25 daha düşük olduğu duruma kıyasla kararlarda bir değişiklik olmamaktadır.

Son olarak, gemi ile taşıma fiyatlarının %25 daha düşük ve başka bir üretici ile ortak kullanım

olduğu varsayılan duruma ek olarak liman kiralama fiyatlardaki değişikliğin etkileri incelendiğinde, fiyatların %50 daha düşük olmasının bir etkisi olmamakta, %100 daha düşük olduğunda Antalya limanının kullanım süresi bir aydan iki aya çıkmaktadır (Samsun ve Mersin Liman'larının kullanımı yine on bir ay olarak gerçekleşmektedir). Fiyatların %50 ya da %100 daha yüksek olduğu durumda ise Antalya limanının kullanımı ortadan kalkmaktadır.

Bu analizlere dayanarak, modelin, araç başına liman kiralama maliyetlerindeki değişikliklere duyarlılığının az olduğu sonucuna varmak mümkündür.

### **5. TIR YÜKLEME PROBLEMİ VE ÇÖZÜM YAKLAŞIMI**

Daha önce de belirtildiği üzere araçların TIR'lara atanması işlemi sevkiyat birimi tarafından yapılmaktadır. Oldukça karmaşık olan bu işlem sırasında yardımcı bir yazılım kullanılmamaktadır. Bu işlemin iyi yürümesi büyük ölçüde atamayı yapan kişinin tecrübesine ve yeteneklerine bağlıdır. Yılda 10.000 TIR'ın gönderildiği düşünülürse, araçların TIR'lara atanması işleminin zorluğu daha iyi anlaşılabilir. Mevcut sistemde bayilere gönderilecek araçlar bilgisayar ekranında görülmekte ve sevkiyat birimi çalışanı tarafından tipleri ve gönderilecekleri iller dikkate alınarak TIR'lara tasnif edilmektedir. Gerek üretimin artması gerekse yeni bir dağıtım merkezinin açılması durumunda karşılaşılabilecek zorlukları önlemek amacıyla bu problemin bir model yardımıyla çözülmesi hedeflenmektedir. Bu modelde temel olarak TIR'lara hangi illerin talebinin yükleneceğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Modelleme aşamasında, önce TIR'ların izleyebileceği güzergâhlar belirlenmiştir. Bu işlem sırasında Türkiye Karayolları Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu haritalarda belirtilen yollar dikkate alınmıştır. Ardından her güzergâh için, üzerindeki illeri içeren il kümeleri oluşturulmuştur. Amaç, birbirinden çok uzak illerin aynı TIR'a atanmasını engelleyerek modeldeki değişken sayısını azaltmak ve çözüm süresini kısaltmaktır. Birden fazla güzergâhta yer



alan iller, “ortak il” adıyla birden fazla kümede yer alır. Bu özel durumu çözmek amacıyla modele ek kısıtlar konmuştur. Modelin sadeleştirilmesi amacıyla her güzergâh için ayrılmış bir grup TIR olduğu var sayılmıştır. Son olarak araç modellerinin gerek boy gerekse yükseklik olarak farklı olması nedeniyle TIR'lara yüklenebilecek araç sayısı sabit değildir. Fakat yüklenebilecek olası araç kombinasyonları bilinmemektedir. Bu kombinasyonlar göz önünde bulundurularak her araç tipi için bir kapasite katsayısı belirlenmiştir.

Bir ilin siparişlerinin bir TIR'ı tam doldurması durumunda TIR'ın o ile gönderilmesi en uygun çözüm olmaktadır. Bir ilin siparişlerinin TIR kapasitesinin altında kaldığı ya da üstüne çıktığı durumlarda, atanamayan siparişlere “artık-talep” denilmektedir. Artık-talep olması durumunda TIR'a birden fazla ilin talebi yüklenir ve bu iller birbirlerine ne kadar uzaksa zarar o derece artar. Oluşturulan matematiksel modelde artık-taleplerin optimale yakın bir şekilde TIR'lara atanması sağlanmaktadır.

### 5.1 Varsayımlar

1. Farklı il kümeleri içinde olan illerin siparişleri aynı TIR'a konulamaz.
2. Üç farklı boyutta araç vardır (Otomobil, hafif ticari araç ve ticari araç). Diğer araçlar bu üç aracın boyutuna indirgenebilir.
3. Bir ile gidecek olan aynı boyuttaki araçlar aynı TIR'a yüklenir.
4. Günlük gelen bütün siparişler aynı gün içerisinde karşılanır.

### 5.2 Araç Dağıtım Modeli

#### İndeksler ve Kümeler

- $i$  : İl bazında talep noktaları (bayiler)  
( $i=1,2,\dots,46$ )
- $j$  : TIR numarası  
( $j=1,2,\dots,T$ )
- $T$  : Maksimum TIR sayısı\*

- $k$  : Araç tipi  
( $k=1$ (otomobil),  $2$ (hafif ticari araç),  $3$ (ticari araç) )
- $m$  : Rota (ya da il kümesi) numarası  
( $m=1,2,\dots,M$ )
- $m(i)$  :  $i$  ilinin üzerinde bulunduğu rota(lar)
- $m(j)$  :  $j$  TIR'ının atanmış olduğu rota
- $l_m$  :  $m$  rotası üzerindeki illerden “ortak il” durumunda olan illerin kümesi
- $a_m$  :  $m$  rotası üzerindeki illerin kümesi
- $t_m$  :  $m$  rotası için ayrılmış TIR'ların kümesi

#### Parametreler

- $b_k$  :  $k$  tipi aracın TIR'da kullandığı kapasite ( $k=1$  için 1,  $k=2$  için 2,33 ve  $k=3$  için 4)
- $c_i$  : Bursa'dan  $i$  bayisine araç başına TIR'la taşıma maliyeti (TL /araç)
- $D_{ik}$  :  $i$  bayisinin  $k$  tipi araç talebi (araç)
- $CofT$  : TIR kapasitesi = 9

#### Karar Değişkenleri

- $X_{ijk} = 1$  eğer  $i$  bayisinin  $k$  tipi araç talebi  $j$  TIR'ına atandıysa,  
= 0 aksi hâlde
- $Y_{ikm} = 1$  eğer  $i$  bayisinin  $k$  tipi araç talebi  $m$  rotasına atandıysa,  
= 0 aksi hâlde
- $Tm_j$  :  $j$  TIR'ının araç başı taşıma maliyeti ( $j$  TIR'ına atanan araçların gideceği illerden Bursa'ya en uzak olan il üzerinden hesaplanır) (TL/ araç)

Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıdaki gibidir:

Enazla

$$Z = CofT \sum_j Tm_j$$

Kısıtlar

$$\sum_{i \in a_m(j)} \sum_k X_{ijk} b_k D_{ik} \leq CofT \quad \forall j \quad (8)$$

\* Rotadaki her ile bir TIR gönderildiği durumda elde edilen sayı. Bazı iller birden fazla rotada bulunduğu için T 67 olarak alınmıştır.

$$\sum_{j \in t_m} X_{ijk} = Y_{ikm} \quad \forall k \text{ ve } \forall (m, i \in a_m) \quad (9)$$

$$\sum_m Y_{ikm} = 1 \quad \forall i, k; D_{ik} > 0 \quad (10)$$

$$\sum_j X_{ijk} = 1 \quad \forall i, k; D_{ik} > 0 \quad (11)$$

$$X_{ijk} = 0 \quad \forall i, j, k; D_{ik} = 0 \quad (12)$$

$$\sum_{j \in t_m} \sum_{i \in a_m} X_{ijk} D_{ik} \leq \sum_{i \in a_m} D_{ik} - \sum_{i \in l_m} \sum_{n \in \{1, \dots, M\} / m} D_{ik} Y_{ikn} \quad \forall m, k \quad (13)$$

$$Tm_j \geq c_i X_{ijk} \quad \forall i, j, k \quad (14)$$

$$Tm_j \quad \text{tamsayı değişkeni} \quad \forall j \quad (15)$$

$$X_{ijk}, Y_{ikm} \quad 0-1 \text{ değişkenleri} \quad \forall i, j, k \quad (16)$$

Toplam TIR'la taşıma maliyetine karşılık gelen amaç fonksiyonu Z'nin en aza indirilmesi hedeflenmektedir.

Kısıt (8); j TIR'ına yüklenen araçların TIR kapasitesini geçmemesini sağlar.

Kısıt (9); i bayisinin k tipindeki araç talebinin, i bayisine araç gönderen TIR kümesine ait TIR'lerden herhangi biri tarafından karşılanmasını sağlar.

Kısıt (10); i bayisinin k tipi talebinin yalnızca bir il kümesine atanmasını sağlar.

Kısıt (11); i bayisinin k tipi talebinin yalnızca bir TIR'a atanmasını sağlar.

Kısıt (12); l ortak ilinin k tipi araç talebi yoksa bu bayiiye araç gönderen TIR kümelerindeki TIR'lerden hiçbirine atanmamasını sağlar.

Kısıt (13); l ortak ilinin k tipi araç talebi, bayinin bulunduğu bayi setlerinden herhangi birine atandıysa, bu talebin bayinin bulunduğu diğer bayi setlerinden düşülmesini sağlar.

Kısıt (14); j TIR'ının araç başı taşıma maliyetinin, o TIR'a atanan taleplerin ait olduğu bayilerin Bursa'ya en uzak olanı üzerinden hesaplanmasını sağlar.

Kısıt (15) ve Kısıt (16); değişkenlerin tipini belirleyen kısıtlardır. Kısıt (15), j TIR'ının araç başı taşıma maliyetinin tam sayı olmasını sağlarken; kısıt (16), i bayisinin k tipi araç talebinin j TIR'ına atanıp atanmadığını ve i bayisinin k tipi araç talebinin m kümesine atanıp atanmadığını belirler.

Tüm basitleştirici varsayımlara rağmen model yine de kısa sürede çözülemeyecek kadar karmaşıktır. Bu sebeple Türkiye doğu ve batı olarak iki kısımda ele alınmıştır. Böylece, her iki kısım da optimal olarak çözülmüştür. Bu ayrımın, araç güzergâhları göz önüne alındığında (Bkz. Şekil 3) problemin bütünselliğini etkilemeyeceği ve optimal çözümden çok farklı bir çözüme neden olmayacağı öngörülmektedir. Bu sonuca ulaşmada en önemli etken, gerçekte yapılan rotalama işlemi dikkate alındığında sadece Eskişehir'in siparişlerinin haritanın doğusundaki rotalarda bulunan illerle aynı TIR'a konulduğunun gözlenmiş olmasıdır.



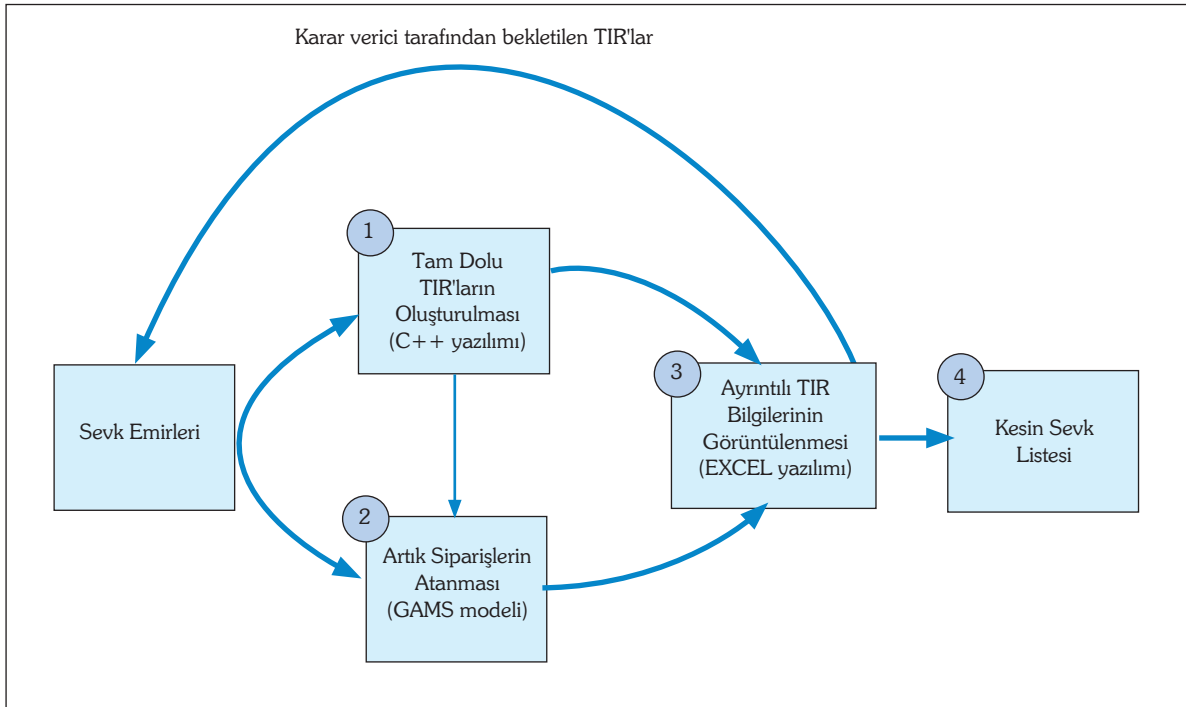
Şekil 3. Türkiye'nin Batı ve Doğu'sundaki TIR Güzergahları

### 5.3 Sezgisel Yaklaşım ve Karar Destek Sisteminin Oluşturulması

Şekil 4'te görülen akış şeması, sezgisel yaklaşım ve karar destek sisteminin oluşturulması aşamasında yapılan işlemleri gösterir. Şekilde görülen numaralar

işlemlerin sırasını, oklar ise bilgi akışını gösterir.

Planlanan sistemde satış biriminden günlük gönderilen siparişler bir çalışma sayfasında "Sevk Emirleri" adı altında tutulur. Her siparişe ait detaylı bilgiler (şase numarası, sevk emrinin geldiği tarih,



Şekil 4. TIR Yükleme Akış Şeması

bayi adı ve kodu, vs.) bu sayfada mevcuttur. Günlük gelen bu talepler hazırlanan bir algoritmayla olası araç kombinasyonlarına uygun olarak TIR'lara atanır. Tam dolu bir TIR'ın oluşturulabilmesi için bir ile gidecek araçların olası farklı araç yükleme kombinasyonlarına uygun şekilde TIR'ı tamamen doldurabilmesi gerekir. Dolayısıyla bir ilin tam dolu TIR'larının oluşturulması, o ile gönderilecek TIR'lara ait araç kapasitesinin tamamının kullanılması esasına dayanmaktadır. Bu işlem her il için, ile sevk edilecek araçlar bir TIR'ın tam kapasite kullanımına el vermeyinceye kadar yapılır. Böylece, tam dolu TIR oluşturma işlemi tamamlanarak

esnek bir yaklaşım izlenmiştir. Buna göre yazılım, karar vericinin çalışma sayfası üzerinde araç atamasında değişiklik yapmasına olanak sağlar. Bir TIR'dan araç çıkarılabilir, kapasiteyi aşmayacak şekilde TIR'a araç eklenebilir veya TIR tamamen iptal edilerek ertesi güne bırakılabilir. Ancak bekletme süresinin dört günü aşmaması için ertelemeye en fazla dört kez izin verilir. Yapılan değişikliklerin maliyete etkisi yine bu yazılım sayesinde görüntülenebilir. Gün sonunda iptal edilen TIR'lardaki talep ertesi günün sevk emirleri listesine eklenirken, oluşturulan TIR'lar da yola çıkmak üzere yüklenir.

TIR NO.	TIRIN GİDECEĞİ İL	TALEP İLİ	UNITE_NC	SASE_NO	MODEL_A	İÇERİK	SEVK_NO	SEVK_TARİH	FATURA_NO	FATURA_TAI	BAYI_KOD	BAYI_ADI		
ARTIK TIR MALİYETİNİ GÜNCELLE	1 MANİSA	MANİSA	G1229591	01229591	G.PUNTO	G.PUNTO	1429473	31.03.2007	1470959	31.03.2007	11555	ŞENDİL		
		MANİSA	05651237	07149588	YENİ DOB	YD DYNAM	1429533	31.03.2007	1471028	31.03.2007	10261	ŞENDİL		
		MANİSA	05653844	07150356	YENİ DOB	YD PREMI	1429534	31.03.2007	1471029	31.03.2007	10261	ŞENDİL		
		MANİSA	05653913	07150403	YENİ DOB	YD PREMI	1429535	31.03.2007	1471030	31.03.2007	10261	ŞENDİL		
		MANİSA	G1218825	01218825	G.PUNTO	G.PUNTO	1429573	31.03.2007	1471032	31.03.2007	10301	ŞENDİL		
		MANİSA	G1219224	01219224	G.PUNTO	G.PUNTO	1429574	31.03.2007	1471033	31.03.2007	10301	ŞENDİL		
		MANİSA	05659914	07151135	YENİ DOB	YD PREMI	1429594	31.03.2007	1471068	31.03.2007	10261	ŞENDİL		
Tır Maliyeti (YTL)	727,584													
TIR NO.	TIRIN GİDECEĞİ İL	TALEP İLİ	UNITE_NC	SASE_NO	MODEL_A	İÇERİK	SEVK_NO	SEVK_TARİH	FATURA_NO	FATURA_TAI	BAYI_KOD	BAYI_ADI		
	2 MUĞLA	BALIKESİR	U1165948	01165948	YENİ DOB	Y.DUCATC	1429705	31.03.2007	1471148	31.03.2007	10224	KARAHALLILAR		
		BALIKESİR	05665262	07152151	YENİ DOB	YD DYNAM	1429714	31.03.2007	1471088	31.03.2007	10224	KARAHALLILAR		
		MUĞLA	06452298	06445777	ALBEA RS	DYNAMIC	1429126	31.03.2007	1470998	31.03.2007	18050	PAŞALI OTOMOTİV		
		MUĞLA	06451820	06445297	ALBEA RS	ACTIVE S1	1429441	31.03.2007	1470804	31.03.2007	14245	SU OTOMOTİV		
		MUĞLA	05660217	07151169	YENİ DOB	YD PREMI	1429601	31.03.2007	1471072	31.03.2007	10280	TURMAK		
		MUĞLA	06452355	06445534	ALBEA RS	ACTIVE S1	1429623	31.03.2007	1471081	31.03.2007	14245	SU OTOMOTİV		
		MUĞLA	06452346	06445866	ALBEA RS	ACTIVE S1	1429653	31.03.2007	1471149	31.03.2007	14245	SU OTOMOTİV		
		MUĞLA	06452363	06445763	ALBEA RS	ACTIVE S1	1429649	31.03.2007	1471150	31.03.2007	14245	SU OTOMOTİV		
		Tır Maliyeti (YTL)	1252,284											

Şekil 5. TIR'lara Atanmış Araç Listesi

işlem sonucu her ilin bir TIR'ı dolduramayan siparişi o ilin artık-siparişi olarak belirlenir. Artık-siparişler, artık-talep adı altında matematiksel modele girer. Matematiksel model yardımıyla artık-taleplerin TIR'lara atanması gerçekleştirilir. Ardından hem matematiksel modelin hem de algoritmanın çıktısı çalışma sayfasına aktarılır. İki çıktıda da oluşturulan TIR'ların gideceği iller ve taşıdığı araçların türleri ve sayısı bellidir. Ancak TIR'a atanmış araçların detaylı bilgileri henüz belirlenmemiştir. Çalışma sayfasında, gelen sevk emirleri arasından TIR'lara atanmış olan araçların ayrıntılı bilgileri seçilir. Bu işlem yapılırken, siparişin geldiği tarih göz önüne alınır. Şekil 5'te iki TIR'a atanmış araçların listesi bir çalışma sayfasında görüntülenmektedir.

Algoritma ve matematiksel modelle elde edilen sonucun son ve kesin çözüm olarak zorlanması yerine

#### 5.4 TIR Yükleme Problemi Çözümleri

Çözüm yaklaşımlarında da anlatıldığı gibi önerilen yaklaşım üç temel aşamadan oluşur: (1) Algoritmayla tam dolu TIR'ların belirlenmesi, (2) Matematiksel modelle artık-talebin atanması, (3) Excel yardımıyla ihtiyaç duyulan değişikliklerin yapılması. Çözüm kalitesini inceleyebilmek amacıyla anlatılan yaklaşım belirlenen bir günün siparişleriyle denenmiştir. Yapılan atamaların uygun olduğu, bahsi geçen kısıtları sağladığı ve gerçekleşen atamalara benzer olduğu tespit edilmiştir. Algoritma ve model çözümü sonrası elde edilen toplam dağıtım maliyeti ile ele alınan günün gerçekleşen dağıtım maliyeti karşılaştırılmıştır.

Hazırlanan karar destek sisteminin temel katkısı sistemin yük oluşturma işlemini sistematikleştirmesidir. Karar destek sistemi, yük oluşturma işlemini kişiye

bağlı olmaktan çıkarmaktadır. Ayrıca her gün ortalama üç saatte gerçekleştirilen yük oluşturma işlem süresini 10–15 dakikaya indirmesi açısından da önemli bir katkı sağlar. Önümüzdeki yıllarda artacağı öngörülen taleple birlikte manuel yapılan yük oluşturma işleminin çok daha fazla vakit alacağı düşünüldüğünde, önerilen sistematik karar desteğinin önemi daha da artmaktadır.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile bazı öneriler aşağıda listelenmiştir.

- Dağıtım merkezi yer seçimi modeli için yapılan analizler, dağıtım merkezi açmanın talep yeterli seviyeye çıkmadığı veya taşıma fiyatları yeteri kadar düşük olmadığı sürece kârlı olmadığını göstermiştir.
- Gemi kiralayan firmalarla yapılacak sözleşmelerle gemiyle taşımacılık maliyetleri incelenen senaryolardaki gibi düşürülebilir ve toplam dağıtım maliyetindeki tasarruf daha da artırılabilir.
- TIR yükü oluşturma için hazırlanan karar destek sistemi, mevcut sistemde manuel olarak yapılan işlemin sistematik olarak yapılabilmesini sağlar.
- Önerilen sistem, yük oluşturma işlemini tecrübeye ve kişiye dayalı bir iş olmaktan kurtarır, harcanan zamanı çok kısa bir süreye indirir ve mevcut maliyete benzer bir maliyet oluşturur.

## 7. GELECEĞE YÖNELİK ÇALIŞMA ÖNERİLERİ

Önerilen dağıtım merkezi yer seçimi modeli kullanılarak değişen talep öngörülere için daha düşük maliyetli dağıtım seçenekleri değerlendirilebilir. Diğer otomobil üretici firmalarıyla yapılacak işbirliği ve gemi taşımacılığı maliyetlerinin değişmesi durumları modele kolayca yansıtılabilir.

Yük oluşturma modeli basit güncellemelerle yeni bir dağıtım merkezi açılması durumunu da gözetebilir.

Önerilen karar destek sistemi, üretilecek yeni araçların dağıtımının ele alınabilmesine olanak verecek şekilde düzenlenebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın değişik aşamalarındaki yardım ve katkılarından dolayı şirket danışmanlarımıza teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

1. Current, J., Daskin, M., Schilling, D. 2001. "Discrete Network Location Models", Facility Location, Hazırlayanlar: Drezner, Z., Hamacher, H. W., 329-371, Springer-Verlag.
2. Köksalan, M., Süral, H. 1999. "Efes Beverage Group Makes Location and Distribution Decisions for Its Plants", Interfaces, 29 (2), 89-103.
3. Karabakal, N., Günal, A., Ritchie, W. 2000. "Supply-Chain Analysis at Volkswagen of America", Interfaces, 30(4), 46-55.
4. Christiansen, M., Fagerholt, K., Ronen, D. 2004. "Ship Routing and Scheduling: Status and Perspectives", Transportation Science, 38(1), 1-18.
5. Dyckhoff H. 1990. "A Typology of Cutting and Packing Problems." European Journal of Operational Research, 44, 145–159.
6. Barutçuoğlu, A., Bulut, İ., Demirtaş, D., Dilan, B., Düzgün, R. 2007. "Finished Car Distribution and Distribution Center Location," Sistem Tasarımı Proje Raporu, ODTÜ Endüstri Mühendisliği, Ankara.