

TÜRKİYE’DE DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞININ ANALİZ EDİLMESİ

Mehmed Zahid ERKAYA

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yaşar VİTOŞOĞLU

Haziran - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Mehmed Zahid ERKAYA'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı Türkiye'de Demiryolu Yük Taşımacılığının Analiz Edilmesi başlıklı bu çalışma, jürimizce Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

20/06/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Muhammet Çağatay KARABÖRK
Bölüm Başkanı, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Yaşar VİTOŞOĞLU
Danışman, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Yaşar VİTOŞOĞLU
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

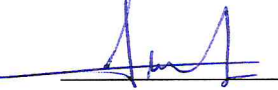
Doç. Dr. Murat KARACASU
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Polat YALINIZ
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi







ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde gösterildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının % 2 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.



Dr. Öğr. Üyesi Yaşar VİTOŞOĞLU



Mehmed Zahid ERKAYA

TÜRKİYE’DE DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞININ ANALİZ EDİLMESİ

Mehmed Zahid ERKAYA

İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Yaşar VİTOŞOĞLU

ÖZET

Ulaştırma sistemleri içerisinde kapıdan kapıya taşıma hizmetini, istisnai bazı hâller dışında yalnızca karayolu ulaşımı sağlamaktadır. Buna mukabil, karayolu ulaşımı yaygın olarak tercih edilmesine rağmen ideal ve ekonomik değildir. Fazla miktardaki ağır ve havaleli yüklerin uzun mesafelere taşınması söz konusu olduğunda ise en uygun tercih, demiryolu ulaşımı olmaktadır. Bununla birlikte, demiryolu ağındaki taşıma işlemleri incelendiğinde çoğunlukla karayolu ağından da istifade edildiği görülmektedir. Bazen, bu taşıma zincirine denizyolu ulaştırması da eklenmektedir. Bu perspektiften bakıldığında, raylı taşıma sistemlerinde gerçekleşen yük taşımaları, genellikle kombine taşımacılık olarak yapılmaktadır. Ulaştırma sistemlerinden umumi olarak beklenen koşulları, diğer ulaşım türlerine nazaran demiryollarının daha çok temin ettiği görülmektedir. Ancak, raylı taşıma sistemleri çok kapsamlı ve girift bir yapıya sahip olduklarından dolayı, özellikle planlanma safhasında mütemadiyen zorluklarla karşılaşmaktadır. Ortaya çıkan sorunların çözümünde ise kullanılacak olan yegâne araçlar, hiç şüphesiz modellerdir. Ayrıca, taşıma sistemleri tasavvur olunurken en elverişli biçimde işleyebilmeleri amacıyla yapılacak olan planlamalar da ancak modeller vasıtasıyla mümkün olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, yük taşımacılığı veri tabanı esas alınarak hazırlanan ve her biri taşınan bir yük grubunu temsil etmekte olan O-D matrisleri, oluşturulan Türkiye Demiryolu Yük Taşımacılığı Ağı’na, asgari maliyet kıstasına göre, Transport programı yardımıyla atanmıştır. Neticede, bölge merkezleri ve merkezî istasyonlar ile demiryolu ağındaki bağlantılardan ve karayolu merkez bağlantılardan müteşekkil bir ağ üzerinde gerçekleşen yüklerin hareketleri tasvir edilmiştir. Taşınan yük miktarları, vagon ve tren ile kamyon sayıları, yükleme-taşıma-boşaltma işlemlerinin maliyet ve süreleri hesaplanmıştır. Demiryolu ağındaki bağlantılar üzerindeki kapasiteler belirlenmiş ve yoğunluklar saptanmıştır. Sonuç olarak ise, birtakım değerlendirmeler yapılarak analiz sonlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağ Analizi, Demiryolu Yük Taşımacılığı, Raylı Ulaştırma Sistemleri, Ulaştırma Modelleri.

ANALYSIS OF RAIL FREIGHTTRANSPORTATION IN TURKEY

Mehmed Zahid ERKAYA

Civil Engineering, M.S. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Asst. Prof. Dr. Yaşar VİTOŞOĞLU

SUMMARY

Except for some exceptional cases, only road transport within transportation systems provides door-to-door transportation service. However, although road transportation is widely preferred, it is not ideal and economical. In the case of transporting large amounts of heavy and bulky loads over long distances, the most appropriate choice is rail transportation. However, when the transport operations in the railway network are examined, it is seen that they mostly benefit from the road transport. Sometimes, maritime transportation is also added to this transport chain. From this perspective, freight transport carried out in rail transportation systems are generally made as combined transportation. It is seen that the railways provide the required conditions expected from the transportation systems in general more compared to other transportation types. On the other hand, since rail transport systems have a very comprehensive and complex structure, it is especially faced with constant difficulties in the planning phase. The most important tools to be used in solving the problems that arise are no doubt models. In addition, while the transportation systems are imagining, the plans to be made in order to operate them in the most convenient way are only possible through the models.

In this study, O-D matrices that prepared based on freight transportation database and each of which represented a load group carried are assigned into Turkey's Freight Railway Transport Network formed with the aid of Transport program, based on a minimum cost criteria. Finally, the movements of the loads were described on a network consisting of regional centers, central stations and links in the rail network and road central connections. The amount of freight carried, the number of wagons, trains and trucks, the cost and duration of loading-carrying-unloading operations were calculated. Capacities and densities on the links in railway network were determined. Finally, analysis was terminated by making some evaluations.

Keywords: Network Analysis, Rail Freight Transportation, Rail Transportation Systems, Transportation Models.

TEŐEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarından müstefit olduğum danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Yaşar VİTOŞOĞLU'na, kıymetli kardeőlerim; İç Mimar M. Abdullah GEÇER, Yük. Harita Müh. İsmail DURSUN, Elektronik Haberleőme Müh. Halük ÜNAL ve Yük. Elektrik-Elektronik Müh. Yasin KARAPINAR'a çok teőekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. DEMİRYOLLARI	7
2.1. Demiryolu	7
2.2. Demiryollarının Tarihî	7
2.3. Osmanlı Topraklarında Demiryolu	8
2.3.1.Hicaz Demiryolu	9
2.4. Türkiye Cumhuriyeti Demiryolları	11
3. DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞI.....	13
3.1. Demiryolu Ulaştırması.....	13
3.2. Bazı Demiryolu Terimleri.....	13
3.3. Türkiye’de Demiryollarının Durumu	14
3.4. Türkiye’de Demiryolu Sektörü	15
3.5. Türkiye’de 2015 Yılı Yük Taşımacılığı.....	16
3.6. Türkiye Demiryolları ile Dünya Demiryollarının Kıyaslanması	17
4. DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞI ANALİZİNDE ULAŞTIRMA MODELLERİNDEN YARARLANILMASI.....	19
4.1. Ulaştırmanın Modellenmesi.....	19
4.2. Yük Taşımacılığında Modelleme ve Planlama	25
4.3. Yük Taşımacılığı ile İlgili Bazı Modeller	27
4.3.1.Harvard-Brookings modeli.....	30
4.3.2.Petersen modeli	30
4.3.3.Princeton modeli	31

İÇİNDEKİLER(devam)

	<u>Sayfa</u>
4.3.4.Bronzini modeli	31
4.3.5.Lansdowne modeli	31
4.3.6.Harker-Friesz modeli	32
4.3.7.STAN modeli	32
4.3.8.Ağ modelleri ile ilgili birtakım çalışmalar	33
4.4. Yük Taşımacılığı ile İlgili Bazı Programlar	34
4.4.1.Transport programı	34
4.4.2.Transcad programı	34
4.4.3.Tranplan programı	35
4.5. Modellemede Ağın Tanımlanması.....	35
4.6. Maliyet ve Akımın Modellenmesi	36
4.7. Modellerde Gecikmelerin Tahmini.....	37
4.8. Modeller İçin Boş Akımların Belirlenmesi	38
5. TÜRKİYE'DE 2015 YILI DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞININ ANALİZ EDİLMESİ	
.....	39
5.1. 2015 Yılı Yük Taşıma Verileri	39
5.2. Yük Taşımalarının Gruplandırılması	39
5.3. Bölge Merkezlerinin Tespiti	40
5.4. Taşımaların Matrislerle İfade Edilmesi	40
5.5. Düğüm Noktalarının Belirlenmesi	41
5.6. Düğüm Noktaları Arası Mesafeler.....	42
5.7. Bölge Merkezlerinin Merkezî İstasyonlara Olan Ortalama Uzaklıkları	43
5.8. Ağın Oluşturulması.....	44
5.9. Ağ Üzerinde Taşımanın Gerçekleştirilmesi.....	45
5.10.Yük Taşımacılığında Kullanılan Vagonlar ve Yük Gruplarına Göre Vagon Tiplerinin Belirlenmesi	45
5.11.Vagonların Çekiminde Kullanılan Lokomotifler ve Tip Lokomotifin Belirlenmesi	49
5.12.Yolcu Trenleri ve Güzergâhları	49
5.13.Düğüm Noktaları Arasındaki Ara İstasyon Sayıları	50
5.14.Demiryolu Ağı İçin Maliyet ve Sürelerin Hesaplanması.....	51
5.15.Feribot Tarifeleri.....	52
5.16.Yüklerin Demiryolu Ağına İntikali.....	53

İÇİNDEKİLER(devam)

	<u>Sayfa</u>
5.17.Yük Gruplarına Uygun Kamyon Tipinin Belirlenmesi.....	53
5.18.Karayolu Ağı İçin Maliyet ve Sürelerin Bulunması	54
6. MODELİN UYGULANMASI.....	57
6.1. Yük Taşımacılığının Analizinde Transport Programından Yararlanılması	57
6.2. Minimum Maliyet Kriterine Göre Yapılan Atamalar	57
6.3. Demiryolu Ağına Atamalardan Sonra Değerlendirilmesi.....	58
6.3.1.Vagon sayılarının tespiti	58
6.3.2.Tren sayılarının hesaplanması.....	62
6.3.3.Merkezî istasyonlarda yüklerin hareketi	65
6.3.4.Düğüm noktaları arasındaki bağlantılar üzerinde gerçekleşen taşımalar	65
6.3.5.Feribotla yapılan taşımalar	68
6.3.6.Uluslararası taşımalar.....	68
6.4. Demiryolu Ağına Bağlantılar Üzerindeki Kapasiteler	69
6.5. Karayolu Ağına Gerçekleşen Yük Taşımaları	71
6.6. 2015 Yılı Türkiye’de Demiryolu Yük Taşımacılığına Genel Bakış	75
6.6.1.Türkiye’de 2015 yılında demiryolu ağına gerçekleşen madde cinslerine göre yük taşımaları ve dolan yük vagonları	75
6.6.2.2015 yılı için demiryolu ağı üzerinde trafiği yoğun olan bağlantılar	77
6.6.3.2015 yılı Türkiye’de gerçekleşen demiryolu yük taşımacılığı için değerlendirmeler..	77
7. SONUÇ	81
KAYNAKLAR DİZİNİ	85
EKLER	
EK-1 Transport Programı	
EK-2 Demiryolu Yük Matrisleri	
EK-3 Demiryolu Ağına Bağlantılar Üzerinde Gerçekleşen Yük Hareketleri	
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. 1813-1814'te inşa edilen ve yük trenlerini çekmek için kullanılan bir İngiliz buharlı lokomotif (Wikipedi, 2017).	8
2.2. Haydarpaşa tren istasyonu, zahire depoları önünde bekleyen lokomotif ve yük vagonları, 1900 (Hicaz Demiryolu Fotoğraf Albümü, 1999).	9
2.3. Zerka-Amman arasında demiryolu yapım çalışmaları, Hicaz Demiryolu, 1903 (Hicaz Demiryolu Fotoğraf Albümü, 1999).	10
2.4. Karakurt (Tülomsaş, 2017).	12
4.1. Örnekleme ve modelleme (Ortuzar ve Willumsen, 1990).	23
4.2. Dört Aşamalı Klasik Ulaştırma Modeli (Ortuzar ve Willumsen, 1990).	24
4.3. Demiryolu organizasyonu (Crainic vd., 1990).	29
5.1. Türkiye demiryolu yük taşımacılığı ağı.	46
5.2. Karayolu ile demiryolu ağında gerçekleşen taşımalarla ilgili maliyet ve süreler.	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Madde cinslerine göre yük taşımalarının gruplandırılması.	39
5.2. Bölge merkezleri ve numaralandırılmaları.	41
5.3. Düğüm noktalarının isimleri ve numaralandırılmaları.	42
5.4. Düğüm noktaları arası mesafeler.	43
5.5. Bölge merkezlerinin merkezî istasyonlara olan ortalama uzaklıkları.	44
5.6. Yük gruplarına göre taşımada kullanılacak vagon tipleri.	48
5.7. Yolcu trenleri ve işledikleri güzergâhlar.	50
5.8. Düğüm noktaları arasındaki ara istasyon sayıları.	51
5.9. Yük gruplarına göre kamyon başına taşınan ortalama yük miktarları.	54
6.1. Merkezî istasyonlar için atama sonuçları ve vagon sayıları.	60
6.2. Demiryolu ağında düğüm noktaları arası bağlantılar için atama sonuçları ve vagon sayıları.	61
6.3. Merkezî istasyonlar için tren sayıları.	63
6.4. Demiryolu ağında düğüm noktaları arası bağlantılar için tren sayıları.	64
6.5. Merkezî istasyonlar için maliyet ve süreler.	66
6.6. Demiryolu ağında düğüm noktaları arasındaki bağlantılarda gerçekleşen taşımalarla ilgili maliyet ve süreler.	67
6.7. Feribot taşımaları.	68
6.8. Uluslararası taşımalar.	68
6.9. Demiryolu ağında düğüm noktaları arasındaki bağlantılar için kapasite değerleri ve değerlendirmeler.	70
6.10. Karayolu ağında taşınan yük miktarları, kamyon sayıları, taşıma maliyet ve süreleri.	73
6.11. Karayolu ağında gerçekleşen, yükleme-boşaltma işlemlerinin maliyet ve süreleri.	74
6.12. 2015 yılı Türkiye’de demiryolu ağında gerçekleşen madde cinslerine göre yük taşımaları.	75
6.13. 2015 yılı Türkiye’de demiryolu ağında gerçekleşen madde cinslerine göre dolan yük vagonları.	76
6.14. 2015 yılı için demiryolu ağında trafiği yoğun olan bağlantılar.	77

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
α_p	p yük grubu ile yüklenmiş trenin ağırlığı
β_a	bağlantı düzeltme faktörü
c_p^d	p yük grubu için demiryolu ağında birim taşıma fiyatı
c_p^k	p yük grubu için karayolu ağında birim taşıma fiyatı
$c_a^p (w)$	a bağlantısı için p yük grubunun taşınmasının genelleştirilmiş maliyeti
CAP_a	a demiryolu bağlantısına ait kapasite
HP	Beygir Gücü
k_a	a karayolu bağlantısındaki kamyon sayısı
km	Kilometre
kW	Kilowatt
L_a	a bağlantısının uzunluğu
n_a^p	a demiryolu bağlantısında p yük grubu için vagon sayısı
t	aynı yöne bir sonraki treni göndermek için gerekli süre
t_a	a demiryolu bağlantısı için yük trenlerinin sayısı
T	günlük servis süresi
TL	Türk Lirası
v_a^p	a bağlantısı için p yük grubunun akışı
v_{w_p}	p yük grubu için tip vagonun darası
w_{k_p}	p kamyon tipine yüklenebilir p yük miktarı
w_p	p yük grubu vagon tipine yüklenebilir azami p yük miktarı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ(devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
MEB	Millî Eğitim Bakanlığı
STAN	Stratejik Ulaştırma Planlaması Modeli
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TDK	Türk Dil Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

İnşaat; yapma işi, yapım veya yapımı süren bina olarak tarif edilmektedir. Mühendis ise; insanların muhtelif alanlardaki tüm ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için hizmet eden, bayındırlık, gıda, fen başta olmak üzere teknik ve sosyal alanlarda uzmanlaşmış, eğitim görmüş kişi olarak tanımlanmaktadır (Türk Dil Kurumu [TDK], 2017). İnşaat mühendisliği; malzeme ile tekniği en uygun bir biçimde birleştiren, temel ve kurucu mühendislik dalıdır. İnşaat mühendisleri, birbirlerinden oldukça farklı ve çeşitli yapıların, planlama aşamalarından projelendirilmelerine, yapımlarından denetim ve nihayetlerine kadar uzanan süreç içerisinde, eğitim, araştırma ve uygulama yapmaktadırlar. İnşaat mühendisliği 18. yüzyıldan itibaren mezkûr ismiyle anılmaya başlanmıştır. Askerî mühendislikten sonra en eski mühendislik dalı olup, mühendisliğin anası olarak kabul edilmektedir (Vikipedi, 2017).

İnşaat mühendisliği denildiğinde akla gelen ilk husus yapı anabilim dalı ve betonarme yapılarla ilgili konular olsa da haddizatında yalnızca bunlardan ibaret olmayıp; su yapıları, suyun taşınması gibi konularda çalışan hidrolik anabilim dalı, yapının toprak altında kalan kısmını, zemin ve temelini inceleyen geoteknik anabilim dalı ve başta karayolu ile raylı sistemler olmak üzere kara ulaştırmasını ele alan ulaştırma anabilim dalı gibi, birbirlerinden oldukça farklı görünen, çok kapsamlı anabilim dallarını da ihtiva etmektedir. Diğer taraftan cisimlerin kendilerine uygulanan kuvvetlerin tesiri ile verdikleri tepkileri tetkik eden mekanik anabilim dalı, bir yapının inşası sırasında kullanılacak malzemelerin en uygun olanlarının seçimi veya üretimi yetisi ile mühendisliğin icrasında kişiye gerekebilecek asgari malzeme biliminin temel inceliklerini öğreten yapı malzemeleri anabilim dalı da inşaat mühendisliğinin bir parçasıdır. Bununla birlikte inşaat işlerinde, başlangıçtan bitişe kadar tüm süreci en iyi şekilde yönetebilmek, planlayıp projelendirmek, uygulayıp teslim edebilmek hünerini ise yapı işletmesi anabilim dalı üstlenmektedir. Yukarıda sıralanmış ve haklarında kısaca izahat verilmiş olan anabilim dalları, kesin sınırlarla birbirlerinden ayrılmadıkları gibi bilakis birbirlerini tamamlayıcı konumundadırlar.

Fakat bu teknik alanların içerisinde raylı ulaştırma sistemleri düşünüldüğü zaman, planlama ve projelendirme ile yapım ve işletim merhalelerinde, inşaat mühendisliğine ilaveten diğer mühendislik branşlarına da ihtiyaç duyulmaktadır. Söz gelimi; ulaşım gereksinimlerinin belirlenmesinde şehir ve bölge planlamasından yardım alınırken, yüklerin taşınması ve ulaşım türünün belirlenmesinde ise sosyo-ekonomik yapı ve davranış bilimlerinden yardım alınmaktadır. Detaylandırılacak olursa; taşıtların seyir şartları ve kapasiteleriyle ilgili olarak makine mühendisliğinden, demiryolu yapı elemanları konusunda makine ve metalürji mühendisliğinden,

taşıtların hareketi ile trafiğin denetiminde elektrik ve elektronik mühendisliğinden, ulaştırmanın insan ve çevreye olan etkilerinin saptanmasında ise çevre mühendisliği gibi diğer mühendislik dallarından ve ayrıca sosyal bilimlerden de istifade edilmektedir.

Ulaştırma; şahısların ve yüklerin, bir başlangıç noktasından belirlenen bir bitiş noktasına, yer ve zamandan faydalanmak amacıyla taşınması hizmeti olarak tarif edilmektedir. Farklı keyfiyet ve miktarlardaki canlı-cansız yüklerle insanların, istenilen zaman ve şartlarda, mekânsal yer değişimlerinin sağlanması amacıyla bir araya getirilmiş olan, vazife ve karşılıklı münasebetleri başlangıçta tanımlanan düzenli unsurlar bütününe, ulaştırma sistemi denir. Netice itibarıyla ulaştırma sistemlerinden umumi olarak beklenenler ise; güvenilirlik, kolaylık, konfor, güvenlilik, sıklık, dakiklik ile erişilebilirlik, ekonomiklik ve hızlılıktır. Ayrıca yüksek kapasiteye sahip ve çevre dostu olmaları, hizmet ettikleri yerleşim yerlerinin sağlıklı gelişimine katkıda bulunmaları, güvenli bir yaşamın teminine yardımcı olmaları da ulaştırma sistemlerinden umulmaktadır. Sayılan bu koşullar dikkate alındığında raylı sistemlerin bunları, diğer ulaştırma sistemlerine nazaran daha çok sağlamakta olduğu görülmektedir. Bu yüzden 19. yüzyıldan itibaren kullanılmaya başlanılan demiryolu ulaşım türü çoğu zaman diğer ulaştırma sistemlerinin önüne geçmektedir.

Ulaşımın istenilen bir sonuç için karşılaşılan sorunların, belirli sınırlar içerisinde en uygun seviyede çözümlenmesine planlama denir. Hâliyle ulaştırma sistemlerinin meydana getirilmesi ve işletilebilmesi için kararlar alınmalı, yatırımlar belirlenmeli ve planlamalar yapılmalıdır. Ulaştırma planlaması, birbirinden farklı birçok konuda kararların alınmasını gerektiren, çok sayıda karar seçeneği olan, karmaşık bir yapıya sahip karar verme sürecidir.

Raylı ulaştırma sistemleri, demiryolu hatlarından ve ilgili tesislerden meydana gelmektedir. Ray ve traverslerin teşekkülüyle oluşan yol çerçevesi ile bu çerçevenin altını iyice örtecek biçimde serilmiş olan balast ve daha alt tabakada balast altı olarak isimlendirilen kırma taş tabakaları üstyapıyı; üstyapının altında kalan, zemin tabakaları veya menfez, köprü, tünel gibi sanat yapıları da altyapıyı oluşturmaktadır. Demiryolu hattı ise alt ve üstyapının birleşmesinden husule gelmektedir. Demiryolu sistemi tasavvur olunurken; tahmin edilen trafiğe mukabil ihtiyaçların karşılanması, gelen yükler karşısında yol ve altyapının korunması, yolcu ve yük güvenliğinin sağlanması, konforun kabul edilebilir düzeyde tutulması ve işletme maliyetlerinin asgari seviyeye indirilmesi hedeflenmiştir.

Nihayetinde demiryollarında da diğer ulaştırma sistemlerinde olduğu gibi, kendilerine mahsus ulaştırma ağı, taşıt filosu ve işletim sistemi bulunmaktadır. Ağ üzerindeki gar ve düğüm

noktaları arasındaki bağlantılar, yolun yapısı ve geometrisi nedeniyle hızları sınırlandırmaktadır. Yük taşımacılığında bir güzergâh üzerinde, en az maliyetle en fazla hizmet kalitesini sağlayacak taşıt türünü belirleyebilmek büyük önem arz ederken, taşıt türlerinin birbirlerine göre çeşitli üstünlüklere sahip olduğu gerçeği ise ek maliyetleri beraberinde getirmektedir. Verilen hizmet ile katlanılacak maliyet arasında optimum bir denge noktası belirlenmelidir (Erel, 2007).

Ulaştırma sistemlerinden kaynaklanan sorunlar, kabul edilebilir seviyeleri çok önceden aşmış durumdadırlar. Gecikme ve tıkanıklıklar, muhtelif kirlilikler ve özellikle de kazalardan kaynaklanan problemler ciddi boyutlara ulaşmıştır. Planlama teknikleri ilerlerken, taşıma sorunları da sürekli olarak artmıştır. Trafik ile ilgili yapılan birçok düzenlemeye rağmen eski sorunlar giderilemediği gibi, mevcut problemler de katlanarak artmış ve çözümlenmeleri ise daha girift bir hâl almıştır. Gelişmiş ülkelerde karşılaşılan bu sorunlara mukabil, gelişmekte olan ülkelerde ise ayrıca bu sorunlara ilaveten sorunların çözümü için gerekli mali kaynak sıkıntısı ortaya çıkmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde, hızlı ve plansız şehirleşme ile taşıma talebinin anormal bir şekilde artması sonucunda, sorunların çözümünü gerçekleştirebilecek yetişmiş, teknik donanımı haiz, kalifiye personelin de yeterince bulunamaması işleri daha da zorlaştırmaktadır.

Ekonominin dengeli bir biçimde büyüebilmesi üretime bağlıdır. Üretimin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için, ürünlerin üretim yerlerinden ideal bir şekilde tüketim yerlerine taşınmaları sağlanmalıdır. Taşıma işleminde muvaffak olunması için de uygun bir taşıma ağı oluşturulmalıdır. Bundan dolayı elde bulunan sınırlı, asgari imkân ve kaynaklarla, azami faydanın elde edilmesi için orta ve uzun vadede planlama yapılmalıdır. Ulaştırma alt yapıları inşa ve işletme safhalarında katlanması zor, büyük maddi kaynaklara ihtiyaç duymaları nedeniyle genellikle devletler tarafından yapılır ve işletilirler. Böylesi ciddi bir yatırıma teşebbüs edilmeden evvel, çok kapsamlı fizibilite çalışmaları gerçekleştirilmeli ve planlamalar ihtimamla erbabınca yapılmalıdır. Projelerin hayata geçirilmeleri teknik kadrolar tarafından sağlanmalıdır. Bilhassa siyasi erklerce yapılacak tadilat ve müdahalelere müsaade edilmemelidir. Ulaştırma planları, şehir içi ve şehirlerarası olarak yapılmaktadır. Planlama yapılırken kullanılacak olan yegâne araç ise modellerdir. Yatırım ve işletme planlarına göre ele alınan bir sistemin, en uygun şekilde işleyebilir hale getirilmesi ancak modeller vasıtasıyla sağlanır. Modellerde kullanılan veriler çoğunlukla insan kaynaklıdır. Bu yüzden sistemi kullanacak olan kişilere ulaşılmalı ve gerekli veriler temin edilmelidir. Veriler elde edildikten sonra, yatırım ve işletme koşulları da göz önüne alınarak, muhtemel sonuçlar kıyaslanarak karar verilmelidir (Kocabalkan, 1996).

İstisnai bazı durumlar dışında, ulaştırma sistemleri içerisinde yalnızca karayolu ulaşım türü kapıdan kapıya taşıma hizmetine olanak sağlamaktadır. Buna rağmen karayolu ağı yaygın olarak kullanıldığı halde ekonomik değildir. Miktarı fazla, ağır ve havaleli yüklerin, uzun mesafelere taşınması söz konusu olduğunda ise demiryolu ulaştırma türü en uygun tercih olmakla beraber, taşımaların çoğunda demiryoluna ilave olarak karayolu ağından da yararlanmak gerekmektedir. Ayrıca yapılan taşımlar bazen denizyolu ile de bağlantılıdır. Bu perspektiften bakıldığında raylı ulaştırma sistemlerinde gerçekleşen yk taşımları, genelde kombine taşımacılık olarak yapılmaktadır. Dinamik bir yapıya sahip ulaştırma sistemi oluşturabilmek için evvela iyi bir planlama yapılmalıdır. Planlamanın neticesinde ulaşılan sonuçlar mutlaka uygulanmalıdır. Planlamanın başarılı olabilmesi için ulaştırma sistemini oluşturan tüm parçalar itinayla analiz edilmeli ve birbirlerine olan etkileri yeterince anlaşılmalıdır. Planlamada amaç, mevcut altyapının en verimli Şekilde kullanılması ve yüklerin en az maliyetle taşınmasıdır. Böyle karmaşık bir sistem üzerinde hedefi tutturmanın yolu ise ancak doğru modelin bulunup uygulanmasıyla mümkün olacaktır.

Bu alışmada, “Türkiye’de Demiryolu Yük Taşımacılığı” konusu üzerine yapılmaya çalışılan kapsamlı bir araştırma arz edilmiştir.

Evvla demiryolunun tarifi yapıldıktan sonra demiryollarının tarih gelişimi yalın bir Şekilde anlatılmıştır. Osmanlı İmparatorluğu’nun demiryolu ile tanışması ve bu topraklardaki demiryolu serüveninin serencamı anlatılırken Hicaz Demiryolu’na hususi bir vurgu yapılmıştır. Osmanlı’dan Türkiye Cumhuriyeti’ne miras kalan demiryolları ve bunların millileştirilmeleri ile bilahare bu dönemde yapılan diğer çalışmalar peyderpey aktarılmıştır.

nc bölümde, demiryolu ulaştırması mevzuu hakkında tafsilat verilmiş ve bazı demiryolu terimleri açıklanmıştır. Türkiye için demiryollarının genel durumu ve demiryolu sektörü değerlendirilmiştir. Akabinde Türkiye’de 2015 yılı demiryolu yük taşımacılığı irdelenmiş ve dünya demiryolları ile mukayesesi yapılmıştır.

Bir sonraki bölümde ise, demiryolu ulaştırması ve bilhassa yük taşımacılığının yapısı hakkında izahat verilmiş, planlamanın ne denli ehemmiyetli olduğuna atıfta bulunulmuş ve böylesi girift bir tahlilin ancak modelleme yardımıyla yapılabileceği ifade edilmiştir. Neticede ulaştırmanın modellenmesi Őmull bir Şekilde anlatılmıştır. Yük taşımacılığıyla ilgili olarak, önceleri geliştirilip kullanılmış olan bazı model ve programlar da hlasaten zikredilmiştir. Modellerde ağın nasıl tanımlanacağı, maliyet ve akımın ne türlü modelleneceği gibi hususlara yer

verildikten sonra ayrıca gecikmelerin tahmini ve boş akımların belirlenmesinin nasıl yapılacağı da tarif edilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde, yük taşıma verileri yardımıyla taşıma işlemi gerçekleşmiş olan tüm maddelerin, belirli başlıklar altında toplulaştırılmaları ve taşımaların matrisler üzerinde ifade edilmeleri sağlanmıştır. Düğüm noktalarının belirlenmesi, numaralandırılması ve birbirlerine olan uzaklıklarının tespiti yapılmıştır. Daha sonra bölge merkezlerinin saptanması ve merkezî istasyonlara olan mesafelerinin bulunması ile demiryolu yük taşıma ağının oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Ağ üzerinde yüklerin taşınmasında hangi tip vagonların kullanılacağı, tip lokomotifin belirlenmesi ve yolcu trenlerinin ağ üzerinde izledikleri güzergâhlar tayin edilmiştir. Düğüm noktaları arasında kalan ara istasyon sayıları bulunmuştur. Demiryolu ağında gerçekleşen taşımalara ilişkin tarifeler sunulmuş, maliyet ve süreler hesaplanmıştır. Yüklerin demiryoluna intikaline tavassut eden karayolu ağı hakkında da malumat verilmiş, tip kamyonlar belirlenmiş, karayolu için de maliyet ve süreler saptanmıştır.

Modelin uygulanması, altıncı bölümde anlatılmıştır. Yük gruplarına göre belirlenen her bir O-D yük taşıma matrisinin, Transport programı yardımıyla oluşturulan demiryolu ağına, minimum genelleştirilmiş maliyet ölçütüne göre atanması gerçekleştirilmiştir. Atama sonuçları ise demiryolu ve karayolu ağları için ayrı ayrı mütalaa edilmiştir. Önce demiryolu ağıyla ilgili sonuçlar değerlendirilmiştir. Merkezî istasyonlar ile demiryolu ağı üzerinde bulunan düğüm noktaları arasındaki bağlantılarda gerçekleşen yük taşımaları netton cinsinden bulunmuş ve vagon sayıları hesaplanmıştır. Daha sonra tekrar merkezî istasyonlar ve bağlantılarda gerçekleşen taşımalara ilişkin hamton değerleri saptanmış ve tren sayıları tespit edilmiştir. Merkezî istasyonlardaki yükleme ve boşaltmalarla ilgili maliyet ve sürelerle beraber bekleme müddetleri de belirlenmiştir. Düğüm noktaları arasında gerçekleşen taşımalara yönelik maliyet ve süreler hesaplanmıştır. Feribotla yapılan taşımalar ile uluslararası taşımalardan da bahsedilmiştir. Demiryolu ağındaki her bir bağlantı için kapasite değerleri hesaplanmış, yoğunluk oranları tespit edilmiştir. Daha sonra karayolu ağı ile ilgili analiz ve sonuçlara yer verilmiştir. Merkezî istasyonlarla bölge merkezleri arasında gerçekleşen yük taşımaları netton cinsinden ifade edilmiş, kamyon sayıları bulunmuştur. Kamyonlarla ilgili taşıma, yükleme ve boşaltma işlemlerine ait maliyet ve süreler arz edilmiştir. 2015 yılına ait; madde cinslerine göre yük taşımaları, dolan yük vagon sayıları ve diğer değerlendirmeler çizelgeler hâlinde sunulmuştur.

Sonuç kısmında ise bu çalışma neticesinde elde edilen verilerin ve gerçekleştirilmiş olan analizlerin genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca tespit edilen birtakım sorunlar

belirtilmiş, alınması gereken tedbirler ve yapılabilecek iyileştirmeler sıralanmış, çözüm önerilerinde bulunulmuştur.



2. DEMİRYOLLARI

2.1. Demiryolu

Evvelce belirlenmiş olan bir güzergâh üzerinde, tesviye edilmiş ve arındırılmış bir yola ilave edilen balastlar, bunların üzerine belirli bir nizam içerisinde dizilmiş traversler, bu traverslere ise teknik bir metot ile monte edilen birbirine paralel demir türevi raylardan husule gelen, üzerinde de lokomotif ve vagon gibi demir tekerlekli taşıtların seyredebildiği yola demiryolu denir.

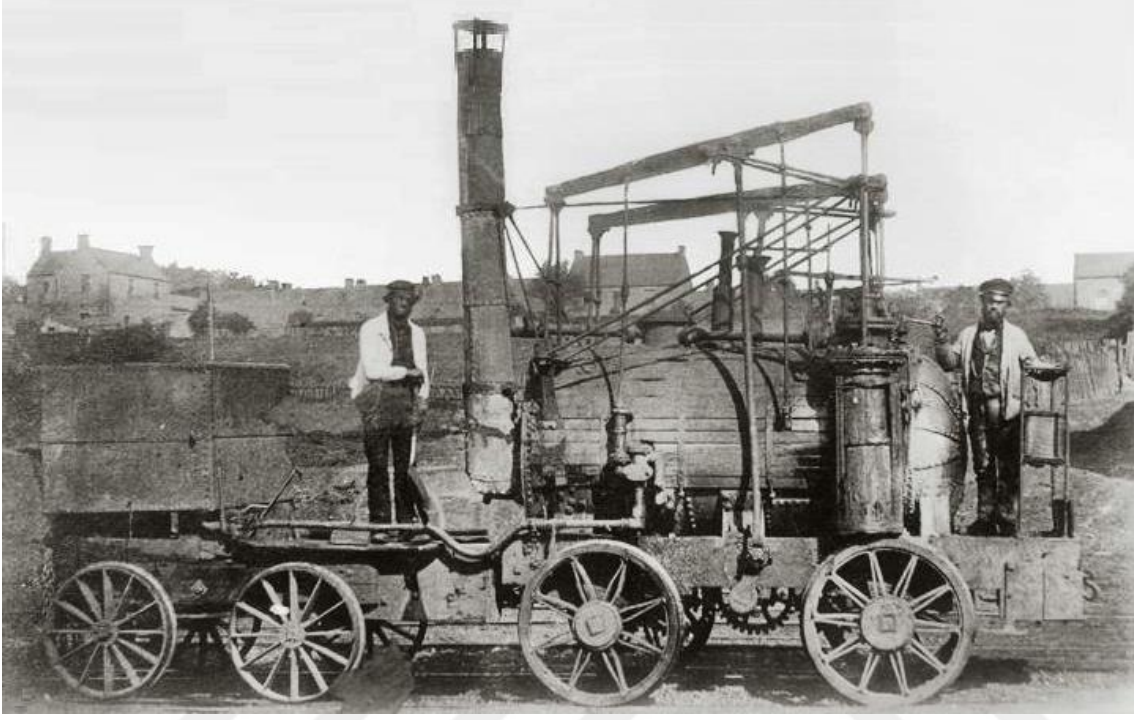
Bir başlangıç noktasından hedeflenen bir bitiş noktasına, madeni yol üzerinde, mekanik güçle hareket ettirilen taşıtlar ile insan ve eşya taşınmasına imkân veren ayrıca bunu temin eden tüm tesislerin hepsine birden demiryolu denmektedir. Bu tariften de anlaşılacağı üzere demiryolu bir bütün olup ray, travers ve balasttan ibaret olmayıp istasyon binaları, lokomotif depoları, triyaj garları, köprü ve tüneller gibi diğer tesisleri de içermektedir. Neticede demiryolu söz konusu olduğunda yalnızca yolun evsafı ile iş bitmemekte, yol ile birlikte diğer tüm tesislerin de göz önüne alınıp değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.2. Demiryollarının Tarihî

Başlangıçta yüklerin taşınmasını mümkün kılmak ve kolaylaştırmak amacıyla tekerlek icat olunmuş, bilahare tekerleğin hareketi ele alınmış ve incelenmiş, neticede tekerlekler için raylar meydana gelmiştir.

Demiryolları ile ilgili ilk bilgiler, Mısır Piramitleri yakınında arkeologlar tarafından yapılan araştırmalar sırasında bulunan, M.Ö. 2000’li yıllarda yapıldığı düşünülen bronz ray kalıntılarıyla başlar. Piramitlerin inşasında kullanılan taşların, ocaklardan taşınmasında bu raylardan yararlanılmış olduğu varsayılmaktadır. İlk zamanlarda raylar, yük taşımak amacıyla İngiltere’deki maden ocaklarında kullanılmışlardır. Kullanılan raylar başlangıçta ahşap olup yontulmuş ağaçlardan ibaret iken, zamanla rayların mukavemetini arttırmak amacıyla metal alaşımlarla kaplanmışlardır. İlk demir ray ise 1738 yılında yine İngiltere’de bir maden ocağında kullanılmıştır. Demiryollarındaki gelişim; buhar makinesinin icadından sonra, 1781 yılında İskoçyalı James Watt tarafından buhar makinesinin iyice geliştirilmesi, sonrasında ise 1804 yılında İngiliz mucit ve maden mühendisi Richard Trevithick tarafından bir vagon şasesinin üzerine geliştirilmiş olan bu buhar motorunun konulması sonucu ilk buharlı lokomotifin üretilmesiyle farklı bir boyut kazanmıştır. 1825 yılında ise İngiliz mühendis George Stephenson tarafından geliştirilmiş buharlı motorlardan faydalanarak çalışan bir lokomotifin çektiği, ismi de

Rocket olan ilk yolcu treni denebilecek demiryolu aracının yapılmasıyla bu evölüsyon devam etmiştir (Vikipedi, 2017).



Şekil 2.1. 1813-1814'te inşa edilen ve yük trenlerini çekmek için kullanılan bir İngiliz buharlı lokomotif (Vikipedi, 2017).

2.3. Osmanlı Topraklarında Demiryolu

Osmanlı İmparatorluğu'nda ilk demiryolunun inşası ile ilgili çalışmalar, 1830'lu yıllarda başlayan görüşmeler sonrasında 1851 tarihinde Kahire-İskenderiye demiryolu hattının imtiyazının verilmesiyle; Türkiye sınırları içerisindeki ilk demiryolu inşası ise 1856 yılında bir İngiliz şirketine verilen imtiyazla İzmir-Aydın demiryolu hattının yapımıyla başlar. 1872 yılında da demiryolu yapım ve işletmesini gerçekleştirmek niyetiyle, Demiryolları İdaresi kurulmuştur. Osmanlı zamanında yapılan toplam 8619 km uzunluğundaki demiryolu hattının ancak 4136 km uzunluğundaki kısmı bugünkü sınırlarımız içerisinde kalmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları [TCDD] İstatistik Yıllığı 2011-2015, 2016).



Şekil 2.2. Haydarpaşa tren istasyonu, zahire depoları önünde bekleyen lokomotif ve yük vagonları, 1900 (Hicaz Demiryolu Fotoğraf Albümü, 1999).

2.3.1. Hicaz Demiryolu

Hicaz bölgesine demiryolu yapılması fikri ilk defa Amerikan mühendis Zimpel tarafından 1864 yılında dile getirilmiş, sonrasında Hicaz komutanı Osman Nuri Paşa tarafından 1891’de Cidde’den Mekke’ye yapılacak olan şimendifer hattının bölge için önemini bildiren bir mektubun padişaha gönderilmesiyle resmiyet kazanmıştır. Nihayetinde yine 1891 yılında Cidde Evkaf Müdürü İzzet Efendi tarafından hazırlanan layihada ise, Şam’dan Medine’ye yapılacak olan bir demiryolunun, Hicaz’a yönelik dış saldırılar ile bölgede çıkması muhtemel iç isyanlara karşı bir savunma vasıtası olacağı mamafih Hac ibadetini de kolaylaştıracağı ifade edilmiştir. Layiha İstanbul’a ulaşınca pek beğenilmiş, değerlendirilmek üzere Mehmet Şâkir Paşa’ya havale edilmiş, yalnız tetkik edilmekle kalmayıp demiryolunun fizibilitesi de yapılmış, güzergâhı da belirlenerek bir harita ile birlikte padişaha sunulmuştur.

Sultan II. Abdülhamit Han, Almanlarla Bağdat demiryolu anlaşmasının yapılmasının hemen akabinde, uzun zamandır çok arzu ettiği Hicaz Demiryolu ile ilgili fermanını 1900 yılında yayınlamıştır. Hicaz Demiryolu, Bağdat demiryolu hattının devamı mahiyetinde olup neticede İstanbul’dan başlayarak Şam’a gelen, Kudüs’ten geçerek Medine ve Mekke’ye ulaşan bir proje

olarak tasarlanmış bulunmaktaydı. Sultan, İstanbul'dan Mekke'ye ulaşma isteğini Anadolu Demiryolu Şirketi genel müdürüne iletmış ve bu hattın en kısa zamanda tamamlanmasını istemiştir.

Hicaz hattı diğer hatların aksine yabancı şirketlere verilmemiş, tamamen iç kaynaklar ile yapılmıştır. Hicaz Demiryolu için Sultan II. Abdülhamit Han başta olmak üzere devlet erkânı, bürokratlar, memurlar ve bizzat halk bağışlarda bulunmuşlardır. 01.09.1900 tarihinde resmî törenle başlayan demiryolu inşaatı, 01.09.1908 tarihinde yine resmî bir törenle hizmete açılmıştır. Hicaz Demiryolu I. Dünya Savaşı'na kadar yoğun bir şekilde kullanılmıştır. 30.10.1918'de imzalanan Mondros Mütarekesi ile Hicaz Demiryolu üzerindeki Osmanlı hâkimiyeti sona ermiştir (Gülsoy, 1999).

Hicaz Demiryolu hattında aynı zamanda yük taşımacılığı da yapılmıştır. Kısa olan ömrüne rağmen Hicaz Demiryolu sayesinde siyasi, ekonomik, askeri ve toplumsal önemli sonuçlar elde edilmiştir. Yabancı sermaye tarafından inşa edilen demiryollarında istihdam imkânı bulamayan nice Türk mühendis ve teknik elemanın yetişmesine de yine Hicaz Demiryolu vesile olmuştur. Burada yetişen ve tecrübe kazanan kitle, sonraki yıllarda özellikle de cumhuriyet döneminde yapılan demiryollarında büyük sorumluluklar üstlenmişler ve nice başarıları imza atmışlardır.



Şekil 2.3. Zerka-Amman arasında demiryolu yapım çalışmaları, Hicaz Demiryolu, 1903 (Hicaz Demiryolu Fotoğraf Albümü, 1999).

2.4. Türkiye Cumhuriyeti Demiryolları

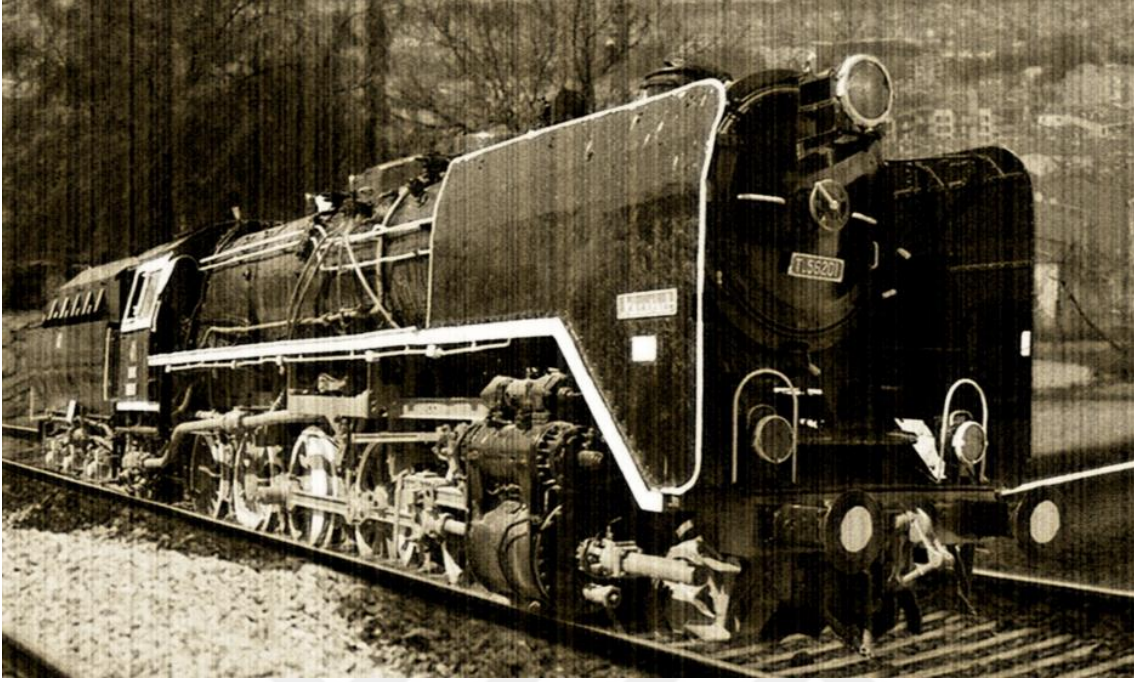
Cumhuriyetle birlikte demiryollarının devletleştirilmesi kararı alınmıştır. Bu karar sonucunda demiryollarının işletilmesine yönelik 1924 yılında Anadolu-Bağdat Demiryolları Müdüriyet-i Umumiyesi kurulmuştur. Daha sonra yapım ve işletmenin beraber yürütülmesi, aynı zamanda daha geniş çalışma imkânlarının da sağlamak amacıyla 1927 yılında Devlet Demir Yolları ve Limanları İdare-i Umumiyesi olarak ismi güncellenmiştir. 1953 yılında ise günümüzde de hâlen kullandığımız üzere Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi (TCDD) adını almıştır.

Osmanlı döneminde yapılmış olan fakat yabancı şirketler tarafından işletilmeğe devam edilen tüm hatlar 1928-1948 yılları arasında satın alınarak millileştirilmiştir (TCDD Faaliyet Raporu, 2015).

1894 yılında Anadolu-Bağdat Demiryolu hattı için, Almanlar tarafından buharlı lokomotif ve vagon tamiri yapılmak üzere, Eskişehir’de Anadolu-Osmanlı Kumpanyası adı verilen bir atölye kurulmuştur. 1919 yılında işgal sırasında İngilizlerin eline geçen Anadolu-Osmanlı Kumpanyası, 1920 yılında geri alınarak ismi Eskişehir Cer Atölyesi olarak değiştirilmiştir. Lokomotif, yük ve yolcu vagonları tamiratları gerçekleştirilmiştir. 1958 yılında Eskişehir Cer Atölyesi yeni adıyla Eskişehir Demiryolu Fabrikası revize edilmiş, 1961 yılında da Türk işçi ve mühendislerin şeref anıtı olan ilk yerli buharlı lokomotif Karakurt üretilmiştir (Tülomsaş, 2017).

Yine buharlı lokomotif ve yük vagonlarının onarımı maksadıyla Sivas Cer Atölyesi 1939 yılında hizmete açılmıştır. Aynı atölyede 1953 yılından itibaren yük vagonu imaline başlanmış, 1958 yılında ise atölyenin ismi Sivas Demiryolu Fabrikaları olarak değiştirilmiştir (Tüdemsaş, 2017).

Ayrıca 1951 yılında Adapazarı’nda Vagon Tamir Atölyesi adı altında bir işletme faaliyete başlamış, 1961 yılında Adapazarı Demiryolu Fabrikası adını almış ve 1962 yılında ise mezkûr tesiste ilk vagon üretilmiştir (Tüvasaş, 2017).



Şekil 2.4. Karakurt (Tülomsaş, 2017).

3. DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞI

3.1. Demiryolu Ulaştırması

Demiryolu yük taşımacılığı hassaten ağır ve hacmi büyük, taşınması zahmetli yüklerin büyük maliyetlere katlanılmadan, kolaylıkla taşınmasına olanak sağlayan bir ulaştırma türüdür. Demiryolları ulaştırmasında verilen hizmet, ağ üzerindeki merkezler, ağın güzergâhı ve eğimi gibi nedenlerle sınırlanmaktadır. Fakat aynı zamanda, yer altı kaynakları, maden, tarım ve orman ürünleri gibi hammaddelerin işlenme ve alıcı merkezlerine ulaştırılmasında tercih edilen bir ulaştırma sistemidir. Taşıma mesafesi arttıkça azalan maliyetlerine binaen diğer ulaştırma sistemlerine göre daha avantajlı hâle gelmektedir. Demiryolu ulaştırmasında, alt yapı yatırımları büyük maliyetler gerektirirken, işletme ve bakım maliyetleri oldukça düşüktür. Demiryolu ulaştırması, iklim şartlarından bağımsızdır; çevreye duyarlı bir taşımacılık türü olup diğer taşıma türlerine göre çok daha güvenlidir. Demiryolu taşımacılığı bir bakıma karayolu ulaştırmasının trafik yükünü de azaltır; bununla birlikte uzun bir dönem sabit fiyat garantisi de vardır. Uluslararası taşımalarda, karayollarındakine benzer geçiş sınırlamalarının olmaması bir yana transit taşımalarda geçiş üstünlükleri dahi vardır. Sefer süreleri belirlenmiş ve karayollarına göre daha dakik olmasına rağmen, ulaştırma hızı diğer sistemlere göre hem daha düşük hem de demiryolu ağının genelde iyi plânlanamamasından ötürü kapıdan kapıya yapılan nakliyelerde ise yetersizdir. Fakat demiryolu ulaştırmasında diğer taşıma türleri ile bağlantılı olarak kombine taşımacılık yapılması da mümkündür (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] Ulaştırma Hizmetleri, 2011).

3.2. Bazı Demiryolu Terimleri

Şimendifer: Demiryolu, tren.

Katar: Tren.

Marşandiz: Yük Treni (TDK, 2017).

Balast: Demiryolunu tamamen örten, üzerine traverslerin yerleştirildiği, ağırlığı dağıtan, titreşimi emen, su birikimini ve yabancı otların bitmesini önleyen belirli ebatlardaki özel taş parçacıklarıdır.

Travers: Rayların üzerine monte edildiği, aynı zamanda rayların birbirine paralel ve aynı hizada, istenilen açıklıkta sabitlenmesine yarayan, belirli ölçüler esas alınarak imal edilmiş ahşap, demir veya beton bloklara denir.

Aliyman: Demiryollarında düz yol kısımları.

Kurp: Demiryollarındaki dönüşler, viraj kısımları.

Dever: Kurplarda merkezkaç kuvvetini azaltmak amacıyla iç raya nazaran dış raya verilen yükseklik farkıdır.

Sürekartman: Kurplarda yola verilen fazla açıklık.

Cer Kancası: Demiryolu araçlarının birbirine bağlanmasını sağlayan, aracın önünde ve arkasında yer alan kancaya denir.

Gabari: Demiryolu taşıtlarında, uyulması gereken yükseklik ve genişlik değerleridir.

Hattı Cari: Ana yol.

İltisak Hattı: Ana yoldan verilen bağlantılar, demiryolu hattını özel tesislere bağlayan ara yollardır.

Hamton: Demiryolu aracının darası ve varsa üzerindeki yükün ağırlığının toplamıdır.

Ranfor: Dik rampalarda ilerlemekte olan mevcut trene, ilave bir lokomotifle destek verilmesidir.

Blok Tren: Kâfi miktarda yük olduğu takdirde, başka bir vagonun eklenmesi beklenilmeden, belirlenen plan dâhilinde hareket ettirilen vagon dizisine denir.

Deray: Demiryolu araçlarının raydan çıkması olayıdır (Rail Turkey, 2017).

3.3. Türkiye’de Demiryollarının Durumu

Türkiye Cumhuriyeti’nin kurulmasından hemen sonra aktif bir demiryolu politikası izlenmeye başlanmıştır. Bunun için, öncelikle taşra, yeni hatlarla merkeze bağlanmaya çalışılmış ve diğer yandan da imtiyazlı hatlar millileştirilmiştir. Bilahare 1960’lı yıllarda, İstanbul ve Ankara’da çift hatlar tamamlanarak hizmete açılmış ve birçok muhtelif küçük birleştirme hattı yapılarak mevcut ağa eklenmiştir. Tüm bu faaliyetlerin sonucunda, 1923 yılından 1960 yılına gelinceye kadar, yük taşımacılığında da yaklaşık kırk beş kat artış gerçekleşmiştir.

Dünyada 1940’lı yıllardan başlayarak, otomotiv teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, karayollarının esnekliği ve kapıdan kapıya taşımacılığa daha uygun olması hasebiyle, demiryollarının ulaştırma sistemleri içerisindeki üstünlüğü zamanla sona ermiş, karayolu ağırlıklı ulaştırma sistemleri tercih edilmeye başlanmıştır (Ünlüönen, 1992).

Türkiye’de de 1950’li yıllardan itibaren karayolu yapımına büyük önem verilirken, demiryolları maalesef ihmal edilmiştir. Netice itibariyle demiryolu yük taşımacılığı daha ucuz olmasına rağmen, mütemadiyen karayolu yük taşımacılığı lehinde gelişmeler olmuştur. Dünyada demiryolu yük taşımacılığında büyük gelişmeler görülürken, maalesef ülkemizde hâlen istenilen kalite ve hıza ulaşamadığı gibi evvelce yapılan dolambaçlı demiryolu ağları aynen kalmış, merkezi yerlere kısa ve çift hatlar yapılamamıştır.

3.4. Türkiye’de Demiryolu Sektörü

Osmanlı’dan devralınan ve millî sınırlarımız içerisinde kalan 4136 km uzunluğundaki demiryolu hattına, 1923-1950 döneminde eldeki çok sınırlı imkânlarla rağmen 3764 km eklenmiştir. 1950 yılından sonra karayolu ulaştırmasında çok büyük inkişaf meydana geldiği hâlde buna mukabil demiryolları bu gelişmelere yeterince ayak uyduramamış, ulaştırma sistemleri arasında mütemadiyen gerilerde kalmıştır. 1951-2003 yılları arasında ise ancak 945 km yeni yol yapılmıştır. 2003 yılından itibaren yeniden demiryolu yatırımlarına ehemmiyet verilmesiyle, 2004-2015 döneminde günümüz standartlarında modern 1085 km uzunluğunda yeni yol inşa edilmiştir.

1950 yılında demiryolu ulaştırmasının yük taşımalarındaki payı % 68,2 iken, 2015 yılında % 3,9 seviyelerine kadar gerilemiştir. 1950-2003 yılları arasında yapılan ulaştırma yatırımlarının karayolları ağırlıklı olması sebebiyle, TCDD’de yapısal sorunlar ortaya çıkmıştır. Bunların sonucunda demiryolu ağı yetersiz kalmış, alt yapı standartları düşmüş, demiryolu araçları sayı ve nitelik bakımından kifayetsiz hâle gelmiş, uzman personel giderek azalmış ve böylece diğer ulaştırma sistemleri ile rekabet ve bütünleşmede sorunlar yaşanmıştır. 2003 yılından itibaren tekrar devlet politikası hâline gelen demiryolları, TCDD’ye yapılan ödeneklerle yeniden hızlı, ekonomik ve güvenli bir demiryolu taşımacılığı sunarak, diğer ulaştırma sistemleri karşısında rekabet gücünü arttırmıştır. Demiryolunun yük taşımacılığındaki payının yeniden yükseltilmesi hedeflenmiş, bu çerçevede mevcut hatların bir kısmı yenilenerek elektrifikasyonlu ve sinyalizasyonlu hatların sayıları arttırılmıştır. Yerli ve millî demiryolu sanayisinde büyük ilerlemeler kaydedilmiş, lojistik merkezlerinin sayıları arttırılmıştır. Demiryolu ağının sanayi bölgeleri ile bağlantısını temin edecek iltisak hatlarının inşa edilmesi neticesinde, demiryolu sektörünün serbestleşmesine de imkân sağlanarak hedefe ulaşılmaya çalışılmıştır (TCDD Sektör Raporu, 2015).

3.5. Türkiye’de 2015 Yılı Yük Taşımacılığı

Demiryolu yük taşımacılığında 2015 yılında, 2014 yılına nazaran % 10 azalma olmuştur. Bunun sonucu 2015 hedefi ancak % 85 oranında gerçekleşmiştir. Önceden planlanan ve hedeflenen program doğrultusunda, yol yenileme, bakım-onarım çalışmaları gibi nedenlerle birçok noktada kapatılan yollar sebebiyle yük trafiği olumsuz etkilenmiştir. Öyle ki, 2015 yılında kimi hatlar belirli sürelerle trafiğe kapatılırken, kimi hatlar ise süresiz olarak işletmeye kapalı kalmıştır. Mesela, Avrupa yönünde yol yenileme çalışmaları yapılırken, Suriye ve Irak demiryolu bağlantıları ise işletmeye hiç açılmamıştır. Bu dönemde ağırlıklı olarak yapılan yurtiçi kısa mesafe taşımalarıyla birlikte ortalama taşıma mesafesi de düşmüştür. Tarife ücretlerine ise zam yapılamamıştır.

TCDD yük taşıma anlayışında yaptığı değişiklikle, 2004 yılından itibaren blok tren işletmeciliğine başlamıştır. Bunun sonucunda ise yük taşıma oranları artmış, kaynaklar daha etkin kullanılır hâle gelmiş, taşıma maliyetleri azalmış, müşteri memnuniyeti artmıştır. Bu kapsamda alt ve üst yapılarda yapılan yenilemeler ve çeken-çekilen araç parklarının iyileştirilmesi, rotasyon sürelerinin kısalmasını sağlamıştır. 2015 yılındaki rotasyonda, 2003 yılına nispetle % 21 oranında düzelme sağlanmıştır. Üzülerek ifade edilecek olursa, Türkiye coğrafi konumuyla transit taşımacılık açısından oldukça avantajlı bir konumda olmasına rağmen, uluslararası yük taşımacılığıyla kıyaslandığında, transit taşımacılıkta oldukça geride kalmaktadır. Son yıllarda yaşanan olaylar neticesinde Avrupa-Orta Doğu, Avrupa-Asya transit taşımacılık koridorunda Türkiye dışarıda bırakılmış, Avrupa-Orta Doğu arasındaki trafikte Yunanistan limanları kullanılmıştır. Maalesef uluslararası taşımacılıkta İstanbul Boğazı ve Van Gölü ülkemizin hala darboğazı konumundadır. Ayrıca üretim merkezlerinin demiryolu ağına bağlanması amacıyla Organize Sanayi Bölgeleri, Liman ve İskele gibi hacimli yük taşınan büyük merkezlere doğrudan doğruya iltisak hatları yapılmaktadır. Taşıma kolaylığı, modlar arası aktarma avantajı ve işletim ucuzluğu gibi temel nedenlerle konteyner kullanımı da oldukça yaygınlaşmaktadır. Konteyner taşımacılığı ile kombine taşımacılığın yanı sıra, kapıdan-kapıya taşıma imkânı da mümkün olmaktadır. Buna benzer şekilde tır kasası taşımacılığı yani karayolu yük taşıma araçlarının çekicisi olmadan sadece kasa kısımlarının bu tür taşıma için özel olarak üretilmiş vagonlara yüklenerek demiryolunda taşınmasına da olanak sağlanmaktadır.

Özel sektörün demiryolu ulaşımına katılımını sağlamak amacıyla yürütülen çalışmalar neticesinde olumlu sonuçlar alınmış, 2015 yılında sahibine ait vagonlarla yapılan taşımaların tüm yük taşımaları içerisindeki oranı % 33’e yükselmiştir. Bu minvalde şehir merkezlerinde kalmış olan yük garlarının yerine, karayolu ile etkin ulaşımı olan, tercih edilebilecek alanlara, lojistik

ihtiyaçlara cevap verecek mahiyette, modern, ekonomik ve teknolojik gelişmelere paralel, yk potansiyeli yüksek mntikalara yeni lojistik merkezlerinin kurulması planlanmaktadır. Liman bağlantılı demiryolu taşımalarını arttırmak maksadıyla, liman arka sahasında yükleme-boşaltma işlemlerinin modern bir şekilde yapılmasını sağlamak için, liman yk potansiyeli de göz önüne alınarak, limanlarda yük merkezleri oluşturma çalışmaları yapılmaktadır (TCDD Stratejik Plan 2015-2019, 2015).

3.6. Türkiye Demiryolları ile Dünya Demiryollarının Kıyaslanması

Dünya zerindeki gelişmiş ülkelere bakıldığında, bu ülkelerin ulaştırma sistemleri içerisindeki demiryolu ulaşımı ağırlığı ve taşıma payı, diğer ülkelere kıyasla daha dengeli ve uyumludur. Demiryolu ulaşımının karayolu ulaşımına nazaran üstün niteliklerinden dolayı, gelişmiş ülkelerde yapılan yatırımlar demiryolu ağırlıklı olmaktadır. Avrupa lkelerindeki yk taşımalarında demiryolu ulaşımı tercihi, ülkemiz tercihinin oldukça fevkindedir. 2013 yılı ton-km bazında demiryolu tercihi Türkiye’de % 4,1 iken, İngiltere’de % 13,1, Fransa’da % 15,4, Almanya’da ise % 25,2 civarındadır. 1950 sonrası demiryollarına yeterli yatırımın yapılmaması ve demiryollarının ihmalî sonucunda maalesef ülkemiz bu konuda Avrupa lkelerinin çok gerisinde kalmıştır. İstatistikler incelendiğinde bin kilometrekare başına Türkiye’de 13 km demiryolu hattı varken İngiltere’de 67 km, Almanya’da ise 116 km demiryolu hattı bulunmaktadır.

Sonuç olarak demiryollarının serbestleşmesi ve TCDD’nin yeniden yapılandırılması niyetiyle 2013 yılında Türkiye Demiryolu Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun yürürlüğe konulmuştur. Gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra özel sektörün de desteğiyle demiryolu yük taşımacılığının hizmet kalitesi ve bununla birlikte diğer taşımacılık türlerine nazaran tercih edilme oranı artacaktır. Nihayetinde TCDD’nin kamu üzerindeki mali yükü ise azalacaktır (TCDD Sektör Raporu, 2015).



4. DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞI ANALİZİNDE ULAŞTIRMA MODELLERİNDEN YARARLANILMASI

4.1. Ulaştırmanın Modellenmesi

Ulaştırma ile ilgili sorunlar ve planlama yöntemleri 1980'den itibaren hızlı, köklü ve nitelikli bir değişime uğramıştır. Özellikle gelişmiş ülkelere bakıldığında, geçmişe kıyasla ulaştırma ile ilgili birçok probleme teknik çözümler bulunmuştur. 1980'li yıllarda bilgisayar teknolojisindeki ani ve hızlı tekâmül sonucunda, ulaştırma sistemleri ile ilgili birçok yeni kavram ortaya çıkmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak ulaştırma modellemesinde de teknik gelişmeler meydana gelmiş, fakat erbabı dışında konuya gereken önem verilmemiş, nice tecrübe yıllarından sonra modellemenin ulaştırma planlamasındaki yeri ve önemi ancak idrak edilebilmiştir.

Modeli tarif etmemiz gerekirse, ele alınan ve üzerinde yoğunlaşılacak bir sistemin, karmaşıklığının giderilerek, kolay anlaşılabilir bir hâle getirilmesi ve bu suretle göz önünde canlandırılması yani tasvir edilmesidir diyebiliriz.

Modellerde çözümlenmeyi gerçekleştirmek amacıyla belirli bir bakış açısı ele alınır ve sonuca ulaşmada önem arz eden parametreler üzerinde durulur. İşte bu yüzden modeller probleme, çözüm tekniklerine ve yaklaşım tarzlarına özgündürler. Soyut modeller, hayatın içinde karşılaşılan türlü sorunlara karşı, belirli varsayım ve matematiksel terimler yardımıyla çeşitli öğeleri ifade ve temsil ederler. Bu modeller kolay anlaşılabilir gibi görünmelerine rağmen çok karmaşık da olabilirler. Bu nedenle genellikle çeşitli ve çok sayıda verilerin kullanılmasına ihtiyaç duyarlar. Aynı zamanda ulaştırma ile ilgili politikalarda bir mesnet vazifesi görmelerinden ötürü çok değerlidirler. Soyut yani matematik modellerin bir başka üstünlüğü ise kullanımları, formüle ve kalibre edilmeleri esnasında analiz edilen sistemin davranışı ve dâhili çalışması üzerine birçok şeyin öğrenilmesini sağlamalarıdır. Modeller kullanılacakları yere göre uygun ya da değildirler ve yalnızca bir perspektiften gerçekçidirler.

Ulaştırma ve yük taşımacılığının planlanmasında, modellerin kullanımı çok önemlidir; çünkü doğru kararlar alma ve sonuca ulaşmada büyük kolaylıklar sağlarlar. Model seçiminde, sistemin karakteristikleri ve problemlerin özellikleri göz önüne alınarak; tecrübe, gelenek ve uzmanlık ışığında karar verilmelidir.

Geçmişle kıyaslandığı zaman, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde ulaştırma ile ilgili sorunlar had safhaya ulaşmıştır. Ulaştırma talebindeki artışın neticesinde sıkışıklıklar, gecikmeler, kazalar, çevresel ve diğer problemlerde kabul edilebilir sınırlar çoktan aşılmıştır.

Ekonomik gelişmelere bağlı olarak, ulaştırma sistemlerinin kapasiteleri zorlanmış, bazı ulaşım tür ve bölgelerine yeterince önem verilmemesi, yatırım yapılmaması gibi nedenlerle kırılğan arz sistemleri ortaya çıkmıştır. Ulaştırma ile ilgili bu ve buna benzer problemlerin kısa vadede çözülmesi mümkün değildir. Bu meyanda mevcut ulaştırma türlerinin acilen geliştirilmesi ve kaynakların sınırlı olması bakımından çok dikkatli kararların alınması gerekmektedir.

Ulaştırma sistemlerinde talep dikkate alındığında birbirinden ayrı ve farklı birçok tercihle karşılaşılır. Günün belirli saatleri, haftanın bazı günleri, hız ve sıklık gibi önemi haiz belirleyici faktörlere göre ulaştırma talebinin geniş bir dağılımı vardır. Bu yüzden talep ile ilgili analiz ve tahminlerde bulunmak oldukça zordur. Çünkü ulaştırma sistemleri, ihtiyaçların kolaylaştırılarak giderilmesi amacıyla planlandığı için talebin anlaşılması bağlamında kişi ve endüstri istemlerinin iyi bilinmesi gerekir. Onun için talebin meydana geldiği yerdeki faaliyetlerin dağılımı önemlidir. Faaliyetlerin analizi için ise en uygun yaklaşım biçimi, çalışma alanının bölgelere ayrılmasıdır. Sonra da bu bölgelerin çeşitli bilgisayar programları yardımıyla uygun bir tarzda ulaştırma ağlarıyla kodlanmasıdır. Ulaştırmada talep, günün belirli saatlerinde ve haftanın belirli günlerinde yoğunlaşır hatta sıkışıklıklar dahi meydana gelebilir ki talepteki bu zamana bağlı değişkenlik karakteri, analiz ve tahminde bulunmayı güçleştirir; bunun sonucunda sistem talebi iyi bir şekilde karşıladığı hâlde, zirve periyotlar esnasında karşılayamayabilir.

Ulaştırma arzının ilk göze çarpan özgün özelliği bir hizmet oluşudur. Dolayısıyla ulaştırma arzı, talebin arttığı ve kendisini geçtiği zamanlarda kullanılmak üzere depolanamaz. Ulaştırma hizmeti, üretildiği zaman ve yerde tüketilmezse faydasız hâle gelir. Kaynakları israf etmeden en doğru bir şekilde kullanabilmek için talep, titizlikle tahmin edilmelidir. Zira ulaştırma sistemleri, altyapı olarak adlandırılan taşınmazlar ve araç olarak adlandırılan hareketli birimlerden müteşekkildir. Taşımanın yapılabilmesi ise altyapı, araçlar ve bunların işleyebilmeleri için gerekli kurallar bütününün olmasıyla mümkündür. Ulaştırma altyapılarının bölünememe özelliği vardır. Örneğin; bir demiryolu hattının yarısının dahi yapılmış olması bir anlam ifade etmez. Buna mukabil altyapının kademeli olarak yapılması planlanabilir. Misal olarak; bir yol evvela kaplamasız olarak inşa edilmişken sonrasında ihtiyaca binaen sathi kaplamalı bir yola çevrilebilir, hatta bilahare standartları yüksek bir yol hâline bile getirilebilir. Hâsılı altyapı talebe göre şekillenmeli, gereksiz yatırımlardan mutlaka içtinap edilmelidir. Altyapı yatırımları uzun soluklu ve zaman alıcıdır. Birçoğu büyük projeleri ihtiva eder. Altyapı yatırımlarının bir de politik yönü vardır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde politikacılar ulaştırma yatırımlarına önem verirler.

Ulaştırma toplumların refahında, fertlerin huzur ve mutluluğunda çok önemli bir unsurdur. Fakat ulaştırma sistemlerini kullananlar seçimlerini yanlış yaparlarsa arz-talep arasındaki denge bozulur. Artan talep neticesinde tesisin kapasitesine yaklaşıldığı zaman sıkışıklık ortaya çıkar ki bu da yolculuk süresinin artmasına neden olur. Yolculuk süresi ise talebe bağlı olarak doğrusal şekilde değil de üstel bir biçimde artar.

Ulaştırma planlamasının amacı; işletim kapasitesi belirlenen bir sistemde, çeşitli ulaşım türlerinden de istifade edilerek, günün belirli saatlerinde ve yılın farklı zamanlarında ortaya çıkan talebin karşılanmasını sağlamaktır. Ulaştırma sistemi; altyapı, işletim sistemi ve ulaşım türlerinden meydana gelir. Başka bir deyişle hizmet düzeyi, hız veya süre ile ücretin toplulaştırılmasıdır. İşletim sistemi yani yönetim, belirli ulaşım türlerine öncelik verebilir yani altyapıyı yeniden paylaşırabilir. Bir de arz-talep arasındaki denge değişkendir, hizmet düzeylerine göre değişebilir. Bunun için ulaştırma planlaması yapılırken, dengesizlikteki değişimleri önceden tahmin etmek ve yönetmek çok önemlidir. İşte burada modelleme devreye girmeli ve planlamayı kolaylaştırmalıdır. Elbette ulaştırma problemlerinin hemen hepsini aynı şekilde ele almak mümkün değildir, problemler değiştikçe çözüm yöntemleri de farklılık arz eder. Çünkü modeller değişen problemler karşısında, problemi tanımlayan ve çözümlenmesi için yapılması gerekenleri belirleyen araçlardır.

Bu itibarla modellemeden önce genel karar verme yaklaşımının belirlenmesi gereklidir. Karar verme yaklaşımından sonra modellemenin kabul edilebilirliği önemlidir. Hâliyle modelleme karar vericiler tarafından kabul görmediği takdirde, hem kaynaklar israf edilmiş hem de planlamacılar hüsrana uğramış olurlar. Böylece modelleme yaklaşımında; verilecek kararların niteliği, istenilen doğruluk derecesi, uygun verilerin bulunup-bulunmaması, modelleme tekniklerindeki son durumlar, kullanılabilir kaynaklar, verilerin işleme gereksinimleri, çözümleyicilerin yetenek ve eğitim düzeyleri gibi özelliklerin göz önünde bulundurulmaları gerekmektedir.

Ulaştırma problemleri, karar verme tarzları ve modelleme yaklaşımları arasındaki etkileşimler belirlendikten sonra sıra model seçimine gelir. Burada da kuram ve verinin rolleri ile modelin kalibrasyonu gibi noktalar karşımıza çıkar. Bundan sonra seçim yapılması gerekir ki toplulaştırılmış veya toplulaştırılmamış yaklaşımlar, kesit analizi ya da zaman serileri, gerçekleştirilmiş veya ifade edilmiş tercih tekniklerinden uygun olanı tercih edilir.

Modelin belirlenmesinde; model yapısı, fonksiyonel şekil, değişken seçimi, modelin kalibrasyonu ve doğruluğunun sınanması, modelin kullanılması gibi etkenler göz önüne alınarak karar verilmelidir (Ortuzar ve Willumsen, 1990).

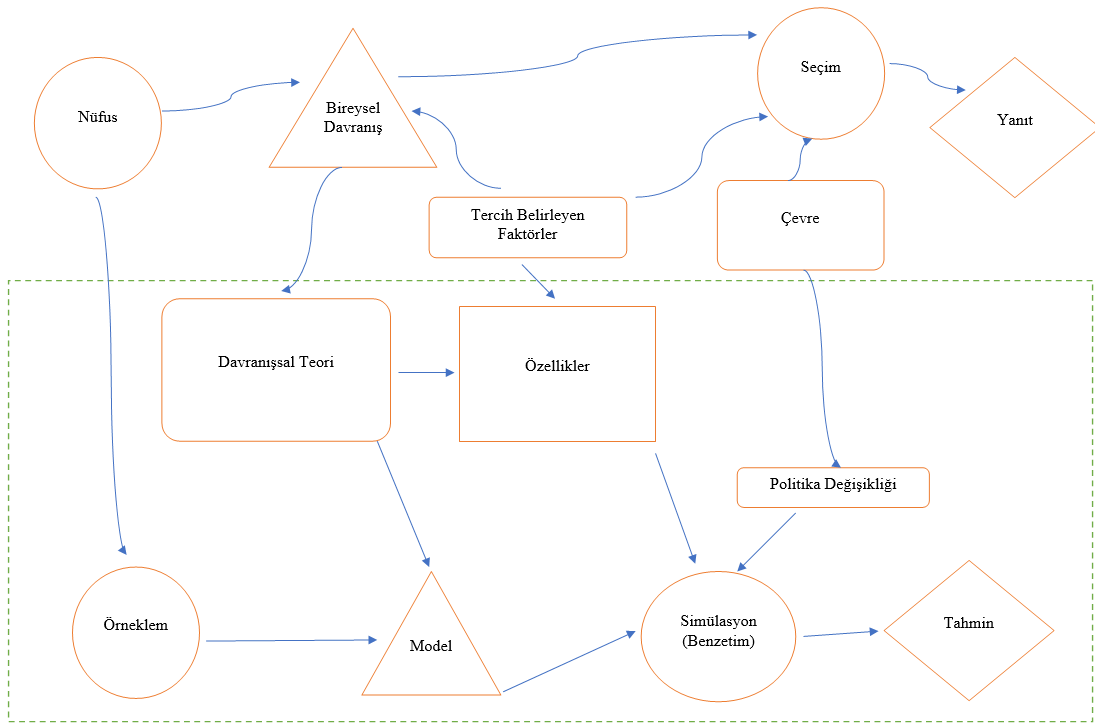
Modeli hazırlanacak olan sisteme ilişkin olarak sorulacak, basit bir yapı şeklinde olduğu gibi kopya edilip edilemeyeceği ya da karmaşık bir model oluşturulup oluşturulamayacağı şeklindeki sorular model yapısını belirler. Model yapısının çeşitli yönlerini temsil eden ve şu an kullanılmakta olan modeller, uzun yıllardır yapılan eklentilerle genel bir model yapısına sahip olmuşlardır.

Doğrusal şekillerle çalışmak mümkün mü veya problemin çözümünde doğrusal olmayan daha karmaşık fonksiyonlar formüle edilmeli mi gibi sorular fonksiyonel şekli belirler. İlgilenilen sistemi genelde doğrusal olmayan fonksiyonlar daha doğru temsil ederler. Ancak bu fonksiyonlar, modelin kalibrasyonu ve doğru kullanımı için daha fazla kaynak ve teknik gerektirirler. Değişken seçimi ise, hangi değişkenlerin kullanılacağı ve bu değişkenlerin modele nasıl dâhil edileceği ile ilgilidir.

Modelin kalibrasyonu, gözlenmiş verilerin bir fonksiyonu olan bir veya daha fazla uygunluk ölçütünü optimize etmek maksadıyla, parametre seçimidir. Gözlenmiş verileri modele daha uygun hâle getirmeye yarayan parametre değerlerini bulmaya tahmin denir. Tahminlerde bir veya birkaç parametrenin çok önemli olmadığı ve modelin dışında bırakılabileceği öngörülür. Burada anlatılanlar ikinci kuşak modelleri geliştiren mühendisler ile ilgilidir ve istatistiksel test olanaklarına önem verirler.

Modellerin büyük çoğunluğunda kesit analizi verileri esas alınarak modelleme yapıldığı için, modelin geçerliliği konusunda gözlemlenmiş davranışlar ile baz yılı tahminleri arasındaki uyumluluk yorumlanır. Fakat bu gerek bir koşul olmakla beraber yeter koşul değildir. Geçerlilik için model tahminlerinin, modelin geliştirilmesi esnasında kullanılmayan bilgilerle karşılaştırılması gerekmektedir.

Modeli geliştiren, hangi değişkenlerin model tarafından tahmin edileceğine, hangi değişkenlerin ise modelin girdisini oluşturacağına karar vermelidir. Ayrıca bazı değişkenler modeli geliştirenin kontrolünde olmamasından dolayı modele dâhil edilmezler veya modelin kendisi bu değişkenleri ihmal eder. Bunun sonucunda ise belirli derecede bir hata ve belirsizlik oluşur.



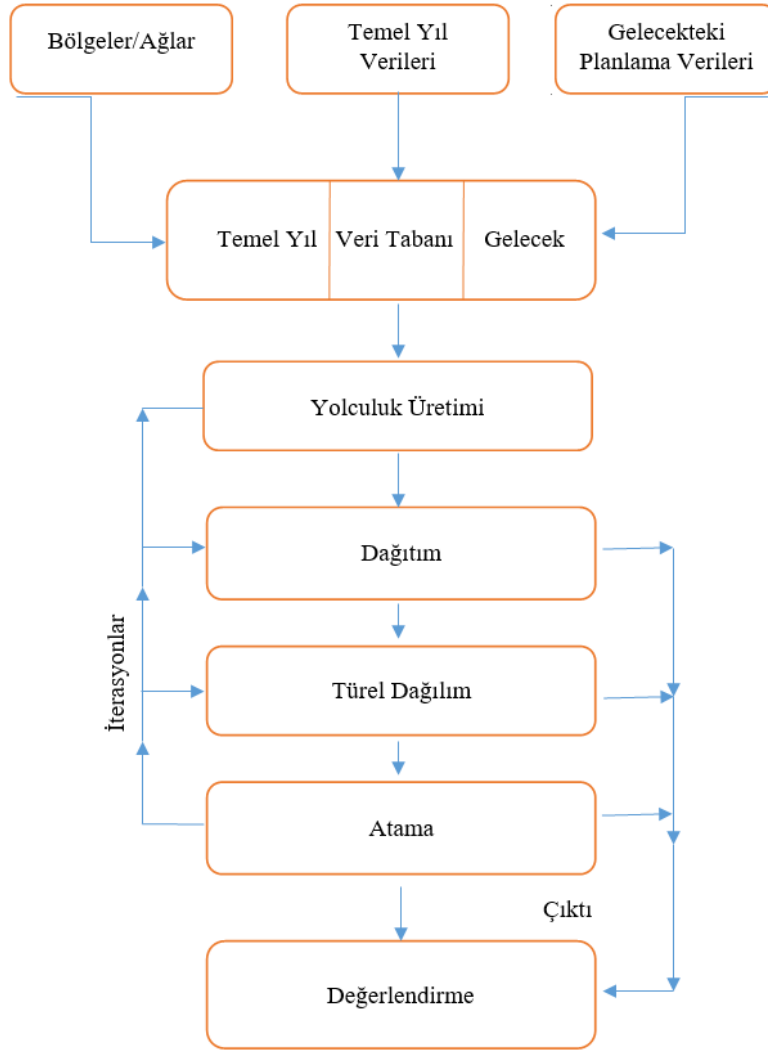
Şekil 4.1. Örnekleme ve modelleme (Ortuzar ve Willumsen, 1990).

Modellerin uygulamalarda başlıca kullanım nedeni koşullu tahmin içindir. Model; bağımsız değişkenler girildiğinde, bağımlı değişkenlerin tahminini üretecektir. Bir model, değişkenlerin gelecekteki değerleri hakkında yapılan varsayımlara karşın, alternatif çeşitli planları sınamak için kullanılır. Sonuç olarak bir model ele alınan bir problemi incelerken birçok defa çalıştırılabilir. Bu yüzden modelin yapısının bilgisayarlarda hızlıca çalıştırılabilir ve hemen sonuç alınabilir bir biçimde olması büyük önem arz eder.

Ulaştırma planlaması çalışmasının genel tasarımı yapılırken, verilerin ölçümü için seçilecek olan toplulaştırma düzeyi önemlidir. Detay düzeyi yükseldikçe modelin tahmin gücü artar, fakat bu sefer de veri toplama ve analiz maliyetleri artar. Planlama çalışmasında gelecekteki talebin bugünden tahmini yapılır. 1980’li yıllara kadar toplulaştırılmış modeller kullanılmıştır. Bu modeller o dönemde iyi bilinmekle beraber, eğitim ve yetenek bakımından güçlü analistlere çok fazla ihtiyaç duymuyorlardı. Modelleme sürecinin tamamı için yalnızca bir tarife sunuyorlar, anlaşılması zor bilgisayar programları tarafından istihsal ediliyorlardı. Tüm bunların üstüne esnek ve doğru olmayıp yüksek maliyetleri yüzünden eleştirilmişlerdir. 1980’li yıllarda artan şekilde kullanılmaya başlanan toplulaştırılmamış modeller, önceki geleneksel yöntemlere nazaran önemli üstünlükler sağlarlar. Fakat bu modellerde de analistlerin eğitim düzeyi yüksek, istatistik ve

ekonometri gibi konularda becerili ve yetenekli olmaları gerekir. Neticede karşılaşılan bir durumda, toplulaştırılmış ya da toplulaştırılmamış modellerden hangisi tercih edilmelidir sorusu kesin olarak cevaplandırılmamıştır.

Uzun yıllar süren deneme ve gelişmeler sonucunda klasik ulaştırma modeli olarak tanımlanabilecek genel bir yapı meydana gelmiştir. Bu yapı incelendiğinde görülen, 1960'lı yıllarda yapılan uygulamaların, 1970 ve 1980'li yıllarda meydana gelen modelleme tekniklerindeki büyük ilerleme ve gelişmelere rağmen az-çok değişmeden kalmış olmasıdır. Klasik model; yolculuk üretimi, dağıtım, türel ayırım ve atama olmak üzere birbirini izleyen dört alt modelden oluşur. Buna dört aşamalı ardışık model de denir.



Şekil 4.2. Dört Aşamalı Klasik Ulaştırma Modeli (Ortuzar ve Willumsen, 1990).

Klasik modeldeki sıralama tek seçenek olmamakla birlikte en yaygın olarak kullanılan sıralamadır. Geçmiş yıllarda yapılan bazı çalışmalarda türel ayırım, yolculuk üretiminden hemen sonra, yolculuk dağıtımından ise önce uygulanmıştır. Bu şekilde yolculuk üretimine bağlı karar değişkenleri üzerine daha fazla vurgu yapılmış olur. Fakat gidilecek yer bilinmediği hâlde türel ayırım yapılmaya çalışıldığı için, yolculuk ve ulaşım türü özelliklerinin modele dâhil edilmesi zorlaşır. Belki dağıtım ve ulaşım türü seçimi eş zamanlı olarak yapıldığında daha başarılı bir yaklaşım yapılmış olur. Klasik model yolculuk üretiminin elastik olmadığını kabul eder. Burada yolculuk üretimi, ulaştırma sistemindeki hizmet düzeyinden bağımsız olur. Bu yaklaşım her zaman için gerçekçi ve geçerli değildir. Model, baz alınan yıl koşullarında bir defa kalibre edilir ve geçerliliği de onaylanırsa bundan sonra bir veya daha fazla planlama dönemi içinde uygulanmalıdır. Fakat bu yapılırken gelecek için alternatif senaryolar göz önüne alınarak ulaştırma sistemi ve planlama değişiklikleri ile ilgili karakteristikleri tarif edebilen planlar geliştirilmelidir.

4.2. Yük Taşımacılığında Modelleme ve Planlama

Yük taşımacılığı; kısaca bir nesnenin bir noktadan alınarak, başka bir noktaya nakli olarak tanımlanabileceği gibi ihtiyaç sahiplerinin talepleri doğrultusunda imal edilen ürünlerin emniyetli, hızlı ve ekonomik bir şekilde istenilen link veya bağlantıya ulaştırılma işlemi olarak da tarif edilebilir. Bu tariften yola çıkarak yük taşımacılığı ele alındığında, ulaştırmanın yanı sıra yükleme, boşaltma, depolama ve diğer tüm hizmetlerin de göz önüne alınması zorunluluğu nedeniyle bunun, geniş kapsamlı ve aynı zamanda karmaşık bir yapıya sahip olduğu hemen göze çarpmaktadır. Ülke ekonomisi açısından büyük önem arz eden yük taşımacılığına bir örnek üzerinden göz atacak olursak; hammadde veya işlenmemiş ürünlerin ilk yerlerinden alınarak, işlem görmeleri için işlenebilecekleri yerlere ve imalâthanelere getirilmeleri, üretim aşamasını müteakiben ise tüketime hazır hâlde dağıtım için merkezlere veya toptancılara iletilerek tüketiciye sunulmalarına kadar ki tüm aşamalar, taşımacılığın adımlarını oluşturmaktadır.

Yolcu ve yük taşımacılığı arasında her ne kadar benzerlikler olsa da, yük taşımacılığının kendine has özellikleri bulunmaktadır. Yükün cinsine göre taşıma araçlarında, yükleme-boşaltma donanımları ve diğer parametrelerde değişiklikler olabilir. Ayrıca yük taşımacılığında; dışsal ekonomik etkilere tepkinin hemen verilmesi ve talebe göre arzın şekillenmesiyle beraber karar verici mercilerin fikirleri de etkindir. Yolcu taşımacılığı modellerine nazaran yük taşımacılığı analizi için bir model geliştirmek çok daha zordur. Talep; sosyal, siyasi ve ekonomik etkenlere, nüfus ve coğrafyaya bağlı olarak da şekillenir. Bu yüzden modellemede ekonomik kabullerle ilgili teoriler de düşünülmalıdır (Ay ve Erel, 2007).

Yük taşımacılığı ile ilgili modeller, genellikle yolcu taşıma modelleriyle aynı kökten çıkmışlardır. Bu sebeple yolcu taşıma modellerinde kullanılan dört mertebeli model sistemi bazı farklılıklarla birlikte yük taşıma modellerinde de kullanılagelmiştir.

İlk aşama olan Üretim ve Çekim'de üretim merkezlerinden, tüketim merkezlerine doğru nakledilen ürün miktarı tespit edilir. Bu belirlemede ölçü birimi genelde ton olarak alınabildiği gibi ara evrelerde ise parasal olarak da belirlenebilir. Burada kullanılan modeller ekseriyetle bütünlük veri tabanına dayalı modellerdir. Trend modellerinde evvelce elde edilmiş olan veriler baz alınarak geleceğe dair ortaya çıkabilecek durumlar tayin edilir. Az veriyle de modelleme yapılabilir, fakat politik etkenlerle ilgili parametreleri fazla içermezler. Bir modelin geliştirilmesi esnasında ortaya çıkan karmaşık durumlarda ise zaman serisi verileri kullanılır. Başka bir tip model olan sistem dinamiklerinde ise, taşımacılık faaliyetinde taşınan ürünün miktarındaki değişimler ile ekonomik ve çevresel etkiler modellenir. Bu modeller, bünyesinde politik etkenlerle ilgili parametreler bulundururken istatistiksel donelerden ise mahrumdurlar. Burada değişkenler istatistiksel tahminlerle değil de evvelce yapılmış olan çalışmaların neticelerinden elde edilirler. Bölgesel seyahat modellerinde ise model her bir bölgeye ait donelerin sınıflandırılmasıyla oluşturulur. Girdi-çıkıtı modelleri, girdi-çıkıtı tabloları yardımıyla oluşturulan basit makroekonomik model çeşididir. Ekonomi ile iyi ilişkilidir. Tablolarda sektörlere ait girdi-çıkıtı ürünlerinin parasal değerleri tanımlanır. Tanımlama devlet tarafından istatistik birimlerince yapılır. Fakat sonrasında parasal değerlerin tona dönüştürülmesi gerekmektedir.

İkinci adım olan Dağıtım'da üretim ve tüketim merkezleri arasında naklolunan ürünlerin paylaşım miktarları belirlenir. Belirlemede kullanılan ölçü birimi ise yine ton'dur. Taşımacılık analizlerinde evvelki modeller incelendiği takdirde, burada da kahir ekseriyetle bütünlük veri tabanı kullanılmış olduğu görülecektir. Genelde benimsenmiş olan dağıtım yöntemi ise çekim modelidir. Ayrıca burada da girdi-çıkıtı modelleri kullanılabilir.

Üçüncü aşama, Taşımacılık Türü Tercihidir. Burada kullanılan veri tabanına göre üç tip model vardır:

Birincisi, bütünlük taşıma türü seçimi modelleri olup umumiyetle çok terimli logit modellerdir. Ekonomik kuramlara dayalıdır. Taşımacılık türlerinin bölgelere nasıl dağıldığını tespit etmeye çalışırlar. Kısıtlı varsayımlarla azami fayda sağlanması amaçlanır. Logit modelde farklı taşımacılık türleri için çapraz esneklik eşittir.

İkinci tip, ayrışık taşımacılık türü seçimi modelleridir. Bu modellerde bölgesel değil de her bir taşıma için birbirinden ayrı olarak modelleme yapılır. Modelleme de iki çeşit yöntem

kullanılarak veri tabanı oluşturulur. Birinci yöntemde, yapılmış tercihlerde mevcut veri tabanları kullanılarak yük taşımacılığında karar değişkenlerinin önemleri belirlenir. İkinci yöntemde ise, açıklanmış tercihlerde ise şümulü bir ölçek oluşturularak nakliye sahipleriyle anketler yapılır ve bu anketlerde nakliye sahiplerine her bir karar değişkeni için ilave ne kadar ödeme yapabileceği sorulur.

Üçüncü model tipi çok türlü ağ modelleridir. Bu modellerde senkronik olarak güzergâh ve taşıma türü seçimi yapılır. En uygun taşımacılık türü ve güzergâh tertibini belirlemek için asgari maliyet algoritması kullanılır. Burada aracısız çok türlü taşımacılık modellenir. Her bir güzergâha ait maliyette, taşıma türlerine göre maliyetler ve süre bileşenleri bulunmaktadır. Güzergâhların maliyetleri, taşıma türleri arasındaki aktarma ile ilgilidir.

Dördüncü merhale olan Ağa Atama aşamasında; taşımacılık ağı üzerinde kullanılacak olan güzergâhlar belirlenir. Ağa atamada ekseriya yük ve yolcu taşımacılığı bir arada düşünülmektedir. Ağa atamada iki çeşit yaklaşım bulunmaktadır. Birincisi, yalnız evvelce belirlenmiş olan taşımacılık türünün atanması olup ikincisi ise, taşımacılık türünün belirlenmesi ve atama işlemlerinin eşzamanlı olarak yapılmasıdır.

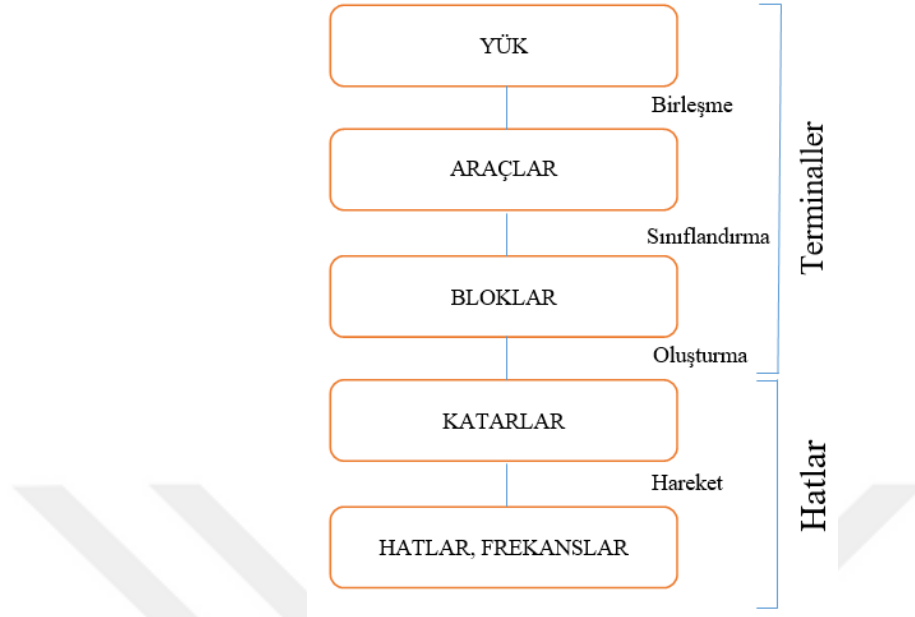
4.3. Yük Taşımacılığı ile İlgili Bazı Modeller

Yük taşıma konularında, devletler açısından demiryolları büyük önem arz eder. Uzun mesafelerde, ağır ve büyük hacimli yüklerde bu önem daha da artar. Demiryollarında planlama çok önemli olup ciddi yatırımlar gerektirmektedir. Bu faaliyetler genellikle devletler tarafından yerine getirilmekte olup demiryollarının idaresi de devletlerin elinde ya da en azından kontrolündedir. Demiryolu ulaştırması her yönden çok iyi bilinip tanınmalı ve diğer ulaştırma sistemleri ile olan ilişkisine de vakıf olunmalıdır.

Yolcu taşımacılığının modellenmesi konusunda 1950'den sonra büyük ilerlemeler kaydedildiği halde, yük taşımacılığının modellenmesinde istenen gelişme sağlanamamıştır. Demiryolu ulaşım türünde, bir ağ üzerinde yük taşımacılığı yapılırken, diğer ulaşım türlerini de kapsayan, birden fazla ulaştırma sisteminin kullanıldığı bir sistemi göz önüne almak durumunda kalınır. Çünkü demiryolları kapıdan kapıya ulaşım imkânını genelde sağlayamaz. Elbette böyle bir sistemin modellenmesinde de uygun bir model seçiminin önemi yadsınamaz. Nihayetinde böyle şümulü bir modelin geliştirilmesinde sistemin tüm bileşenleri, bunların arasındaki denge ve ilişkiler ayrıca etkileşim dikkatli bir şekilde irdelenmelidir.

Bir model oluşturulurken gaye, mevcut ulaştırma sisteminin detaylı bir tarifi veya karar vericilerin bakış açılarına uyan bir model oluşturulması değil, belki de değişen gelişmelere ayak uydurabilen ve birçok ulaştırma sistemiyle de uyum sağlayabilecek genel bir çatı model oluşturulmasıdır. Modelin ilk işlevi, uzun bir zamana yayılan planlama donemi içerisinde ortaya çıkabilecek çeşitli farklı seçeneklerin tahminlerinin yapılması ve kıyaslanmasıdır. Farklı seçenekler yani kastedilen alternatifler şunlardır: a) Ulaştırma ağlarındaki onemli değişiklikler; söz gelimi yeni demiryolu hatlarının inşası, eski hatların iyileştirilmesi ve geliştirilmesi veya kapatılması, çok modlu terminal inşaatları gibi. b) İşletme zelliklerindeki değişiklikler; hız dolayısıyla sre ve enerji tüketim değerlerindeki farklılıklar gibi. c) Mali konulardaki değişiklikler; enerji ve ekipman giderlerindeki değişiklikler gibi. Modelin gelişiminde belirleyici iki ana amaç vardır: Birincisi, bir demiryolu ulaştırma sisteminin tanımlanmasının yapılması yani altyapı ve işletme özellikleri ile yük akış trafiğinin belirlenmesidir. İkincisi ise, modelin hem ulusal ya da bölgesel yük taşımacılığı için çok modlu olabilmesi hem de diğer ulaştırma modelleri ile de uyumlu çalışabilmesidir.

Demiryolu sisteminin fiziki yapısı, en yalın şekliyle büyük terminallerden, ara kk istasyonlardan, ana hatlar ile ikincil hatların birleştiği noktalardan meydana gelmiştir. İşte bu sistem içerisine bakıldığında, demiryolu araçları yüklü veya boş, ağ üzerinde hareketlidirler veya hareketsiz bir şekilde garlarda beklemektedirler. Ağlardaki hareket, istasyonlardan istasyonlara trenler marifetiyle tahakkuk eder. Trenlerin bu hareketi evvelce planlanarak belirli aralıklarla ve tanımlanan güzergâhlar üzerinde gerçekleşir. Hız, sıklık, güzergâh, öncelik, tren tipi gibi konular tren servislerini oluştururlar. Planlama yapılırken tren servis ağı, sistemin işletim maliyet yapısını ve ağ içerisindeki muhtemel hareketleri tanımlar. Ayrıca ulaştırmanın tek hat üzerinden sağlandığı kısımlarda, farklı servis tiplerinin aynı anda hizmet vermesi örneğin yolcu ve yk trenlerinin aynı hat üzerinde hizmet etmesi durumunda, tren karşılaşmaları meydana gelir. Bu yüzden demiryolu taşıması incelenirken bağlantı noktalarının kapasiteleri dışında, gecikmeler, bağlantı özellikleri, tren trafiği kaynaklı oluşacak tren kuyrukları da göz önüne alınmalıdır. Demiryolu organizasyonu doğru planlandığı takdirde ekonomik olarak büyük avantajlar sağlar. Maliyet açısından önem arz eden büyük istasyonlarda çok daha dikkatli planlama yapılmalıdır.



Şekil 4.3. Demiryolu organizasyonu (Crainic vd., 1990).

Demiryolu işletme politikaları; süreklilik arz etmezler, geçici ve değişkendirler. Ayrıca çok teferruatlıdır. Tren tarifeleri, lokomotif ve vagon programları, hat önceliği ilkeleri, gar çıkışları gibi konular tüm ağı kapsamaktadırlar ve işletmenin ana kurallarına göre organize edilmelidirler. Ulaştırma planı; araçların sınıflandırılması, trenlerin şekillenmesi, servis ağlarının planlanması, trafiğin ağa atanması gibi konuları kapsar (Crainic vd., 1990).

Farklı demiryolu ağlarını birbiri ardınca dikkate alan, ulaştırma sistemini oluşturan tüm modları göz önünde bulunduran, tıkanıklık ve boş akım dağılımını da kapsayan bir modelin oluşturulması arzu edilir. Böyle bir modelde ekonomik ilişkilerin tam olarak ortaya konması, yük taşımacılığına özgünlük kazandırdığı gibi, tıkanıklık ve gecikmelerin yanında tren hareketleri, istasyon işlemleri, vagon sınıflandırılması gibi hususların da gerçekçi bir şekilde dikkate alınmasını sağlar.

Kentler arası gerçekleşen yük taşımacılığının tahmininde kullanılan modeller, iki ana başlık altında toplanabilirler:

1- Konumsal fiyat dengesini temel alan modeller: Bu tür modeller; üreticiler, tüketiciler ve taşıtıcılar arasındaki ilişkilere odaklanmaktadır. Fakat burada taşımacılar açısından ulaştırma maliyetleri sabit değerler olarak kabul edilmekte veya ağdaki akımların fonksiyonu şeklinde tarif olunmaktadır. Üretici ve tüketici tutumları modele dâhil edilirken her bir bölgeye mahsus arz ve talep fonksiyonu tanımlanmaktadır. Taşıtıcıların ise denge konumuna göre hareket ettikleri farz

edilmektedir. Taşıma işlemi sonucunda, taşınan malın fiyatına, en azından taşıma maliyetlerinin eklenmesi gerekmektedir. Taşıma sonrası fiyatlara, taşıma maliyetlerinin yeterince yansıtılmadığı durumlarda, taşıma yapılmayacaktır.

2- Yük taşımacılığı ağ denge modelleri: Bu tip modeller, taşıtıcı-taşımacı etkileşimine yoğunlaşmaktadır. Burada ise, her bir bölge için yük taşımacılığı için üretimlerin bilindiği kabul edilmektedir. Ayrıca taşıtıcı ve taşımacı davranış biçimlerinin tahmininde ardışık bir bakış açısı kullanılmaktadır. Önce taşıtıcıların taşıma istemleri bulunmaktadır. Sonrasında bu istemler, taşımacılar için asgari maliyeti sağlayacak şekilde, güzergâhlar belirlenerek ulaştırma ağında karşılanmaktadır (Vitoşoğlu, 2006).

Konumsal fiyat dengesi modellerinde, taşıtıcı-taşımacı arasındaki ilişki göz önüne alınmazken yük taşımaları için üretim değerleri bulunmaktadır. Diğer taraftan, yük taşımacılığı ağ denge modellerinde ise taşıtıcı-taşımacı arasındaki bağ göz önüne alınırken yük taşımacılığı için üretim değerleri hesaba katılmamaktadır.

Yük taşımacılığının tahmininde kullanılan, zaman içerisinde geliştirilen ve önem arz eden bazı ağ modelleri sırasıyla açıklanmıştır. Yapılan izahatlarda, taşıtıcılar yüklerin varış noktalarına ulaşmasını isteyen kişileri temsil ederken, taşımacılar ise yüklerin taşınmasını sağlayarak taşıtıcıların ulaştırma taleplerini yerine getiren karar vericiler olarak tanımlanmaktadır.

4.3.1. Harvard-Brookings modeli

Dikkat çeken ilk önemli yük taşımacılığı ağ modellerinden biri, gelişmekte olan ülkelere hitap eden, birden fazla ulaştırma türü ile yani kombine yük taşımacılığını gerçekleştirebilen, 1966 yılında Roberts tarafından geliştirilmiş olan, 1971’de ise yine Roberts ve Kresge tarafından üzerinde değişiklik ve iyileştirilmelerin yapıldığı modeldir. Ulaştırma türü ve güzergâh seçiminde en kısa yol algoritmasından yararlanılmaktadır. Fiziksel ağ tanımlanmamış, sıkışıklık göz önüne alınmamıştır (Kresge ve Roberts, 1971).

4.3.2. Petersen modeli

Demiryolu yük taşımacılığı tahmini için, Wardrop’un ilkeleri esas alınarak bir ağ modeli geliştirilmiş, demiryolu yük taşımacılığının modellenmesi için ikinci ilke olan Sistem Optimizasyonu’nun esas alınması gerektiğinin daha uygun olacağı belirtilmiştir. Bütünleşik yük hacimlerine bağlı olarak ilgili bağlantılarda oluşan gecikmeler esas alınarak oluşturulan amaç fonksiyonunun tanımladığı matematiksel bir programlama problemi şeklinde ifade edilmiştir. Gecikme ölçümlerinden yararlanılarak kuyruk modelleri oluşturulmakta, talebin sabit ve dışsal

olarak elde edildiği farz edilmektedir. Boş araç akımı göz önüne alınmadığı gibi birden fazla taşımacı ve ticari malda göz önüne alınmamıştır (Petersen ve Fullerton, 1975).

4.3.3. Princeton modeli

Princeton Ağ Modeli ile Grafik Formasyon Sistemi'nin birleşmesinden meydana gelmiştir. Grafik Formasyon Sistemi ile alt ağlar oluşturulur, sonrasında ise taktik modeller uygulanır. Burada yalnızca bir taşımacının kontrolündeki ağ üzerinde en kısa yol algoritması kullanılmaktadır. Maliyetler sabit kabul edilir, yükler ilk etapta ana hatlar üzerinde taşınacak şekilde belirlenir. Bu ilk alt model güzergâh seçimi modelidir. İkinci alt model ise farklı taşımacıların kontrolündeki ağların birleştirilmesiyle oluşan ve transfer bağlantılarını da içeren taşımacılar arası ağı esas alan, taşımacılar arası güzergâh seçimi modelidir. Modelde transfer bağlantılarının maliyetleri yüksek kabul edilir ve bu şekilde taşımacılar arası transferler tahdit altına alınmaya çalışılır. Ayrıca bu model boş araç trafiğini göz önüne almamıştır (Kornhauser vd., 1979).

4.3.4. Bronzini modeli

Birden fazla ulaştırma türünü ve ticari malı göz önüne alan bir model olup ulaştırma talebi sabit kabul edildiğinden O-D çiftleri temel alınarak tahmin yapılamamaktadır. Fakat bunun yanında tüm makul ulaştırma çeşitlerini kapsamaktadır. Taşıma güzergâhlarının belirlenmesinde taşımacıların kararlarını referans olarak alırken, taşımacıların rolünü göz ardı etmektedir. Bir yandan da yalnızca taşımacılar için önemli olan işletme maliyeti hesaba katılmakta, bunların sonucunda maliyet hesaplarında tutarsızlık ortaya çıkmaktadır (Bronzini, 1980).

4.3.5. Lansdowne modeli

Çalışma sahası pek geniş olmayan bu demiryolu yük trafiği atama modelini Lansdowne geliştirmiş olup, farklı taşımacılara ait olan hatlar üzerinde taşıma güzergâhlarını hesaplamaktadır. Kapsamlı bir model olmasa da yük taşımacılığını günümüz şartlarına uygun bir tarzda ele alır. Taşımacılığın yapıldığı hatlarda, en kısa mesafe ve asgari geçiş maliyetleri ölçütlerine dayanır. Boş araç trafiği ve tıkanıklıklar göz önüne alınmaz. Ağda izlenecek yol taşımacı ve taşıtıcılarla birlikte belirlenir. Fakat genelde ilk taşımayı yapan güzergâhı belirlemiş sayılır. İlk taşımayı yapan azami maddi fayda sağlamak isterken diğer taraftan da taşıtıcılara makul hizmet sunmak durumundadır. Bu modelde talep sabit kabul edilir, yalnızca bir ulaştırma türü göz önüne alınır, taşımacılık ile ilgili matrislerin verilmiş olduğu varsayılır. Her taşımacı kendi alt ağında bulunan en kısa güzergâhı kullanmalıdır (Lansdowne, 1981).

4.3.6. Harker-Friesz modeli

1986 yılında Harker ve Friesz tarafından yük akımlarının tahmin edilebilmesi için geliştirilmiş olan ağ denge modelidir. Bu ağ modelinde yük taşımacılığı için; üretim, dağıtım, ulaştırma türü seçimi, atama işlemleri aynı anda gerçekleştirilir. Ulaştırma arz azami kâr modeliyle, talep ise konumsal fiyat dengesi modeliyle temsil edilmekte, arz ve talep ile ilgili alt modeller ekonomik mekanizmalarla birbirleriyle birleşmektedir.

Ulaştırma arzının belirli sayıda firma ya da taşımacı tarafından sağlandığı, üretimlerin taşımacılar tarafından O-D çiftleri arasında yapılan taşımaların kümesi olduğu ifade edilmektedir. Dolayısıyla verilen taşıma hizmetinin niteliğine göre ulaşım kararları alınmaktadır. Modelde yer alan ulaştırma türlerinin hepsi de taşımacılar kümesi içerisinde yer almaktadır. Bu şekilde ulaşım türlerinin kendi aralarında olan rekabet de modele yansımaktadır. Bu analizde zaman, kısa dönemler ile sınırlandırılmıştır. Taşımacılar azami kâr amacı güden firmalardır ve kendi aralarında gizli anlaşma yapmamaktadır. Neticede taşımacı davranışlarını tarif etmek için iki mertebeli bir karar süreci ortaya çıkar, birincide taşımacı asgari üretim maliyetini, ikincide ise azami kârı hedef alır.

O-D çiftleri arasında taşımacılığı yapılacak olan yüklerin miktarları ve bu yükleri taşıyacak olan taşımacıların belirlenmesi esnasında gerekli kararları alan ekonomik bileşenler, taşıyıcılar olarak tarif edilebilir (Harker ve Friesz, 1986).

4.3.7. STAN modeli

Ulusal yük taşıma sistemlerini analiz etmek, stratejik planlamalarını yapmak amacıyla, çok modlu ve ürünlü aynı zamanda ulaştırma ağının en uygun bir şekilde kullanılmasını amaçlayan bir ağ modeli olarak Stratejik Ulaştırma Planlaması Modeli (STAN) geliştirilmiştir. Bu modelde sistem birden fazla taşıma türünden oluşmuş ise, yeni bir ağ gösterimi metodu geliştirilmesi yoluna gidilerek modelleme gerçekleştirilmiştir. Yine modelde birden fazla, çok çeşitli ticari malların taşınması yapılacaksa, Gauss-Seidel'in yakınsama algoritması kullanılmaktadır. Ayrıca çözüm algoritmasında ulaştırma cinsleri arasındaki transfer maliyetleri de göz önüne alınarak en kısa yollar hesaplanmaktadır.

STAN'da ağ; düğüm noktaları, bağlantılar ve ulaşım türlerini içeren bir sistem olarak düşünülür ve bunlar birer simge ile ifade edilir. STAN modelinde amaç, ulaştırma sistemini en verimli şekilde kullanarak taşınacak yüklerin minimum maliyetlerle taşınmasını sağlamaktır.

Maliyetler gecikme ve enerji tüketimlerini kapsadığı gibi, taşınan yüklerin hacimlerine ve diğer bağlantılar üzerindeki trafik yoğunluğuna bağlı olarak şekillenmektedir.

STAN, kısaca stratejik ulaştırma analizi demektir. İlk olarak alternatifler belirlenir ve değerlendirilir. Alternatifler, ulaştırma sistemindeki önemli değişiklikler ile işletme politikalarındaki mali yapı değişikliklerini ifade ederler, ayrıca ulaştırma talebindeki beklenen veya tahmin edilen dağılımı gösterirler. Analiz ve kıyaslamalar için akım, bağlantı noktaları için maliyetler, gecikme ve tıkanıklıklar, mod içi taşıma gibi faktörler birbirleriyle mukayese edilirler. Ağ akışının benzetimi için kullanılan ağ optimizasyon modeli, geliştirilmiş sistem maliyetlerini en aza indirgeyen, ağ akışındaki koruma kısıtlarını sağlayan, doğrusal olmayan çok modlu ve ürünlü atama yöntemidir (Florian ve Crainic, 1989).

4.3.8. Ağ modelleri ile ilgili birtakım çalışmalar

Kanada'dan Meksika'ya yapılan türler arası konteyner taşımacılığında, kullanılma olasılığı yüksek olan güzergâhlar için maliyet ve sürelerin net bir biçimde bilinmemesinden ötürü, en uygun güzergâhları belirlemek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yüklerin taşınmasında kullanılabilecek olan tüm güzergâh ve bağlantılar ekspozite edildikten sonra, kullanıcılar tarafından yapılan maliyet ve hizmet kalitesi bakımından tercihler tayin edilmiştir. İlk olarak, böylesi büyük bir problemin çözümünde, Kanada'da bulunan beş adet çıkış noktası ile Meksika'da yer alan üç adet varış noktası arasında bulunan bütün bağlantıları içine alacak şekilde ağ basitleştirilmiştir. Daha sonra, bağlantılar için maliyet ve taşıma süreleri hesaplanmış, en kısa yol algoritmasından yararlanılarak tüm O-D çiftleri için taşıma maliyet ve sürelerinin en az olduğu güzergâhlar tespit edilmiştir. Akabinde, her bir O-D çifti için maliyet ve süre bakımından hangisinin tercih edildiği belirlenmiştir. Neticede, güzergâh seçiminde etkili olan ulaştırma türü, taşımacı ve çıkış-varış noktaları için önerilerde bulunmaktadır (Bookbinder ve Fox, 1998).

Sayısal olarak oluşturulmuş, kıtalar arası kombine yük taşımacılığına imkân veren bir ağ üzerinde yapılan, beş milyon dolayındaki O-D yük taşımasının benzetiminin yapıldığı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, yüklerin taşınması esnasında istifade edilen güzergâhlar ile demiryolu, karayolu ve denizyolu ulaştırma türlerinin birleşiminden oluşan ağın en etkin şekilde oluşturulması ve güzergâh seçimleri ile ulaştırma türlerinin kullanım sıralarının doğruluğunun kontrol edilmesi için CBS'den yararlanılmıştır (Southworth ve Peterson, 2000).

Ağ teşkili yaklaşımından yararlanmak suretiyle, Belçika'da demiryolu, karayolu ve suyollarından müteşekkil kombine yük taşımacılığı için, ulaştırma talebine ait doğrudan ve çapraz esnekliklerin tahmini gerçekleştirilmiştir. Farklı sınıflardaki yük grupları için, Belçika'ya mahsus

geliştirilen kombine yük taşımacılığı ağ modeli yardımıyla esneklikler hesaplanmıştır. O-D matrislerinin belirlediği yük taşımalarının genelleştirilmiş asgari maliyete göre farklı ulaşım türlerine ve güzergâhlara atanması, model vasıtasıyla sağlanmıştır (Beuthe vd., 2001).

Kentler arası yük taşımacılığını modellemek için, arz-talep dengesini dikkate alan ve taşımacıların tutumunu arz, taşıtıcıların tutumunu ise talep olarak tanımlayarak modelin formülasyonunu oluşturan bir yöntem geliştirilmiştir. Burada taşıtıcılar; ulaştırma türü, taşımacı ve kombine ulaştırmalar için transfer noktalarının tayinini gerçekleştirirken, taşımacılar ise birden çok ulaştırma türünü içine alan, birden çok ürünün taşındığı ve operatörün işlettiği bir ağ üzerinde güzergâh seçiminde bulunurlar (Fernandez vd., 2003).

4.4. Yük Taşımacılığı ile İlgili Bazı Programlar

4.4.1. Transport programı

Microsoft Fortran dilinde yazılmış olan bu paket program sayesinde kullanıcılar, yüksek donanım ve kapasiteli bilgisayarlar kullanmasalar dahi, etkili çözümlene tekniklerinden istifade edebilmektedirler. Trafik sayımlarından matrislerin tahmini, yolculuk dağıtım modellerinin kalibrasyonu, logit türel ayırım ve denge ataması bu çözümlene tekniklerine örnek olarak verilebilir. Transport programı bağımsız parçalar şeklinde tasarlandığı için, kullanıcılar tarafından kendi çalışmalarına uygun bir model oluşturulmasına olanak verdiği gibi, programda dosya yapısı karışık olmadığı için, başka uygun programların ilave edilmesine de imkân sağlar (Transport User Guide, 1986).

4.4.2. Transcad programı

Ulaşım verilerinin; depolanması, gerektiğinde görüntülenebilmesi ve yönetilebilmesi ayrıca analiz de edilebilmesi amacıyla özel olarak mütehasıslarca tasarlanmış Coğrafi Bilgi Sistemini (CBS) temel alan bir planlama programıdır. CBS ve ulaştırma modelleme tekniklerini birleştiren bu program diğer paket programlara nazaran çok daha üstün özelliklere sahip olup kullanıcılara önemli avantajlar sağlar. Transcad programı; tüm ulaştırma modlarında, istenilen sonuçlara ulaşmak ve detaylı analizleri gerçekleştirmek için kullanılabilir. Microsoft Windows'ta hazır donanım üzerinde çalışan, günümüz bilgisayar standartlarında rahatlıkla kullanılabilen bir programdır. Ayrıca CBS verileriyle ulaştırma analizleri yapabilmek için özel uygulamalara veya karmaşık veri modüllerine ihtiyaç duymazlar. Transcad; ulaşım ağlarını, matrisleri, güzergâhları ve diğer tüm verileri de içerecek şekilde CBS modelini genişletir. Kullanım kolaylığıyla beraber

CBS fonksiyonlarıyla bütünleştirilmiş olup ayrıca talep modelleme ve lojistik işlevini birleştiren bir yazılım paketidir (Caliper, 2017).

4.4.3. Tranplan programı

Taşıma ağlarının sayısal olarak tanımlandığı bir paket program türüdür. Taşıma güzergâhlarının belirlenmesinde bölge çiftleri arasındaki en kısa yollar esas alınır. En kısa yolların bulunmasında ise süreye veya genelleştirilmiş maliyetlere göre hesaplamalar yapılır. Neticede bulunan en kısa yollara, hep ya da hiç ataması yapılır. Yani iki bölge çifti arasında sadece bir güzergâha atama yapılır. Tranplan içinde birçok küçük programlar bulunmakta ve işlemler bu programlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (Dresser ve Williams, 1995).

4.5. Modellemede Ağın Tanımlanması

Ağ modellerinde tanımlanan fiziksel ağ, yapısı itibariyle çeşitli ürünlerin farklı modlarla taşınmasına olanak sağlar. Ürün, bağlantılarda akışa neden olan yük olarak ifade edilebilir. Mod ise kendine özgün nitelikleri olan taşıma yöntemidir. Ağın, analiz edilecek olan sistemdeki tüm fiziksel hareketlerin tanımlanabileceği düğüm noktalarından, bağlantı ve modlardan oluşması gerekir. Model bağlantılarında, başlangıç ve son düğüm noktaları ile yol üzerinde kullanılan mod ya da modlar tanımlanmıştır. Ardışık iki düğüm arasında birden fazla mod hizmet veriyorsa, her bir mod için birbirine paralel bağlantı kullanımı yapılır. Örneğin iki nokta arasında hem demiryolu hem de karayolu modları hizmet verebilir. Fakat amaca uygun olarak, ağ gösteriminde her bir bağlantının yalnızca bir modu kullandığı bağlantılar oluşturulmalıdır. Çünkü demiryolu ile karayolu ana yapıları birbirlerinden oldukça farklıdır. Yalnızca bir modun kullanıldığı ağlarda, mod ağın bir parçası olmakta ve bağlantının bir özelliği olmaktan çıkmaktadır. Bunun sonucunda her bir bağlantı üçlü olarak; başlangıç ve son düğüm noktaları ile mod tarafından tanımlanır.

Ağ gösterimi seçiminden sonra modlar arasındaki taşımayı modellemek amacıyla, ağın düğüm noktalarında mod transferlerini gerçekleştirmek için maliyet ve gecikmeler belirlenmelidir. Transferlerin yapılacağı düğüm noktalarına, transfer bağlantıları eklenmelidir. Böylece mod değişimleri sadece transfer düğüm noktalarında gerçekleştirilebilir.

Önemli kararların alınacağı bir modelde bile demiryolu elemanlarının tamamının belirtilmemesi olağandır. Genelde hat özellikleri modellerde yer almazlar bunun yerine yaklaşımlardan yararlanılır.

Ağın tanımlanması detaylı ve özel olmalıdır. Model tarafından üretilen senaryolar, altyapı değişikliklerini ve buna bağlı ulaştırma modlarındaki kullanım farklılaşmalarını ortaya koyar. Ağ

modeli, altyapının fiziksel özellikleri ile ulaştırma sisteminin birlikte başarılı çalışabilirliğini yansıtmalıdır.

Modlar modelin merkezi olup, bağlantı ve transferleri tanımlar, ağın tanıtılmasına yararlar. Mod, ulaştırma sisteminde ürün hareketlerini hususi bir yol ile tarif eder. Hangi yük grubu için hangi aracın kullanılacağını, araçların gruplandırılmasında nasıl bir yol izleneceğini, hangi maliyet fonksiyonlarının nasıl kullanılacağını tayin eder. Buradan anlaşılacağı üzere mod denilince kabaca bütün bir sistem, örneğin demiryolu veya karayolu kastediliyor olabileceği gibi, daha hassas bir tanımlama da yapıyor olabilir. Mesela bir taşıma servisinin modellenmesinde, başlangıç ve son noktaları olan, güzergâh ve işletme özelliklerinin anlatılmak istendiği bir sistem de mod kelimesiyle ifade edilebilir. Sonuç olarak modların bu şekilde çok geniş tariflerinin yapılabilmesi, modellere güçlü bir esneklik sağladığı gibi birbirinden farklı pek çok demiryolu sisteminde de uygulanabilme imkânını sağlar.

Demiryolu bir ağ ile tanımlanır, ağ ise düğüm, bağlantı ve transferlerden meydana gelir. Düğümler ise normal düğümler ile merkezi düğümlerden oluşur. Normal düğümler, garlar, kesişmeler veya transfer bölgeleri olabilirler. Fakat merkezi düğümler, bölgesel alt dağılımlara karşılık gelen kukla düğümlerdir. Bir bölgeden kaynaklanan veya bir bölgeye çekilen ulaştırma talebinin, merkezi düğümde toplandığı varsayılmıştır. Merkezi düğümler; başlangıç veya son noktaları olabilirler, fakat normal düğümler olamazlar. Bağlantılar, iki noktayı birbirine bağlayan demiryolu hattını ifade eder. Bağlantıların uzunluk ve kapasite gibi bazı özellikleri vardır. Genelleştirilmiş maliyet hesabında ürün hacimleri, işletme maliyeti ve gecikmeler her bağlantı ile alakalıdır.

Transferler, demiryolu ile diğer ulaştırma modları arasındaki mod değişimini modellemek amacıyla kullanılırlar. Ulaştırmada, akım ve transferler ulaşım talebi olarak tarif edilebilirler. Talep taşınan yükün ton cinsinden ölçüsüdür.

4.6. Maliyet ve Akımın Modellenmesi

Demiryolu ulaştırma sistemlerinin modellenmesinde maliyetler; bağlantı ve transfer maliyetleri, tren ve vagon işletme maliyetleri, gar veya istasyonlarla ilgili maliyetler olarak ifade edilebilirler. Fakat gerçekte mali yapının bu şekilde basit olmamasına, aksine oldukça karmaşık olmasına rağmen, planlama açısından bu maliyetler ile modellemenin yapılması çoğu kez yeterlidir. Bütün birim maliyetlerin araç ve katarlara uygulandığından emin olunmalıdır. Sonrasında ise sistemdeki tüm ürün akımlarının, araba ve tren sayılarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüştürme ise her bağlantı için ayrıca yapılır. Düğüm noktalarında ise,

dönüştürme değil de yaklaşım yapılıır. Yük taşımalarında her bir çeşit yük grubunun, o grup için tanımlanan tip vagon ile taşınacağı varsayılır. Bu varsayımda farklı vagon tipleriyle taşınan çeşitli yük grupları ele alındığında, karmaşık sonuçlar ortaya çıkabilir. Kısıtlı sayıda vagon tipilerini veya atanmış vagon tiplerini kullanan yük gruplarıyla daha iyi sonuçlar elde edilir. Bağlantılardaki tren akımlarının tahmini, işletme ve enerji kullanım maliyetlerinin hesabında, hat ve gar gecikmelerinin bulunmasında kullanılırlar.

Yük taşımacılığının planlanmasındaki amaç, taşıma sisteminin en etkin şekilde kullanımını ve yüklerin en az maliyetle taşınmasını sağlamaktır. Gelişmekte olan ülkelerde ulaştırma sistemleri devletin kontrolünde olduğu ve bu nedenle minimum maliyet hedefine ulaşmak güç olduğu hâlde, model tasarlanırken amaç yine en asgari maliyeti elde etmek olmalıdır. Maliyet modelin merkezindedir. Modelde maliyet en kapsamlı şekliyle tanımlanmalıdır.

4.7. Modellerde Gecikmelerin Tahmini

Tüm ulaştırma sistemlerinde olduğu gibi demiryolu ulaştırmasında da tesislerin belirli bir fiziksel kapasitelerinin yanında seçilen bir zaman aralığı için, ağıın belirli bir kesiminden geçebilecek vagon ve tren sayısının da azami bir sınırı vardır. Bu üst sınırı kapasite olarak tanımladığımızda, kapasiteye henüz ulaşılmadan sıkışıklıklar yani gecikmeler başlar. Kapasiteye daha da yaklaşıncı tıkanmalar ortaya çıkar. Tıkanma söz konusu olunca da trafikte veya sistemin ana yapısında değişikliklerin yapılması gerekli hâle gelir. Ulaştırma modellerinde birim kapasiteler ve geçiş gecikmeleri bu yüzden ana konulardandır. Trafik yoğunluklarının, hız ve süreler e olan etkileri, gecikme fonksiyonları ile ifade edilir. Gecikme fonksiyonları serbest geçiş zamanı ile başlar. Tıkanmaya yaklaşıncı kadar fonksiyon lineer artarken, tıkanmalar başlayınca yani kapasiteye ulaşıldığında ise sonsuza doğru uzar. Gecikmeler; gar, ağ bağlantıları ve transfer noktalarında oluşabilirler. Gecikmeler başlangıç ve bitiş noktaları arasında yolculuk sürelerinin hesaplanmasında kullanılırlar. Fakat birçok durumda kapasite ve ortalama servis sürelerinin hassas bir şekilde tespit edilmesi oldukça zordur.

Demiryolu ağıında evvelce belirlenmiş olan istasyon veya yan hat gibi bağlantı noktalarında tren karşılaşmaları meydana gelir. Karşılaşmalar ise gecikmelere neden olur. Trafik yoğunluğu ve karmaşıklığı arttıkça, karşılaşmalar dolayısıyla da gecikmeler artar. Bu nedenle birçok yük taşıma sisteminde; yolcu trenleri çalışmamaktadır, hiçbir yük treninin önceliği yoktur, aynı anda iki trenden fazlası karşılaşamaz, aynı hat ve yön üzerinde tren hızları birbirine eşit ve sabittir gibi varsayımlara gidilmiştir (Vitoşoğlu, 2006).

4.8. Modeller İçin Boş Akımların Belirlenmesi

Yük taşıma sistemlerinde, boş araçların da göz ardı edilemeyecek ölçüde bir trafik varlığı bulunmaktadır. Çünkü ulaştırma taleplerindeki dengesizlikler neticesinde sürekli olarak boş araç trafiğı ortaya çıkar. Boş araç trafiğı tüm ulaştırma sistemlerinde önemli olmakla birlikte, demiryolu yük taşıma sistemlerinde planlama ve işletme açısından ayrıca önemlidir. Demiryollarında boş ve dolu araçlar, mecburen aynı hatlardan istifade ederler. Çoğu zaman tren oluşumlarında, boş ve dolu vagonlar birlikte kullanılırlar. Bunun sonucu gecikmeler artar. Bu yüzden modelleme yapılırken mutlaka boş araç akımları da modele dâhil edilmelidir. Boş araçlar ayrı bir ürün olarak tanımlanıp kendileri içinde matrisler oluşturulduğu takdirde, bu araç akımlarının da maliyet, gecikme, tıkanıklık gibi hususlara etkisi hesaba katılmış olur.

5. TÜRKİYE’DE 2015 YILI DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞININ ANALİZ EDİLMESİ

5.1. 2015 Yılı Yük Taşıma Verileri

TCDD Genel Müdürlüğü’nden 2015 yılına ait yük taşıma verileri alınmıştır. Bu veriler; taşınan maddenin cinsi, kodu, çıkış ülkesi ve ili, varış ülkesi ve ili ve ton cinsinden ağırlığı gibi bilgileri ihtiva etmektedir.

5.2. Yük Taşımalarının Gruplandırılması

Yük taşımaları, kod numaralarına göre tasnif edilip ve tüm taşımalar incelendikten sonra TCDD’nin yapmış olduğu gruplandırmadan da esinlenerek 29 adet yük grubu belirlenmiştir.

Çizelge 5.1. Madde cinslerine göre yük taşımalarının gruplandırılması.

Madde Cinslerine Göre Yük Taşımalarının Gruplandırılması	
No	Grup Adı
1	Demir Cevheri
2	Kömür
3	Sahibine Ait Boş Vagon
4	Akaryakıt, Zift, Katran
5	Demir-Çelik Ürünleri
6	İnşaat Malzemeleri
7	Borasit (Sert Billur, Borat) ve Manyezit (Lüle Taşı)
8	Kimyasal Ürünler
9	Keresteler ve Ağaç Ürünleri
10	Kum
11	Seramik
12	Gıda Maddeleri
13	Kireç, Alçı, Alçıtaşı
14	Çimento
15	Diğer Madenî Ürünler
16	Klinker (Çimento Fırınından Çıkan Artıklar)
17	Mermer
18	Gübre
19	Muhtelif Eşya
20	Makine
21	Hububat
22	TCDD'ye Ait Boş Vagon
23	Hayvansal ve Bitkisel Ürünler
24	Borular
25	Tarım Aracı
26	Patlayıcı, Parlayıcı Maddeler
27	Boş Konteyner
28	Dolu Konteyner
29	Diğer Taşıma

5.3. Bölge Merkezlerinin Tespiti

Türkiye’de demiryolu yük taşımacılığında, taşınması gerçekleştirilen yüklerin başlangıç ve bitiş noktaları iller üzerinden ifade edilmiştir. İlleri ise plâka numaraları temsil etmektedir. İl sınırları bölge hudutlarını belirlemektedir. Her bölgeye ait bir merkezî istasyon yani gar bulunmaktadır. Bir bölgeye ait yükler, demiryolu ağında taşınmak üzere bölge merkezlerinden karayolu ağı ile merkezî istasyonlara veya demiryolu ağında taşınması sona ermiş olan yükler garlardan karayolu ile son noktaları olan bölge merkezlerine ulaştırılmaktadırlar. Yüklerin demiryolu ağında taşınma işlemi yalnızca merkezî istasyonlar arasında gerçekleşmektedir. Hâliyle il merkezlerinde bulunan garlar, merkezî istasyon olarak kabul edilmiştir. Demiryolu hattının il merkezinden geçmediği durumlarda ise o il sınırları içerisindeki en önemli gar, merkezî istasyon olarak alınmıştır. Neticede demiryolu ağının içerisinde geçtiği 53 adet bölge bulunmaktadır. Bunlardan 46 tanesinde merkezî istasyon il merkezinde olup, Adana 01, Afyon 03, Amasya 05 olacak şekilde numaralandırılmıştır. Demiryolunun il merkezinden geçmediği 8 adet bölgede ise il sınırları içerisindeki en önemli gar, merkezî istasyon olarak belirlenmiştir. Söz gelimi; Adıyaman’ı temsilen Gölbaşı merkezî istasyon olarak alınmış ve bu bölge 02 numarasını almıştır. Bingöl’ü Genç 09, Bitlis’i ise Tatvan 10 ile temsil etmektedir. Uluslararası taşımacılıkta yurtdışına çıkan veya yurtiçine giren yükler sınırda 3 adet noktayı kullanmaktadırlar. Yunanistan sınırı (Uzunköprü) 91, Bulgaristan sınırı (Kapıkule) 92 ve İran sınırı (Kapıköy) ise 93 rakamı ile ifade edilmektedir.

5.4. Taşımaların Matrislerle İfade Edilmesi

Taşınması gerçekleşen aynı koda sahip beher madde cinsi için matrisler oluşturulmuştur. Matrislerde başlık olarak taşınan maddenin kodu ve ismi bulunmaktadır. Başlangıç düşey eksen çıkış, yatay eksen ise varış iline ait plâka numaralarını ihtiva etmektedir. Kesişimde ise bu iki bölge arasında taşınan yükün ton cinsinden ağırlığı yer almaktadır. Kod numaralarına göre sıralanan bu matrislerin, hangi yük grubuna ait olduğuna karar verilmiştir. Nihayetinde tüm matrisler yük gruplarına göre toplulaştırılmış ve 29 adet yük taşıma matrisi meydana gelmiştir.

Çizelge 5.2.Bölge merkezleri ve numaralandırılmaları.

Bölge Merkezleri ve Numaralandırılmaları			
No	Açıklama	No	Açıklama
01	Adana	41	Kocaeli
02	Adıyaman (Gölbaşı)	42	Konya
03	Afyon	43	Kütahya
05	Amasya	44	Malatya
06	Ankara	45	Manisa
09	Aydın	46	Kahramanmaraş
10	Balıkesir	47	Mardin
11	Bilecik	49	Muş
12	Bingöl (Genç)	51	Niğde
13	Bitlis (Tatvan)	54	Sakarya
15	Burdur	55	Samsun
18	Çankırı	56	Siirt (Kurtalan)
20	Denizli	58	Sivas
21	Diyarbakır	59	Tekirdağ
22	Edirne	60	Tokat (Turhal)
23	Elazığ	63	Şanlıurfa (Akçakale)
24	Erzincan	64	Uşak
25	Erzurum	65	Van
26	Eskişehir	66	Yozgat (Yerköy)
27	Gaziantep	67	Zonguldak
31	Hatay (İskenderun)	70	Karaman
32	Isparta	71	Kırıkkale
33	İçel	72	Batman
34	İstanbul	78	Karabük
35	İzmir	80	Osmaniye
36	Kars	91	Yunanistan (Uzunköprü)
38	Kayseri	92	Bulgaristan (Kapıkule)
39	Kırklareli	93	İran (Kapıköy)

5.5. Düğüm Noktalarının Belirlenmesi

Evvvelce plâka numaralarına göre belirlenmiş olan tüm bölge merkezlerindeki merkezi istasyonlar yani garlar aynı zamanda birer düğüm noktasıdır. Bunlara ilave olarak, demiryolu hattı üzerindeki tüm kesişim noktaları da düğüm noktası olarak kabul edilmiştir. Düğüm noktaları; Ankara garından 101 numarasını alarak başlar, Irmak kesişim noktasında 102 rakamıyla devam eder, 109 sayılı kesişim noktası olan Çetinkaya'yı geçerek Kars merkezi istasyonunda 112 ile biter. Yeniden Çetinkaya'dan başlar, Malatya garına (113)'e ulaşır, kesişim yeri ve 114 rakamını almış olan Yolçatı'dan devam ederek İran sınırındaki Kapıköy'de 122 numaralı düğümde sona erer. Yolçatı düğümünden devam ederek Kurtalan merkezi istasyonunda 125 ile biter. En nihayetinde düğüm noktaları Trakya'da Bulgaristan sınırı olan Kapıkule'de 180 rakamı ile sona erer. Şu durumda demiryolu ağında $80 + 56 = 146$ adet düğüm noktası bulunmaktadır.

Çizelge 5.3. Düğüm noktalarının isimleri ve numaralandırılmaları.

Düğüm Noktalarının İsimleri ve Numaralandırılmaları			
No	Düğüm Noktası	No	Düğüm Noktası
101	Ankara (06)	141	İçel (33)
102	Irmak	142	Ulukışla
103	Kırıkkale (71)	143	Niğde (51)
104	Yerköy (66) [Yozgat]	144	Karaman (70)
105	Boğazköprü	145	Konya (42)
106	Kayseri (38)	146	Afyon (03)
107	Kalın	147	Alayunt
108	Sivas (58)	148	Kütahya (43)
109	Çetinkaya	149	Balıkesir (10)
110	Erzincan (24)	150	Manisa (45)
111	Erzurum (25)	151	Uşak (64)
112	Kars (36)	152	İzmir (35)
113	Malatya (44)	153	Aydın (09)
114	Yolçatı	154	Goncalı
115	Elazığ (23)	155	Denizli (20)
116	Genç (12) [Bingöl]	156	Karakuyu
117	Muş (49)	157	Gümüşgün
118	Tatvan (13) [Bitlis]	158	Burdur (15)
119	Tatvan İskele	159	Isparta (32)
120	Van İskele	160	Turhal (60) [Tokat]
121	Van (65)	161	Amasya (05)
122	Kapıköy (93) [İran]	162	Samsun (55)
123	Diyarbakır (21)	163	Çankırı (18)
124	Batman (72)	164	Karabük (78)
125	Kurtalan (56) [Siirt]	165	Zonguldak (67)
126	Gölbaşı (02) [Adıyaman]	166	Eskişehir (26)
127	Narlı	167	Bilecik (11)
128	Gaziantep (27)	168	Arifiye
129	Karkamış	169	Sakarya (54)
130	Akçakale (63) [Şanlıurfa]	170	Kocaeli (41)
131	Şenyurt	171	İstanbul (34)
132	Mardin (47)	172	Sirkeci
133	Köprüağzı	173	Muratlı
134	Kahramanmaraş (46)	174	Tekirdağ (59)
135	Fevzipaşa	175	Mandıra
136	Osmaniye (80)	176	Kırklareli (39)
137	Toprakkale	177	Pehlivan köyü
138	İskenderun (31) [Hatay]	178	Uzunköprü (91) [Yunanistan]
139	Adana (01)	179	Edirne (22)
140	Yenice	180	Kapıkule (92) [Bulgaristan]

5.6. Düğüm Noktaları Arası Mesafeler

Düğüm noktaları yani linkler arasındaki mesafeler, km cinsinden özenle tespit edilmişlerdir (TCDD Demiryolları Haritası, 2012).

Çizelge 5.4. Düğüm noktaları arası mesafeler.

Düğüm Noktaları Arası Mesafeler (km)								
No Başlangıç N.	No Bitiş N.	km	No Başlangıç N.	No Bitiş N.	km	No Başlangıç N.	No Bitiş N.	km
101 Ankara	102 Irmak	70	127 Narlı	133 Köprüağzı	16	157 Gümüşgün	159 Isparta	28
102 Irmak	103 Kırıkkale	23	133 Köprüağzı	134 Maraş	28	- -	- -	-
103 Kırıkkale	104 Yerköy	113	- -	- -	-	156 Karakuyu	146 Afyon	112
104 Yerköy	105 Boğazköprü	273	133 Köprüağzı	135 Fevzipaşa	52	- -	- -	-
105 Boğazköprü	106 Kayseri	15	135 Fevzipaşa	136 Osmaniye	54	147 Alayunt	166 Eskişehir	67
106 Kayseri	107 Kalın	198	136 Osmaniye	137 Toprakkale	9	- -	- -	-
107 Kalın	108 Sivas	24	137 Toprakkale	138 İskenderun	59	107 Kalın	160 Turhal	181
108 Sivas	109 Çetinkaya	111	- -	- -	-	160 Turhal	161 Amasya	64
109 Çetinkaya	110 Erzincan	220	137 Toprakkale	139 Adana	78	161 Amasya	162 Samsun	133
110 Erzincan	111 Erzurum	215	139 Adana	140 Yenice	25	- -	- -	-
111 Erzurum	112 Kars	216	140 Yenice	141 Mersin	43	102 Irmak	163 Çankırı	102
- -	- -	-	- -	- -	-	163 Çankırı	164 Karabük	192
109 Çetinkaya	113 Malatya	140	140 Yenice	142 Ulukışla	108	164 Karabük	165 Zonguldak	121
113 Malatya	114 Yolçatı	95	142 Ulukışla	143 Niğde	59	- -	- -	-
114 Yolçatı	115 Elazığ	24	143 Niğde	105 Boğazköprü	113	101 Ankara	166 Eskişehir	263
115 Elazığ	116 Genç	133	- -	- -	-	166 Eskişehir	167 Bilecik	82
116 Genç	117 Muş	108	142 Ulukışla	144 Karaman	135	167 Bilecik	168 Arifiye	100
117 Muş	118 Tatvan	94	144 Karaman	145 Konya	102	168 Arifiye	169 Sakarya	8
118 Tatvan	119 Tatvan İ.	5	145 Konya	146 Afyon	274	- -	- -	-
119 Tatvan İ.	120 Van İ.	-	146 Afyon	147 Alayunt	94	168 Arifiye	170 İzmit	40
120 Van İ.	121 Van	7	147 Alayunt	148 Kütahya	10	170 İzmit	171 İstanbul	91
121 Van	122 Kapıköy	110	148 Kütahya	149 Balıkesir	252	171 İstanbul	172 Sirkeci	-
- -	- -	-	149 Balıkesir	150 Manisa	175	172 Sirkeci	173 Muratlı	182
114 Yolçatı	123 Diyarbakır	159	150 Manisa	151 Uşak	221	173 Muratlı	174 Tekirdağ	31
123 Diyarbakır	124 Batman	91	151 Uşak	146 Afyon	133	- -	- -	-
124 Batman	125 Kurtalan	69	- -	- -	-	173 Muratlı	175 Mandıra	53
- -	- -	-	150 Manisa	152 İzmir	66	175 Mandıra	176 Kırklareli	46
113 Malatya	126 Gölbaşı	113	152 İzmir	153 Aydın	130	- -	- -	-
126 Gölbaşı	127 Narlı	69	153 Aydın	154 Goncalı	121	175 Mandıra	177 Pehlivan köyü	16
127 Narlı	128 Gaziantep	84	154 Goncalı	155 Denizli	9	177 Pehlivan köyü	178 Uzunköprü	30
128 Gaziantep	129 Karkamış	91	- -	- -	-	- -	- -	-
129 Karkamış	130 Akçakale	100	154 Goncalı	156 Karakuyu	139	177 Pehlivan köyü	179 Edirne	47
130 Akçakale	131 Şenyurt	167	156 Karakuyu	157 Gümüşgün	33	179 Edirne	180 Kapıkule	21
131 Şenyurt	132 Mardin	24	157 Gümüşgün	158 Burdur	24	- -	- -	-

5.7. Bölge Merkezlerinin Merkezî İstasyonlara Olan Ortalama Uzaklıkları

Bölge sınırları içerisinde kalan, demiryolu ağında taşınması gerçekleştirilecek, çıkış noktasından karayolu ağı ile merkezî istasyona ulaştırılacak veya demiryolu hattında taşıma işleminin bittiği gardan alınıp karayolu üzerinden varış noktasına götürülecek olan tüm yükler için farazi bir bölge merkezi belirlenmiştir. Bu hipotetik merkez sayesinde, her bir bölge için karayolu ağında gerçekleşen muhtelif tüm taşıma hesaplarında uzaklık olarak yalnızca bir değer kullanılmıştır. Bu varsayımsal bölge merkezinin, merkezî istasyona olan uzaklığının bulunmasında, il sınırları içerisindeki tüm ilçelerin, merkeze olan uzaklıklarının nüfus ağırlıklı

ortalamasının hesaplanması yoluna gidilmiştir. İl merkezinde merkezî istasyonun bulunmadığı durumlarda ise bölge merkezinin, merkez kabul edilen ilçe içerisindeki gara olan mesafesinin bulunması için diğer tüm ilçelerin merkezî ilçeye olan uzaklıklarının nüfus ağırlıklı ortalaması alınmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken, ilçelerin nüfuslarıyla doğru orantılı olarak, yük üretim ve tüketimi gerçekleştiği kabul edilmiştir. Bölge sınırları içerisinde kalan tüm ilçelerin, merkeze veya merkez kabul edilen ilçeye olan uzaklıkları nüfuslarıyla çarpılmış, bulunan toplamın bölge yani ilin toplam nüfusuna bölünmesi suretiyle ortalama uzaklıklar bulunmuştur (Karayolları Genel Müdürlüğü [KGM], 2015; Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2015).

Çizelge 5.5. Bölge merkezlerinin merkezî istasyonlara olan ortalama uzaklıkları.

Bölge Merkezlerinin Merkezî İstasyonlara Olan Ortalama Uzaklıkları (km)					
No	km	Açıklama	No	km	Açıklama
01	19	Adana	41	28	Kocaeli
02	66	Adıyaman (Gölbaşı)	42	48	Konya
03	37	Afyon	43	45	Kütahya
05	26	Amasya	44	26	Malatya
06	16	Ankara	45	54	Manisa
09	37	Aydın	46	48	Kahramanmaraş
10	60	Balıkesir	47	38	Mardin
11	23	Bilecik	49	44	Muş
12	38	Bingöl (Genç)	51	14	Niğde
13	32	Bitlis (Tatvan)	54	18	Sakarya
15	39	Burdur	55	33	Samsun
18	28	Çankırı	56	42	Siirt (Kurtalan)
20	22	Denizli	58	41	Sivas
21	26	Diyarbakır	59	32	Tekirdağ
22	51	Edirne	60	67	Tokat (Turhal)
23	19	Elazığ	63	80	Şanlıurfa (Akçakale)
24	27	Erzincan	64	15	Uşak
25	51	Erzurum	65	45	Van
26	13	Eskişehir	66	87	Yozgat (Yerköy)
27	12	Gaziantep	67	32	Zonguldak
31	50	Hatay (İskenderun)	70	27	Karaman
32	34	Isparta	71	7	Kırıkkale
33	36	İçel	72	13	Batman
34	19	İstanbul	78	9	Karabük
35	26	İzmir	80	18	Osmaniye
36	32	Kars	91	-	Yunanistan (Uzunköprü)
38	14	Kayseri	92	-	Bulgaristan (Kapıkule)
39	37	Kırklareli	93	-	İran (Kapıköy)

5.8. Ağın Oluşturulması

Elde edilen veriler ve yapılan çalışmalar neticesinde, TCDD Demiryolları Haritası esas alınarak, Türkiye Demiryolu Yük Taşımacılığı Ağı oluşturulmuştur. Böylece 53 adet bölge

merkezi, plâka numaralarına göre 01'den 80'e kadar numaralandırılmış olup sınır kapıları 91, 92 ve 93 rakamlarıyla ifade edilmiştir. 80 tane düğüm noktası ise merkezî istasyon Ankara'dan 101 ile başlayarak, sınır kapısı olan Kapıkule'de 180 sayılı düğüm noktasıyla sona ermiştir. Ayrıca linkler arası mesafeler de oluşturulan ağda km cinsinden gösterilmiş, Şekil 5.1'de sunulan harita üzerinde belirtilmiştir.

5.9. Ağ Üzerinde Taşımanın Gerçekleştirilmesi

Demiryolu ağında gerçekleşen taşıma; garlarda gerçekleşen prosedür ve beklemler ile demiryolu hattındaki nakliye işlemlerini kapsamaktadır. Taşıma süreci, çıkış noktalarından yani bölge merkezlerinden kamyonlarla getirilen yüklerin, merkezî istasyonlarda vagon beklemleriyle başlamaktadır. Vagonlar geldikten sonra yükleme işlemi yapılır ve katar oluşumu gerçekleşir. Sonrasında ağ üzerinde trenlerle taşıma işlemi yapılır. Taşıma işlemi sona eren yükler, garlarda vagonlardan boşaltılırlar. Nihayetinde varış noktalarına götürülmek üzere istasyonlarda kamyon beklerler.

5.10. Yük Taşımacılığında Kullanılan Vagonlar ve Yük Gruplarına Göre Vagon Tiplerinin Belirlenmesi

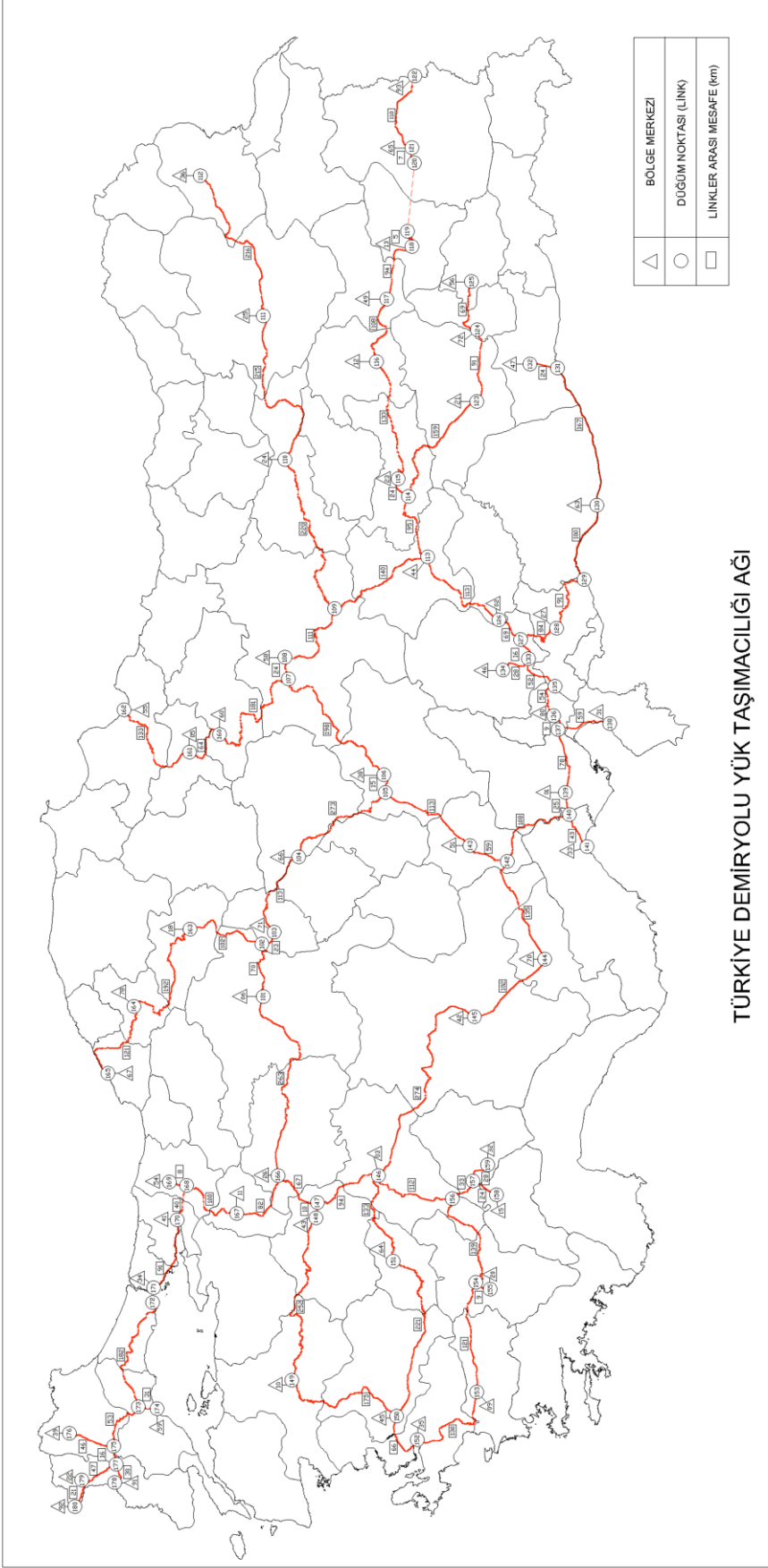
Kendisini çeken bir lokomotifin arkasına bağlanan, yük ve yolcu taşımakta kullanılan demiryolu arabasına vagon denir. Yük taşımalarında kullanılan vagon çeşitleri ve genel özellikleri şöylece sıralanabilir:

Kapalı Vagon (G-H)

Her türlü ev ve mutfak eşyası, gıda maddeleri, yiyecek, meşrubat, giyecek, torbalı çimento, gübre, canlı hayvan vb. taşımalarının yapılabilirdiği vagon türüdür. Yükleme kapasitesi 27 ton olup vagon darası ise 16 ton'dur.

Kayar Yan Duvarlı Kapalı Vagon (Habis)

Paletli taşımalarda kullanılan vagon çeşididir. Yükleme kapasitesi 58 ton olup vagon darası ise 28 ton'dur.



TÜRKİYE DEMİRYOLU YÜK TAŞIMACILIĞI AĞI

Şekil 5.1. Türkiye demiryolu yük taşımacılığı ağı.

Platform Vagon (K-R)

Otomobil, otobüs, kamyon gibi motorlu taşıtlar ile iş ve tarım makinelerinin, ayrıca ağaç, demir ve beton direklerin taşınabildiği vagonlardır. Yükleme kapasitesi 27 ton olup vagon darası ise 13 ton'dur.

Yüksek Kenarlı Açık Vagon (E)

Başta kömür olmak üzere her türlü maden cevherinin, demir, boru, kum, tuğla, kiremit ve şeker pancarının taşınabileceği vagon türüdür. Yükleme kapasitesi 28 ton olup vagon darası ise 12 ton'dur.

Platform Vagon (S)

Konteyner, tır, ağır iş makineleri ve tankların taşınmasında kullanılan vagonlardır. Yükleme kapasitesi 59 ton olup vagon darası ise 25 ton'dur.

Yüksek Kenarlı Vagon (F)

Özel tip vagonlardan olup kömür gibi her türlü maden cevherinin taşınabildiği, üstten doldurulan ve yandan otomatik boşaltma tertibatı olan vagonlardır. Yükleme kapasitesi 54 ton olup vagon darası ise 25 ton'dur.

Tahıl Vagonu (U)

Dökme halde tahıl ürünlerinin taşınabildiği, üstten doldurulup, vagon altından otomatik boşaltmanın yapılabildiği vagon tipidir. Yükleme kapasitesi 55 ton olup vagon darası ise 25 ton'dur.

Sarıçılı Vagon (Z)

Sıvı taşımaya mahsus vagonlar olup her türlü akaryakıtın taşınmasına uygundur. Yükleme kapasitesi 57 ton olup vagon darası ise 25 ton'dur.

Ağır Yük Vagonu (Ua)

Ağır ve havaleli yüklerin; trafo, reaktör, jeneratör vb. makinelerin taşınmasında kullanılan vagonlardır. Yükleme kapasitesi 180 ton olup vagon darası ise 100 ton'dur (TCDD Yük Vagon Rehberi, 2011).

Yüklerin taşınabilecekleri en uygun vagon tipleri, tüm özellikleri göz önüne alınarak tayin edilmiştir.

Çizelge 5.6. Yük gruplarına göre taşımada kullanılacak vagon tipleri.

Yük Gruplarına Göre Taşımada Kullanılacak Olan Vagon Tipleri						
No	Grup Adı	Vagon Tipi		Dara	Kapasite	Ağırlık (ton)
1	Demir Cevheri	6	F	25	54	79
2	Kömür	6	F	25	54	79
3	Sahibine Ait Boş Vagon	10	-	19	0	19
4	Akaryakıt, Zift, Katran	8	Z	25	57	82
5	Demir-Çelik Ürünleri	4	E	12	28	40
6	İnşaat Malzemeleri	4	E	12	28	40
7	Borasit (Sert Billur), Manyezit (Lüle Taşı)	6	F	25	54	79
8	Kimyasal Ürünler	1	G-H	16	27	43
9	Keresteler ve Ağaç Ürünleri	4	E	12	28	40
10	Kum	4	E	12	28	40
11	Seramik	4	E	12	28	40
12	Gıda Maddeleri	1	G-H	16	27	43
13	Kireç, Alçı, Alçıtaşı	1	G-H	16	27	43
14	Çimento	1	G-H	16	27	43
15	Diğer Madenî Ürünler	4	E	12	28	40
16	Klinker (Çimento Fırınından Çıkan Artıklar)	1	G-H	16	27	43
17	Mermer	4	E	12	28	40
18	Gübre	1	G-H	16	27	43
19	Muhtelif Eşya	1	G-H	16	27	43
20	Makine	3	K-R	13	27	40
21	Hububat	7	U	25	55	80
22	TCDD'ye Ait Boş Vagon	10	-	19	0	19
23	Hayvansal ve Bitkisel Ürünler	1	G-H	16	27	43
24	Borular	4	E	12	28	40
25	Tarım Aracı	3	K-R	13	27	40
26	Patlayıcı, Parlayıcı Maddeler	2	Habis	28	58	86
27	Boş Konteyner	5	S	25	13	38
28	Dolu Konteyner	5	S	25	59	84
29	Diğer Taşıma	1	G-H	16	27	43

5.11. Vagonların Çekiminde Kullanılan Lokomotifler ve Tip Lokomotifin Belirlenmesi

Demiryolu üzerinde vagonları çekmede kullanılan, buhar veya bir motorla çalışan makineye lokomotif denir. Türkiye’de demiryolu ağı üzerinde yük taşımacılığı göz önüne alındığında, dizel-elektrikli lokomotifler kullanılmaktadır. Kullanılan lokomotiflere baktığımızda ise karşımıza üç tip lokomotif çıkmaktadır:

DE22000 Dizel Elektrikli Lokomotif

Lokomotif ağırlığı 118 ton, motor gücü 1641 kW / 2200 HP’dir.

DE24000 Dizel Elektrikli Lokomotif

Lokomotif ağırlığı 113 ton, motor gücü 1765 kW / 2400 HP’dir.

DE33000 Dizel Elektrikli Lokomotif

Lokomotif ağırlığı 119 ton, motor gücü 2463 kW / 3300 HP’dir (Tülomsaş, 2017).

Türkiye’de demiryolu yük taşıma alanında kullanılan bu üç tip lokomotif tarafından çeşitli güzergâhlarda çekilen; yavaş, blok ve karma hızlı yük trenleri için verilen hamule çekerleri yardımı ile lokomotifler için ortalama yük çekerleri 1487 ton/tren olarak hesaplanmıştır (TCDD Cer Dairesi, 2009).

5.12. Yolcu Trenleri ve Güzergâhları

Demiryolu hattı üzerinde kapasite ve yoğunlukların hesaplanmasında, yolcu trenlerinin kullandıkları hat kesimleri ile işleme aralıkları önem arz etmektedir.

Türkiye demiryolu ağına işlemekte olan yolcu trenleri ve bunlara ait parkurlar Çizelge 5.7’de gösterilmiştir (TCDD Taşımacılık A.Ş., 2015).

Çizelge 5.7. Yolcu trenleri ve işledikleri güzergâhlar.

Yolcu Trenleri ve İşledikleri Güzergâhlar		
Tren Adı	Parkuru	Düğüm Noktaları
Karesi Ekspresi	Ankara-İzmir	101-152-101
Ege Ekspresi	Eskişehir-İzmir	166-152-166
Pamukkale Ekspresi	Eskişehir-Denizli	166-155-166
İzmir Mavi	Ankara-İzmir	101-152-101
4 Eylül Mavi	Ankara-Malatya	101-113-101
Doğu Ekspresi	İstanbul-Kars	171-112-171
Güney / Kurtalan Ekspresi	İstanbul-Siirt	171-125-171
Vangölü Ekspresi	İstanbul-Bitlis	171-118-171
İç Anadolu Mavi	İstanbul-Adana	171-139-171
Çukurova Mavi	Ankara-Adana	101-139-101
Fırat Ekspresi	Adana-Elazığ	139-115-139
6 Eylül Ekspresi	İzmir-Balıkesir	152-149-152
17 Eylül Ekspresi	İzmir-Balıkesir	152-149-152
Erciyes Ekspresi	Kayseri-Adana	106-139-106
Selçuk Ekspresi	Konya-Adana	145-139-145
Toros Ekspresi	Adana-Eskişehir	139-166-139
Konya Mavi	Konya-İzmir	145-152-145
Bölgesel Ekspres	İzmir-Ödemiş	152-153-152
Bölgesel Ekspres	İzmir-Tire	152-153-152
Bölgesel Ekspres	İzmir-Denizli	152-155-152
Bölgesel Ekspres	Ankara-Polath	101-166-101
Bölgesel Ekspres	Amasya-Samsun	161-162-161
Bölgesel Ekspres	Hatay-Mersin	138-141-138
Bölgesel Ekspres	Mersin-Gaziantep	141-128-141
Bölgesel Ekspres	Adana-Mersin	139-141-139
Yolcu	Kırıkkale-Ankara	103-101-103
Yolcu	Manisa-Alaşehir	150-151-150
Yolcu	Samsun-Sivas	162-108-162
Yolcu	Diyarbakır-Batman	123-124-123
Karma	Divriği-Sivas	110-108-110
Karma	Erzincan-Divriği	110-109-110
Karma	Bitlis-Elazığ	118-115-118

5.13. Düğüm Noktaları Arasındaki Ara İstasyon Sayıları

Düğüm noktaları arasında, günlük işleyebilecek azami tren sayılarının bulunmasında, bu noktalar arasındaki ara istasyonların sayısından yararlanılmaktadır. Demiryolu ağı üzerinde belirlenmiş olan, 101 rakamından başlayarak 180'e kadar devam eden 80 adet düğüm noktası için, düğüm noktaları arasında kalan ara istasyon sayıları itinayla tespit edilmiştir (TCDD Demiryolları Haritası, 2015).

Çizelge 5.8. Düğüm noktaları arasındaki ara istasyon sayıları.

Düğüm Noktaları Arasındaki Ara İstasyon Sayıları								
No	Başlangıç-Bitiş N.	İ. S.	No	Başlangıç-Bitiş N.	İ. S.	No	Başlangıç-Bitiş N.	İ. S.
101-102	Ankara-İrmak	10	127-133	Narlı-Köprüağzı	0	157-159	Gümüşgün-Isparta	5
102-103	İrmak-Kırıkkale	1	133-134	Köprüağzı-K. Maraş	3	-	-	-
103-104	Kırıkkale-Yerköy	8	-	-	-	156-146	Karakuyu-Afyon	6
104-105	Yerköy-Boğazköprü	16	133-135	Köprüağzı-Fevzipaşa	5	-	-	-
105-106	Boğazköprü-Kayseri	1	135-136	Fevzipaşa-Osmaniye	5	147-166	Alayunt-Eskişehir	6
106-107	Kayseri-Kalın	14	136-137	Osmaniye-Toprakkale	0	-	-	-
107-108	Kalın-Sivas	1	137-138	Toprakkale-İskenderun	6	107-160	Kalın-Turhal	17
108-109	Sivas-Çetinkaya	12	-	-	-	160-161	Turhal-Amasya	6
109-110	Çetinkaya-Erzincan	20	137-139	Toprakkale-Adana	9	161-162	Amasya-Samsun	12
110-111	Erzincan-Erzurum	18	139-140	Adana-Yenice	3	-	-	-
111-112	Erzurum-Kars	16	140-141	Yenice-İçel	5	102-163	İrmak-Çankırı	7
-	-	-	-	-	-	163-164	Çankırı-Karabük	17
109-113	Çetinkaya-Malatya	11	140-142	Yenice-Ulukışla	10	164-165	Karabük-Zonguldak	22
113-114	Malatya-Yolçatı	6	142-143	Ulukışla-Niğde	5	-	-	-
114-115	Yolçatı-Elazığ	0	143-105	Niğde-Boğazköprü	6	101-166	Ankara-Eskişehir	27
115-116	Elazığ-Genç	14	-	-	-	166-167	Eskişehir-Bilecik	7
116-117	Genç-Muş	7	142-144	Ulukışla-Karaman	7	167-168	Bilecik-Arifiye	10
117-118	Muş-Tatvan	6	144-145	Karaman-Konya	5	168-169	Arifiye-Sakarya	1
118-119	Tatvan-Tatvan İ.	0	145-146	Konya-Afyon	19	-	-	-
119-120	Tatvan İ.-Van İ.	0	146-147	Afyon-Alayunt	6	168-170	Arifiye-Kocaeli	7
120-121	Van İ.-Van	0	147-148	Alayunt-Kütahya	0	170-171	Kocaeli-İstanbul	18
121-122	Van-Kapıköy	8	148-149	Kütahya-Balıkesir	25	171-172	İstanbul-Sirkeci	0
-	-	-	149-150	Balıkesir-Manisa	17	172-173	Sirkeci-Muratlı	19
114-123	Yolçatı-Diyarbakır	10	150-151	Manisa-Uşak	21	173-174	Muratlı-Tekirdağ	0
123-124	Diyarbakır-Batman	10	151-146	Uşak-Afyon	8	-	-	-
124-125	Batman-Kurtalan	5	-	-	-	173-175	Muratlı-Mandıra	6
-	-	-	150-152	Manisa-İzmir	9	175-176	Mandıra-Kırklareli	3
113-126	Malatya-Gölbaşı	8	152-153	İzmir-Aydın	16	-	-	-
126-127	Gölbaşı-Narlı	4	153-154	Aydın-Goncalı	13	175-177	Mandıra-Pehlivanköy	1
127-128	Narlı-Gaziantep	6	154-155	Goncalı-Denizli	0	177-178	Pehlivanköy-Uzunköprü	3
128-129	Gaziantep-Karkamış	5	-	-	-	-	-	0
129-130	Karkamış-Akçakale	3	154-156	Goncalı-Karakuyu	10	177-179	Pehlivanköy-Edirne	6
130-131	Akçakale-Şenyurt	7	156-157	Karakuyu-Gümüşgün	3	179-180	Edirne-Kapıkule	2
131-132	Şenyurt-Mardin	0	157-158	Gümüşgün-Burdur	0	-	-	-

5.14. Demiryolu Ağı İçin Maliyet ve Sürelerin Hesaplanması

Karayolu ağında taşınma işlemi gerçekleştirilerek merkezî istasyonlara yani garlara ulaşmış olan yükler, demiryolu ağında taşınmak üzere vagon beklerler. Vagon bekleme süresi 10,5 saat olarak alınmıştır. Vagon gelince yükleme işlemi için vagon yükleme maliyeti 7,35 TL/ton, vagon yükleme süresi ise 1,5 saat olarak bulunmuştur. Katar oluşumu tamamlandıca, trenler taşıma işlemini gerçekleştirmek üzere hareket ederler (TCDD Taşımacılık A.Ş. Yurtiçi Eşya Tarifesi, 2015).

Demiryolu için birim taşıma maliyeti 0,0784 TL/ton-km alınacaktır (TCDD Taşımacılık A.Ş. Yurtiçi Yük Taşıma Ücret Tablosu, 2015). Demiryolu araçları için ortalama hız 39,87 km/saat olarak hesaplanmıştır (TCDD Tesisler Dairesi, 2009). Demiryolu ağı üzerinde gerçekleşen taşımalara ait süreler bulunurken, düğüm noktaları arası mesafelerin 39,87 km/saat'e bölünmesiyle sonuçlar elde edilmiştir.

Yüklerin demiryolu ağındaki yolculuğu sona erince, ulaşılmış oldukları garlarda vagonlardan boşaltılırlar. Burada da vagonun boşaltma maliyeti 7,35 TL/ton, vagon boşaltma süresi ise 1,5 saat olarak bulunmuştur. Demiryolu ağında taşıma işlemi biten yükler, karayolu ağı ile varış noktalarına ulaştırılmak üzere kamyon beklerler. Kamyon bekleme süresi ise 10,5 saat olarak alınmıştır. Kamyon bekleme süresi hesabında, demiryolu ağında taşıma işlemi bittikten yani tren gara girdikten sonra, kamyonun yüklemeye işlemi başlayana kadar geçen süre dikkate alınmıştır (TCDD Taşımacılık A.Ş. Yurtiçi Eşya Tarifesi, 2015).

5.15. Feribot Tarifeleri

Haydarpaşa-Sirkeci Arasında Feribotla Taşıma

Demiryolu hattının, Anadolu kısmının Trakya kısmına bağlanması, İstanbul üzerinden tam vagon veya perakende şeklinde eşya taşımalarının sağlanması Haydarpaşa-Sirkeci arasında feribotla gerçekleştirilmektedir.

Taşıma ücreti ise; dolu vagonlarda, tam vagon işlemli eşya taşımalarında 20 tondan az olmamak kaydıyla taşınan eşyanın gerçek ağırlığı üzerinden 20,50 TL/ton'dur. Boş vagonlarda ise kendi tekerlekleri üzerinde taşınan tüm demiryolu araçları ve bunlara ilaveten ayrıca sahiplerine ait vagonların boş taşınmalarında, daraları üzerinden 20,50 TL/ton olarak belirlenmiştir. Feribot taşıma süresi ise 24 saat olarak alınmıştır (TCDD Taşımacılık A.Ş. Yurtiçi Eşya Tarifesi, 2015).

Van Gölü İşletmesi Feribot Tarifesi

Tatvan-Van-Tatvan arasında yapılan perakende veya tam vagon şeklindeki taşıma işlemleri Van Gölü üzerinde TCDD tarafından işletilmekte olan feribot ile sağlanmaktadır. Feribotta taşıma önceliği demiryolu araçlarına aittir.

Taşıma ücreti ise; dolu vagonlarda, tam vagon işlemleri eşya taşımalarında 20 tondan az olmamak kaydıyla taşınan eşyanın gerçek ağırlığı üzerinden 31,50 TL/ton'dur. Boş vagonlarda ise kendi tekerlekleri üzerinde taşınan tüm demiryolu araçları ve bunlara ilaveten ayrıca sahiplerine ait vagonların boş taşınmalarında, daraları üzerinden 31,50 TL/ton olarak belirlenmiştir. Feribot taşıma süresi ise 48 saat olarak alınmıştır (TCDD Taşımacılık A.Ş. Yurtiçi Eşya Tarifesi, 2015).

5.16. Yüklerin Demiryolu Ağına İntikali

Demiryolu ağında taşıma işlemi; karayolu ağı ile başlar, demiryolu ağında devam eder, tekrar karayolu ile hitama erer. Karayolu ağındaki yük taşımaları ise kamyonlarla gerçekleştirilmektedir. Yük taşımacılığı; bölge merkezlerinden yüklerin kamyonlara yüklenerek garlara intikali, merkezî istasyonlarda ise kamyonlardan boşaltılıp vagonlara yüklenmesi ve trenler vasıtasıyla demiryolu ağı üzerinde nakledilmesi, demiryolu hattında taşıma işlemi sona eren yüklerin garlarda vagonlardan boşaltılıp tekrar kamyonlara yüklenerek son noktaları olan bölge merkezlerine ulaştırılmaları ve kamyonlardan indirilmeleri adımlarını takip eder. Bu yüzden yapılan analizlerde kamyonlarla ilgili malumatlar da önemli ve değerlidir.

5.17. Yük Gruplarına Uygun Kamyon Tipinin Belirlenmesi

Yük taşımak için üretilmiş motorlu taşıtlara kamyon denir. Teknik sınıflandırmada ise büyük yük otomobili olarak anılmaktadırlar. 1990 yılı öncesinde Türkiye'de yaygın olarak iki dingilli, ön dingilinde iki arka tahrikli dingilinde ise dört tekerleğe sahip olan toplamda altı tekerlekli ve arka kısmına bir dingille beraber iki tekerleğin ilavesi ile sekiz tekerleğe sahip kamyonlar kullanılmışlardır.

Daha sonraları on teker kamyon olarak anılan, arka kısmında iki adet tahrikli dingille beraber toplam on tekerleğe sahip olan kamyonlar kullanılmaya başlanmıştır. Nakliye sektöründe yerleşik kullanımı kırkayak olan, ön dingilin arkasına veya arka dingillerin önüne ilave edilen bir dingil ve iki tekerlekle beraber, on iki tekerleğe sahip kamyonların piyasaya sürülmesiyle, bu tip kamyonlar daha çok tercih edilir olmuştur.

Son on yılda, önceleri nadir rastlanılan, çok dingilli, tek şasiden ibaret olmayıp bir çekici kamyon vasıtasıyla çekilen, genelde yarı römork şeklinde dorse ile beraber iki araçtan müteşekkil, halk arasında ise tır diye tabir olunan büyük ve uzun kamyonların kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. 2015 yılı itibariyle karayollarında taşınma işlemi gerçekleşen yüklerin yarısından fazlası bu tip araçlar ile nakledilmişlerdir. Tırlar; istatistikler incelendiğinde genel olarak, iki

dingile sahip ön dingilinde iki, arka tahrikli dingilinde ise dört tekerlekten meydana gelen bir çekici, bu çekiciye takılan genelde yarı römork şeklinde tahriksiz üç dingil ve altı tekerleğe sahip bir dorseden ibarettir. Taşınan yükün evsafına göre piyasada çeşitli dorseler kullanılmaktadır. İstiap haddi yüksek olan bu araçların kullanımıyla, kamyonların ortalama taşıma miktarları son yıllarda hızla artmıştır. Her bir yük grubu için belirlenen, kamyon başına taşınan ortalama yük miktarları ton cinsinden Çizelge 5.10'da sunulmuştur (KGM Trafik Güvenliği Dairesi, 2015).

Çizelge 5.9. Yük gruplarına göre kamyon başına taşınan ortalama yük miktarları.

Yük Gruplarına Göre Kamyon Başına Taşınan Ortalama Yük Miktarları		
No	Grup Adı	Ton/Kamyon
1	Demir Cevheri	23,48
2	Kömür	23,36
4	Akaryakıt, Zift, Katran	21,07
5	Demir-Çelik Ürünleri	20,86
6	İnşaat Malzemeleri	20,86
7	Borasit (Sert Billur, Borat), Manyezit (Lüle Taşı)	21,35
8	Kimyasal Ürünler	17,76
9	Keresteler ve Ağaç Ürünleri	19,97
10	Kum	21,35
11	Seramik	21,35
12	Gıda Maddeleri	19,27
13	Kireç, Alçı, Alçıtaşı	21,35
14	Çimento	21,35
15	Diğer Madeni Ürünler	23,48
16	Klinker (Çimento Fırınından Çıkan Artıklar)	19,36
17	Mermer	21,35
18	Gübre	21,35
19	Muhtelif Eşya	17,45
20	Makine	15,39
21	Hububat	21,07
23	Hayvansal ve Bitkisel Ürünler	19,27
24	Borular	20,86
25	Tarım Aracı	15,39
26	Patlayıcı, Parlayıcı Maddeler	17,76
27	Boş Konteyner	8,65
28	Dolu Konteyner	22,71
29	Diğer Taşıma	14,47

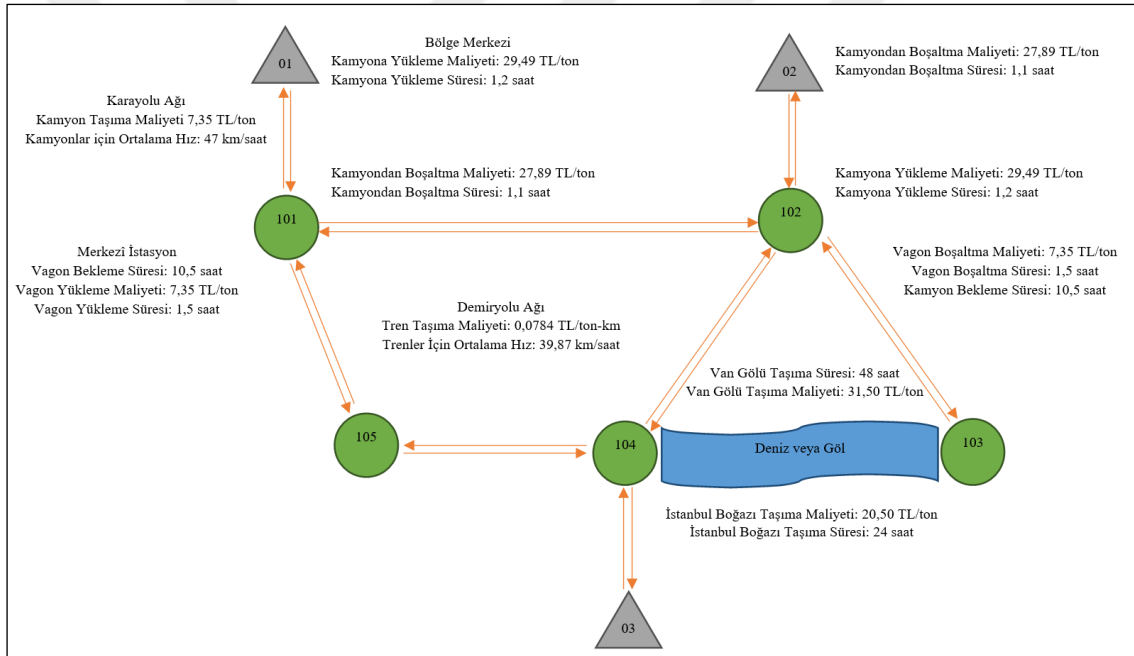
5.18. Karayolu Ağı İçin Maliyet ve Sürelerin Bulunması

Karayolu ağında maliyetlerin hesaplanmasında 2015 yılı verileri esas alınmıştır. Yüklerin kamyonlara tahmili için yükleme maliyeti 29,49 TL/ton, yükleme süresi ise 1,2 saat olarak

hesaplanmıştır. Yükleme işi tamamlanan kamyonlar, merkezî istasyonlara veya bölge merkezlerine hareket ederler.

Karayolu ağı üzerinde hareket eden kamyonlar için ortalama hız 47 km/saat, nakliye yani taşıma ücreti ise 0,167 TL/ton-km olarak alınmıştır. Nakliye süresinin tespitinde ise, bölge merkezleri ile garlar arası mesafelerin 47 km/saat'e bölünmesi suretiyle her bir merkezî istasyon için ayrıca hesaplama yapılmıştır.

Merkezî istasyon veya bölge merkezlerinde kamyonlardan yüklerin indirilmesi işleminde boşaltma maliyeti 27,89 TL/ton, boşaltma süresi ise 1,1 saat olarak bulunmuştur (Nakliye Rehberim, 2017; Ankara Kargo, 2017; Kahramankazan Kamyon Garajları, 2018, sözlü görüşme).



Şekil 5.2. Karayolu ile demiryolu ağında gerçekleşen taşımalarla ilgili maliyet ve süreler.



6. MODELİN UYGULANMASI

6.1. Yük Taşımacılığının Analizinde Transport Programından Yararlanılması

Her biri bir yük taşıma grubuna ait olan 29 adet O-D matrisi, oluşturulan Türkiye Demiryolu Yük Taşımacılığı Ağı'na, minimum genelleştirilmiş maliyet kriterine göre yüklerin zaman değeri göz önüne alınmaksızın taşıma mesafesi en kısa olan yola, Transport programı yardımıyla kodlanıp atanmıştır.

Matrislerin Transport programında kullanılabilir hâle getirilmesi, BEMAT programı yardımıyla sağlanmıştır. Akabinde ise matrislerin Transport'a yüklenme işlemi tahakkuk ettirilerek, BHNET programı ile düğüm noktaları arasındaki mesafe ve hız bilgisinin kullanım kılavuzunda belirtilen formatta girilmesiyle ağın oluşturulması gerçekleştirilmiştir. En kısa güzergâhların hesaplanması ise BHNET programı çıktısı kullanılarak BHTREE programı ile ağaçların teşekkülüyle yapılmıştır. LHNET programıyla ise demiryolu yük taşıma ağının yüklenmesi yapılmış ve atamalar gerçekleştirilmiştir. Son olarak PLHNET programıyla da her bir düğüm noktası arasında yani bağlantılar üzerinde gerçekleşmiş olan taşıma işlemlerine ait yük miktarları bulunmuştur.

6.2. Minimum Maliyet Kriterine Göre Yapılan Atamalar

Demiryolu yük taşımacılığında umumiyetle trenlerin bağımsız olduğu farz edilmiştir. Bu hipotezle, herhangi bir bağlantı üzerinde sıkışıklık ve gecikme meydana geldiği takdirde, yük trenlerinin güzergâhlarını değiştirebilecekleri varsayılmıştır. Oysa böyle bir faraziye tek merkezden sevk ve idare olunan sistemler için makul ve geçerli değildir. Merkezî otorite veya siyasi erk, kısmî yararlar sağlayan değil de daha ziyade; geneli kapsayan, asgari maliyetlerle azami fayda üretebilen yani sistemi optimum şekilde işletebilecek bir model aramaktadır. Mevcut duruma bakıldığında ise Türkiye demiryolu ağı için bağlantılar üzerinde trafiğin seyrek olduğu ve bunlarda, kayda değer sıkışıklığın oluşmadığı, kapasitelerin ise zorlanmadığı görülmektedir. Ayrıca demiryolu hattı üzerinde tercih edilebilecek alternatif güzergâh pek bulunmamaktadır. Esasen trenlerin izleyecekleri güzergâhlar çok önceden belirlendiği için taşıma esnasında bunun dışına çıkılamamaktadır. Türkiye demiryolu yük taşımacılığı ağı için sistem optimizasyonu ile kullanıcı yaklaşımları birbirlerine benzer sonuçlar vermektedir.

Bağlantılar maliyetlerle ifade edilmektedir. Maliyetleri ise basit fonksiyonlar temsil eder. Maliyet fonksiyonları üç faktöre bağlıdır. Bunlar; başlangıç ve bitiş noktalarında yükleme ve boşaltma maliyetleri, nakliye yani taşıma mesafesi ve nakliye mesafesini kat ederken oluşan

taşıma süresi şeklinde sıralanabilir. Merkezî istasyonlarda gerçekleşen işlemler için maliyetler sabit kabul edilmiştir. Yükleme-boşaltma işlemlerinden kaynaklanan maliyetler, taşıma mesafesinden bağımsızdır. Bu yüzden yapılan analizlerde sabit maliyetler hesaplamalara katılmayabilir. Gecikme maliyetleri incelendiğinde ise bu maliyetin; yükleme, boşaltma ve ardiye gibi işlemlerde geçen süreler ile taşıma süresinin bir fonksiyonu yardımıyla bulunduğu görülmektedir. Burada gecikme maliyetini belirleyen faktör yüklerin zaman değeri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yük grupları tetkik edildiğinde, genel olarak zaman değerlerinin ihmal edilebilecek düzeyde olduğu müşahade edilmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında yüklerin zaman değeri göz önüne alınmamıştır. Netice itibariyle maliyet faktörü, taşıma maliyeti olarak tanımlanmış olduğundan dolayı atamalarda gecikmelerden kaynaklanacak etkiler ihmal edilmiş ve en kısa güzergâha göre atama işlemi yapılmıştır. Amaç demiryolu ağında gerçekleşen yük taşımalarının özgün bir şekilde modellenmesi yani ifade edilmesidir. Bu durumda işletme maliyetinin neredeyse tamamına yakını oluşturulan tren hareketleri, merkezî istasyon işlemleri ve vagon sınıflandırılması dikkate alınmıştır. Aslına bakılırsa, demiryolu ulaştırma sistemlerinde mali yapı çok karmaşık olduğu hâlde, etkili bir planlama yapabilmek için, maliyet fonksiyonlarıyla yapılmış olan bir modelleme, istenilen sonuçların elde edilmesine kifayet eder. Burada maliyetlerin hesaplanmasında, birim maliyetler kullanılmaktadır. Merkezî istasyonlar ve bağlantılar için birim maliyetlerin belirlenmesinde vagon ve tren sayıları kullanıldığı için yük akışlarını ayrıca vagon ve tren sayılarına da dönüştürmek gerekmektedir.

6.3. Demiryolu Ağının Atamalardan Sonra Değerlendirilmesi

Demiryolu ağında gerçekleşen muhtelif taşımaların, toplulaştırıldıktan sonra gruplandırılmaları neticesinde meydana gelen yük matrislerinin, oluşturulan demiryolu ağına atanmaları sonucunda, merkezî istasyonlar ile bağlantılar üzerindeki yüklerin hareketleri tespit edilmiştir.

6.3.1. Vagon sayılarının tespiti

Yüklerin taşınmasında kullanılan demiryolu arabalarına vagon denir. Taşıma işlemi yapılacak olan yükler, sadece kendi yük grubu için belirlenmiş olan tip vagon vasıtasıyla taşınabilmektedir. Yük grupları için tahsis edilen tip vagonlara ait kapasite ve daralar önceden belirlenmiştir. Vagon sayılarının hesaplanmasında yıllık değerler kullanılmıştır. Merkezî istasyonlarda veya düğüm noktaları arasındaki bağlantılarda yük akışını temin eden vagon sayılarının saptanmasında, taşınan her bir yük için ait olduğu gruba tahsis edilmiş olan tip vagonlara göre hesaplama yapılır. Daha sonra her bir yük grubu için bulunan vagon sayıları

toplulaştırılır. Hesaplamalarda, vagon kapasitelerine göre azami taşınabilecek yük miktarları göz önüne alınırken, sahibine ait boş vagon ile TCDD'ye ait boş vagonlar grubunda ise tip vagon ağırlığı yani daraları netton olarak hesaplamaya katılmıştır. Boş vagon taşımalarında zatî ağırlıklar, netton olarak kabul edildiği için bu iki yük grubuna ait tip vagon daralarının sıfır olduğu varsayılmıştır.

Vagon sayılarının tespiti aşağıdaki gibi yapılmıştır:

$$n_a = \sum_p (v_a^p / w_p)$$

Burada;

n_a : a demiryolu bağlantısı için vagonların sayısı (vagon),

v_a^p : a demiryolu bağlantısı için p yük grubunun akışı (ton),

w_p : p yük grubu vagon tipine yüklenebilen azami p yük miktarı (ton)'dur.

Çıkan sonuçların tam sayı olmadığı durumlarda ise işlem, bir üst tam sayıya yuvarlanarak tamamlanır. Vagonların kapasiteleri üzerinde yüklenmeleri mümkün olmadığı gibi, tam dolmadıkları takdirde göz ardı edilmeleri de söz konusu olamaz.

Merkezî istasyon yani garlar ile demiryolu ağı üzerindeki bağlantılar için, Çizelge 6.1. ve 6.2'de atama sonuçları gösterilmiş ve vagon sayıları özenle tespit edilmiştir.

Çizelge 6.1. Merkezî istasyonlar için atama sonuçları ve vagon sayıları.

Merkezî İstasyonlar İçin Atama Sonuçları ve Vagon Sayıları							
Merkezî İstasyon	Düğüm Noktası	Yük Miktarı (Netton)	Vagon Sayıları	Merkezî İstasyon	Düğüm Noktası	Yük Miktarı (Netton)	Vagon Sayıları
Ankara	101	1 518 699	52 713	Karaman	144	4 954	173
Kırıkkale	103	2 216 537	50 110	Konya	145	1 371 280	44 428
Yozgat	104	356 995	9 398	Afyon	146	627 901	21 075
Kayseri	106	3 056 620	69 586	Kütahya	148	1 633 363	39 860
Sivas	108	3 600 543	75 291	Balıkesir	149	1 203 769	32 957
Erzincan	110	309 195	9 622	Manisa	150	601 394	17 228
Erzurum	111	431 217	14 500	Uşak	151	169 994	6 986
Kars	112	106 440	3 602	İzmir	152	2 123 672	64 799
Malatya	113	1 454 439	43 654	Aydın	153	333 349	11 076
Elazığ	115	914 772	27 540	Denizli	155	547 334	19 336
Bingöl	116	619 658	20 567	Burdur	158	193 987	5 397
Muş	117	124 855	3 696	Isparta	159	211 504	6 849
Bitlis	118	175 307	5 292	Tokat	160	313 559	10 206
Van	121	482 185	11 013	Amasya	161	126 957	3 726
Diyarbakır	123	238 062	10 148	Samsun	162	842 463	19 432
Batman	124	334 502	8 201	Çankırı	163	43 165	1 548
Siirt	125	74 553	4 055	Karabük	164	4 373 402	87 236
Adıyaman	126	17 811	588	Zonguldak	165	3 237 157	61 198
Gaziantep	128	709 540	27 711	Eskişehir	166	737 815	21 261
Şanlıurfa	130	76	4	Bilecik	167	211 471	7 683
Mardin	132	34	1	Sakarya	169	77 628	2 823
Maraş	134	195 554	7 624	Kocaeli	170	1 367 344	40 172
Osmaniye	136	383 765	13 456	İstanbul	171	13 276	408
Hatay	138	6 174 773	143 610	Tekirdağ	174	1 255 720	28 599
Adana	139	104 021	4 090	Kırklareli	176	320 927	7 134
İçel	141	3 081 118	107 862	Edirne	179	131 811	4 779
Niğde	143	1 034 711	30 600				

Çizelge 6.2. Demiryolu ağında düğüm noktaları arası bağlantılar için atama sonuçları ve vagon sayıları.

Demiryolu Ağında Düğüm Noktaları Arası Bağlantılar İçin Atama Sonuçları ve Vagon Sayıları							
Düğüm Noktaları	Mesafe (km)	Yük Miktarı (Netton)	Vagon Sayısı	Düğüm Noktaları	Mesafe (km)	Yük Miktarı (Netton)	Vagon Sayısı
101-102	70	2 071 051	64 954	143-105	113	2 562 927	65 924
102-103	23	6 832 371	151 110	142-144	135	4 053 411	120 802
103-104	113	6 220 143	140 117	144-145	102	4 071 641	121 847
104-105	273	6 119 351	137 952	145-146	274	3 861 357	114 331
105-106	15	6 609 029	145 870	146-147	94	2 339 342	70 518
106-107	198	4 215 591	95 886	147-148	10	2 167 798	60 912
107-108	24	4 359 290	101 203	148-149	252	1 568 957	44 249
108-109	111	4 764 439	108 816	149-150	175	983 469	28 512
109-110	220	780 375	25 709	150-151	221	1 515 054	43 874
110-111	215	533 721	17 957	151-146	133	1 594 047	47 666
111-112	216	104 990	3 551	150-152	66	2 039 455	62 545
109-113	140	4 654 815	105 976	152-153	130	549 482	19 394
113-114	95	2 639 810	83 911	153-154	121	407 727	14 556
114-115	24	2 104 013	65 083	154-155	9	547 291	19 335
115-116	133	1 371 220	42 871	154-156	139	447 055	14 844
116-117	108	752 833	22 401	156-157	33	353 271	10 310
117-118	94	650 793	19 513	157-158	24	193 987	5 397
118-119	5	486 316	14 505	157-159	28	211 410	6 846
119-120	0	486 316	14 505	156-146	112	642 358	20 276
120-121	7	486 316	14 505	147-166	67	2 403 156	70 996
121-122	110	332 459	10 524	107-160	181	1 220 108	30 609
114-123	159	593 496	20 495	160-161	64	940 089	21 509
123-124	91	409 406	12 267	161-162	133	834 507	18 874
124-125	69	74 604	4 056	102-163	102	5 585 718	109 920
113-126	113	5 989 548	148 511	163-164	192	5 549 177	108 612
126-127	69	5 983 410	148 132	164-165	121	2 568 893	49 162
127-128	84	696 891	27 239	101-166	263	1 677 360	50 103
128-129	91	12 869	482	166-167	82	1 767 408	50 802
129-130	100	110	5	167-168	100	1 595 291	44 567
130-131	167	34	1	168-169	8	75 879	2 792
131-132	24	34	1	168-170	40	1 536 565	42 557
127-133	16	6 242 170	158 502	170-171	91	390 421	13 541
133-134	28	195 476	7 620	171-172	0	368 095	12 495
133-135	52	6 189 442	157 588	172-173	182	368 095	12 495
135-136	54	6 190 627	157 615	173-174	31	1 254 642	28 543
136-137	9	6 444 712	164 941	173-175	53	1 534 575	38 058
137-138	59	6 130 072	140 770	175-176	46	320 927	7 134
137-139	78	4 303 540	126 508	175-177	16	1 619 828	38 530
139-140	25	4 316 965	127 184	177-178	30	23 144	636
140-141	43	2 988 078	103 709	177-179	47	1 601 591	38 057
140-142	108	5 732 173	166 812	179-180	21	1 611 940	38 152
142-143	59	3 128 822	86 668				

6.3.2. Tren sayılarının hesaplanması

Yükler, vagonlar vasıtasıyla taşınırlar. Vagonların uç uca birleştirilmeleriyle katarlar, yani trenler meydana gelmektedir. Trenler lokomotiflerce çekilmektedirler. Tren ağırlıklarının hesaplanmasında ise ortalama bir lokomotifin hamule çekerinden (ton/tren) yararlanılmaktadır. Katar oluşumu esnasında muhtelif yük gruplarına ait vagonların birbirlerine eklenebildiği varsayılmıştır. Tren ağırlıkları hamtonlar üzerinden hesaplanmaktadır. Vagonun taşımakta olduğu yani sırtındaki yük miktarı ile vagonun zatî ağırlığının (darasının) toplamı, hamton değerini vermektedir. İstisnai olarak; TCDD'ye ait boş vagonlar ile sahibine ait boş vagon yük gruplarında ise, vagon daraları netton olarak kabul edilmiş ve hamton değeri netton değerine eşit alınmıştır.

Tren sayılarının hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır:

$$t_a = \sum_p (v_a^p + (v_a^p / w_p) \times vw_p) / \alpha_p \times \beta_a$$

Burada;

t_a : a demiryolu bağlantısı için yük trenlerinin sayısı (tren),

v_a^p : a demiryolu bağlantısı için p yük grubunun akışı (ton),

w_p : p yük grubu vagon tipine yüklenebilen azami p yük miktarı (ton),

vw_p : p yük grubu için tip vagonun darası (ton),

α_p : p yük grubu ile yüklenmiş trenin ağırlığı (ton/tren),

β_a : bağlantı düzeltme faktörüdür.

Yapılan hesaplamalar neticesinde, bulunan sonuçlar tam sayı çıkmadığı takdirde bir üst tam sayıya yuvarlanmıştır. Kapasite sınırları aşıldığından dolayı lokomotiflere bağlanamayan vagonlar istasyonlarda kalmayacak ve başka lokomotiflerce taşınacaklardır. Bağlantı düzeltme faktörünün işlevi, düşük hacimli yük akışı olan bağlantı kısımlarında, tren doluluk oranlarının ayarlanmasına yardımcı olmaktır. Atama işlemleri esnasında, hangi bağlantı aralığında ne kadar yük akışının olacağı kestirilemeyeceği için hesaplamalarda bağlantı düzeltme faktörü $\beta:1$ olarak alınmıştır. Bu hesaplamalar, 2015 yılı içerisindeki tüm yük hareketleri göz önüne alınarak yapılmıştır.

Merkezî istasyonlar ve demiryolu ağındaki bağlantılar için itinayla hesaplamaları yapılan hamton değerleri ile bulunan yük tren sayıları Çizelge 6.3. ve 6.4’de sunulmuştur.

Çizelge 6.3.Merkezî istasyonlar için tren sayıları.

Merkezî İstasyonlar için Tren Sayıları							
Merkezî İstasyon	Düğüm Noktası	Hamton	Tren Sayıları	Merkezî İstasyon	Düğüm Noktası	Hamton	Tren Sayıları
Ankara	101	2 466 280	1 659	Karaman	144	7 535	5
Kırıkkale	103	3 216 876	2 163	Konya	145	2 230 167	1 500
Yozgat	104	557 006	375	Afyon	146	959 957	646
Kayseri	106	4 642 334	3 122	Kütahya	148	2 445 118	1 644
Sivas	108	5 363 737	3 607	Balıkesir	149	1 807 718	1 216
Erzincan	110	456 758	307	Manisa	150	946 552	637
Erzurum	111	599 162	403	Uşak	151	228 909	154
Kars	112	169 670	114	İzmir	152	3 274 652	2 202
Malatya	113	2 394 883	1 611	Aydın	153	559 582	376
Elazığ	115	1 455 413	979	Denizli	155	878 804	591
Bingöl	116	991 560	667	Burdur	158	292 367	197
Muş	117	189 233	127	Isparta	159	335 730	226
Bitlis	118	261 831	176	Tokat	160	498 814	335
Van	121	698 942	470	Amasya	161	191 058	128
Diyarbakır	123	411 257	277	Samsun	162	1 288 982	867
Batman	124	482 661	325	Çankırı	163	62 289	42
Siirt	125	171 830	116	Karabük	164	6 414 717	4 314
Adıyaman	126	27 088	18	Zonguldak	165	4 694 675	3 157
Gaziantep	128	1 208 716	813	Eskişehir	166	1 092 029	734
Şanlıurfa	130	132	1	Bilecik	167	295 692	199
Mardin	132	59	1	Sakarya	169	111 563	75
Maraş	134	312 914	210	Kocaeli	170	2 157 767	1 451
Osmaniye	136	618 893	416	İstanbul	171	20 297	14
Hatay	138	9 332 252	6 276	Tekirdağ	174	1 824 003	1 227
Adana	139	148 658	100	Kırklareli	176	459 089	309
İçel	141	5 112 365	3 438	Edirne	179	204 878	138
Niğde	143	1 655 979	1 114				

Çizelge 6.4. Demiryolu ağında düğüm noktaları arası bağlantılar için tren sayıları.

Demiryolu Ağında Düğüm Noktaları Arası Bağlantılar İçin Tren Sayıları							
Düğüm Noktaları	Mesafe (km)	Hamton	Tren Sayısı	Düğüm Noktaları	Mesafe (km)	Hamton	Tren Sayısı
101-102	70	3 223 009	2 771	143-105	113	3 887 459	3 062
102-103	23	10 150 138	7 436	142-144	135	6 189 362	5 307
103-104	113	9 241 260	6 866	144-145	102	6 229 575	5 332
104-105	273	9 086 152	6 772	145-146	274	5 832 543	5 035
105-106	15	9 796 946	7 396	146-147	94	3 508 712	3 178
106-107	198	6 263 086	4 907	147-148	10	3 275 879	2 695
107-108	24	6 504 901	5 167	148-149	252	2 354 463	1 930
108-109	111	7 117 390	5 519	149-150	175	1 479 907	1 175
109-110	220	1 128 389	1 228	150-151	221	2 326 452	1 847
110-111	215	762 921	817	151-146	133	2 424 235	1 943
111-112	216	167 606	187	150-152	66	3 140 142	2 462
109-113	140	6 983 153	5 361	152-153	130	884 964	735
113-114	95	4 243 458	3 903	153-154	121	668 567	563
114-115	24	3 339 709	3 046	154-155	9	878 736	723
115-116	133	2 166 079	2 074	154-156	139	726 926	615
116-117	108	1 176 448	1 220	156-157	33	544 847	520
117-118	94	1 023 164	1 020	157-158	24	292 367	263
118-119	5	777 803	743	157-159	28	335 561	319
119-120	0	777 803	743	156-146	112	1 012 620	928
120-121	7	777 803	743	147-166	67	3 636 881	3 234
121-122	110	546 337	450	107-160	181	1 861 918	1 572
114-123	159	986 845	1 002	160-161	64	1 415 652	1 205
123-124	91	655 002	588	161-162	133	1 267 701	1 017
124-125	69	171 906	175	102-163	102	8 188 276	5 719
113-126	113	9 074 274	7 080	163-164	192	8 135 517	5 674
126-127	69	9 059 454	7 071	164-165	121	3 729 957	2 613
127-128	84	1 188 854	1 079	101-166	263	2 549 217	2 235
128-129	91	20 244	50	166-167	82	2 649 859	2 370
129-130	100	191	2	167-168	100	2 422 483	2 176
130-131	167	59	1	168-169	8	109 064	205
131-132	24	59	1	168-170	40	2 343 678	2 020
127-133	16	9 528 383	7 501	170-171	91	646 081	707
133-134	28	312 767	312	171-172	0	601 574	662
133-135	52	9 457 099	7 454	172-173	182	601 574	662
135-136	54	9 458 827	7 456	173-174	31	1 821 923	1 366
136-137	9	9 835 608	7 743	173-175	53	2 277 577	1 720
137-138	59	9 248 321	6 545	175-176	46	459 089	385
137-139	78	6 665 637	5 609	175-177	16	2 413 418	1 751
139-140	25	6 676 789	5 637	177-178	30	34 221	86
140-141	43	4 939 624	3 865	177-179	47	2 386 290	1 678
140-142	108	8 832 683	7 157	179-180	21	2 433 918	1 675
142-143	59	4 867 482	3 814				

6.3.3. Merkezî istasyonlarda yüklerin hareketi

Garların çıkış istasyonu olması durumunda, yüklerin vagonlara yüklenmeleri esnasında oluşan vagon yükleme maliyeti ile yükleme süresi gibi faktörler ön plana çıkar. Diğer bir etmen de yüklerin, kamyonlarla merkezî istasyonlara taşınıp boşaltılmalarıyla başlayan ve katar oluşumu nihayete erip trenin harekete geçmesiyle son bulan zaman zarfı yani vagon bekleme süresidir. Şu kadar ki, yüklerin taşınmak üzere vagonlara yüklenmeleri esnasında geçen zaman, bu süreden düşülmektedir. Fakat sahibine ait boş vagon ve TCDD'ye ait boş vagonlar, merkezî istasyonlarla ilgili yapılan yükleme-boşaltma ve bekleme hesaplamalarının dışındadırlar. Garın varış istasyonu olması durumunda ise, yüklerin vagonlardan boşaltılma maliyet ve süreleri hesaplanmaktadır. Böylece demiryolu ağında taşıma işlemi sona eren yük vagonlarının peronlara ulaştıktan sonra, yüklerin karayolundaki yolculuklarının gerçekleşmesi için kamyonlara yüklenilmek üzere merkezî istasyonlarda kaldıkları zamana, kamyon bekleme süresi denir. Burada da vagondan boşaltma süresi, bekleme süresinden düşülmektedir. Garlarda gerçekleşen yükleme ve boşaltma işlemleri için maliyet ve süreler kendi aralarında eşit kabul edilmişlerdir. Hesaplamalarda vagon sayıları ile netton olarak ifade edilmiş olan yük miktarlarından yararlanılmıştır. Buradaki hesaplamalarda da 2015 yılına ait verilerin tamamı kullanılmıştır.

Merkezî istasyonlar için hesaplanan maliyet ve süreler Çizelge 6.5'de gösterilmiştir.

6.3.4. Düğüm noktaları arasındaki bağlantılar üzerinde gerçekleşen taşımalar

Yükler başlangıç istasyonlarından trenler aracılığıyla alınarak, demiryolu ağı üzerinde taşınırlar ve bitiş istasyonlarında boşaltılırlar. Demiryolu ağı üzerinde 101'den başlayarak 180'e kadar devam eden, 80 adet düğüm noktası arasında taşıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Taşımalarda yük miktarı netton olarak alınmıştır. Hesaplamalarda yıllık verilerle çalışılmıştır. Katar oluşumları ise merkezî istasyonlarda tamamlanmıştır. Bağlantılar arası uzaklıkların ortalama tren serbest akım hızına bölünmesi suretiyle de bağlantılar üzerindeki nakliye süreleri bulunmuştur. Düğüm noktaları arasında gerçekleşen taşımaların genelleştirilmiş maliyeti aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$c_a^p(w) = c_p^d \times L_a$$

Burada;

$c_a^p(w)$: a demiryolu bağlantısı için p yük grubunun taşınmasının genelleştirilmiş maliyeti (TL/ton),

c_p^d : p yük grubu için demiryolu ağında birim taşıma fiyatı (TL/ton-km),

L_a : a demiryolu bağlantısının uzunluğu (km)'dir.

Demiryolu ağı üzerinde düğüm noktaları arasında gerçekleşen taşımalarla ilgili maliyet ve süreler Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. Merkezî istasyonlar için maliyet ve süreler.

Merkezî İstasyonlar İçin Maliyet ve Süreler							
Düğüm Noktası	Yükleme-Boşaltma		Bekleme Süresi (saat)	Düğüm Noktası	Yükleme-Boşaltma		Bekleme Süresi (saat)
	Maliyet (TL)	Süre (saat)			Maliyet (TL)	Süre (saat)	
101	20 374 994	158 139	17 415	144	72 824	519	53
103	31 076 006	150 330	22 715	145	18 779 250	133 284	15 748
104	5 150 762	28 194	3 933	146	7 857 547	63 225	6 778
106	43 873 238	208 758	32 780	148	22 997 297	119 580	17 265
108	52 447 204	225 873	37 874	149	16 528 504	98 871	12 765
110	3 999 929	28 866	3 225	150	8 573 819	51 684	6 684
111	5 137 812	43 500	4 231	151	1 622 204	20 958	1 616
112	1 540 560	10 806	1 198	152	29 676 816	194 397	23 123
113	20 897 755	130 962	16 911	153	4 895 085	33 228	3 951
115	12 557 519	82 620	10 277	155	7 317 013	58 008	6 205
116	8 705 516	61 701	7 002	158	2 781 931	16 191	2 064
117	1 643 563	11 088	1 336	159	3 104 464	20 547	2 371
118	2 373 609	15 876	1 849	160	4 456 658	30 618	3 522
121	6 984 117	33 039	4 935	161	1 849 628	11 178	1 349
123	3 157 692	30 444	2 904	162	12 357 055	58 296	9 102
124	4 423 803	24 603	3 408	163	634 526	4 644	440
125	1 095 929	12 165	1 213	164	64 071 582	261 708	45 296
126	261 822	1 764	191	165	47 496 303	183 594	33 150
128	10 136 988	83 133	8 535	166	9 709 218	63 783	7 711
130	1 117	12	11	167	2 209 925	23 049	2 088
132	500	3	11	169	932 245	8 469	788
134	2 600 004	22 872	2 210	170	18 711 939	120 516	15 236
136	5 212 473	40 368	4 370	171	195 157	1 224	143
138	88 059 321	430 830	65 897	174	17 874 627	85 797	12 880
139	1 249 221	12 270	1 050	176	4 349 818	21 402	3 242
141	41 686 466	323 586	36 099	179	1 550 968	14 337	1 447
143	14 766 165	91 800	11 693				

Çizelge 6.6. Demiryolu ağında düğüm noktaları arasındaki bağlantılarda gerçekleşen taşımlarla ilgili maliyet ve süreler.

Demiryolu Ağında Düğüm Noktaları Arasındaki Bağlantılarda Gerçekleşen Taşımlarla İlgili Maliyet ve Süreler							
Düğüm Noktaları	Mesafe (km)	Taşıma		Düğüm Noktaları	Mesafe (km)	Taşıma	
		Maliyet (TL)	Süre (saat)			Maliyet (TL)	Süre (saat)
101-102	70	11 365 928	4 833	143-105	113	22 705 483	8 678
102-103	23	12 320 131	4 286	142-144	135	42 901 302	18 037
103-104	113	55 105 491	19 440	144-145	102	32 560 099	13 718
104-105	273	130 973 693	46 370	145-146	274	82 948 127	34 918
105-106	15	7 772 218	2 787	146-147	94	17 240 015	7 608
106-107	198	65 439 462	24 399	147-148	10	1 699 554	702
107-108	24	8 202 440	3 105	148-149	252	30 997 570	12 951
108-109	111	41 462 054	15 332	149-150	175	13 493 195	5 210
109-110	220	13 459 908	6 699	150-151	221	26 250 432	10 166
110-111	215	8 996 401	4 319	151-146	133	16 621 447	6 435
111-112	216	1 777 943	943	150-152	66	10 552 956	4 072
109-113	140	51 091 249	18 740	152-153	130	5 600 321	2 397
113-114	95	19 661 305	9 247	153-154	121	3 867 861	1 706
114-115	24	3 958 911	1 830	154-155	9	386 169	164
115-116	133	14 297 985	6 902	154-156	139	4 871 827	2 151
116-117	108	6 374 388	3 324	156-157	33	913 983	430
117-118	94	4 796 084	2 426	157-158	24	365 006	158
118-119	5	190 636	94	157-159	28	464 087	224
119-120	0	-	-	156-146	112	5 640 417	2 610
120-121	7	266 890	132	147-166	67	12 623 298	5 418
121-122	110	2 867 126	1 275	107-160	181	17 313 821	7 136
114-123	159	7 398 284	3 892	160-161	64	4 716 991	1 933
123-124	91	2 920 866	1 294	161-162	133	8 701 571	3 396
124-125	69	403 578	260	102-163	102	44 667 870	14 641
113-126	113	53 062 604	19 990	163-164	192	83 530 652	27 314
126-127	69	32 367 855	12 194	164-165	121	24 369 547	7 912
127-128	84	4 589 445	2 216	101-166	263	34 585 821	14 743
128-129	91	91 813	52	166-167	82	11 362 313	4 825
129-130	100	862	10	167-168	100	12 507 081	5 400
130-131	167	445	4	168-169	8	47 591	37
131-132	24	64	1	168-170	40	4 818 668	2 023
127-133	16	7 830 178	2 998	170-171	91	2 785 420	1 607
133-134	28	429 109	218	171-172	0	-	-
133-135	52	25 233 117	9 684	172-173	182	5 252 274	3 022
135-136	54	26 208 638	10 059	173-174	31	3 049 282	1 061
136-137	9	4 547 389	1 741	173-175	53	6 376 466	2 288
137-138	59	28 355 261	9 650	175-176	46	1 157 391	444
137-139	78	26 317 008	10 950	175-177	16	2 031 912	703
139-140	25	8 461 251	3 531	177-178	30	54 435	51
140-141	43	10 073 409	4 164	177-179	47	5 901 543	2 000
140-142	108	48 535 455	19 387	179-180	21	2 653 898	893
142-143	59	14 472 679	5 641				

6.3.5. Feribotla yapılan taşımalar

Demiryolu ağında, İstanbul Boğazı ve Van Gölü üzerinde tren geçişleri feribotlar vasıtasıyla sağlanmaktadır. 171-172 düğüm noktaları arası İstanbul Boğazı, 119-120 numaralı düğüm noktaları arası ise Van Gölü geçişidir. Feribotla taşıma işlemlerinde; taşıma maliyetinin hesabında yük miktarı netton, taşıma süresinin hesabında ise vagon sayıları esas alınmış ve yıllık değerlerle çalışılmıştır. İstanbul Boğazı ile Van Gölü geçişleri için feribot taşıma maliyet ve süreleri farklılık arz etmektedir. Ayrıca 2015 yılında Eskişehir-İstanbul hızlı tren hattı çalışmaları nedeniyle Haydarpaşa-Sirkeci arasında feribot hizmeti verilememiş, mukabelen Tekirdağ-Derince arasında feribot hizmeti sağlanmıştır. Fakat bu çalışma kapsamında Haydarpaşa-Sirkeci arasında feribot hizmetinin verildiği varsayılmıştır.

Çizelge 6.7. Feribot taşımaları.

Feribot Taşımaları							
Güzergâh	Düğüm Noktaları	Yük Miktarı (Netton)	Vagon Sayısı	Hamton	Tren Sayısı	Feribotla Taşıma	
						Maliyet (TL)	Süre (saat)
İstanbul Boğazı	171-172	368 095	12 495	601 574	662	7 545 948	15 888
Van Gölü	119-120	486 316	14 505	777 803	743	15 318 954	35 664

6.3.6. Uluslararası taşımalar

Demiryolu yük taşımacılığı ağında Yunanistan, Bulgaristan ve İran sınırları üzerinden yurtdışına çıkış ve yurtiçine giriş işlemleri gerçekleşmektedir. Bu noktalar üzerinden gerçekleşen yıllık taşımalara ait yük miktarları, hamton değerleri, vagon ve tren sayıları Çizelge 6.8'de verilmiştir.

Çizelge 6.8. Uluslararası taşımalar.

Uluslararası Taşımalar						
Sınır Kapısı	Bölge Merkezi	Düğüm Noktaları	Yük Miktarı (Netton)	Vagon Sayısı	Hamton	Tren Sayısı
Yunanistan	91	177-178	23 144	636	34 221	23
Bulgaristan	92	179-180	1 609 931	38 075	2 431 065	1 635
İran	93	121-122	330 569	10 454	543 481	365
Toplam			1 963 644	49 165	3 008 767	2 023

6.4. Demiryolu Ağında Bağlantılar Üzerindeki Kapasiteler

Ulaştırma sistemlerinin fiziksel bir kapasiteleri vardır. Azami kapasiteye yaklaşıldıkça tıkanıklıklar başlamakta ve kuyruklar oluşmaktadır. Bunun sonucunda, ulaşımda geçen süre artmaktadır. Ulaşım süresinde meydana gelen değişiklikler ise taşıma maliyetlerini etkilemektedir. Fakat bu çalışma kapsamında gecikme ve tıkanma etkileri göz önüne alınmamıştır. Merkezî istasyonlarda da kapasite söz konusu olmakla beraber demiryolu ağının tamamı ele alındığında, bağlantıların kahir ekseriyetinde kapasitelerin çok altında kalan kullanımlar gerçekleştiğinden dolayı, garların demiryolu ağı için herhangi bir dar boğaz oluşturmayacağı ve tıkanmayacağı varsayılmıştır.

Demiryolu ağı üzerindeki bağlantılar için günlük ortalama kapasite değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki bağıntıdan istifade edilmiştir:

$$CAP_a = T / (2 \times t)$$

Burada;

CAP_a : a demiryolu bağlantısına ait kapasite (tren),

T: günlük servis süresi (saat),

t: aynı yöne bir sonraki treni göndermek için gerekli süre (saat)'tir.

Günlük servis süresi 21 saat olarak alınmıştır. t süresi hesaplanırken; iki düğüm noktası arası bağlantı uzunluklarının, her bir bağlantı için ara istasyon sayılarının bir fazlasına bölünmesi suretiyle ortalama istasyonlar arası mesafe bulunmuştur. Hesaplanan değerler ortalama tren akım hızına bölüldüğünde ise t'ler elde edilmektedir (Kocabalkan, 1996). Demiryolu ağının çift hat olduğu İstanbul-Kocaeli, Kocaeli-Sakarya, Adana-Yenice ve Mersin-Yenice kesimlerinde bulunan kapasite değerleri 2 ile çarpılmıştır. Kapasite hesaplarında yolcu trenleri de dikkate alınmıştır. Yolcu trenlerinin yük trenlerine göre önceliği nedeniyle yolcu tren sayıları, işledikleri güzergâhlar üzerinde, kullanmış oldukları bağlantıların kapasite değerlerinden çıkartılmıştır. Diğer taraftan bütün yük trenleri eşit önceliğe sahiptir. Bağlantılar üzerindeki trafik dengelenmiştir yani iki yönde de taşıma yapan trenlerin sayısı eşit kabul edilmiştir. Tüm trenlerin hızları, birbirlerine eşittir. Aynı anda yalnızca iki tren karşılaşabilir. Tren karşılaşmaları ise önceden belirlenmiş olan noktalarda istasyon veya yan hatlarda meydana gelebilir. Demiryolu ağı üzerinde bulunan tüm bağlantılara ilişkin kapasite değerleri ve bunlarla ilgili olan değerlendirmeler Çizelge 6.9'da verilmiştir.

Çizelge 6.9. Demiryolu ağında düğüm noktaları arasındaki bağlantılar için kapasite değerleri ve değerlendirmeler.

Demiryolu Ağında Düğüm Noktaları Arasındaki Bağlantılar İçin Kapasite Değerleri ve Değerlendirmeler									
Düğüm Noktaları	CAP	Net Kapasite	Tren Sayısı	Doluluk Oranı (%)	Düğüm Noktaları	CAP	Net Kapasite	Tren Sayısı	Doluluk Oranı (%)
101-102	66	59	7,59	13	143-105	26	24	8,39	35
102-103	37	30	20,37	68	142-144	25	23	14,54	63
103-104	34	29	18,81	65	144-145	25	21	14,61	70
104-105	27	22	18,55	84	145-146	31	27	13,79	51
105-106	56	49	20,26	41	146-147	32	28	8,71	31
106-107	32	27	13,44	50	147-148	42	72	7,38	10
107-108	35	28	14,16	51	148-149	44	38	5,29	14
108-109	50	43	15,12	35	149-150	44	34	3,22	9
109-110	40	34	3,36	10	150-151	42	34	5,06	15
110-111	37	35	2,24	6	151-146	29	27	5,32	20
111-112	33	31	0,51	2	150-152	64	48	6,75	14
109-113	36	33	14,69	45	152-153	55	41	2,01	5
113-114	31	24	10,69	45	153-154	49	41	1,54	4
114-115	18	13	8,35	64	154-155	47	41	1,98	5
115-116	48	45	5,68	13	154-156	34	32	1,68	5
116-117	32	29	3,34	12	156-157	51	51	1,42	3
117-118	32	29	2,79	10	157-158	18	18	0,72	4
118-119	84	84	2,04	2	157-159	90	90	0,87	1
120-121	60	60	2,04	3	156-146	27	25	2,54	10
121-122	35	35	1,23	4	147-166	44	36	8,86	25
114-123	29	27	2,75	10	107-160	42	40	4,31	11
123-124	51	47	1,61	3	160-161	46	44	3,30	8
124-125	37	35	0,48	1	161-162	41	39	2,79	7
113-126	34	32	19,40	61	102-163	33	33	15,67	47
126-127	31	29	19,37	67	163-164	40	40	15,55	39
127-128	35	35	2,96	8	164-165	80	74	7,16	10
128-129	28	28	0,14	1	101-166	45	43	6,12	14
129-130	17	17	0,01	0	166-167	41	41	6,49	16
130-131	21	21	0,00	0	167-168	47	47	5,96	13
131-132	18	18	0,00	0	168-169	105	103	0,56	1
127-133	27	25	20,55	82	168-170	84	166	5,53	3
133-134	60	60	0,85	1	170-171	88	173	1,94	1
133-135	49	47	20,42	43	172-173	46	42	1,81	4
135-136	47	45	20,43	45	173-174	14	14	3,74	27
136-137	47	45	21,21	47	173-175	56	52	4,71	9
137-138	50	48	17,93	37	175-176	37	37	1,05	3
137-139	54	50	15,37	31	175-177	53	49	4,80	10
139-140	67	126	15,44	12	177-178	56	54	0,24	0
140-141	59	113	10,59	9	177-179	63	61	4,60	8
140-142	43	39	19,61	50	179-180	60	58	4,59	8
142-143	43	41	10,45	25					

6.5. Karayolu Ağında Gerçekleşen Yük Taşımaları

Demiryolu ağında taşıma, taşınacak yüklerin çıkış noktaları olan bölge merkezlerinden kamyonlarla alınarak karayolu aracılığıyla merkezî istasyonlara taşınmalarıyla başlar. Demiryolu hattında taşınma işlemi sona ermiş yükler, garlardan tekrar kamyonlara yüklenerek, varış noktası olan bölge merkezine ulaştırılmaktadır. Dolayısıyla demiryolunda bir kere doldurulmuş, taşınmış ve boşaltılmış olan yükler, karayolu ağında aynı işleme iki defa tabi tutulurlar. Fakat demiryolu ağında taşınan yük gruplarının arasında bulunan, sahibine ve TCDD'ye ait boş vagonlar, karayolunda taşınmazlar. Bunların dışında kalan diğer taşıma işlemlerinde eğer ithalat veya ihracat yapılıyor ise bu sefer demiryolu ağındaki gibi yalnız bir defa karayolunda taşınırlar. İstisna olarak uluslararası yani transit taşımalarda ise yükler karayolu ağına hiç uğramazlar ve hesaplamalara girmezler.

Bölge merkezlerine yani varış noktalarına ulaştırılacak olan veya çıkış noktalarından garlara getirilecek olan yüklerle ilgili bilgiler, merkezî istasyonlarla ilgili istatistiklerden alınmıştır. Taşınma işlemi gerçekleştirilecek olan yüklerin ait oldukları yük gruplarına göre hangi tip kamyonlarla taşınacakları belirlenmiştir. Atama sonuçlarından elde edilen netton cinsinden yük miktarları yardımıyla, her bir yük grubu için kamyon sayıları bulunmuş ve gerekli toplulaştırılmalar yapılmıştır.

Kamyon sayılarının bulunmasında aşağıdaki denklemden istifade edilmiştir:

$$k_a = \sum_p (v_a^p / w_{kp})$$

Burada;

k_a : a karayolu bağlantısındaki kamyon sayısı (kamyon),

v_a^p : a karayolu bağlantısındaki p yük grubunun akışı (ton),

w_{kp} : p kamyon tipine yüklenebilir p yük miktarı (ton)'dur.

Bölge merkezlerinin düğüm noktalarına yani merkezî istasyonlara olan uzaklıkları ise nakliye mesafesidir. Nakliye işlemi kamyonlarla gerçekleştirilmektedir.

Karayolu ağındaki taşımaların genelleştirilmiş maliyeti aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmiştir:

$$c_a^p(w) = c_p^k \times L_a$$

Burada;

$c_a^p(w)$: a karayolu bağlantısı için p yük grubunun taşınmasının genelleştirilmiş maliyeti (TL/ton),

c_p^k : p yük grubu için karayolu ağındaki birim taşıma fiyatı (TL/ton-km)

L_a : a karayolu bağlantısının uzunluğu (km) olarak ifade edilmiştir.

Kamyonlar için yükleme, taşıma ve boşaltma işlemlerinde netton ile hesaplamalar yapılırken; yükleme, taşıma ve boşaltma sürelerinin hesabında ise kamyon sayıları kullanılmaktadır. Yükleme ve boşaltma işlemlerinde birim maliyet ve süreler, farklılık arz etmektedir.

Karayolu ağındaki gerçekleşen yük taşımalarına istinaden yapılmış olan analizler neticesinde; taşınan yük miktarları, kamyon sayıları, taşıma maliyet ve süreleri Çizelge 6.10'da, kamyonlar için yükleme-boşaltma işlemleri esnasında geçen süre ile ortaya çıkan maliyetler ise Çizelge 6.11'de sunulmuştur.

Çizelge 6.10. Karayolu ağında taşınan yük miktarları, kamyon sayıları, taşıma maliyet ve süreleri.

Karayolu Ağında Taşınan Yük Miktarları, Kamyon Sayıları, Taşıma Maliyet ve Süreleri						
Bölge Merkezi	Düğüm Noktası	Yük Miktarı (Netton)	Kamyon Sayısı	Kamyonla Taşıma		
				Mesafe (km)	Maliyet (TL)	Süre (saat)
6	101	1 386 054	80 104	16	3 703 536	27 269
71	103	2 114 014	100 683	7	2 471 282	14 995
66	104	350 392	17 863	87	5 090 845	33 066
38	106	2 984 574	144 828	14	6 977 934	43 140
58	108	3 567 837	163 389	41	24 428 980	142 531
24	110	272 104	13 886	27	1 226 917	7 977
25	111	349 511	16 840	51	2 976 785	18 273
36	112	104 800	6 197	32	560 051	4 219
44	113	1 421 616	80 734	26	6 172 657	44 661
23	115	854 253	46 225	19	2 710 545	18 687
12	116	592 212	35 149	38	3 758 177	28 418
49	117	111 807	5 813	44	821 558	5 442
13	118	161 470	8 422	32	862 896	5 734
65	121	475 110	21 951	45	3 570 452	21 017
21	123	214 809	13 901	26	932 701	7 690
72	124	300 939	14 834	13	653 339	4 103
56	125	74 553	6 415	42	522 915	5 733
2	126	17 811	991	66	196 313	1 392
27	128	689 591	45 191	12	1 381 940	11 538
63	130	76	5	80	1 015	9
47	132	34	2	38	216	2
46	134	176 871	11 516	48	1 417 798	11 761
80	136	354 590	21 991	18	1 065 898	8 422
31	138	5 990 430	286 845	50	50 020 091	305 154
1	139	84 981	4 723	19	269 645	1 909
33	141	2 835 814	171 426	36	17 048 914	131 305
51	143	1 004 501	56 883	14	2 348 523	16 944
70	144	4 954	251	27	22 338	144
42	145	1 277 500	73 477	48	10 240 440	75 040
3	146	534 527	29 271	37	3 302 842	23 043
43	148	1 564 442	75 802	45	11 756 782	72 576
10	149	1 124 388	57 204	60	11 266 368	73 026
45	150	583 253	32 887	54	5 259 776	37 785
64	151	110 354	6 407	15	276 437	2 045
35	152	2 018 831	108 579	26	8 765 764	60 065
9	153	332 999	19 571	37	2 057 601	15 407
20	155	497 756	30 321	22	1 828 756	14 193
15	158	189 247	9 944	39	1 232 566	8 251
32	159	211 188	12 797	34	1 199 125	9 257
60	160	303 174	17 469	67	3 392 214	24 903
5	161	125 825	6 941	26	546 332	3 840
55	162	840 616	40 720	33	4 632 635	28 591
18	163	43 165	2 195	28	201 840	1 308
78	164	4 358 611	192 775	9	6 550 992	36 914
67	165	3 231 041	141 542	32	17 266 683	96 369
26	166	660 491	33 413	13	1 433 926	9 242
11	167	150 335	8 360	23	577 437	4 091
54	169	63 418	3 324	18	190 635	1 273
41	170	1 272 921	70 992	28	5 952 179	42 293
34	171	13 276	753	19	42 125	304
59	174	1 215 961	57 587	32	6 498 096	39 208
39	176	295 906	13 700	37	1 828 403	10 785
22	179	105 508	6 271	51	898 612	6 805

Çizelge 6.11. Karayolu ağında gerçekleşen, yükleme-boşaltma işlemlerinin maliyet ve süreleri.

Karayolu Ağında Gerçekleşen Yükleme-Boşaltma İşlemlerinin Maliyet ve Süreleri					
Bölge Merkezi	Düğüm Noktası	Kamyona Yükleme		Kamyondan Boşaltma	
		Maliyet (TL)	Süre (saat)	Maliyet (TL)	Süre (saat)
6	101	40 874 732	96 125	38 657 046	88 114
71	103	62 342 273	120 820	58 959 850	110 751
66	104	10 333 060	21 436	9 772 433	19 649
38	106	88 015 087	173 794	83 239 769	159 311
58	108	105 215 513	196 067	99 506 974	179 728
24	110	8 024 347	16 663	7 588 981	15 275
25	111	10 307 079	20 208	9 747 862	18 524
36	112	3 090 552	7 436	2 922 872	6 817
44	113	41 923 456	96 881	39 648 870	88 807
23	115	25 191 921	55 470	23 825 116	50 848
12	116	17 464 332	42 179	16 516 793	38 664
49	117	3 297 188	6 976	3 118 297	6 394
13	118	4 761 750	10 106	4 503 398	9 264
65	121	14 010 994	26 341	13 250 818	24 146
21	123	6 334 717	16 681	5 991 023	15 291
72	124	8 874 691	17 801	8 393 189	16 317
56	125	2 198 568	7 698	2 079 283	7 057
2	126	525 246	1 189	496 749	1 090
27	128	20 336 039	54 229	19 232 693	49 710
63	130	2 241	6	2 120	6
47	132	1 003	2	948	2
46	134	5 215 926	13 819	4 932 932	12 668
80	136	10 456 859	26 389	9 889 515	24 190
31	138	176 657 781	344 214	167 073 093	315 530
1	139	2 506 090	5 668	2 370 120	5 195
33	141	83 628 155	205 711	79 090 852	188 569
51	143	29 622 734	68 260	28 015 533	62 571
70	144	146 093	301	138 167	276
42	145	37 673 475	88 172	35 629 475	80 825
3	146	15 763 201	35 125	14 907 958	32 198
43	148	46 135 395	90 962	43 632 287	83 382
10	149	33 158 202	68 645	31 359 181	62 924
45	150	17 200 131	39 464	16 266 926	36 176
64	151	3 254 339	7 688	3 077 773	7 048
35	152	59 535 326	130 295	56 305 197	119 437
9	153	9 820 141	23 485	9 287 342	21 528
20	155	14 678 824	36 385	13 882 415	33 353
15	158	5 580 894	11 933	5 278 099	10 938
32	159	6 227 934	15 356	5 890 033	14 077
60	160	8 940 601	20 963	8 455 523	19 216
5	161	3 710 579	8 329	3 509 259	7 635
55	162	24 789 766	48 864	23 444 780	44 792
18	163	1 272 936	2 634	1 203 872	2 415
78	164	128 535 438	231 330	121 561 661	212 053
67	165	95 283 399	169 850	90 113 733	155 696
26	166	19 477 880	40 096	18 421 094	36 754
11	167	4 433 379	10 032	4 192 843	9 196
54	169	1 870 197	3 989	1 768 728	3 656
41	170	37 538 440	85 190	35 501 767	78 091
34	171	391 509	904	370 268	828
59	174	35 858 690	69 104	33 913 152	63 346
39	176	8 726 268	16 440	8 252 818	15 070
22	179	3 111 431	7 525	2 942 618	6 898

6.6. 2015 Yılı Türkiye’de Demiryolu Yük Taşımacılığına Genel Bakış

6.6.1. Türkiye’de 2015 yılında demiryolu ağında gerçekleşen madde cinslerine göre yük taşımaları ve dolan yük vagonları

2015 yılı için Türkiye’de demiryolu yük taşımacılığının analiz edilmesi neticesinde her bir yük grubu için, yük taşıma miktarları ile dolan yük vagon sayıları Çizelge 6.12. ve Çizelge 6.13’de arz edilmiştir.

Çizelge 6.12. 2015 yılı Türkiye’de demiryolu ağında gerçekleşen madde cinslerine göre yük taşımaları.

2015 Yılı Türkiye’de Demiryolu Ağında Gerçekleşen Madde Cinslerine Göre Yük Taşımaları		
No	Grup Adı	Yük Miktarı (Netton×1000)
1	Demir Cevheri	5 358
2	Kömür	2 740
3	Sahibine Ait Boş Vagon	1 070
4	Akaryakıt, Zift, Katran	1 677
5	Demir-Çelik Ürünleri	620
6	İnşaat Malzemeleri	256
7	Borasit (Sert Billur, Borat) ve Manyezit (Lüle Taşı)	423
8	Kimyasal Ürünler	289
9	Keresteler ve Ağaç Ürünleri	300
10	Kum	124
11	Seramik	195
12	Gıda Maddeleri	175
13	Kireç, Alçı, Alçıtaşı	226
14	Çimento	62
15	Diğer Madenî Ürünler	177
16	Klinker (Çimento Fırınından Çıkan Artıklar)	94
17	Mermer	79
18	Gübre	16
19	Muhtelif Eşya	99
20	Makine	109
21	Hububat	39
22	TCDD’ye Ait Boş Vagon	30
23	Hayvansal ve Bitkisel Ürünler	23
24	Borular	283
25	Tarım Aracı	11
26	Patlayıcı, Parlayıcı Maddeler	5
27	Boş Konteyner	1 567
28	Dolu Konteyner	8 075
29	Diğer Taşıma	1 756
	TOPLAM	25 878

Çizelge 6.13. 2015 yılı Türkiye’de demiryolu ağında gerçekleşen madde cinslerine göre dolan yük vagonları.

2015 Yılı Türkiye’de Demiryolu Ağında Gerçekleşen Madde Cinslerine Göre Dolan Yük Vagonları		
No	Grup Adı	Vagon Sayısı
1	Demir Cevheri	99 283
2	Kömür	50 864
3	Sahibine Ait Boş Vagon	56 484
4	Akaryakıt, Zift, Katran	29 535
5	Demir-Çelik Ürünleri	22 284
6	İnşaat Malzemeleri	9 219
7	Borasit (Sert Billur, Borat) ve Manyezit (Lüle Taşı)	7 907
8	Kimyasal Ürünler	10 733
9	Keresteler ve Ağaç Ürünleri	10 766
10	Kum	4 493
11	Seramik	7 038
12	Gıda Maddeleri	6 586
13	Kireç, Alçı, Alçıtaşı	8 404
14	Çimento	2 332
15	Diğer Madenî Ürünler	6 386
16	Klinker (Çimento Fırınından Çıkan Artıklar)	3 543
17	Mermer	2 863
18	Gübre	625
19	Muhtelif Eşya	3 752
20	Makine	4 217
21	Hububat	747
22	TCDD'ye Ait Boş Vagon	1 693
23	Hayvansal ve Bitkisel Ürünler	881
24	Borular	10 260
25	Tarım Aracı	411
26	Patlayıcı, Parlayıcı Maddeler	91
27	Boş Konteyner	120 682
28	Dolu Konteyner	137 426
29	Diğer Taşıma	65 528
	TOPLAM	685 033

6.6.2. 2015 yılı için demiryolu ağı üzerinde trafiği yoğun olan bağlantılar

Demiryolu ağı üzerinde düğüm noktaları arasındaki bağlantılarda gerçekleşen, 2015 yılı için, ortalama günlük tren trafiğinin yoğun olduğu kesimler Çizelge 6.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.14. 2015 yılı için demiryolu ağına trafiği yoğun olan bağlantılar.

2015 Yılı İçin Demiryolu Ağına Trafiği Yoğun Olan Bağlantılar					
Bağlantı	Düğüm Noktaları	CAP	Net Kapasite	Tren Trafiği	Yoğunluk (%)
Yerköy-Boğazköprü	104-105	27	22	18,55	84
Narlı-Köprüağzı	127-133	27	25	20,55	82
Karaman-Konya	144-145	25	21	14,61	70
Irmak-Kırıkkale	102-103	37	30	20,37	68
Gölbaşı-Narlı	126-127	31	29	19,37	67
Kırıkkale-Yerköy	103-104	34	29	18,81	65
Yolçatı-Elazığ	114-115	18	13	8,35	64
Ulukışla-Karaman	142-144	25	23	14,54	63
Malatya-Gölbaşı	113-126	34	32	19,40	61

6.6.3. 2015 yılı Türkiye'de gerçekleşen demiryolu yük taşımacılığı için değerlendirmeler

Demiryolu ağına madde cinslerine göre yük taşımacılığında; dolu konteyner taşımaları % 31,20'lik payla en çok taşınan yük grubu olmuştur. Demir cevheri grubu % 20,70 oranla dolu konteyner taşımalarından sonra gelirken, kömür taşımaları ise % 10,58 ile üçüncü konumda yer almıştır. Patlayıcı ve parlayıcı maddeler ise % 0,00019 pay ile en az taşınan madde cinsi olmuştur. Boş vagon taşımalarının tüm taşımalar içerisindeki hissesi ise % 4,25 dolaylarındadır.

Demiryolu ağına madde cinslerine göre dolan yük vagonlarına bakılacak olursa; % 20,06 oranla dolu konteyner taşıyan yük vagonlarının ilk sırada yer aldığı, % 17,61 ile boş konteyner taşıyan vagonların ikinci sırada olduğu ve bunları takip eden demir cevheri taşıyan vagonların ise % 14,49'luk paya sahip olduğu görülmüştür. % 0,00013'lük oranla parlayıcı ve patlayıcı maddeler taşıyan vagonlar sayıca sonuncu konumda olup boş vagon sayıları ise % 8,49 civarındadır.

Konteyner taşımalarının tamamı ele alındığında; yük taşımalarında % 37,26 oranına, dolan vagon sayılarında ise % 37,68'lik payı haiz oldukları görülmektedir.

Uluslararası taşımaların demiryolu ağında gerçekleşen tüm taşımalar içerisindeki oranı ise % 7,58 iken feribotla yapılan taşımaların payı ise % 1,65 civarındadır.

Merkezî istasyonlarda gerçekleşen yük hareketleri incelendiğinde; Hatay % 12,40 pay ile birinci olmuştur. Karabük % 8,78 ile ikinci sırada yer alırken, bunu % 7,23 oranla Sivas izlemektedir. Mardin ve Şanlıurfa'da ise yük hareketi neredeyse yok denecek kadar azdır. Merkezî istasyonlardaki dolan-boşalan vagon sayıları incelenecek olursa; ilk sırada % 10,87 ile Hatay yer almaktadır. İçel % 8,16 ile ikinci, Karabük % 6,60 oranla üçüncüdür. Garlarda gerçekleşen tren hareketleri tetkik edildiğinde ise birinci % 12,24 ile Hatay, ikinci % 8,41 ile Karabük'tür. Onları % 7,03 oranla Sivas takip etmektedir.

Demiryolu ağı üzerindeki bağlantılarda gerçekleşen yük ve vagon hareketlerine bakıldığında; yük miktarına göre sıralama yapılacak olursa % 3,65 ile Irmak-Kırıkkale (102-103) bağlantısı birincidir. Hemen arkasından ise % 3,53'lük oranla Boğazköprü-Kayseri (105-106) bağlantısı gelmektedir. % 3,44'lük payla Osmaniye-Toprakkale (136-137) bağlantısı onları takip etmektedir. Vagon sayılarında ise Yenice-Ulukışla (140-142) bağlantısı % 3,42 ile ilk sırada gelmektedir. İkinci sırada % 3,38 oranla Osmaniye-Toprakkale (136-137) bağlantısı gelirken, bunları Narlı-Köprüağzı (127-133) bağlantısı % 3,25'le takip etmektedir. Hat aralıklarında işlemiş olan tren sayıları bakımından % 3,39 ile Osmaniye-Toprakkale (136-137) bağlantısı ilk sırada bulunmaktadır. Daha sonra sırayla % 3,29 ile Narlı-Köprüağzı (127-133) bağlantısı ve %3,27'lik oranla Fevzipaşa-Osmaniye (135-136) bağlantısı gelmektedir.

Demiryolu hattı üzerinde bulunan düğüm noktaları arasındaki 81 adet bağlantının, sahip oldukları kapasiteleri bakımından trafik yoğunluklarının irdelenmesinde; doluluk oranlarının 11 bağlantıda % 50'yi geçtiği görülmüştür. % 65 sınırı 5 bağlantı üzerinde aşılrken, % 80'in üzerinde yalnızca 2 adet bağlantı bulunmaktadır, Doluluk oranı % 85'i geçen bağlantı ise bulunmamaktadır. Yolcu trenleri hariç tutulduğunda ise % 50'yi aşan 8 bağlantıya mukabil bunlardan sadece 2 tanesinde % 65 oranı geçilmekte ve % 80 sınırını geçen bağlantı bulunmamaktadır.

Merkezî istasyonlarda gerçekleşen yükleme-boşaltma işlemleri neticesinde oluşan maliyet 700 020 483 TL seviyesinde seyrederken, demiryolu ağında yapılan taşıma işi için ortaya çıkan maliyet ise 1 393 132 146 TL civarındadır. Demiryolu ağı üzerinde 2015 yılı için yük hareketleri neticesinde meydana gelen toplam maliyet 2 093 152 629 TL olarak hesaplanmıştır.

Yüklerin başlangıç-bitiş noktaları arasındaki hareketi karayolu ağı ile başlayıp demiryolu ağında devam etmekte ve tekrar karayolu ağında nihayete ermektedir. Karayolunda yüklerin

hareketi kamyonlarla gerçekleştirilmektedir. Merkezî istasyonlara gelen-giden yük hareketleri analiz edildiğinde 2015 yılı içerisinde 49 791 178 ton yükün taşındığı, sahibine ve TCDD'ye ait boş vagonlar göz ardı edildiğinde de 47 620 441 ton yükün kamyonlar vasıtasıyla taşınmış olduğu görülmektedir. Kamyonlar için taşıma maliyetleri toplamı 248 412 827 TL iken, yükleme-boşaltma maliyetleri ise 2 732 460 900 TL olarak bulunmuştur. Karayolunda gerçekleşen yük hareketlerinin toplam maliyeti, 2 980 873 727 TL olarak karşımıza çıkmaktadır. 2015 yılı demiryolu yük taşımacılığının toplam maliyeti ise 5 074 026 356 TL'dir.





7. SONUÇ

Bu tez kapsamında bir ağ modeli oluşturularak, Transport programı yardımıyla Türkiye’de demiryolu yük taşımacılığı analiz edilmeye çalışılmıştır. Model vasıtasıyla taşıma işlemi gerçekleştirilmiş olan muhtelif yük gruplarının, demiryolu ağı üzerindeki akışlarının tasviri gerçekleştirilmiştir. Yapılan betimleme esnasında ise, demiryolu hattı üzerindeki mevcut yolcu trafiği de göz önüne alınmış ayrıca yüklerin çıkış noktalarından başlayarak varış noktalarında biten yolculuklarında karayolu ağından da istifade edilmiştir. Demiryolu ağında gerçekleşen yük taşımalarına ait O-D matrislerinin teşekkülünde TCDD Genel Müdürlüğü’nden alınan yük taşımacılığı veri tabanından faydalanılmıştır. Yük taşıma verileri incelendiğinde, demiryolu ağı üzerinde zaman değeri yüksek ürünlerin taşınmadığı görülmüştür. Bu sebeple yüklerin zaman değerleri ihmal edilmiş, yük taşımalarında gerekli olacak demiryolu taşıtlarının sayıca yeterli olduğu varsayılmıştır.

Yük taşımacılığının analizinde madde cinslerine göre; yük taşımaları ve dolan yük vagon sayıları tespit edilmiştir. Merkezî istasyonlar ve demiryolu ağı üzerindeki bağlantılarda meydana gelen yük hareketleri, vagon ve tren sayıları belirlenmiştir. Bağlantılarda yük trafiğinden kaynaklanabilecek sıkışıklık yani kapasite kullanım oranları yolcu trafiği de göz önüne alınarak irdelenmiş ve bağlantılar üzerindeki yoğunluklar saptanmıştır. Yükleme-boşaltma ve taşımalara ilişkin maliyet ve süreler hesaplanmıştır. Feribot taşımaları ile uluslararası taşımalara da değinilmiştir.

Karayolu ile taşımalarda birim taşıma maliyeti, demiryolu ile kıyaslandığında 2,13 kat daha pahalıdır. Fakat taşıma mesafeleri farklılık arz ettiğinden dolayı taşıma maliyetleri arasındaki farklılıklar değişik oranlarda olmaktadır. Buna mukabil yükleme-boşaltma maliyetleri böyle değildir. Çünkü vagonlar ile kamyonların istiap hadleri arasında çeşitlilik ve farklılıklar bulunmaktadır. Yapılan analizlerin sonucunda kamyon yükleme-boşaltma maliyetleri vagonlara nazaran 1,95 kat daha fazladır. Sonuç olarak demiryolu taşıma maliyetlerinde avantajlı olduğu gibi yükleme-boşaltma işlemlerinde de mali bakımdan karayollarından üstün konumdadır. Burada asıl mesele yüklerin karayoluna hiç uğramadan direkt demiryolu vasıtasıyla başlangıç noktalarından alınıp varış yerlerine ulaştırılmalarının sağlanmasıdır. Çünkü demiryolu yük taşımacılığında; karayolu maliyetleri, demiryolu maliyetlerini geçmiş durumdadır. Mali külfeti azaltmanın yolu, demiryolu ağı için de kapıdan kapıya ulaştırma hizmetinin sağlanmasında saklıdır. İltisak hatlarıyla, yük terminalleriyle bunun sağlanması gerekmektedir.

Hat kapasitelerinin yüksek olmaması, demiryolu ağının yetersizliği, altyapı standartlarının düşük olması, sinyalli ve elektrikli hatların azlığı, organizasyon eksiklikleri, uzman personel yetersizliği, işletmede yaşanan sorunlar, bekleme ve taşıma sürelerinin fazla olması, demiryolu araçlarının sayı ve nitelik olarak kifayetsizliği, diğer ulaştırma türleri ile bütünleşmede yaşanan problemler ile kapıdan kapıya nakliyelerde yetersizlik gibi nedenlere binaen demiryolu taşımacılığı genelde tercih edilememektedir.

Türkiye coğrafi konumu itibariyle transit taşımacılık için elverişli olduğu hâlde uluslararası yük taşımacılığı içerisinde transit taşımacılığının payı çok düşüktür. Bunun önemli nedenlerinden biri ise İstanbul Boğazı ile Van Gölü geçişlerinin hâlen ciddi birer darboğaz oluşudur. En kısa zamanda bu sorunun da çözüme kavuşturulması gerekmektedir.

Ulaştırmadaki engellerin kaldırılarak enerji kullanımını optimum hâle getiren özel yük koridorlarının oluşturulması sağlanmalıdır. Demiryolu ile denizyolunu birleştiren ulaşım modelleri tercih edilirken karayolu taşımacılığı ancak kısa mesafelerde kullanılmalıdır. Demiryolları ile verimlilikten ödün verilmeden yük taşımacılığının çevresel etkileri en aza indirilmelidir.

Demiryolu ağında kapasiteyi arttırmak için ciddi yatırımlara ihtiyaç vardır. Öncelikle hızın yükseltilmesi gerekmektedir. Yeni yan yolların ve terminallerin yapılması sağlanmalıdır. Ana yollar üzerinde yükleme gabarileri genişletilmelidir. Mevcut ağ ise revize edilmelidir. Bu faaliyetlerin gerçekleşmesi büyük altyapı yatırımlarına gereksinim duyduğundan, finansmanının planlanması da yapılmalıdır.

Sorunların çözümü ve demiryolunun yeniden cazip hâle gelmesi adına mevcut hatların tamamı yenilenmelidir. Bu itibarla, lojistik merkezlerinin sayıları arttırılmalı, sanayi bölgeleriyle bağlantıyı sağlayacak yeni iltisak hatları yapılmalı, konteyner taşımacılığına olumlu katkıda bulunmak için konteyner kara terminalleri inşa edilmeli, ilave hatlar bir an evvel açılarak, çeken ve çekilen araçlar iyileştirilmelidir. Tüm demiryolu ağı elektrifikasyonlu ve sinyalizasyonlu hâle getirilmelidir. Yoğun olarak kullanılan ve kapasitelerin zorlandığı hat kesimlerinde alternatif çözümler bulunmalı, hatların çift hâle getirilmesi sağlanmalıdır. Personel kaynaklı eksiklikler çabucak giderilmelidir. Organizasyon ve işletmede olabilecek aksaklıklara mahal verilmemelidir. Tren hızları arttırılmalı, altyapılarda gerekli iyileştirmeler yapılmalı ve demiryolu sektörünün serbestleşmesi sağlanmalıdır.

Gerçekleştirilen analizlerin sonuçlarından biri de Türkiye’de yük taşımacılığı konusunda, demiryolu taşımacılığının ve coğrafi konum itibariyle de kombine yük taşımacılığının büyük bir potansiyele sahip olduğudur. Fakat ne yazık ki 2015 yılı için demiryolu ulaştırmasının yük taşımalarındaki payı % 3,9 seviyelerinde kalmıştır.





KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ankara Kargo. (2018). 05.02.2018 tarihinde <https://www.ankarakargo.com.tr/> adresinden alınmıştır.
- Ay, S. ve Erel, A. (2007). Yük Taşımacılığının Planlanması. *İMO 7. Ulaştırma Kongresi, Kongre Sempozyum Bildirileri Kitabı*, 384-389.
- Beuthe, M., Jourquin, B., Geerts, J.-F., ve Ha, C. K. N. (2001). Freight transportation demand elasticities: a geographic multimodal transportation network analysis, *Transportation Res.-E*, 37E, 253-266.
- Bookbinder, J. H. ve Fox, N. S. (1998). Intermodal routing of Canada-Mexico shipments under Nafta, *Transportation Res.-E*, 34E, 289-303.
- Bronzini, M. S. (1980). Evolution of a multimodal freight transportation network model, *Proc. Transp. Res.*, 475-485.
- Caliper. (2018). 14.03.2018 tarihinde <https://www.caliper.com/tcovu.htm> adresinden alınmıştır.
- Crainic, G., Florian, M. ve Leal J.-E. (1990). A model for the strategic planning of national freight transportation by rail. *Transportation Science*, Cilt. 24, No. 1, S. 2-5, Centre de Recherche Sur Les Transports, Université de Montreal, Montreal, Canada.
- Dresser, G. ve Williams, T. (1995). 13.11.2018 tarihinde <https://trid.trb.org/view/1166802> adresinden alınmıştır.
- Fernandez L., J. E., Cea C., J. D. ve Soto O. A. (2003). A multi-modal supply-demand equilibrium model for predicting intercity freight flows, *Transportation Res.-B.*, 37B, 615-640.
- Erel, A. (2007). Raylı Sistem Mühendisliğinde Yetkinlik Ölçütleri. *İMO 7. Ulaştırma Kongresi, Kongre Sempozyum Bildirileri Kitabı*, 35-37.
- Florian, M. ve Crainic, T. G., (1989). Strategic planning of freight transportation in Brazil: methodology ve applications, Special report 1-5, Centre de Recherche Sur Les Transports, Université de Montreal, Montreal, Canada.
- Gelir İdaresi Başkanlığı. (2018). 22.02.2018 tarihinde <https://www.gib.gov.tr/> adresinden alınmıştır.
- Gülsoy, U. (1999). *Hicaz Demiryolu Fotoğraf Albümü*. İstanbul: Albaraka Türk Yayınları, 9-17.
- Harker, P. T. ve Friesz, T.L. (1986). Prediction of intercity freight flows, I: theory, *Transportation Res.-B.*, 20B, 139-153.
- Kahramankazan Kamyon Garajları. (2018, 8 Aralık). Karayolu ağında gerçekleşen yük taşımalarıyla ilgili doğrudan iletişim. Kahramankazan, Ankara.
- KGM. (2017). 04.11.2017 tarihinde <https://www.kgm.gov.tr/> adresinden alınmıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

KGM Trafik Güvenliği Dairesi. (2015). 08.12.2017 tarihinde <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Baskanliklar/BaskanliklarTrafik/Gorevleri.aspx> adresinden alınmıştır.

Kocabalkan, V.(1996). STAN (Stratejik Ulaştırma Planlaması Modeli)'nin Türkiye Demiryolu Ağına Uygulanışı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kornhauser, A. L. Hornung, M., Hazony, Y. ve Lutin, J. (1979). The Princeton railroad network model: Application of computer graphics in the analysis of a changing industry, presented at the 1979 Harvard Graphics Conference, Transportation Program, Princeton University, Princeton, N.J., 109-121.

Kresge, D. T. ve Roberts, P.O. (1971). System analysis ve simulation models, *Techniques of Transport Planning*, 2, 547-560, Brookings Institute, Washington, D.C., U.S.A.

Lansdowne, Z. F. (1981). Rail freight traffic assignment, *Transportation Res.-A.*, 15A, 183-190.

MEB Ulaştırma Hizmetleri Demiryolu Taşımacılığı.(2011). MEB Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, Ankara.

Nakliye Rehberim. (2017). 11.11.2017 tarihinde <https://www.nakliyerehberim.com/> adresinden alınmıştır.

Ortuzar, J. de D. ve Willumsen, L. G. (1990). *Modelling Transport*, John Wiley ve Sons, New York.

Petersen, E. R. ve Fullerton, H. V. (1975). The railcar network models, Repert no. 75-11, Canadian Institute of Guided Ground Transport, Queen's University, Kingston, Ontario.

Rail Turkey Tr. (2017). 06.03.2017 tarihinde <https://tr.railturkey.org/> adresinden alınmıştır.

Southworth, F. ve Peterson, B. E. (2000). Intermodal ve international freight network modeling, *Transportation Res.-C.*, 8C, 147-166.

TCDD İstatistik Yıllığı 2011-2015. (2016). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara.

TCDD 2015 Yılı Yük Taşımacılığı Veri Tabanı. (2016). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara.

TCDD. (2016). 15.09.2016 tarihinde <https://www.tcdd.gov.tr/> adresinden alınmıştır.

TCDD Cer Dairesi. (2009). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Cer Dairesi Başkanlığı, Ankara.

TCDD Demiryolları Haritası. (2012).T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel MüdürlüğüHarita No: TR-M-S-001, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- TCDD Faaliyet Raporu 2015. (2016). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- TCDD Lokomotif Tiplerine Göre; Hamule (Yük) Çekerlerini Gösterir Tablolar. (2009). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Cer Dairesi Başkanlığı, Mekanik Şubesi, Ankara
- TCDD Sektör Raporu 2015. (2016). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- TCDD Stratejik Plan 2015-2019. (2015). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- TCDD Taşımacılık A.Ş. (2015). 27.09.2016 tarihinde <https://www.tcdtasimacilik.gov.tr/> adresinden alınmıştır.
- TCDD Trenlerin Kalkış-Varişlarını Gösterir Tarife. (2009). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Tesisler Dairesi Başkanlığı, Orer Şubesi, Ankara.
- TCDD Yurtiçi Eşya Tarifesi.(2015). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- TCDD Yük Vagon Rehberi. (2011). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Yük Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- TDK. (2017). 17.03.2017 tarihinde <https://tdk.gov.tr/> adresinden alınmıştır.
- Transport User Guide. (1986). Micro computer transportation planning package, Halcrow Fox ve Associates, London. England.
- Tüdemtaş. (2018). 23.03.2018 tarihinde <https://www.tudemtas.gov.tr/> adresinden alınmıştır.
- TÜİK. (2018). 10.03.2018 tarihinde <https://www.tuik.gov.tr/> adresinden alınmıştır.
- Tülomsaş. (2018). 17.03.2018 tarihinde <https://www.tulomsas.com.tr/> adresinden alınmıştır.
- Tüvasaş. (2018).16.03.2018 tarihinde <https://www.tuvasas.gov.tr/> adresinden alınmıştır.
- Ünlüöner, K. (1992). Türkiye’de Ulaştırma Sektörünün Tarihi Gelişimi. *Dicle Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, (5), 331-336.
- Vikipedi. (2017). 27.09.2017 tarihinde <https://www.wikipedia.org/> adresinden alınmıştır.
- Vitoşoğlu, Y. (2006). Türkiye’de Demiryolu Ağırlıklı Kombine Yük Taşımacılığı Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- .

EKLER

EK-1 Transport Programı

Bu program yedi ana bölümden müteşekkildir.

E.1.1. Anket Verilerinin Analiz Edilmesi

Anket veri dosyalarından, yolculuk matrislerinin elde edilmesinde GENMAT programından yararlanılmaktadır. Matrislerin oluşturulmasında ise belirli değişkenlerden istifade edilmektedir. Programın çalışması esnasında, her bir değişken için azami 10 adet kod kullanılmaktadır. Bu programın fonksiyonu, matrisleri meydana getirmektir.

E.1.2. Ağ Analizinin Gerçekleştirilmesi

Ağ analizinin içeriğindeki alt programlar, karayolu ağının tarifinde, düğüm noktası-bağlantı metodunu kullanmaktadır. Düğüm noktaları umumiyetle kavşakları, iki düğüm noktası arasında kalan bağlantılar ise karayollarını temsil etmektedir. Her bir bölge için ütopyk olarak tanımlanan merkezi düğüm noktası bulunmaktadır. Trafığın bu merkez noktadan üretildiği veya buraya çekildiği farz edilmiştir. Merkezler, merkez bağlantıları yardımıyla bir düğüm noktasına bağlanmaktadır. Düğüm noktalarındaki gecikmeler, birbirinden farklı üsluplarla gerçekleştirilen dönüşlere mütenasip, dönüş cezaları tanımlanmak aracılığıyla ağ analizine dâhil edilebilmektedirler.

Bölgelerin numaralandırılması esnasında 1'den başlayarak, sırayla en fazla 250'ye kadar rakam verilebilmektedir çünkü bölge sayısı 250 ile sınırlandırılmıştır. Düğüm noktalarında ise sıra şartı olmamakla birlikte, ağ analizi programlarının aktif bir biçimde çalışabilmesi için, atlamalardan kaçınılması yeğlenmelidir. Düğüm noktası sayısı ise 1500 ile sınırlandırılmıştır.

Ağın oluşturulmasında BHNET programı kullanılmaktadır. Ağ bağlantıları belirtilirken, birbirlerine bağladıkları düğüm noktalarının numaraları ile anılırlar. Her bir bağlantı için; yolculuk uzaklığı, hız dolayısıyla süre ve birden üçe kadar sınıflandırma değeri verilir. BHNET verileri kontrol etmekte, hatalar varsa bunları tespit edip raporlamaktadır. Ayrıca ağ dosyasını ortaya koyduğu gibi, ağın bir listesinin oluşturulmasını da sağlar.

Ağın basılmasında PHNET programından yararlanılmaktadır. Ayrıca bağlantılar için isteğe bağlı; süre, mesafe ve sınıflama değerlerinden yararlanılıp, maliyet kayıtları hesaplatılarak da basım yapılmaktadır. BHNET programıyla ağaçlar oluşturulur. Ağaçlar hep

ya da hiç veya çoklu güzergâhlar şeklinde teşekkül edilirler. İsteğe bağlı, seçilmiş ya da bütün bölgeler için ağaçlar oluşturulabilir. Tüm bölgeler için, ağaçların teşkilini müteakip, bölgeler arası yolculuk maliyeti matrisi elde edilir. Oluşturulmuş olan ağaçların basılması işlemi ise PHTREE programı tarafından gerçekleştirilir.

SHTREE programının bir defa çalışmasında, birden altıya kadar bölgeler arası maliyet matrislerinin oluşturulması mümkündür. Maliyetler hesaplanırken, veri dosyasındaki bir güzergâh için; süre, mesafe ve sınıflama değişkenleri vasıtasıyla oluşturulmuş, ağaç veri dosyası ile tanımlanması yapılmış bağlantı maliyetleri toplamı kullanılır. Hesaplama işleminde çoklu güzergâh ağaç dosyasından istifade edilmiş ise bu sefer de maliyetlerin aritmetik ortalaması alınarak hesaplama yapılır.

Matrislerin atanmasında LHNET programından yararlanır. Ağın yüklenmesinde yolculuklar, hep ya da hiç veya çoklu güzergâh ağaç dosyaları kullanılarak atanırlar. Programın çıktısını ise yüklü ağ dosyası ile beraber seçilen, düğüm noktalarında gerçekleşen dönüş hareketlerinin listesi oluşturur. Yüklü ağın basılmasına yarayan PLHNET programı, veri olarak yüklenmiş bir ağ alır, bağlantının; uzaklık, hız ve süre değerleri ile bağlantı üzerinde gerçekleşen tek ve çift yönlü akımların çıktısını verir.

EHNET programı denge atamasını yapar. Bu program bütün kapasite kısıtlı atama tekniklerini içerir. Denge, artımlı, ortalama ve hisseli atama seçeneklerini ihtiva eder. Programın girdilerini, hız-akım ilişkilerinin tanımlanabildiği ve sayısı azami 99 olabilen veri dosyaları, yolculuk matrisleri ve ağ dosyaları oluşturur. Denge ataması yeğlenirse bu program, hep ya da hiç ağaçlarını oluşturur, yolculuk matrislerini yükler, bağlantı hızlarını tanzim eder ve ağaç teşkil evresine tekrar rücu eder. Bu işlem denge durumunda, ardışık atamalar arasındaki fark asgari seviyeye ininceye kadar veya kullanıcı tarafından takdir edilen azami sayıda iterasyon gerçekleştirilinceye kadar devam eder. Nihai atama, standart yüklü ağ dosyası biçiminde programın çıktısından ibarettir.

Ağlarda bağlantı sayıları ve bunların birbirlerine bağlanma biçimleri tamamen muadil ise ALHNET programı ile yüklü ağlardaki, bağlantı akımlarında ekleme veya çıkarma yapılabilir. SLAHN programı ağ analizi içindeki son programdır. Sayıları en fazla yirmi olan, tek yönlü, seçilmiş bağlantıları tercih eden yolculukları veya en fazla yirmi adet bağlantıdan meydana gelen ve kullanıcının belirlediği güzergâhı tercih eden yolculukların analizinde kullanılır. Seçilen bağlantı ya da güzergâhın yüklenmesi gerçekleştirilir. Matris çıktısı bilahare diğer aşamalarda kullanılmak üzere paketdeki diğer programlar tarafından alınmaktadır.

E.1.3. Matris Tahminlerinin Yapılması

Trafik sayımları ile matris kestirimlerinin yapılabilmesi için, üç adet alt programdan yararlanılır. VMAT1 programı ile olasılık dosyaları oluşturulur, bütün O-D çiftleri için, çiftler arasında meydana gelen yolculukların, bağlantıları tercih etme ihtimali matrisi hesaplanır. VMAT2 programı ise girilen sayım verilerinin işlenmesini sağlar, trafik sayımlarına dair veri dosyasını oluşturur. VMAT3 programı, VMAT1 ve VMAT2 programlarının oluşturduğu çıktıları, girdi olarak almak suretiyle trafik sayımları ve güzergâh ihtimalleri ile uyumlu yolculuk matrisini hesaplar.

Her bir bağlantı veya bağlantı grubu için, sayım yeri numaraları belirlenirken, ardışık olma koşulu aranmaksızın tek sayılar kullanılmalıdır. Böyle yapıldığı takdirde matris tahmininde kullanılan, sayım yeri numaraları üzerinde bir değişiklik yapmak icap ettiğinde, yeniden numaralandırma işlemi ile ağaçların yeniden oluşturulmasına hacet kalmadan, tadile olanak sağlanır. Birkaç sayım değerinin mevcut olduğu yerlerde, değerler VMAT2'ye girildiği takdirde, tahmin matrisindeki değerlerin VMAT3 tarafından güven aralıklarının hesaplanması da yapılmaktadır.

Başlangıç-son etüt sonuçlarında güncelleme yapılmak istendiğinde, matris tahmin teknikleri devreye girer. Başlangıç matrisi mevcut ve VMAT3 programına giriş yapılmış ise, sonuç matrisinin doğruluğu oldukça artar. Büyük kavşaklarda gerçekleşen, dönüş hacimlerinin tahmininde de VMAT programlarından istifade edilir. Giriş ve çıkış yerleri için, hayali bölgelere sahip basit bir ağ tanımlaması yapılır, burada gerçek güzergâhlara uygun en kısa yol ağaçlarının kümesi oluşturulur.

E.1.4. Yolculuk Dağıtım ve Türel Ayrım İşlemleri

Bu paketin amacı, yolculuk üretim ve çekimleriyle, kullanıcıların girmiş olduğu ağ verilerinden faydalanarak, bileşim yolu ile yolculuk matrislerinin üretilmesidir. Ayrıca gözlenmiş olan bir matris aracılığıyla, yolculuk karakteristiklerini de çözümleyebilmektir.

Yolculuk uzunluğu dağılımı ve bölge yolculuk analizi DTLD programı tarafından gerçekleştirilir. Çözümlemeler, bölgeler arası gerçekleşen yolculuk maliyeti matrisinin keyfiyetine göre; uzunluk, süre, maliyet gibi değişkenler kullanılarak tahakkuk eder. Matris, en fazla yirmi tane yolculuk uzunluğu dağılımı için, yeni uzunluk dağılımları oluşturmak maksadıyla bölünebilir.

Yolculuk dağıtımında kullanılacak üç tane program bulunmaktadır. Bunlar; FURNESS, DIST1 ve DISTN'dir. İyi gözlenmiş bir yolculuk matrisinin bulunduğu, yolculuk dağılımlarının ise yol maliyetlerindeki değişikliklere önemli bir tepki vermeyeceği durumlarda, büyütme faktörü yolculuk dağıtım modeli FURNESS kullanılır. FURNESS'in kullanılması için gereken faraziyelerin geçersiz olması durumunda ise DIST1 ve DISTN kullanılır. Bu programlarda; yolculuk üretim ve çekimleri, maliyetler ile farklı uzaklıklara yapılan yolculukların nispi olarak yapılma olabilirliğini bulan, direnimsizlik fonksiyonu kullanılmaktadır. DIST1 yolculuk üretim ve çekimlerini done olarak kullanarak, sadece bir yolculuk matrisi vermektedir. Kısmen gözlenmiş olan bir matriste, boş hücrelerin doldurulmasında ve bir dağılım fonksiyonunu, gözlenmiş olan yolculuk uzunluğu dağılımına göre kalibre etmede kullanılmaktadır. İki veya üç yolcu grubu için, üretimlerin sadece bir çekim grubuna senkronik olarak dağılması istendiğinde ise DISTN kullanılır. Aralarında fark bulunan, yolculuk maliyeti matrisi ve dağılım fonksiyonları, her bir çekim grubu için veri olarak kullanılabilir.

LOGIT programı türel ayırım analizidir. Türel ayırım modeli değişkenlerinin, kural dışı gözlemlere dayalı olarak kalibrasyonunun yapılmasında kullanılmaktadır. Yapılan hane halkı anketinde, kayıt altına alınan yolculuklar için, olası bütün ulaşım türlerine dair yolculuk maliyeti ve bekleme süreleri gibi karakteristikler veri olarak alınır. Bunun sonucunda ulaşım türü seçilir. Değişkenlerin değerleri, seçilmiş olan ulaşım çeşitlerinin tercih edilme ihtimalini azami kılacak şekilde, tekrarlayan bir işlem ile hesaplanır.

E.1.5. Matrislerle İlgili Prosedürler

Yolculuk matrisleri ve bölgeler arası yolculuk maliyetleriyle ilgili belgeler bütünü; yazmak, toplamak, çıkarmak, genişletmek, sıkıştırmak, çarpmak, bölmek veya karesini almak amacıyla, matris işlemleri için beş adet program kullanılmaktadır. Duyarlılığı sağlamak maksadıyla tüm matrislerdeki değerler, yüz ile çarpılmak suretiyle bellekte muhafaza edilmektedir. PMAT programı vasıtasıyla, matrislerin tam birim şeklinde ya da on veya yüz ile çarpılmış şekilde basılmaları mümkün olmaktadır. Bir dosyada muhafaza edilen tüm bilgileri kolay ve anlaşılabilir şekilde görme imkânını, çok amaçlı maliyet matrisi çıktı programı olan PMAT sağlar. Çıktı; kolon ve satır toplamlarını, bölge içinde gerçekleşmiş olan yolculuk sayılarını, bölge içi veya tüm yolculuklar toplamını ihtiva eder. Eğer mevzubahis, bölgeler arası oluşan maliyet matrisi ise ağ ve matrisin meydana gelmesinde kullanılan, ağaç dosyası ile ağaçların oluşumunda istifade edilen maliyet katsayıları da belirtilmektedir.

BEMAT programıyla yolculuk veya bölgeler arası matris dosyalarının oluşturulması mümkün olmaktadır. Bu programla, mevcut dosyalar içerisinde, seçili hücre değerlerini değiştirmek de mümkündür. Böylece hücre değerleri modifiye edilebilmektedir.

Yolculuk ve maliyet matrislerine ait dosyaların, çıkarma ve toplama gibi işlemleri OPMAT programı ile yapılmaktadır. Programın bir sefer çalışmasında, sayısı birden altıya kadar olan dosyalar aynı anda birbirine eklenebilmektedir. TSMAT programı ile de matrislerin transpoze ve kareleri bulunmaktadır. Matris dosyasındaki mevcut bölgelerin bölünmesi veya birleştirilmesi yoluyla, genişletilmesi ya da sıkıştırılması da ECMAT programı ile yapılmaktadır.

E.1.6. Ekonomik Değerlendirme

Sabit ya da değişken matris yöntemleri kullanılarak, kullanıcıların faydalarının hesaplanması ECVAL programı ile yapılmaktadır. Bu program maliyet fayda analizi için, ulaştırma ağı ile ilgili herhangi bir yatırımın gerçekleştirilmesi sonucunun, temel bir sonuç veya ulaştırma ağına yapılacak olan asgari düzeyde yatırımın sonuçlarıyla kıyaslanması amacıyla kullanılmaktadır. Ağlarda husule gelen değişikliklerden ötürü, ortaya çıkan yolculuk dağılımlarının mertebelerine göre, değişken veya sabit matris değerlendirmeleri yapılabilmektedir. Yolculuk zamanı ve işletim maliyetlerindeki değişikliklere ilişkin yapılan tahminler, ulaşım ağlarına yapılabilecek çeşitli ölçülerdeki yatırım, yeni ağların ve matrislerin en uygun şekilde oluşturulması ile yapılmaktadır. ECVAL programı, diğer programların ileriki aşamalarında, analizlerin gerçekleştirilerek fayda matrisi çıktılarını almak üzere, fayda tablosunun oluşturulması için kullanılmaktadır.

E.1.7. Çizim

Bir sayısallaştırıcıdan yararlanılarak, koordinat dosyasının üretilmesi çizim programlarının kullanılması konusunda büyük kolaylık sağlamaktadır. BHNET programının çıktısıyla, kontrol veri dosyalarından faydalanılarak, ağı göz önünde canlandırmaya yarayan CORD programının bulduğu koordinatları almak için PRENET programı tasarlanmıştır. PRETRES programının çıktısı PLOTRES programında kullanılmakta olan, çizim ağaçlarıdır. PLOTLOD programına girilebilecek çizim dosyası ise PRELOD tarafından üretilmektedir (Transport User Guide, 1986).

EK-2 Demiryolu Yük Matrisleri

Her biri bir yük grubunu temsil etmekte olan 29 adet O-D matrisi sırasıyla çizelgeler hâlinde sunulmuştur.



EK-3 Demiryolu Ağında Bağlantılar Üzerinde Gerçekleşen Yük Hareketleri



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERKAYA, Mehmed Zahid
Doğum yeri, yılı : Ankara, 1986
Medeni hali : Evli
e-mail : m.zahiderkaya@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Kırıkkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü	2011
Lise	Özel Asfa Ferda Lisesi, Fen Bilimleri, Ankara	2003

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2011- ...	Erkayalar Petrol İnşaat Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.	Şirket Müdürü

Belge ve Sertifikalar

İş Güvenliği Uzmanlığı Belgesi (C-B Sınıfı), 2013-2014.

LPG Otogaz İstasyonları Sorumlu Müdür Eğitim Sertifikası, 2013.

İlkyardımcı Sertifikası, 2013.

Tehlikeli Mal Taşımacılığı Sürücü Eğitim Sertifikası (SRC5-Temel+Tanker), 2017.

Üyelikler

Mimar Sinan Mühendisler Birliği (MSMB), 2011.

İnşaat Mühendisleri Odası (İMO), 2013.