

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ	4
2.1 Tedarik Zinciri Kavramı	4
2.1.1 Tedarik Zinciri Tanımı	4
2.1.2 Tedarik Zinciri Çeşitleri	6
2.1.2.1 Tek aşamalı tedarik zinciri	6
2.1.2.2 Çok aşamalı tedarik zinciri	7
2.1.2.3 Tersine tedarik zinciri	8
2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi	9
2.2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi Kavramının Tanımı	9
2.2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi Kavramının Gelişimi	11
2.2.3 Bütünleşik Tedarik Zinciri Yönetimi	13
2.2.4 Tedarik Zincirinde Karar Evreleri	15
2.2.4.1 Tedarik zinciri tasarım evresi	15
2.2.4.2 Tedarik zinciri planlama evresi	16
2.2.4.3 Tedarik zinciri operasyon evresi	16
2.2.5 Tedarik Zinciri Yönetiminin Fonksiyonları ve Aşamaları	17
2.2.6 Tedarik Zinciri Yönetimi Modelleme Yaklaşımları	20
2.2.6.1 Ağ tasarımı modelleri	21
2.2.6.2 Genel düzenleme modelleri	21
3. LİMAN LOJİSTİK HİZMETLERİ	23
3.1 Ülkemiz Ticaretinin Taşıma Biçimleri İtibarıyla Gerçekleştirilme Şekli	23
3.2 Türkiye’de Limancılık	24
3.3 Gemi Tipleri	25
3.4 Liman Hizmet Tipleri	26
3.4.1 Konteyner	26
3.4.2 Genel Kargo	28
3.4.3 Ro – Ro Taşımacılığı	28

3.4.4	Pilotaj / Römorkaj	32
3.4.5	Likit.....	32
3.5	Liman Lojistik Hizmetleri	32
4.	LİMAN LOJİSTİK HİZMETLERİ İÇİN MODEL ÖNERİSİ.....	36
4.1	Model Akış Haritası.....	36
4.2	Simülasyon	37
4.3	İstatistiksel Analizler	44
4.3.1	Hipotez Testleri	44
4.3.2	Korelasyon.....	45
4.4	Bulanık Sayılar ve Bulanık Kümeler.....	47
4.4.1	Chiu ve Park'ın Ortalama Derecelendirme Yöntemi.....	58
4.4.2	Normal Sayının Karşılaştırılması Derecelendirme Yöntemi.....	58
4.4.3	Chen ve Hsieh'in Derecelendirme Yöntemi.....	59
4.4.4	OERI Derecelendirme Yöntemi	59
4.5	Matematiksel Modeller.....	61
4.5.1	Bulanık En Kısa Mesafeli Ağaç Modeli.....	61
4.5.2	Bulanık En Kısa Yol Modeli	64
4.5.3	Bulanık Dinamik Programlama Modeli.....	69
4.6	Duyarlılık Analizi	74
5.	UYGULAMA	76
5.1	Uygulama Yapılan Firmalar Hakkında Bilgi.....	76
5.1.1	X Lojistik Firması.....	76
5.1.2	A Üretim Firması.....	77
5.2	Problemin Tanımı (Amacı).....	79
5.3	Mevcut Durumun Analizi	82
5.3.1	Gemi Yüklemleri İçin Yapılan Ölçümler ve Performans Değerleri	82
5.3.2	Ekipmanlar İçin Yapılan Ölçümler ve Performans Değerleri	85
5.3.2.1	1 çekici, 1 posta ve 3 yarı römork simülasyon modeli	87
5.3.2.2	1 çekici, 2 posta ve 5 yarı römork simülasyon modeli	88
5.3.2.3	Simülasyon modeli sonuçları.....	88
5.3.3	Diğer Verilerin Analizi ve Performans Değerleri.....	89
5.4	Balık Kılıcı – Kök Neden Analizi	90
5.4.1	A Üretim Firmasında Yükleme Hızını Etkileyen Faktörler	93
5.4.1.1	Gemi gelişlerinin homojen olmaması.....	93
5.4.1.2	A Üretim firmasının stok miktarının yüksek olması	94
5.4.1.3	Boru çevrim faktörü.....	94
5.4.1.4	Sevkiyat bölgesi.....	95
5.4.1.5	Diğer faktörler	96
5.4.2	X Lojistik Firmasında Yükleme Hızını Etkileyen Faktörler	98
5.4.2.1	Aynı anda limanda olan genel kargo gemi sayısı	98
5.4.2.2	A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemi sayısı	99
5.4.2.3	Vinç tipi	100
5.4.2.4	Gemi tipi	101
5.4.2.5	Posta sayısı	102
5.4.2.6	Yükleme esnasında elleçlenen boru bağ sayısı.....	103
5.4.3	Yükleme Hızını Etkileyen Ortak Faktörler.....	104
5.4.3.1	Ekiplerin senkronizasyonu.....	104
5.4.3.2	İyi planlama yapılamaması	105
5.4.3.3	Geminin limanda kalış süresi.....	106

5.5	Kök Neden Analizi Sonuçları	107
5.6	Problemin Modellenmesi	111
5.6.1	Verilerin Düzenlenmesi	112
5.6.2	Bulanık Sayıların Model Üzerine Yerleştirilmesi	114
5.6.3	Bulanık En Kısa Mesafeli Ağaç Modeli	115
5.6.4	Bulanık En Kısa Yol Modeli	124
5.6.5	Bulanık Dinamik Programlama Modeli	134
5.7	Duyarlılık Analizi	144
5.7.1	Bulanık En Kısa Mesafeli Ağaç Modelinde Duyarlılık Analizi	145
5.7.2	Bulanık En Kısa Yol Modelinde Duyarlılık Analizi	154
5.7.3	Bulanık Dinamik Programlama Modelinde Duyarlılık Analizi	164
5.8	Sonuçlarının Değerlendirilmesi	173
6.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	175
KAYNAKLAR		179
EKLER		184
ÖZGEÇMİŞ		206

SİMGE LİSTESİ

$\mu_{\tilde{A}}(x)$	Bulanık küme üyelik derecesi
f_A^R	A için sağ üyelik fonksiyonu
f_A^L	A için sol üyelik fonksiyonu
$\tilde{T}_i$	i aktivitesinin bulanık en geç başlangıç zamanı
$\tilde{d}_i$	i aktivitesinin bulanık süresi
$h(t_{ij})$	Bulanık işlem süresi T_{ij} için ortalama yükseklik
$\tilde{t}_i$	i aktivitesinin bulanık en erken başlangıç zamanı
$\tilde{m}_i$	i aktivitesinin gerçekleşme zamanı
a	Bulanık en küçük olası değer
b	Bulanık en olası değer
c	Bulanık en büyük olası değer
C^t	t fazındaki bulanık kısıtlar
$D(x_0)$	Dinamik modelin temel performansı
E_{ij}	Bulanık aktivitelerin süreklilik zamanını
EF_{ij}	En erken bitiş zamanı
ES_{ij}	En erken başlama zamanı
$F_i(j)$	İleriye doğru bulanık düğüm küme
$G(x)$	Bulanık küme kesişimleri
G_t	t safhasındaki fazındaki arzu edilen bulanık hedef
k	Bulanık ortamda karar alıcının tercihi
LF_{ij}	En geç bitirme zamanı
LS_{ij}	En geç başlama zamanı
$P(A_i)$	Derecelendirilmiş ortalama integral gösterimi
r	Korelasyon katsayısı
T_w	Proje bitiş zamanı
$X(w)$	Risk tercihi, $[0,1]$ mevcut w düzeyinde subjektif ağırlık
β	$[0, 1]$ arasındaki değerleri alacak ve kullanıcının tercihi.
μ	Örneklem ortalama değeri
Ψ_{ij}	i den j'ye minimum maliyet değeri
ω	En istenen değer in gücü

KISALTMA LİSTESİ

CAD	Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	Computer Aided Manufacturing – Bilgisayar Destekli Üretim
CORN	En İyi Derecelendirme Metodu
CSCMP	Tedarik Zinciri Yönetimi Profosyonelleri Konseyi
DP	Dinamik Programlama
ERW	Değişen Boyuna Kaynaklı
FDP	Bulanık Dinamik Programlama
FMST	Bulanık En Kısa Mesafeli Ağaç Modeli
FPERT	Bulanık PERT
IMCO	Tehlikeli Ürün Derecesi
ISPS	International Security Port Surcharge – Liman Güvenlik Ücreti
MCDM	Multi Criteria Decision Making - Çok Kriterli Karar Verme
MST	En Kısa Mesafeli Ağaç Modeli
NBD	Net Bugünkü Değer
NCPDM	Ulusal Fiziksel Dağıtım Yönetimi Konseyi
OERI	Overall Existence Ranking Index
PCC	Pure Car Carrier – Özel Araç Taşıyıcıları
PDI	Pre Delivery Inspection – Teslimat Öncesi Kontrol
PDP	Probabilistic Dynamic Programming – Olasılıksal Dinamik Programlama
PERT	Program Evaluation and Review Technique
RF	Radyo Frekans
RTG	Rubber Tyred Gantry – Kauçuk Lastikli Vinçler
SAW	Değişen Spiral Kaynaklı
SCM	Supply Chain Management
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TEU	Twenty Foot Equivalent Unit – 20'lik Konteyner Birimi
TFN	Üçgensel Bulanık Sayı
TZY	Tedarik Zinciri Yönetimi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Tedarik zinciri örneği (Metz, 1998)	6
Şekil 2.2 Tek aşamalı tedarik zinciri (Metz, 1998)	7
Şekil 2.3 Çok aşamalı tedarik zinciri (Metz, 1998)	8
Şekil 2.4 Faaliyetler ve işletmeler (New ve Payne, 1995)	10
Şekil 2.5 Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları (Fox, 1997)	18
Şekil 2.6 Tedarik zinciri yönetiminin dört aşaması (Ganeshan ve Harrison, 1995)	19
Şekil 4.1 Kullanılan yöntemlerin akış haritası	37
Şekil 4.2 Korelasyon ilişkileri (Ünver ve Gamgam, 2006)	46
Şekil 4.3 Üçgensel bir bulanık sayı (Özkan, 2003)	48
Şekil 5.1 Problemin ana süreci	81
Şekil 5.2 Problemin detaylı süreç akışı	81
Şekil 5.3 X Lojistik yükleme performansı balık kılçığı diyagramı	91
Şekil 5.4 A Üretim firması yükleme performansı balık kılçığı diyagramı	92
Şekil 5.5 Gemi yüklemesi için tasarlanan aparat	108
Şekil 5.6 Düğüm nokta diyagramı	113
Şekil 5.7 Bulanık düğüm nokta diyagramı	115
Şekil 5.8 Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli kritik yolu	124
Şekil 5.9 Bulanık en kısa yol modelinde kritik yol	134
Şekil 5.10 Bulanık dinamik programlama modelinde kritik yol	143
Şekil 5.11 Bulanık düğüm nokta diyagramı_ duyarlılık analizi	145
Şekil 5.12 Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli kritik yolu – duyarlılık analizi	154
Şekil 5.13 Bulanık en kısa yol modelinde kritik yol – duyarlılık analizi	163
Şekil 5.14 Bulanık dinamik programlama modelinde kritik yol – duyarlılık analizi	172

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi (Ayers, 2004).....	11
Çizelge 2.2 Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi (Tan, 2000)	13
Çizelge 3.1 Dış ticaretimizde taşımacılık sistemlerinin payları (%) (DPT,2002).....	24
Çizelge 3.2 Gemi tipleri (Storch, 1998)	26
Çizelge 4.1 Bulanık sayıların 6 kritere göre derecelendirilmesi (Prodanovic, 2001).....	51
Çizelge 5.1 A Üretim firması yıllık ihracat hedef tonajı	78
Çizelge 5.2 A Üretim firması bölge bazında ihracat tonaj dağılımı.....	79
Çizelge 5.3 Süreç adımlarının ortalama ve standart sapma süreleri.....	84
Çizelge 5.4 1 çekici, 1 posta ve 3 yarı römork simülasyon modeli sonuçları	87
Çizelge 5.5 1 çekici, 2 posta ve 5 yarı römork simülasyon modeli sonuçları	88
Çizelge 5.6 Simülasyon modeli sonuçları	89
Çizelge 5.7 X Lojistik limanında A Üretim firması için yüklenen gemi verileri.....	89
Çizelge 5.8 Gelen gemilerin yanaşma günleri için anova testi.....	93
Çizelge 5.9 A Üretim firmasının stok düzeyi ve yükleme hızı arasındaki anova testi.....	94
Çizelge 5.10 Boru çevrim faktörü ve yükleme hızı arasındaki anova testi	95
Çizelge 5.11 Sevkıyat bölgesi ve yükleme hızı arasındaki anova testi	96
Çizelge 5.12 Yükleme hızı ile limandaki genel kargo gemi sayısı için anova testi	99
Çizelge 5.13 Yükleme hızı ile aynı anda limanda olan A üretim firması gemi sayısı anova testi.....	100
Çizelge 5.14 Yükleme hızı ile limandaki geminin yüklenmesi için kullanılan vinç tipi arasındaki anova testi.....	101
Çizelge 5.15 Gemi tipi ve yükleme hızı arasındaki anova testi.....	102
Çizelge 5.16 Posta sayısı ve yükleme hızı arasındaki anova testi	102
Çizelge 5.17 Yükleme esnasında elleçlenen boru bağ sayısı ve yükleme hızı arasındaki anova testi	103
Çizelge 5.18 Yükleme hızı ile ekiplerin senkronizasyon durumu arasındaki anova testi	105
Çizelge 5.19 Yükleme hızı ile iyi planlama yapılması durumu anova testi	106
Çizelge 5.20 Yükleme hızı ile limanda geminin kalış süresi arasındaki korelasyon testi.....	107
Çizelge 5.21 Gemi yükleme hızını etkileyen kök nedenler.....	107
Çizelge 5.22 Değişkenler ve değişken tipleri	111
Çizelge 5.23 Gemi yükleme hızını etkileyen faktör ile ilgili istatistik veriler	114
Çizelge 5.24 Gemi yükleme hızını etkileyen faktörler ile ilgili istatistik veriler	144

Çizelge 5.25 Uygulama sonuçlarının karşılaştırılması	173
Çizelge 5.26 Duyarlılık analizi uygulama sonuçlarının karşılaştırılması.....	173
Çizelge Ek.1 Yarı römork yüklenme süresi ölçüm sonuçları.....	184
Çizelge Ek.2 Yarı römorkun kantara varma süresi ölçüm sonuçları.....	184
Çizelge Ek.3 Yarı römorkun tartılma süresi ölçüm sonuçları	185
Çizelge Ek.4 Yarı römorkun iskeleye varma süresi ölçüm sonuçları.....	185
Çizelge Ek.5 Yarı römorkun posta altına yanaşma süresi ölçüm sonuçları	185
Çizelge Ek.6 Yarı römorkun gemiye yüklenme süresi.....	186

ÖNSÖZ

Firmalar son yıllarda, üretim odaklılıktan çıkıp, tedarik zincirine uygun servis ve üretim yapısını tasarımları sonucunda müşteri hizmet seviyelerini iyileştirebileceğini, sistemlerindeki fazla envanterin ve gereksiz maliyetlerin azaltılabileceğinin farkına varmıştır.

Tedarik zinciri yönetimi, müşteriyi daha memnun edecek şekilde, daha iyi ürün ve hizmet üretilip sunmak için genişleyen faktörler bileşenini planlama ve kontrol etme amacıyla, ileri teknoloji, bilişim yönetimi ve yöneylem araştırması tekniklerini kullanmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi, her bir müşterinin farklı olan ihtiyaçlarına cevap verilmesi için süreçlerin geliştirilmesini ele almaktadır. Müşteriler, tedarikçilerin ve tedarikçi uygulamalarının yönlendiricisidir. Tedarik zinciri yönetiminin bir işletmenin tüm problemlerini çözmesi beklenemez. Tedarik zinciri, doğru bir şekilde uygulandığında yeni bir rekabet boyutu yaratabilecek operasyonel bir strateji olduğu, günümüzde birçok firma tarafından kabul edilmiştir.

Bu çalışmada 20. yüzyılda geliştirilen en önemli iş stratejilerinden biri olan tedarik zinciri yönetiminde liman lojistik hizmetleri incelenecektir. Son yıllarda firmaların rekabet güçleri, tedarik zinciri üzerinde elde edebilecekleri verimlilikler ile fark yaratacak düzeye gelmiştir. Lojistik maliyetlerin minimize edilmesi üretim firmaları için ciddi bir rekabet gücü oluşturacaktır. Bu amaçla ihracat yapan bir üretim firması için verilen liman hizmetleri yöneylem araştırması teknikleri kullanılarak modellenmiş ve optimize edilmiştir. Sonuç olarak liman hizmetlerinden elde edilen verimlilikler ölçümlenmiş olup, üretim firmasının uluslararası piyasadaki rekabet gücüne katkıda bulunulmuştur.

Çalışmam sırasında benden bilgi, tecrübe ve ilgilerini esirgemeyen, çalışmalarında beni yönlendiren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Semih Önüt'e, tez izleme komitesinde bulunan, tezim ile ilgili her konuda destek veren, değerli hocalarım Prof. Dr. Cengiz Kahraman'a ve Prof. Dr. Turay Gökçen'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tüm hocalarıma, yöneticilerime, arkadaşlarıma ve benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Günümüz şartları firmaların ürün fiyatlarını dolayısıyla maliyetlerini ve verimliliklerini daha iyi kontrol etmelerini ve bunları ayrıca sürekli yapmalarını zorunlu kılmaktadır. Firmaların bunları gerçekleştirebilmesi sadece şirket içi süreçleri iyileştirmekle olmayacaktır. Aynı zamanda tedarik zincirinin parçası olan satıcı, müşteri, dağıtıcı ve nakliyecisi arasındaki iş birliğinin gücüne bağlı olacaktır. Tedarik zincirinin her bir parçasının birbiri ile olan iletişimi, operasyonel taahhütlerin belirlenmiş olması ile bu taahhütlerin yerine getirilmesi ve doğru bilgi akışı zincirin başarısını etkileyen temel etmenlerdir. Tedarik zincirinde yer alan her bir halkanın başarısı veya başarısızlığı tüm sonucu etkileyeceğinden yönetimi oldukça kritik bir konudur. Firmaların uluslararası piyasada rekabet gücünü etkileyen lojistik gücü, lojistik yönetiminin önemini ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Bu çalışmada tedarik zincirinin bir halkası olan liman lojistik hizmetleri irdelenmiştir. Liman lojistiği konusunda özellikle genel kargo yükü ile ilgili olarak yapılan bu çalışmada bir üretim firmasında üretilen ihracat ürünlerinin gemiye yüklenmesi süreci ele alınmıştır. İlk olarak mevcut gemi yükleme hızına ait performans ölçümlenmiştir. Daha sonra bu performansı etkileyen nedenlerin belirlenmesi için hipotez testlerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın temelinde gemi yükleme hızının artırılması için neler yapılması gerektiği ortaya çıkartılmıştır. Gereklilikler ortaya çıkartılırken matematiksel modellerden (bulanık en kısa mesafeli ağaç, bulanık en kısa yol ve bulanık dinamik programlama), simülasyondan ve istatistikî yöntemlerden yararlanılmıştır. Aynı problem üç farklı bulanık matematiksel model ile çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve her bir model için ayrı ayrı duyarlılık analizi yapılmıştır. Ulaşılmak istenen, limandaki geminin hızlı yüklenmesi ile elde edilecek fırsat getirilerinin ortaya çıkartılması, gemi kiralama anlaşmalarını optimum bir şekilde yapılması, üretim firması için navlun fiyatlarında avantaj elde edilmesi ve kaynakların etkin kullanımının sağlanmasıdır.

Anahtar kelimeler : liman lojistiği, genel kargo, bulanık en kısa mesafeli ağaç, bulanık en kısa yol, bulanık dinamik programlama, simülasyon.

ABSTRACT

Today's conditions necessitate firms to control products' prices continuously, which accordingly provides control over their costs, and productivity better than before. These can not only be realized with the improvements on firms' internal processes but also the collaboration power between the parts of the supply chain such as supplier, customer, distributor and transporter will affect the success. The success of the chain depends on the factors such as communication of each and every part of the supply chain with one another, the determination of operational standards and realization of these standards, as well as accurate information flow. As each success and failure of the part on the supply chain would affect the eventual result, the management of the supply chain is a critical issue. Logistics consuming power determines firms' competition power at international market and this is why the importance of logistics management becomes fundamental.

At this study, part of the supply chain – port logistics was analyzed in detail. Especially general cargo type export products loading process is in the scope of this project. Firstly present baseline vessel loading rate is measured. Then the factors that effect the baseline loading performance is determined with hypothesis testing. The aim of this study is to display the methodology for increasing the loading rate of the vessel. While revealing the necessities, mathematical models, such as fuzzy minimal spanning tree, fuzzy shortest path, fuzzy dynamic programming, simulation and statistical methods are utilized. The problem is solved with three different fuzzy mathematical models. The results of each model are compared. Also for each mathematical model duality analysis is applied. It is aimed to determine the opportunity income that can be gained as a result of increased loading rates, optimum vessel rental agreements, and how to obtain decreased freight prices and effective source usage for production firms.

Key words: port logistics, general cargo, fuzzy minimal spanning tree, fuzzy shortest path, fuzzy dynamic programming, simulation.

1. GİRİŞ

Dünyamızda hızlı bir teknolojik ve ekonomik gelişme yaşanmaktadır. Bu gelişmeler küreselleşme dediğimiz olguyu her geçen gün daha ileriye götürmektedir. Böylelikle rekabet ortamı da küresel düzeye taşınmaktadır. Küresel düzeydeki rekabet, şirketleri ürünlerini daha kaliteli yapmaya, daha hızlı hazırlamaya ve daha çabuk teslim etmeye doğru zorlamaktadır. Uluslararası piyasalarda pazar payını muhafaza etmek veya arttırmak için, düşük maliyete girdi temini ayrıca üretilen malların yine uluslararası piyasalarda rekabet edilebilir fiyatlarla, gecikmeden zamanında arzını gerekli kılmaktadır.

Gelişen dünyada, şirketlerin karlarını ve maliyetlerini optimize etmenin yanında bunları kontrol altına almak için girdikleri arayışlar, yeni ihtiyaçların ortaya çıkmasına ve yeni kavramların oluşmasına neden olmuştur. Tedarik zincirleri, iş ortaklıkları, tedarikçiler, imalatçılar, perakendeciler ve müşteriler arasında iletişim, projelerin ortak bir alan üzerinden takip edilmesi ve yönetilmesi, müşteri isteklerinin en etkin ve verimli bir şekilde karşılanabilmesi, kaynakları en etkin bir biçimde kullanılması, verimliliğin artırılması, maliyetlerin azaltılmasını sağlar. Planlı, hızlı ve esnek bir tedarik, üretim ve dağıtım zincirini ortaya çıkarabilecek ve gerçekleştirecek temeller üzerine ortaya çıkmış bir kavramdır.

Bir şirketin tedarik zinciri; hammadde üreticileri, hammadde ve yarı mamullerin işlenmiş ürüne dönüştürülmesinde, yani imalat işlemleri sırasında tedarik işleri ile uğraşanlar ve bunun ardından bitmiş ürünlerin dağıtım kanallarında nihai tüketiciye ulaştırılması sırasında değer katan, bütün unsurlardır.

Günümüzde üretim maliyetleri yaklaşık değerler arz etmektedir. Üretim maliyetlerinin yaklaşık olduğu bir ortamda rekabet edilebilir olabilmek için lojistik, kullanılabilecek en önemli araçtır. Lojistik faaliyetler üzerinde yapılacak oynamalarla rakiplerin bir adım önünde olmak mümkün olabilmektedir. Böyle bir rekabet ortamında pazar payının ve karın arttırılabilmesinin ve muhafazasının en önemli ayağı, düşük maliyetle girdi temini ve malların rekabet edebilir fiyatlarla ve zamanında piyasaya sunulmasını sağlayan lojistik faaliyetlerdir. Diğer bir değişle verilen lojistik hizmetin kalitesi, uluslararası pazarlarda rekabet edebilmenin önemli bir unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır.

The Council of Logistics Management (CLM) kuruluşu tarafından yapılan tanıma göre lojistik, müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, hizmetin ve bilgi akışının, başlangıç noktasından (kaynağından) tüketildiği son noktaya (nihai tüketiciye) kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkili ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması,

taşıması, depolanması ve kontrol altında tutulmasıdır.

Lojistik kavramı içerisinde kara, hava, deniz ve demir yolu taşımacılığının yanı sıra depolama, gümrükleme, liman ve terminal vb. hizmetleri de yer almaktadır. Liman hizmetleri, depolama ve terminal hizmetleri tedarik zincirinde ürünlerin statik olarak durduğu noktalardır. Diğer bir deyişle ürünler bu noktalarda elleçlenmektedir. Bu noktalardaki hareketlerden elde edilebilecek verimlilikler, operasyonel maliyetlerin düşmesine direkt etki etmektedir.

Bu çalışma ile limanlarda verilmekte olan lojistik hizmetlerinin matematiksel bir model kurularak optimize edilmesi hedeflenmiştir. Literatürdeki uygulamalar genelde konteyner hareketlerinin verimliliğini arttırmak üzerine yoğunlaşmıştır. Konteyner hareketlerinin verimliliğini arttırmak amacıyla kurulan matematiksel modellerin tümü, konteyner hareketleri ile ilgilidir. Bu çalışmaya konu olan ürün tipi, genel kargo olarak adlandırılan açık yüklerdir. Genel kargo yüklerinin elleçlenmesi, ürün tipinden ürün tipine göre değişmektedir. Ürün tipinin genel olarak standart olmayışı, akademik çalışmaları daha çok standart olan konteyner ile yapılan çalışmalara yönlendirmiştir.

Çalışmaya konu olan üretim firması ihracat yüklerinin gemiye yüklenme performansı, gemi yüklemesini etkileyen faktörlere bağlı olarak, farklılık göstermektedir. Bu yüzden, tüm bu değişkenlerin matematiksel bir model yardımı ile modellenerek en uygun gemi kiralama anlaşmalarına karar verilmesi, liman verimliliğinin artırarak operasyonel maliyetlerin düşürülmesi ve liman gelirlerinin artırılması hedeflemiştir. Modelleme yöntemi olarak bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli, bulanık en kısa yol ve bulanık dinamik programlama modelleri kullanılmış olup bu üç modelden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bulanık modellerin kullanılmasının nedeni, veriler yeterli sayıda olmadığından, gerçek hayata daha yakın sonuçların elde edilmesini sağlamaktır.

Problem içerisinde gemi yüklenmesi esnasındaki ekipman yeterliliği de, Arena simülasyon programı yardımı ile modellenmiştir. Bu model yardımı ile gemi yüklenmesi esnasında gerekli olan optimum çekici ve yarı römork sayısı belirlenmiştir.

Çalışma 6 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde tedarik zinciri, üçüncü bölümünde liman lojistik hizmetleri, dördüncü bölümde uygulama metodolojisi, beşinci bölümde uygulama ve altıncı bölümde de sonuç ve değerlendirme yer almaktadır.

İkinci bölümde yer alan tedarik zinciri yönetimi konusunda, tedarik zinciri tanımı ve kavramı,

tedarik zinciri çeşitleri, tersine tedarik zincirleri, tedarik zinciri yönetimi, bütünleşik tedarik zinciri yönetimi ve bu kavramın gelişiminden bahsedilmektedir. Tedarik zincirleri günümüzde rekabet konusunda firmalara gözle görülür etkilerde bulunduğundan, tedarik zincirinin tasarımı, planlaması ve operasyon evreleri de ikinci bölümde detaylandırılmıştır. Tedarik zincirinde görülen modelleme yaklaşımları da çalışma içerisinde yer almaktadır.

Üçüncü bölümde ise liman lojistik hizmetlerinden bahsedilmektedir. Türkiye ticaretinin taşıma biçimleri, Türkiye'deki limancılık gelişimi, gemi tipleri, liman hizmet tipleri, konteyner, genel kargo, ro ro taşımacılığı ve pilotaj hizmetleri detaylandırılmıştır. Limanlarda verilen her bir hizmet için ayrı ekipmanlar ve sahalar olması gerekmektedir. 21. yüzyılda deniz taşımacılığında konteyner ile taşımının arttığı görülmektedir. Limanlarda verilen hizmetler de liman lojistik hizmetleri başlığı altında açıklanmıştır.

Dördüncü bölüm olan liman lojistik hizmetleri için model önerisinde ise, beşinci bölümde uygulama yapılan konu ile ilgili yararlanılan yöntemler irdelenmiştir. Modelde kullanılan simülasyon – montaj hattı dengeleme, hipotez testleri, korelasyon, bulanık sayılar, bulanık sayıların derecelendirilme metodları, problemin modellendiği bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli, bulanık en kısa yol, bulanık dinamik programlama ve duyarlılık analizi ile ilgili olarak teorik ve literatür araştırmaları, bu bölümün konusudur.

Beşinci bölüm olan uygulama bölümünde öncelikli olarak uygulama yapılan firmalar hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra problemin tanımı, mevcut durum analizi yapılmıştır. Mevcut durum analizinde problemin hedefi ile ilgili olarak mevcut performans durumu ortaya çıkartılmıştır. Mevcut durum ile hedeflenen durum arasındaki farklılıkların nerelerden kaynaklandığını bulmak amacıyla, kök neden analizi yapılmıştır. Kök neden analizi esnasında ortaya atılan olası kök nedenler, istatistiksel yöntemler ile ispat edilmiştir. Daha sonrasında kök nedenler için çözüm üretilmeye başlanmıştır. Kök nedenler içerisinde yer alan ve kontrol edilmesi güç olan değişkenlerin bulunduğu matematiksel bir model kurulmuştur. Bu model ile problemin amacının ne oranda gerçekleştirebileceği ortaya konulmuştur. Daha sonra kurulan bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli, bulanık en kısa yol ve bulanık dinamik programları modelleri ile problem çözümlenmiştir. Değişkenlerin değişmesi ile modelin ne şekilde davranacağını gözlemlemek amacıyla tüm modeller için duyarlılık analizi yapılmıştır. Tüm sonuçların karşılaştırılması da beşinci bölümde yer almaktadır.

Son bölümde ise bu çalışmanın gelecek çalışmalara yön vermesi açısından elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler yapılmaktadır.

2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçiler, üreticiler, dağıtımıcılar ve müşteriler üzerinde oluşan bir ağdaki malzeme, bilgi ve parasal akışların yönetimini içermektedir. Bu akışların koordinasyonu ve entegrasyonu tedarik zinciri yönetiminin başarılı olmasını sağlayacaktır.

Küresel pazarda dinamik pazar taleplerinin “istenen zamanda” karşılanması rekabet üstünlüğü açısından kritik öneme sahiptir. Müşterinin aradığı bir ürünü – kalitesinden ödün vermeden – dünyanın herhangi bir noktasında bulabilmesi, işletmeler tarafından iyi ve doğru kurgulanmış bir “Tedarik Zinciri Yönetimi” ile mümkündür. Özellikle gıda, otomotiv, tekstil, elektronik, turizm ve lojistik sektörlerindeki tedarik zinciri yönetimi uygulamaları geleceğin ticaret biçiminide oluşturmaktadır.

Bu bölümde tedarik zinciri yönetimi kavramının algılanmasına katkı yapmak amacıyla tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi (TZY) ile ilgili temel konulara değinilecektir.

2.1 Tedarik Zinciri Kavramı

Tedarik zinciri; hammadde üreticileri, hammadde ve yarı mamullerin işlenmiş ürüne dönüştürülmesi, yani imalat işlemleri sırasında tedarik işleri ile uğraşanlar ve bunun ardından bitmiş ürünlerin dağıtım kanallarında nihai tüketiciye kadar ulaştırılması sırasında değer yaratan bütün unsurlardır.

Yoğun rekabet ortamında pazar paylarını kaybetmek istemeyen üreticiler; geniş bir alana dağılan müşterilerine daha yakın olmak, ürün teslim ve servis sürelerini daha da kısaltıp, daha iyi hizmet verebilmek amacıyla bölgesel pazarlama ve bölgesel dağıtım merkezleri kurma yoluna gitmişlerdir.

Ürün ve hizmet üretim sürecinin ilk aşamasından sonuna dek verimli ve güçlü bir platforma ihtiyaç vardır. Tedarik zincirinde satış ve talep tahminlerinden stok kontrolüne dek her noktada satın alma ve stok süreçlerini optimize eden bu işletmeye önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlayacak etkin bir teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bu unsurları tedarik zinciri çatısı altında incelemekteyiz.

Bu bölümde tedarik zincirinin tanımı, yapısı ve çeşitleri ile ilgili bilgiler verilmektedir.

2.1.1 Tedarik Zinciri Tanımı

Tedarik zinciri kavramı genel bir ifadeyle, hammaddelerin siparişinden ve elde edilmesinden,

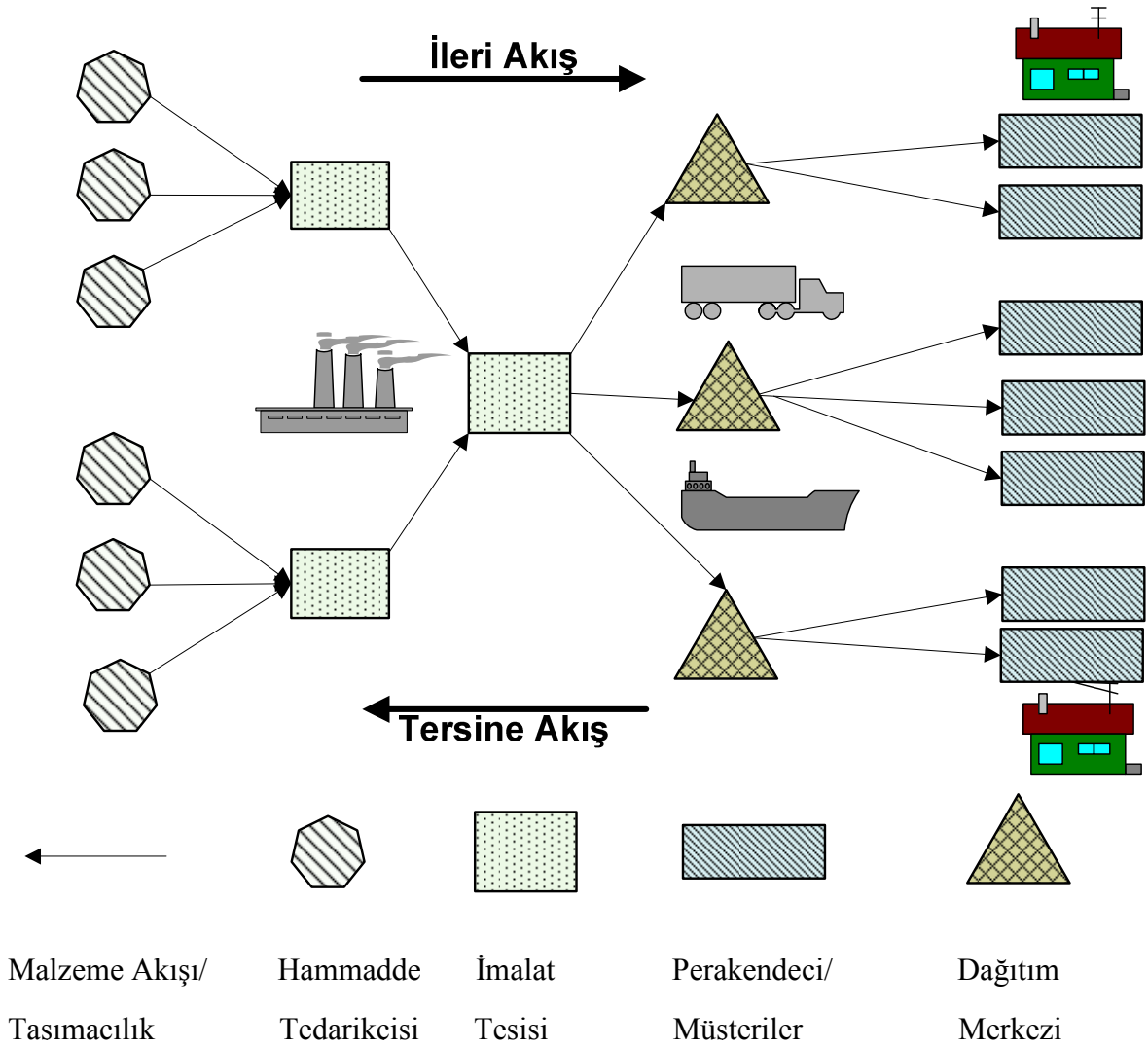
mamullerin üretilmesine ve müşteriye dağıtımına ve ulaştırılmasına kadar olan kurumsal fonksiyonlarına uzanan, bir faaliyetler dizisi olarak tanımlanabilir. Literatürde; tedarik zinciri kavramına ilişkin, temelde benzeşen birçok farklı tanımlama yapılmıştır.

Tedarik zinciri, bir veya daha fazla ürün grubuyla ilgili elde etme, üretim ve dağıtım faaliyetlerinden kolektif bir biçimde sorumlu olan ve otonom veya yarı otonom iş faaliyetlerinden oluşan bir şebeke olarak ifade edilmektedir. Lee ve Billington'a (1995) göre ise tedarik zinciri; hammaddeleri elde eden, bunları yarı ve tamamlanmış ürünlere dönüştüren ve ardından bir dağıtım sistemi vasıtasıyla bu ürünleri müşterilere teslim eden yapılar şebekesidir.

Tedarik Zinciri Konseyi'ne göre, tedarik zinciri kavramı, son ürünün üretilmesi ve dağıtımı (tedarikçinin tedarikçisinden, müşterinin müşterisine kadar) ile ilgili bütün çabaları kapsamaktadır. Bu çabalar plan (tedarik ve talebin yönetimi), kaynak (hammadde ve yarı mamullerin temini), üretim (imalat ve montaj) ve teslim (depolama ve stok takibi, sipariş alımı ve yönetimi, bütün kanal boyunca dağıtım ve müşteriye teslim) olmak üzere dört temel süreçten oluşur. Tedarik zinciri konseyinin tanımına ek olarak, bütün bu aktivitelerin denetimini sağlayan bilgi sistemlerinin de tedarik zinciri aktivitesi olarak belirtilmesi gündeme gelmiştir.

Bütün bu tanımlamalardan hareketle, bir şirketin tedarik zinciri, hammaddelerin ve/veya yarı mamullerin tedarik edilmesinden, bitmiş ürünlerin dağıtım kanallarıyla son tüketiciye kadar ulaştırılmasına kadar olan süreçlerde değer yaratan bütün unsurlardır. Bu tanımlı tüketici açısından ifade ettiğimiz taktirde ise, tedarik zinciri bir ürün veya hizmet için talepleri yerine getirmek üzere gereken değeri meydana getiren aşamaların veya unsurların tamamıdır.

Tedarik zinciri kavramının anlaşılabilirliğine katkı sağlamak amacıyla, Şekil 2.1'de bir tedarik zinciri örneği sunulmaktadır. Şekil 2.1'e göre, malzemeler hammadde kaynaklarından aşağıya doğru hammaddeleri yarı-mamullere (bunlar bileşenler ya da parçalar olabilir) dönüştüren bir üretim seviyesi boyunca akarlar. Bir sonraki seviyede bileşenler, ürünleri oluşturmak için bir araya getirilirler. Son aşamada ise, ürünler, dağıtım merkezlerine ve oradan da perakendecilere veya müşterilere gönderilirler (Metz, 1998).



Şekil 2.1 Tedarik zinciri örneği (Metz, 1998)

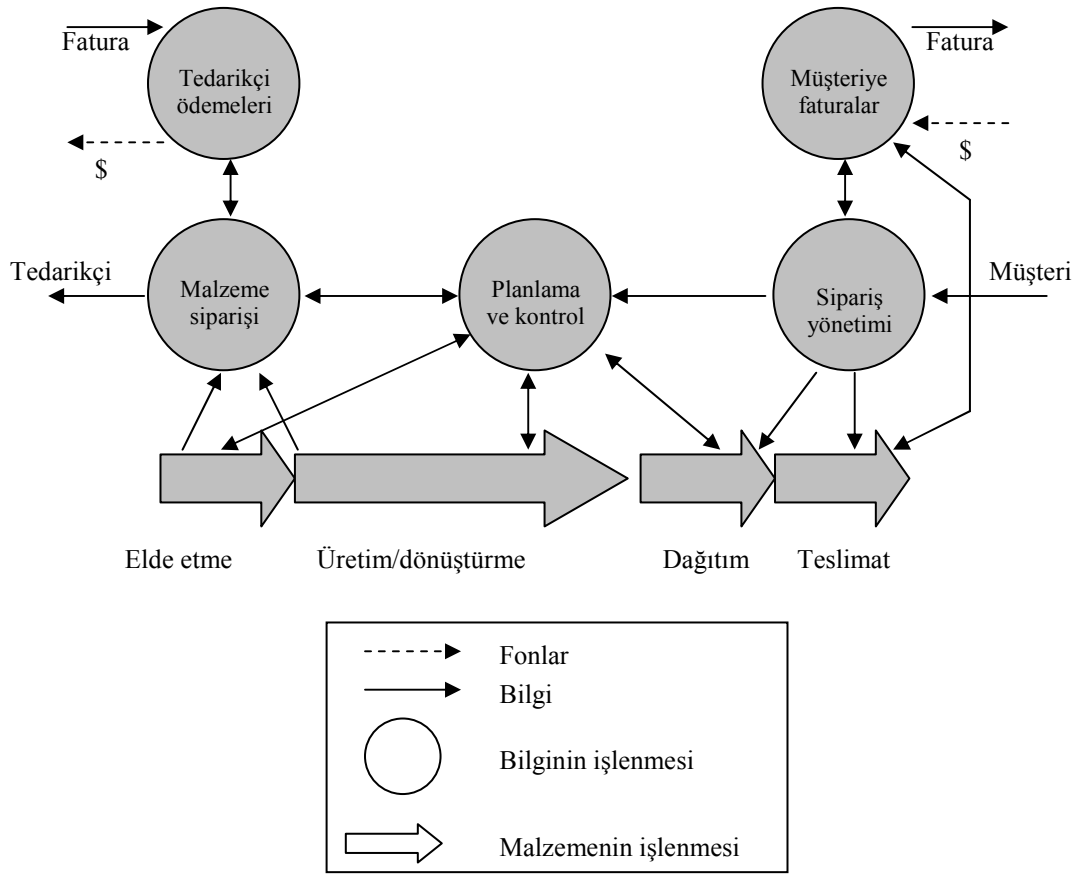
2.1.2 Tedarik Zinciri Çeşitleri

Tedarik zincirleri yapılarına göre tek aşamalı ve çok aşamalı olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca ürünlerin geri dönüşümünü içeren, çevre odaklı tersine tedarik zincirleri de özellikle son yıllarda oldukça dikkat çeken bir konudur.

2.1.2.1 Tek aşamalı tedarik zinciri

Tedarik zincirleri, artan karmaşıklığa göre çeşitlilik göstermektedirler. Tek aşamalı tedarik zinciri; hammaddelerin elde edilmesini, üretim ve dağıtımın malzeme akış fonksiyonları ile birleştirilmesidir. Bu çeşit tedarik zincirinde birçok bilgi işleme ve karar verme fonksiyonu bulunmaktadır. Ayrıca, borçlar ve alacaklar biçimindeki işletme sermayesi, envanter ve ekipman biçimindeki çalışma sermayesi kadar önemli olduğundan dolayı, tek aşamalı tedarik

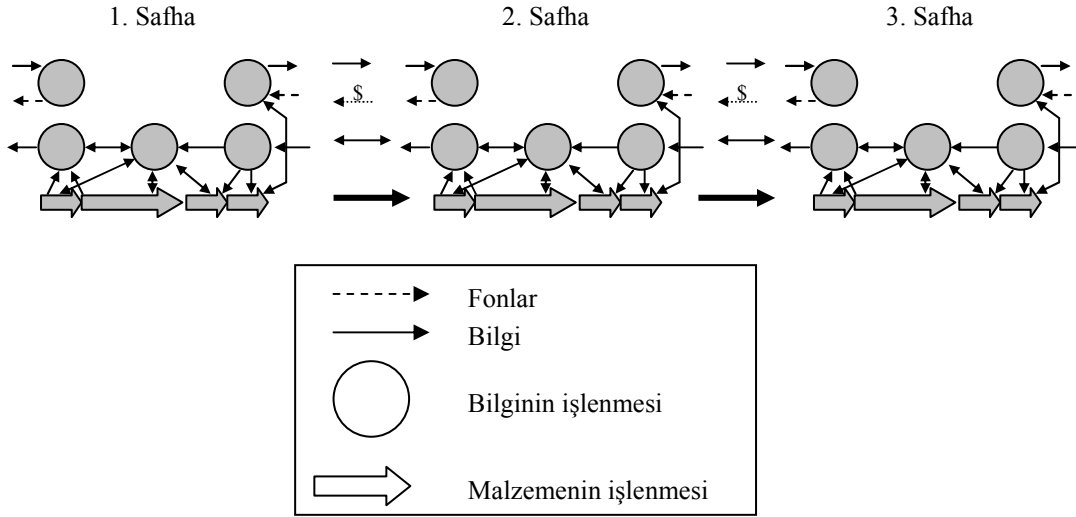
zinciri fonların yönetimini de kapsamaktadır. Şekil 2.2, tek aşamalı tedarik zinciri modelini göstermektedir.



Şekil 2.2 Tek aşamalı tedarik zinciri (Metz, 1998)

2.1.2.2 Çok aşamalı tedarik zinciri

Çok aşamalı tedarik zinciri, daha önce belirtilen tedarik zinciri tanımına daha iyi bir örnek teşkil eder. Bu tip tedarik zincirleri genel olarak çok şirketli tedarik zincirleridir ve özellikle tek aşamalı tedarik zincirlerinin çoklu kopyalarıdır. Volkswagen çok aşamalı tedarik zincirine iyi bir örnek sunmaktadır. Bu örnekte; üretici, ilerideki sipariş bilgilerini ve gerçek siparişleri elektronik olarak alarak satıcılarıyla birlikte çalışmakta ve günlük otomobil üretim planlaması için verileri girmektedir (Metz,1998). Şekil 2.3 ise, çok aşamalı tedarik zincirini göstermektedir.



Şekil 2.3 Çok aşamalı tedarik zinciri (Metz, 1998)

2.1.2.3 Tersine tedarik zinciri

Tedarik zinciri, hammaddeden tüketime kadar olan malzeme, hizmet ve bilgi akışını kapsamaktadır. Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (CSCMP) – eski adıyla Lojistik Yönetimi Konseyi- üç sene önce yaptığı değişiklikle tedarik zinciri sürecinin her iki yöne doğru olduğunu ortaya koymuştur. Yani, tüketim noktasından hammaddeye doğru da bir mal, hizmet ve bilgi akışı mevcuttur. Bu akışa tersine tedarik zinciri adı verilmektedir. Tersine tedarik zinciri, ömrü tükenmiş ürünlerin elde edilmesi, bu ürünlerin yarı mamul, bileşen ve/veya hammadde haline getirilmesi ve bu yarı mamul, bileşen ve/veya hammaddenin yeniden işleme/kullanım, depolama ile tedarik zincirine geri kazanımı ve/veya atım tesislerine teslimatını içermektedir ve ileri tedarik zincirinden farklı olarak çevre odaklı bir yaklaşımdır.

CSCMP tarafından kullanılan tanım ise şu şekildedir. “Tersine lojistik, nihai ürünün değerini yeniden arttırmak için tüketim noktasından, hammaddenin başlangıç noktasına doğru ürünün, üretimde olan malzemelerin, yarı mamullerin ve hammaddelerin maliyetini düşürecek şekilde hareketinin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi işlemidir.”

En belirgin geri dönüşler depozito ile muhafazalanmış malzemelerinin tekrar başlangıca, yeniden kullanılmak üzere taşınmasıdır. Tersine tedarik zinciri kuruluşlar için bir maliyet kalemi olmaktadır. Bu nedenle bu operasyonun maliyeti satılan mal fiyatı üzerine eklenmektedir. Geri dönüşü azaltmak veya maliyetini indirmek için satılan mal fiyatında doğrudan indirimle gidilmeli veya kar marjının arttırılması sağlanmaktadır. Bu nedenle geri dönüşlerin azaltılması gerekmektedir.

Tersine tedarik zinciri, ileri tedarik zincirinden farklıdır. İleri tedarik zinciri, bir noktadan

birçok noktaya yapılırken, tersine tedarik zinciri, birçok noktadan bir noktaya akışı gerektirmektedir. Tersine tedarik zincirinde, geri dönen ürün miktarı önceden tahmin edilememekte, ürün standardı korunamamakta ve miktarın az olması nedeniyle daha pahalıya mal olmaktadır. Stok taşıma maliyeti bulunmamaktadır ve malın sevk anında çalınması söz konusu değildir. Ürünün ekonomik değeri olmadığı için ucuz nakliye sistemleri tercih edilmektedir.

2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi

Bu bölümde, tedarik zinciri yönetiminin tanımı, fonksiyonları ve aşamaları ile birlikte, tedarik zinciri yönetimindeki karar evreleri, modelleme yaklaşımları ve performans boyutları ile ilgili konulardan bahsedilmektedir.

2.2.1 Tedarik Zinciri Yönetimi Kavramının Tanımı

TZY kavramı, temel olarak tedarikçiden nihai müşteriye kadar olan zincirdeki tüm akışların yönetiminin gelişmiş felsefesi olarak tanımlanabilir. TZY kavramının geniş kapsamından dolayı, bu kavramın farklı bileşenlerine vurgu yapan birçok tanım mevcuttur.

CSCMP'ye göre, TZY müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilgi akışının, hammaddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin, etkili ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulması hizmetidir. CSCMP'nin yaptığı bir diğer tanıma göre ise, TZY, tedarik zincirinin ve bu zincir içinde yer alan tüm şirketlerin uzun vadeli performanslarını arttırmak amacıyla, söz konusu şirketlere ait işletme fonksiyonlarının ve planlarının, zincirdeki tüm şirketleri kapsayacak şekilde, sistematik ve stratejik koordinasyonudur. Dolayısıyla, TZY, ilk tedarikçiden son kullanıcıya kadar, müşteriye değer yaratan ürün, hizmet ve bilgilerin sağlandığı iş süreçlerinin entegrasyonudur.

TZY, benzer bir tanımla hammaddeden son kullanıcıya kadar üretimin her bir elementiyle bağlantılı zincirleri belirleyici organizasyon sınırlarına yönlendiren bir yönetim anlayışı olarak da ifade edilmektedir.

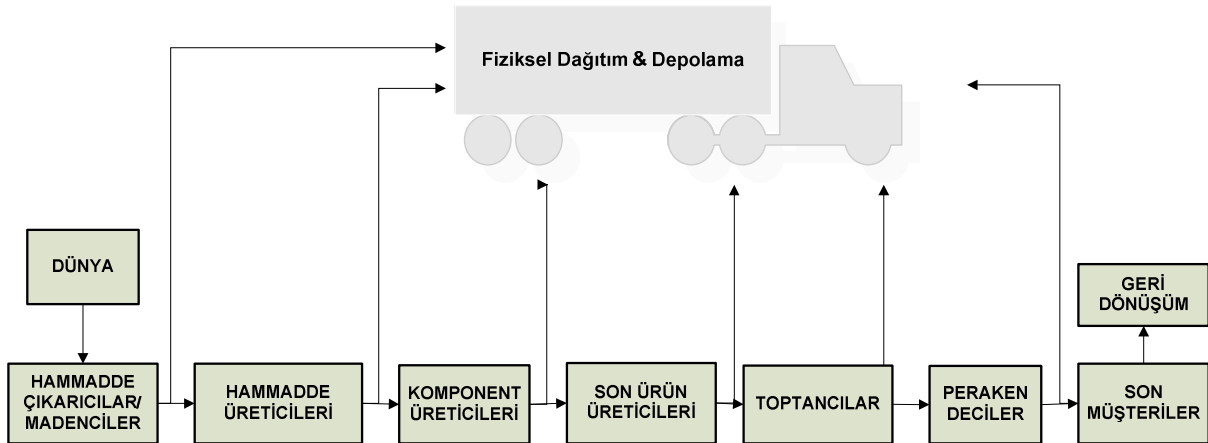
Sengupta ve Turnbull (1996) TZY kavramını, malzemelerin ve tamamlanmış malların, satıcıdan müşteriye kadar olan akışının potansiyel ara duraklar olarak üretim vasıtaları ve depolar kullanılarak etkili yönetimi olarak tanımlamıştır. Metz (1998) TZY sisteminin müşteriyi memnun etmede daha iyi bir şekilde ürün ve hizmet üretilip sunmak için, genişleyen

bir faktörler bileşenini planlama ve kontrol etme amacıyla ileri teknolojiyi, bilgi yönetimini ve yöneylem araştırmasını kullandığını belirtmiş ve teknolojisi karmaşık olsa bile, bu sistemin önemli kavramlarının ve çalışma tekniklerinin anlaşılır olduğunu ortaya koymuştur.

TZY hizmet seviyesi ihtiyaçlarını karşılarken tüm sistem içerisindeki maliyeti minimize etmek için üretilen ve dağıtılan malın doğru miktarda, doğru yerde ve doğru zamanda olmasını sağlayan tedarikçileri, imalatçıları, depoları ve dağıtım merkezlerini verimli bir şekilde birleştirmek için kullanılan bir yaklaşım grubudur.

Bu tanım çeşitli gözlemlere öncülük etmektedir. Birincisi tedarik zinciri yönetimi maliyetlerde önemli bir etkiye sahip olan ve müşterilerin ihtiyaçlarına uyan ürünlerin üretilmesinde rol oynayan her bileşeni göz önüne almaktadır. Ayrıca, tedarikçi ve imalatçılardan müşterilere ürün akışını sağlayan depo ve dağıtım merkezlerini de önemsemektedir.

İkinci aşama, tedarik zinciri yönetiminin amacı tüm sistem içerisinde verimlilik yaratmak ve taşıma ve dağıtım maliyetini, hammadde envanterini, proses içi envanteri ve nihai ürün maliyetini en düşük seviyeye indirmektir. Böylece, tedarik zinciri yönetimi aynı zamanda bir sistem yaklaşımıyla irdelenmektedir. TZY kavramında temel fikir, tedarik zincirinin bir bütün olarak sistem yaklaşımıyla düşünülmesidir. Zincirdeki tüm üyeler, dolaylı ya da dolaysız olarak diğer zincir üyelerini ve zincir performansını etkilemektedirler. Şekil 2.4’de tedarik zincirinin dünyadan sağlanan hammadde kaynağıyla başlayarak sırasıyla üreticiler, toptancılar, perakendeciler ve son kullanıcılara kadar devam eden yapısı görülmektedir. TZY, ayrıca uygun olan ürün ve malzemelerin geri dönüşümünü veya yeniden kullanıma yönlendirilmesini de kapsamaktadır (New ve Payne, 1995).



Şekil 2.4 Faaliyetler ve işletmeler (New ve Payne, 1995)

Son olarak, Çizelge 2.1, tedarik zinciri yönetimi el kitabı, tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi tanımlarını sunmaktadır (Ayers, 2004).

Çizelge 2.1 Tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi (Ayers, 2004)

Tedarik zinciri	Tedarikçilerden son kullanıcılara ürünlerin ve hizmetlerin taşınmasını sağlayan fiziksel akışı, bilgi akışını ve finansal akışı destekleyecek ürün hayat çevrimi prosesleri
Tedarik zinciri yönetimi	Son kullanıcı ihtiyaçlarını tatmin etmek için tedarik zinciri proseslerinin tasarımı, bakımı ve işletilmesi

2.2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi Kavramının Gelişimi

Tedarik zinciri yönetimi tarihçesine bakıldığında genel olarak üç temel safhadan geçildiği görülmektedir. İlk safha, tamamlanmış ürünlerin fiziksel dağıtımına odaklanan bir envanter “itiş” dönemi olarak karakterize edilmektedir. Bu periyot boyunca yaklaşık olarak 1960’tan 1975’e kadar şirketler, üretim prosesleri ve hammadde olarak iki ayrı iş bölümü şeklinde çalışmışlardır.

İkinci aşama ise iş dünyasının liderleri, operasyonların işletme ile entegre edilmesinin önemini fark etmeye başlamışlar ve bu safha boyunca 1975’ten 1990’a kadar daha hızlı gelişen şirketler, envanter yerine müşteriye yönelmişlerdir. 1980’lerde şirketlerin maliyetlerini düşüren ve farklı pazarlarda da yarışmalarına olanak veren çeşitli üretim teknolojileri ortaya çıkmıştır. Tam zamanında üretim, kanban, yalın üretim, toplam kalite yönetimi gibi konular çok popüler olmuş ve şirketler, kaynaklarının çoğunluğunu bu stratejiyi uygulamak için kullanmışlardır. Son birkaç yılda, birçok şirket bu stratejilere ayırdığı kaynakları kısmi olarak azaltmış ve bu şirketlerden birçoğu kârı ve pazar payını arttırmada bir sonraki adımın etkili bir TZY olduğunu keşfetmeye başlamışlardır.

1980’lerde ortaya çıkan şiddetli küresel rekabet ortamı dünya çapındaki işletmeleri yüksek tasarım esnekliğiyle birlikte düşük maliyetli, yüksek kaliteli ve güvenilir ürünler sunmaya zorlamış ve şirketler verimliliğin sadece işletmedeki bilgi ve malzeme akışının yönetimi ile artırılabilirliğinin farkına varmışlardır. Bu durum ve tedarikçilerle olan ilişkilerden edinilen tecrübeler sonucu tedarik zinciri kavramı ortaya çıkmıştır (Tan, 2000).

Genel olarak bakıldığında ise TZY, lojistik yönetimindeki gelişmelerin bir devamıdır. 1963 yılında Ulusal Fiziksel Dağıtım Yönetimi Konseyi (NCPDM: National Council of Physical Distribution Management) kurulduğunda uygulamacılar depolama ile nakliye fonksiyonları arasındaki ilişkiyi keşfetmişlerdir. Fiziksel dağıtım yönetimi daha hızlı, daha yaygın ve özellikle daha güvenilir nakliye kullanımı ile envanter azaltma yararları sağlayarak bu iki fonksiyonu bütünleştirmiştir. Daha hızlı depo idaresi ve nakliye yolu ile siparişe daha çabuk cevap verme zamanı tahmin periyodunun süresini azaltmış ve böylelikle tahminlerin doğruluğu artmıştır.

Fiziksel dağıtım yönetimi farklı depolama seviyeleri (fabrika, bölgesel dağıtım merkezleri, yerel dağıtım merkezleri) ve daha karmaşık analizler (örneğin; toplam depolama nakliye maliyetleri, nakliye/depolama ağı optimizasyonu) arasındaki geliştirilmiş veri iletişimi tarafından mümkündür. Daha iyi veri ve analitik teknikler, karışık faktörler arasından daha iyi kararlar alınmasını kolaylaştırmaktadır. Aslında gittikçe ilerleyen iletişim ve analizler karışık kararlar alabilme yeteneğini sürekli olarak arttırmaktadır. TZY'deki ikinci safha olan "lojistik evre" üretim, satın alma ve sipariş yönetimi fonksiyonlarının bir yardımcısı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Üçüncü aşama, şu andaki evre ise bütünleşik tedarik zinciri yönetimidir. Entegre edilmiş fonksiyonların uzayan zincirinin bir ucuna tedarikçiler ve diğer ucuna da müşteriler eklenmekte ve böylece yedi adet tedarik zinciri fonksiyonu oluşturulmaktadır. Bu iki fonksiyonlu fiziksel dağıtım zincirinden daha kapsamlıdır. Bu kapsamlılıkla baş edebilmek için elektronik veri, elektronik para transferi, yüksek bant genişliğindeki iletişim ve planlama, uygulama için de bilgisayarlı karar destek sistemleri kullanılmaktadır.

Tan (2000), tarafından bahsedilen TZY kavramının ortaya çıkışına kadar olan dönemleri Ross (1998), dört aşamaya ayırmıştır. Çizelge 2.2, tedarik zinciri yönetimi kavramının ortaya çıkışına kadar olan dönemleri ve bu dönemlerin özelliklerini ortaya koymaktadır.

Çizelge 2.2 Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi (Tan, 2000)

	1960'lı yıllara kadar olan 1.Aşama	1970-1980 arası 2.Aşama	1980-1990 arası 3.Aşama	1990-2000+ 4.Aşama
	Depolama ve taşıma	Malzeme yönetimi	Lojistik yönetimi	Tedarik zinciri yönetimi
Yönetim odağı	İşletmedeki operasyonların performansı	Toplam maliyet yönetimi, operasyonların optimizasyonu, maliyet ve müşteri hizmet seviyeleri	Maliyet ile birlikte lojistik planlama	Tedarik zinciri vizyonu, hedefleri ve amaçları
Organizasyonel yapı	Lojistik fonksiyonların farklı departmanlara dağıtılması	Merkezileştirilmiş fonksiyonlar özellikle taşıma depolama ve müşteri hizmetleri	Lojistik fonksiyonlarının entegrasyonu	“Gerçek” organizasyon pazarda birlikte gelişme

TZY gelişiminde bir sonraki adım ise “süper tedarik zinciri yönetimi”dir. Bu adımda ürün gelişimi, pazarlama ve müşteri hizmetleri gibi birçok fonksiyon birleştirilecektir. Bu ileri iletişim, daha iyi ve daha fazla kullanıcı uyumlu bilgisayar karar destek sistemleri ile mümkün olacaktır. Bazı örnekleri şimdiden görebilmek mümkündür. Süper tedarik zinciri yönetiminde ürün tasarımcıları tedarik zinciri takımının bir parçası olarak, üretim ekibi ile birlikte ürünü daha kolay kullanılacak şekilde tasarlayacaklardır. Sipariş öncesi ve sipariş sırasındaki bilgiler tüm tedarik zinciri katılımcılarına gönderilecek ve böylece katılımcılar çok daha çabuk ve doğru cevap verebileceklerdir (Tan, 2000).

2.2.3 Bütünleşik Tedarik Zinciri Yönetimi

Bütünleşik tedarik zinciri yönetimi öncelikle, müşteriye merkeze koyarak yatay bir yolla

müşteriye değer sağlayacak gerekli tüm süreçlerin yönetimi olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle, bütünleşik tedarik zinciri yönetimi, müşterilere ürün ve hizmet sağlayan prosese dayalı bütünleşik bir sistemdir. Bütünleşik tedarik zinciri yönetiminin alt tedarikçileri, tedarikçileri, dahili işlemleri ve müşterileri vardır ve malzeme, bilgi ve fon akışlarının yönetimini kapsamaktadır. Kavramdaki bütünleşik kelimesi, birçok fonksiyonun toplam proses içinde bütünleştirilmesi amacının belirtilmesi için kullanılmaktadır (Metz, 1998).

Bütünleşik tedarik zinciri yönetiminin amacı; rakipler tarafından kolayca taklit edilemeyecek bir rekabet silahı olacak şekilde, imalat proseslerini ve lojistik fonksiyonlarını yaratmaktır. Başarılı bir bütünleşmiş tedarik zinciri tedarikçileri, üreticileri ve müşterileri ve bu bileşenler arasındaki malzeme ve bilgi akışının koordinasyonunu içermektedir. Daha etkin bir rekabet gücü, tedarikçilerle ve müşterilerle bütünleşmenin daha yüksek seviyelerini gerektirmektedir (Tan, 2000).

Bütünleşik tedarik zinciri; zincir içindeki her bir elemanın bir veya daha fazla faaliyetten sorumlu olduğu ve bu sorumluluklarının gerçekleştirilmesi sırasında diğer elemanlarla karşılıklı olarak etkileşimli olduğu bir elemanlar grubu olarak da gözlemlenmektedir. Böyle bir yapıda bir eleman gerektiği zaman diğer elemanlarla eş zamanlı olarak etkileşim kuran bir yazılım desteği de sağlanabilir (Fox, 1997).

Aşağıda bütünleşik tedarik zinciri yönetimi sonuçlarının bazı örnekleri görülebilir:

- Envanterin %50 azalması,
- Tedarik zinciri toplam maliyetinin %20 azalması,
- Zamanında teslimatların %40 artışı,
- Kümülatif çevrim zamanının %27 azaltılması,
- Gelirlerin %17 artması,
- Envanter 2 katına çıkarken stoğun bitme durumunun 9 kat azalması,
- Siparişlerin teslimine kadar paketlemenin geciktirilmesiyle tamamlanmış ürün envanterinin %50 azalması.

Bunlar, bütünleşik tedarik zinciri yönetimi ile daha iyi karar verilmesi olanağı sonucunda ortaya çıkan gerçek iyileşmelerdir. Bütünleşik tedarik zinciri yönetimi maliyetleri düşürmekte, hizmetleri iyileştirmekte ve aynı zamanda gelirleri de artırmaktadır. Örneğin, the

VF Corporation, yukarıda belirtilen gelirlerdeki %17'lik artışı gerçekleştirmiştir. Bu, birkaç yıllık bir çalışma ile kurumun tasarım merkezlerinde bilgisayar destekli tasarım (CAD), dünya çapındaki imalathanelerinde bilgisayar destekli üretim (CAM) ve onları bütünleştiren bir şebeke ile sağlanmıştır. CAD, ürünün yeniden tasarımında kullanılacak yeni ürünler için ilk satış deneyimlerini sağlamıştır. Bu veriler güncellenmiş tahminlerle birleştirilerek elektronik olarak faal CAM imalathanelerine verilmiştir. Ayrıca, hava nakliyatı sayesinde doğru ürünler doğru miktarlarda perakendecilere ulaştırılmıştır. Bu tedarik zinciri yenilikleri bir bütün olarak, satışları iyileştirmiş ve indirimle satılmak zorunda kalan envanter fazlası ürünleri de azaltmıştır. Böylece gelirler artmış, müşteriler daha iyi hizmet elde etmiş ve envanter maliyetleri düşmüştür (Ganeshan ve Harrison, 1995).

Bichou ve Gray (2004) liman lojistik merkezleri için geniş kapsamlı tanımlamalar olduğunu fakat bu merkezler için henüz geliştirilmiş performans ölçüm sistemleri olmadığından bahsetmişlerdir. Lojistik ve tedarik zincirinde esas yaklaşımın, bütün firma süreçlerinin ve organizasyon yapısının maliyet düşürme ve müşteri memnuniyetine odaklanmak olduğunu belirtmektedirler. Yazarlar, çalışmalarında limanların daha verimli kullanılması için katma değer kazandıran lojistik aktiviteler üzerinde durmuşlardır.

2.2.4 Tedarik Zincirinde Karar Evreleri

Başarılı bir TZY bilgi, ürün ve sermaye akışı ile ilgili bazı kararları gerektirir. Bu kararlar, her bir kararın sıklığına ve kararın etkin olduğu zaman ölçeğine göre üç evreye ayrılır (Chopra ve Meindl, 2001). Bunlar, tedarik zincirinin tasarım, planlama ve operasyon evreleridir.

2.2.4.1 Tedarik zinciri tasarım evresi

Bu evre sırasında, bir şirket tedarik zinciri yapısının nasıl olacağına karar vermektedir. Bu kararlar, zincirin konfigürasyonunun nasıl olacağı ve her bir evrede hangi proseslerin gerçekleştirileceğini içermektedirler. Bu evrede alınan kararlardan, stratejik tedarik zinciri kararları olarak da bahsedilmektedir. Stratejik kararlar, genel olarak, üretim ve depolama olanaklarının kapasitelerini ve konumlarını, farklı lokasyonlarda üretilen ve depolanacak ürünleri, tedarik zinciri üyeleri arasındaki nakliye biçimlerini ve kullanılan bilgi sistemi yapısını içermektedir. Bir firma, bu evre sırasında stratejik amaçlarını destekleyecek tedarik zinciri konfigürasyonunu sağlamalıdır. Tedarik zinciri tasarım kararları, tipik olarak uzun dönem için alınan stratejik kararlar olup, bu kararların kısa dönemde değişimi çok pahalıdır. Sonuç olarak, şirketlerin bu kararları alırken, gelecek birkaç yılda pazar koşullarında beklenen

belirsizliği de hesaba katmaları gerekmektedir.

2.2.4.2 Tedarik zinciri planlama evresi

Planlama evresinin bir sonucu olarak, şirketlerin kısa dönemli operasyonlarını yönetecek operasyonel politikalarını belirlemeleri gerekmektedir. Bu evre sırasında verilen kararlar için, stratejik evrede belirlenen tedarik zinciri konfigürasyonu temel teşkil etmektedir. Bu konfigürasyon, planlama evresi sırasında yapılacıklara kısıt olmaktadır. Şirketler, farklı pazarlardaki talebin gelecek yıl (ya da karşılaştırılabilir zaman dilimi) için bir tahmini ile planlama evresine başlamaktadırlar. Planlama, izlenecek envanter ve yerine koyma politikaları, envanter oluşturma planı, pazar promosyonlarının boyutu ve zamanı, üretim ve tedarik kaynaklarının belirlenmesi (farklı lokasyonlarda hedeflenen üretim ve tedarik miktarları gibi) ile ilgili kararları içermektedir. Planlama, belirli bir zaman periyodu üzerinde oluşturulan tedarik zinciri parametreleri ile çalışmaktadır. Planlama evresinde şirketler, talepteki, değerdeki ve rekabet koşullarındaki değişimi karar alırken düşünmelidirler. Tasarım evresinden daha kısa bir dönemi içermesi ve daha iyi tahmin olanağı ile planlama evresinde şirketler, tasarım evresinde tedarik zinciri nasıl oluşturulursa oluşturulsun esnek bir yapı geliştirmeye ve daha kısa bir süre için tedarik zinciri performansını optimize etmeye çalışmaktadırlar.

2.2.4.3 Tedarik zinciri operasyon evresi

Haftalık ya da günlük zaman ufku ile şirketler bu evre esnasında, bireysel müşteri siparişleri ile ilgili kararları almaktadırlar. Operasyonel seviyede, tedarik zinciri konfigürasyonu sabit ve planlama politikaları belirli olarak düşünülmektedir. Tedarik zinciri operasyonlarının hedefi, olası en iyi şekilde operasyonları gerçekleştirmektir. Bu evre sırasında firmalar, envanteri ve üretimi siparişlere tahsis etmekte ve siparişi yerine getirmek için belirli bir taşıma yöntemi belirlemekte ve teslimat çizelgesi oluşturmaktadırlar. Operasyonel kararlar daha kısa dönemler için alındığından dolayı (dakikalar, saatler ya da günler), talep edilen bilgi ile ilgili belirsizlik daha az olmaktadır. Operasyonel evre sırasında amaç, konfigürasyon ve planlama politikalarının kısıtları altında, performansı optimize etmek ve belirsizliği azaltmaktır.

Bir tedarik zincirinin tasarım, planlama ve operasyon evreleri, toplam karlılık ve başarı üzerine önemli bir etkiye sahiptir (Chopra ve Meindl, 2001).

2.2.5 Tedarik Zinciri Yönetiminin Fonksiyonları ve Aşamaları

TZY, müşterileri memnun etmek için daha iyi bir şekilde ürün ve hizmet üretip, sunma amacı taşıyan bir yönetim yaklaşımıdır. Bunun için TZY sisteminde şirketler genişleyen bir faktörler bileşenini planlama ve kontrol etme amacıyla ileri teknolojiyi, bilişim yönetimini ve yöneylem araştırmasını kullanmaktadırlar. Kullanılan araçlar ileri seviyede programlar, ilişkisel veri tabanları ve buna benzer diğer teknik araçlar olabilmektedir.

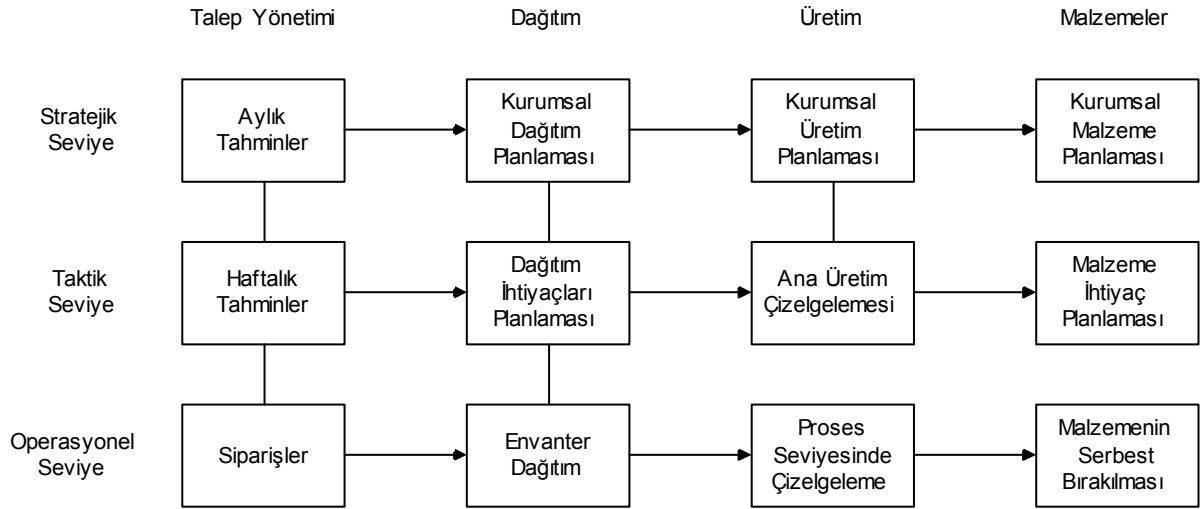
Tedarik zinciri yönetiminin fonksiyonları üç kategoride toplanabilir:

- Talep Odaklılık: Tedarikçilerden hammadde stoklarına kadar olan tüm malzeme akışının yönetimini kapsayan malzeme yönetimi,
- Üretim Odaklılık: Hammadde stoklarından süreç içi stoklara ve bitmiş ürün stoklarına kadar olan tüm malzeme akışını kapsayan üretim kontrol,
- Dağıtım Odaklılık: Bitmiş ürün stoklarından nihai müşteriye ve geri dönüşüm sürecine kadar olan tüm malzeme hareketini kapsayan fiziksel dağıtım.

Tedarik zincirinin bu fonksiyonları üç seviyede çalışmaktadır:

1. Stratejik seviye
2. Taktiksel seviye
3. Operasyonel seviye

Her bir seviye, kararların alındığı sürenin periyodu ve bu periyot süresince alınan kararların sıklığı ile birbirinden ayrılmaktadır. Bir önceki bölümde de belirtildiği gibi, üretimin nerede tahsis edileceği, en iyi kaynak bulma stratejisinin ne olacağı gibi konular stratejik seviyede ele alınır. Taktik seviyede, tahmin yürütme, planlama, temin süresi kısa olan malzemelerin siparişi ve üretim ihtiyaçlarının karşılanması için fazla mesailerin çizelgelenip çizelgelenemeyeceği gibi konularla ilgilenilir. Operasyonel seviye ise envanter dağıtımı, detaylı çizelgeleme ve bir makine bozulduğunda üretimin nasıl devam edeceği ve siparişin nasıl tamamlanacağı gibi detaylarla ilgili kararları içermektedir. TZY yaklaşımının fonksiyonları yönetim seviyelerine göre Şekil 2.5’ deki gibi gösterilebilir.



Şekil 2.5 Tedarik zinciri yönetimi fonksiyonları (Fox, 1997)

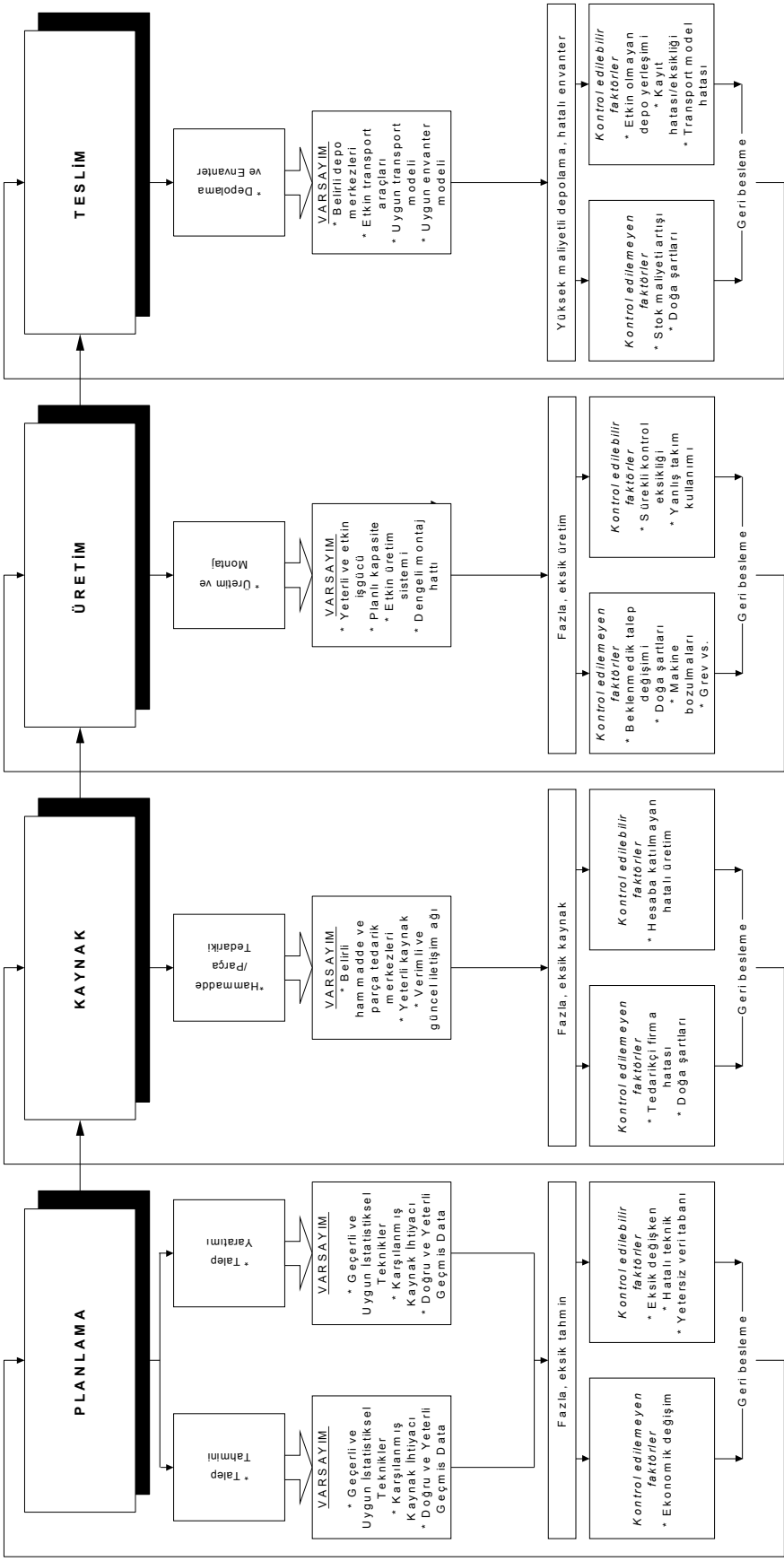
Tedarik zincirinin bu dört fonksiyonu aynı zamanda TZY aşamaları olarak da ele alınabilir. İlk aşamada talep tahmini veya yaratımı için planlama çalışmaları gerçekleştirilir. Bu aşamada geçerli ve uygun istatistiksel tekniklerin kullanıldığı, kaynak ihtiyacının karşılanabildiği ve yeterli miktarda geçmiş dönemlere ait veri bulunduğu varsayılmıştır.

İkinci aşama ise hammadde ve parça tedariki ile üretim için gerekli kaynakların sağlanması hedeflenmektedir. Bu aşamada belirli hammadde ve parça tedarikçilerinin, üretim için gerekli kaynağı sağlayabileceği ve tedarikçi ile üretim firması arasında verimli ve güncel bir iletişim ağının olacağı varsayılmıştır.

Üçüncü aşama ise üretim ve montaj aşamasıdır. Bu aşamada üretimin gerçekleştirilmesi için gerekli varsayımlar, yeterli ve etkin iş gücü, planlanmış bir üretim kapasitesi, etkin ve verimli bir üretim sistemi ve dengelenmiş bir montaj hattı olarak sayılabilir.

Dördüncü ve son aşama ise üretilen ürünlerin depolandığı ve dağıtımlarının yapıldığı üretim sonrası fiziksel dağıtımları içeren teslim aşamasıdır. Belirli depo merkezleri, etkin taşıma araçları, uygun bir nakliye modeli ve uygun bir envanter modeli dördüncü aşamanın yüksek performansta gerçekleştirilebilmesi için gerekli varsayımlardır.

Şekil 2.6'da, TZY sisteminin bu dört aşamasının, temel işlemleri ve bu işlemlerin gerçekleştirilmesi için gerekli görülen varsayımların yanı sıra bu işlemlerin istenen seviyelerde gerçekleştirilmesine engel olabilecek bazı faktörler belirtilmiştir.



Şekil 2.6 Tedarik zinciri yönetiminin dört aşaması (Ganeshan ve Harrison, 1995).

2.2.6 Tedarik Zinciri Yönetimi Modelleme Yaklaşımları

Tedarik zinciri yönetiminde alınan stratejik ve operasyonel kararlar farklı perspektiflerde inceleme ve uygulama gerektirmektedir. Büyük bir kesim için stratejik kararlar, küresel ya da tümünü içine alacak şekilde, tedarik zincirinin çeşitli görünüşlerini birbirine entegre etmeye çalışan kararlardır. Bu sebepten dolayı stratejik kararları açıklayan modeller geniştirler ve hayli büyük miktarda veri gerektirmektedirler. Veri gereksiniminin fazlalığından ve kararların genişliğinden dolayı, bu modeller tanımladıkları kararlara yaklaşık çözümler sağlarlar. Operasyonel kararlar, tedarik zincirinin günden güne gerçekleşen operasyonlarını tanımlarlar. Dar perspektiflerinden dolayı, bu modeller genellikle oldukça fazla detayı dikkate alırlar ve modeller, operasyonel kararlara, optimal değilse bile oldukça iyi çözümler sağlarlar.

Hem literatürdeki tekrarı kolaylaştırmak, hem de modelleme de yukarıdaki zıtlığı birbirine uyumlu hale getirmek için modelleme yaklaşımları üç metotla incelenmiştir;

- Ağ tasarımı modelleri,
- Genel düzenleme modelleri,
- Simülasyon bazlı modeller.

Ağ tasarım metotları daha stratejik nitelikteki kararlar için modeller sağlarlar. Bu modeller tipik olarak daha önceden belirlenen dört ana karar alanını kapsar ve tedarik zincirinin tasarım görünümü üzerinde daha yoğun bir şekilde odaklanır. Diğer taraftan genel düzenleme metotları, operasyonel kararlar için kılavuz politikalar verir. Bu modeller tipik olarak tek bir alanı ele alırlar ve ağ içindeki bir alanın diğerleriyle ilişkisini incelemek gibi tedarik zinciri karakteristiklerini de buna eklerler. Simülasyon metotları, geniş T - testleri analiz edilebildiği, stratejik ve operasyonel elemanların her ikisinin de dikkate alındığı modellerdir. Buna karşın, bütün simülasyon modelleriyle, yenilerinin geliştirilmesinden ziyade, etkinliğin ön tayininin değerlendirilmesi söz konusudur. Bu da şu iki soru arasındaki geleneksel seçimi gündeme getirir. “Eğer....ise”ye karşı “En iyisi hangisi...?” (Ganeshan ve Harrison, 1995).

Yi ve diğerleri (2002), limandaki tedarik zincirinin dinamik karakterlerinin modellenmesi için bir metod ile stratejilerin değerlendirilmesi ve çoklu sistem ve simülasyonları içeren istenen yapıdaki liman tedarik zincirlerinin operasyonel politikalarını gösteren bir çalışma yapmışlardır. Çoklu sistemlerin, limandaki bilgi ve malzeme akışını en verimli şekilde yapılmasının sağlayacak varlıklardan oluşması gerektiğini vurgulamışlardır.

2.2.6.1 Ağ tasarımı modelleri

Adından da anlaşılacağı gibi bu modeller üretimin, stokların ve kaynak noktalarının oluşturulmasını ve bu noktalar üzerinden akacak ürünlerin yollarının belirlenmesini içerir. Bu modeller geniş ölçeğe yayılmışlardır ve genellikle tedarik zincirinin başlangıcında kullanılırlar. Bu çalışma yardımıyla, fabrikalardan dağıtım merkezlerine ve oralardan da nihai müşteriye doğru olan bitmiş ürün akışını optimize etmek için çok amaçlı bir lojistik ağ tasarım modeli sunulmuştur.

Cohen ve Lee (1998) küresel üretim ve dağıtım arasında kaynak yayılımı ve dağıtım problemi için bir model sunmuşlardır. Modelde, vergiden sonraki kar, tesis ağının tasarımı ve ağ içerisindeki malzeme akışının kontrolünden sonra büyütülmeye çalışılmıştır. Modelde, maliyet yapısı, malzeme tedariki, üretim, dağıtım ve taşımacılık için değişken ve sabit maliyetlerden oluşmaktadır. Yazarlar, geliştirdikleri modeli geçerli kılmak için, bir bilgisayar üreticisinin küresel üretim stratejilerini analiz ederek uygulamaya koymuşlardır.

Arntzen ve diğerleri (1995) tedarik zinciri için en geniş deterministik modeli oluşturmuşlardır. Modelde geliştirilen fonksiyon, maliyet ve zaman elemanlarının kombinasyonunu en küçültmeye çalışmaktadır. Maliyet elemanları satın alma, üretim, hat envanteri, gümrükler ve vergiler arasındaki taşıma maliyetlerinden oluşurken zaman elemanları, üretim gecikme zamanlarını ve geçiş zamanlarını içermektedir. Bu modele özgü bir şey de, ürün akışı farklı ülkelerde olurken gümrük ve vergi almanın kesin önemidir. Bu modelin Digital Equipment Corporation'daki uygulaması sonucu yüz milyon dolarlık tasarruf elde edilmesini sağlamıştır.

Açıkça bu ağ tasarım bazlı yöntemler, üretim ve dağıtım strateji ile ilgili yatırımların belirlenmesi açısından şirketlere değer katarlar. Şirketlerin bir gün bir şekilde üretim, yerleşim, envanter ve taşımacılık gibi bütünleşik kararları alma zorunlulukları oluşacağından, bu tip modeller de zorunlu hale gelecektir. Bu modeller gelecekteki stratejik belirleyiciler olmaları bakımından hatırı sayılır bir potansiyele sahip iseler de kusursuz değildirler. Yapıları gereği bu problemleri, geniş ölçeğe yayılmıştır. Optimal noktaya yaklaşma konusunda zorlanırlar. Dahası bu kategorideki bir çok model, oldukça deterministik ve statik yapıdadır. Özetle, şu anda tedarik zincirindeki doğal malzeme akışının temsilcisi olabilecek geniş bir model görülmemektedir (Ganeshan ve Harrison, 1995).

2.2.6.2 Genel düzenleme modelleri

Bu modeller, tedarik zinciri literatürünün önemli bir kısmını oluştururlar ve daha çok

operasyonel veya taktiksel kararlarla ilgilenirler. Literatürdeki bir çok araştırma, envanter yönetimi perspektifine dayanmaktadır. Aslında, tedarik zinciri deyimi, ilk olarak envanter yönetimi yaklaşımı olarak da görülmüştür. Genel düzenleme modellerinin yaptığı katkı, çeşitli seviyeleri ya da bölümleri birlikte göz önüne alarak, envanter kontrol politikalarını geliştirmektir. Bu modeller çok-seviyeli ya da çok-bölümlü envanter kontrol modelleri olarak anılırlar. Çok kademeli envanter teorisi endüstride çok başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Günümüzde çok aşamalı tedarik zinciri envanter problemleri, arttırılan müşteri hizmeti ile envanterleri düşürmede hatırı sayılır sözler verse de, çalışmalar belirli sınırlamalara sahiptirler. İlk olarak, bu çalışmalar tedarik zincirinin üretim yönünü fazlasıyla göz ardı etmektedir. Birçok durumda başlangıç noktaları, bitmiş mamullerin stoklanmış halidir ve politikalar da bitmiş ürünleri etkin olarak yönetmek için belirlenir. Üretim, tedarik zincirinin doğal bir parçası olduğundan, üretim bileşenini de içinde bulunduran modellere ihtiyaç olduğu görülür. İkinci olarak, yayınlanmış olan hemen hemen bütün araştırmalarda, ağaç benzeri bir yapı olduğu öne sürülmektedir. Örnek olarak her alan, tedarikini sadece bir seviye üstündeki alandan alır, fakat kendi altındaki her seviyeye dağıtabilir. Üçüncü olarak, araştırmalar, sadece envanter sistemine odaklanmışlardır. Lojistik-sistem teorisinde envanter ve taşımacılık, maliyet ve hizmet seviyelerinde siparişleri karşılamada birincil bileşenlerdir. Bundan dolayı şirketler taşımacılık, envanter ve müşteri hizmeti doğrultusunda politikalarını oluştururken önemli iç ilişkileri de göz önüne almalıdırlar. Dördüncü olarak, modellerin bir çoğu envanter kurumsal paradigmasının altında, oldukça kısıtlayıcı yapıdadır. Örneğin genel olarak gözlemlenene oldukça zıt bir şekilde kesin olarak bilinen talep yapılarına ya da gecikme zamanlarına ya da her ikisine karşı kendilerini kısıtlarlar (Ganeshan ve Harrison, 1995).

3. LİMAN LOJİSTİK HİZMETLERİ

Kombine taşımacılıkta önemli yer tutan denizyolu taşımacılığında, limanlar ve işletmeciliği büyük öneme sahiptir. Limanlar yükleri toplama ve dağıtma özelliğine haiz olup, denizyolu taşımacılığının başlangıç ve bitiş noktalarıdır.

Bilindiği üzere, ülkemizde demiryolları ile bağlantılı olan limanlar TCDD tarafından işletilmektedir. Haydarpaşa, Mersin, İskenderun, Derince, İzmir, Samsun ve Bandırma limanları ülkemizin ithalat, ihracat ve transit ticaret kapılarıdır.

Türkiye'deki limanlarda alt yapı ve işletmeden kaynaklanan yetersizlikler bulunmaktadır. Genel olarak, yanaşma yerleri, rıhtımlar, rıhtım boyları, derinlikler, liman gerisi bölge alanlarına hizmet veren araç ve gereçlerle, depolama ve araç park yerleri yetersiz kalmaktadır.

Limanların etkin ve verimli işletmeciliğini sağlamak üzere otomasyon liman sistemleriyle yönetilmesi konusunda gelişme sağlanamamıştır. Kamuya ait limanların düşük maliyet ve yüksek hizmet performansı ile işletilmesi gerekmektedir.

Uluslararası piyasalarda yaşanan yoğun rekabet, bu piyasalarda pazar payını muhafaza ve artırmada, düşük maliyetle girdi teminini, ayrıca üretilen malların yine uluslararası piyasalara rekabet edebilir fiyatlarla zamanında arzını gerekli kılmaktadır (www.foreigntrade.gov.tr).

3.1 Ülkemiz Ticaretinin Taşıma Biçimleri İtibarıyla Gerçekleştirilme Şekli

Ülkemiz 1999 yılı dış ticareti taşıma biçimleri Çizelge 3.1'deki gibi değerlendirildiğinde, ihracatımızın değer olarak % 45,3'ünün deniz (12.0 milyar \$), % 46,3'ünün kara (12.3milyar \$), % 8,2' sinin ise, havayolu (2.2 milyar \$) ile yapıldığı, ithalatımızdaki taşıma biçimlerinin ise, % 47,2 denizyolu (19.2 milyar \$), % 39 karayolu (15.8 milyar \$) ve %10,8 havayolu (4.4 milyar \$) ile olduğu anlaşılmaktadır. 1996-1998 dönemine ilişkin olarak dış ticaretimizde taşımacılık sistemlerinin payı aşağıda gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 Dış ticaretimizde taşımacılık sistemlerinin payları (%) (DPT,2002)

İhracat	1996	1997	1998	İthalat	1996	1997	1998
Deniz	42.4	39.0	40.8	Deniz	50.0	50.5	47.4
Kara	48.3	53.1	52.5	Kara	35.6	35.2	39.1
Hava	8.5	7.2	6.2	Hava	10.6	11.2	11.2
Diğer	0.8	0.7	0.5	Diğer	3.8	3.0	2.4

Dış ticaret verilerimiz miktar bazında ele alındığında, taşımacılığımızın % 85'inin denizyoluyla, % 14'ünün ise karayoluyla gerçekleştirildiği görülmektedir.

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere, hammadde ve ihraç değeri göreceli olarak düşük olan malların denizyolu ile sevk edildiği, birim değeri yüksek olan malların ise karayolu ve havayolu ile sevk edildiği anlaşılmaktadır.

Demiryolları ile yapılan sevkiyatlar ise sınırlı kalmaktadır. Bu durum demiryolları altyapısının ülkemizdeki durumu ile yakından bağlantılıdır. Demiryolu alt yapısı ve işletme de altyapıdaki duruma bağlı olarak yetersiz kalmaktadır.

3.2 Türkiye'de Limancılık

Limanlarımızdaki liman ücretleri yüksektir. Yapılan araştırmalarda Kuzey Avrupa ve Akdeniz limanları arasında Türk limanları Karadeniz kıyısı limanlarıyla birlikte en pahalı limanlar olarak gösterilmektedir. Bu durum ise limanlarımızdan uluslararası taşımacıların yararlanma imkanını sınırlamaktadır.

Son beş yılda konteyner taşımaları çok artmış ve limanlardaki konteyner elleçlemesi genel kargo miktarını aşmıştır.

Limanlardan yurtiçine ve yurtiçinden limanlara yapılan taşımaların % 95'i karayolu ile yapılmaktadır. Bu durum kombine taşımacılıktaki demiryolu, denizyolu taşıma modunun gerçekleştirilemediğini göstermektedir

Uluslararası pazarlama vizyon eksikliği, şehir içinde kalan kısıtlı liman kapasiteleri, depolama alanları, derinlik sorunları, makine-teçhizat altyapı imkanlarının yetersizliği gibi problemler devam etmektedir. Tedarik Zinciri Yönetimi ve lojistik anlayışının yerleşmesini kısa vadede beklemek hayalcilikten öteye geçmeyecektir (www.foreigntrade.gov.tr).

3.3 Gemi Tipleri

Gemiler belli bir faaliyeti yerine getirmek üzere tasarlanan edilen ve üretilen endüstriyel yapılar, veya başka bir deyişle platformlardır. Genel olarak bir armatör veya gemi sahibi olacak bir otorite aşağıda sıralanan gaye veya sebeplere benzer koşullar altında gemi tasarımı yaptırmayı düşünür.

- Yaşlanmış veya teknolojik olarak çağını doldurmuş gemilerin yenilenmesi veya tadilatı,
- Mevcut bir ticari rotada filo büyütme veya gemi tadilatı ile ticari kazanç arttırmak,
- Mevcut bir ticari rotada yeni servis veya değişik yük taşıyarak pazar payını büyütme,
- Değişen jeopolitik ve ekonomik şartlarda yeni bir rotada veya taşıma türü sunarak yeni pazarlar açmak,
- Açık denizde endüstriyel faaliyetleri gerçekleştirmek,
- Ticari veya endüstriyel faaliyet gösteren gemileri ve yapıları desteklemek gereksinimini karşılamak,
- Ülke deniz savunma ihtiyaçlarına cevap vermek.

Bu anlayış içerisinde gemileri görev tanımlarına göre aşağıdaki gruplar içerisinde toplamak mümkündür. Bunlar;

- Ticaret gemileri, ana görevleri yük ve yolcu taşımak olan gemilerdir.
- Endüstriyel gemiler; denizdeki kaynakların incelenmesi veya değerlendirilmesi için tasarlanmış edilmiş gemilerdir.
- Servis gemileri, ticari ve endüstriyel gemilerin çalışmalarını destekleyen gemiler ile denizde can ve mal güvenliği sağlayan gemiler bu grubu oluşturur.
- Savaş gemileri; ülkenin savunma ihtiyaçlarını karşılayan silahlandırılmış gemilerle ülke savaş filosunu destekleyen gemiler bu gruba girer.

Çizelge 3.2’de tanımlanan verilen gemilerin büyüklük, görünüş ve aranjman yönünden çok büyük değişiklikler gösterdiği göze çarpmaktadır. Bu değişikliğin temel sebebi ise geminin görev tanımıdır. Örneğin, ticaret gemilerinde ana amaç yük (veya yolcu) taşımak olduğundan taşınacak yükün karakteristikleri dizaynı yönlendirir. Dolayısıyla başarılı bir gemi dizaynı için ilk şart “görev veya gereksinim tanımı”nın doğru ve anlaşılır olmasıdır (Storch, 1998).

Çizelge 3.2 Gemi tipleri (Storch, 1998)

Ticaret Gemileri	Endüstriyel Gemiler	Servis Gemileri	Savaş Gemileri
- Genel yük gemileri (General cargo ship) - Konteyner gemileri (Container ship) - Ham petrol tankerleri (Crude oil carrier) - OBO (Cevher/Dökme/Petrol) taşıyıcı gemiler (Oil/Bulk/Oil) - Feriler (Ferry) - Roll-on Roll-off gemiler (Ro-Ro) - Yolcu gemileri (Passenger ship) - LNG/LPG tankerleri (LPG/LNG tanker) - Yük şatları (barge) ve entegre şat-itici sistemleri (Integrated tug-barge system) - Kimyasal tankerler (Chemical tankers)	- Tarak gemileri (Dredger) - Sondaj gemileri (Drill ship) - İncinerator gemileri (Incinerator ship) - Balıkçı fabrika gemileri (Fish factory trawler) - Araştırma gemileri (Research vessel) - Balıkçılık (Fishing) - Oseonografik (Oceanographic) - Hidrografik (Hydrographic) - Sismik (Sismic)	- Romorkörler (Tugs) - Dalış destek gemileri (Diving support ships) - Yangın gemileri (Fire – fighters) - Pilot botları (Pilot boats) - Mürettebat taşıma gemileri (Crew Tenders) - Temin edici gemiler (Supply boats) - Deniz ambulansları (Sea ambulance) - Kaçakçı takip botları (Drug interdiction patrol boats) - Denizde yağ toplama gemileri (Oil skimmer)	- Avcı botları (Patrol boat) - Hücum botları (Fast attack boat) - Firkateynler (Frigate) - Destroyerler (Destroyer) - Denizaltılar (Submarine) - Mayın gemileri (Mine counter measures or mine hunter) - Çıkarma gemileri (Landing craft) - Çıkarma destek gemileri (Landing support ships) - Akaryakıt destek gemileri (Naval oiler ship) - Cephane destek gemileri (Naval Supply ships) - Özel hareket botları (Special operation boats)

3.4 Liman Hizmet Tipleri

Liman işletmeleri elleçledikleri ürün çeşidine göre uzmanlaşmaktadırlar. Limanlar da konteyner, genel kargo, Ro-Ro, pilotaj ve likit taşıma hizmetleri verilmektedir.

3.4.1 Konteyner

Konteyner, yükleri taşımakta kullanılan bir taşıma aracıdır. Çeşitli boy, genişlik ve yükseklikte, soğutmalı, havalandırılmalı, üstü açık, dökme yük için vb. tipleri bulunur ve gemi, uçak, tren ve kamyonla taşınabilir. Konteyner bir ya da birden fazla taşıma modu ile yükleri yolda boşaltıp doldurmadan taşınmasını sağlayan bir araçtır. Konteynerler 20 feet ve 40 feet uzunluğunda olmak üzere 2 boyutta, genellikle çelikten üretilir.

40’lık bir konteyner yapımında yaklaşık 2,5 ton çelik kullanılır. Konteynerlerin her köşesi 96 tonluk bir yükü kaldıracak, zemini ise cm² de 24,5 kg’lık yükü taşıyabilecek şekilde dizayn edilmiştir. (<http://www.gemipersoneli.com>)

Deniz yoluyla konteyner taşımacılığı yapan işletmelerin faaliyetleri planlanır ve yönetilir. Sistemin ana fonksiyonları arasında gemi tahliye, sahada adresleme, gemi yükleme, puantaj işlemleri, ardiye işlemleri, kullanılan araçların takibi, hizmetlerin ücretlendirilmesi sayılabilir. Konteynerlerin sahadaki durumu "dinamik saha yerleşim planı" ile görsel olarak izlenebilir.

Liman istif sahası hatlar halinde tanımlanır. Kuşbakışı görüntüsü izlenebilir. Programda istenilen sayıda hat, istif boyu, sırası ve katı tanımlanabilir. Fiziksel yerleşim istenildiği gibi olabilir. Hatlar bazında takip yapılır.

Acenteden gelen tahliye manifestosundaki bilgiler sisteme girilir. Bu listede yer alan bilgiler kullanılarak tahliye emri oluşturulur. Bu emre göre fiili tahliye yapılır ve fiili tahliye bilgileri sisteme girilir. Tahliye edilen konteynerler için faturaya esas bilgiler raporu hazırlanır. Bu rapor sistemin entegre edildiği muhasebe sistemine gönderilir. Sahaya yerleştirilen konteynerlerin adres bilgileri listesi hazırlanır. Bu liste sisteme girilerek, konteynerler sahaya yerleştirilmiş olur.

Acenteden gelen ve sisteme girilen yükleme listesi bilgisine göre yükleme emri oluşturulur. Yükleme emri kullanılarak fiili yükleme yapılır. Fiili yükleme bilgileri sisteme gönderilir. Yükleme listesinden konteyner bilgileri taşınır. Yüklenen konteynerler için faturaya esas bilgiler raporu hazırlanır. Bu rapor sistemin entegre edildiği muhasebe sistemine gönderilir.

Yükleme bilgilerinin yer aldığı puantaj formu hazırlanır. Bu formun ilk sayfasında yükleme ana bilgileri, diğer sayfalarda konteyner bilgileri ve bunların adres bilgileri bulunur. Yükleme listesi bilgileri gemi ve sefer numarası ile taşınır. Çıkan konteyner adreste ise, otomatik olarak adresten çıkarılır. Yükleme onayı geri alınırsa, konteyner sahaya dönecek, ancak adresine geri dönmeyecektir. Yükleme hareketleri için kodlar tanımlanır. Örneğin, ambar kapak hareketleri 001, vinç yer değiştirme 002, vinç diğer işlemler 003, v.b. Bu kodlara göre yapılan tüm hareketler bu formlara veya RF terminallerine işlenir.

Kapıdan gelen konteynerler araç plakası bilgisiyle sahaya alınır. Verilecek onay sonrasında konteyner limana girmiş olur. Yükleme girişindeki gibi konteynerler teker teker araç plakası bilgisiyle sahadan çıkarılır. Çıkan konteyner adreste ise, otomatik olarak adresten çıkarılır. Verilecek onay sonrasında, konteyner limana girmiş olur.

Liman operasyon sahasındaki puantaj işlemleri kodları girilerek gerçekleştirilir. Puantajda kullanılan kodlar tanımlanır. Her hareket sonunda konteynerin dolu veya boşluğu konteynerin temel bilgisine işlenir. Aynı şekilde konteynerin yeni yeri belirlenir.

Ardiye başlangıcı, tahliyenin yapıldığı ilk konteynerin limana inmesiyle gerçekleşir. Ardiye bitişi, gemi yükleme ya da kapı çıkışı yapıldığında son bulur. Konteyner sahadan her nasıl olursa olsun çıktığında, ardiyesi son bulur ve yeni gelişi yeni bir sefer gibi düşünülüp, ardiye başlatılır.

Terminal hareketlerinin tutarı acente bazında girilen fiyatlarla hesaplanarak entegre muhasebe sistemine aktarılır veya entegre olmayan muhasebe sisteminin okuyacağı bir dosyaya yazılır. Terminal hareketleri fiyatlandırması tek tek veya tüm hareketler bazında faturalanabilir. (<http://www.sistek.com.tr>)

3.4.2 Genel Kargo

Genel kargo yükü, açık yüklere verilen isimdir. Genel yüklere verilen hizmetler için, acente (müşteri) bazında fiyatlandırma oluşturulur. Buradaki hizmetler sonsuz sayıda tanımlanabilir. Ayrıca genel yük için acente bazında tek bir "ücretsiz gün" belirlenebilir. Tahliye ve yüklemede kullanılan araçlar ve uygulanan işlemler, acente bazında belirlenen fiyatlar üzerinden hesaplanarak faturaya esas bilgiler oluşturulur.

Limana (ithal edilen veya ihraç edilecek) gelen genel kargo yüklere ait bilgiler giriş belgesine dayanılarak sisteme girilir. Giriş bilgisinde temel olarak belge no, malın sahibi, limana geliş tarihi, malın adı, ithalat (veya ihracat) birimi ve bu birim cinsinden miktarı, toplam tonajı veya toplam hacmi, sahada yerleştirildiği adres bilgileri bulunur.

İthalat (veya ihracat) birimi, malın müşteri tarafından çekilişi veya gemiye yüklenmesi sırasında kullanılır. Örneğin mal palet, sandık, adet vs. birimi ile işlem görülür. Mala limanda verilen hizmetlerin hesaplanmasında ise tonaj (veya hacim) bilgisinden yararlanılır.

Acente (veya malın sahibi) malını çekmek üzere gümrükten onaylı belge ile limana gelir. Sistemden malın çekilişi için iş emri bastırılır. Bu iş emrinde malın sahibi, malın cinsi, çekilecek miktar, bulunduğu saha adresi bilgileri yer alır. İş emrinde yer alan işlemler yapıldıktan sonra onay verilerek sisteme girilir.

Çekilen malın limanda kaldığı süre üzerinden ardiye bedeli hesaplanır. Diğer verilen hizmetler de sisteme bildirilir. Acente bazında verilen hizmetler bir ekranda toplu olarak görülür. (<http://www.sistek.com.tr>)

3.4.3 Ro – Ro Taşımacılığı

Coğrafi konumunun yarattığı koşullar ve bugüne kadar karayollarına dayalı olarak yapılmış

yatırımlar dikkate alındığında, bu yatırımların da değerlendirilebileceği bir taşıma niteliğinde olan Ro-Ro taşımacılığı, ülkemiz koşullarına en uygun denizyolu ulaştırma sistemi olarak düşünülmektedir. Son yıllarda ülkemizin tarım ve sanayi sektöründeki dikkate değer gelişmeler paralelinde, üretilecek işlenmiş ürünlerin önümüzdeki dönemde daha fazla oranda Ro-Ro'larla taşınacağı değerlendirilmektedir (Aldoğan ve diğerleri, 1999).

Ro-Ro gemilerinin tercih edilmesinde en büyük etkenlerden birisi de şüphesiz fabrikada üretilen malın bir tek taşıyıcı araca sadece bir kez yüklenip boşaltılmasına olanak vermesi ve taşıma süratini büyük ölçüde arttırmasıdır. Böylece hem malın aktarımlar esnasında meydana gelebilecek hasarlara karşı korunması ve hem de daha az yol kateden araçların yıpranma sürelerinin azalması sağlanmaktadır.

Bu çerçevede, yükte uzmanlaşmanın sonucunda Ro-Ro gemileri taşıma kapasiteleri veya taşıdıkları yüklere bakılarak bir sınıflandırmaya tabi tutulabilmektedirler. Çünkü Ro-Ro gemileri en fazla yük esnekliğine ve en kolay revize edilebilme özelliklerine sahip gemilerin başında gelmektedir (Akten, 1982).

Dolayısıyla çok genel bir sınıflandırma yapılarak konu irdelenebilir.

1. Yakınyol Ro-Ro gemileri; 4000 dwt'dan daha düşük tonaja sahip olan bu kategorideki gemiler tüm dünya genelinde günümüz Ro-Ro filosunun en büyük bölümünü oluşturmaktadırlar. Bu kategori yalnızca araç nakliyesi yapıp 12'den az yolcusu olan, araba, forkliftle yüklenen kargo, römork ve konteyner taşıyan ve baş-kıç kapakları ile taşıt yükleyip boşaltabilen gemileri içine almaktadır. Bu kategorideki gemilerin büyük çoğunluğu 1500-2000 gt arasında inşa edilirler.

2. Uzakyol Ro-Ro gemileri; 4000-7000 dwt arasında kalan ve özellikle de 7000 dwt'un üzerindeki gemiler bu kategoriye girmektedir. Bunlar da kendi aralarında konvansiyonel Ro-Ro gemileri ve konteyner de taşıyabilen kombine Ro-Ro gemileri olarak ikiye ayrılırlar. Bu iki türün dizayn farklılıklarını belirleyen ana nokta ise ro-ro ve konteyner alanlarının oranıdır. Sığaları 4000-6500 nm arasında olan bu gemiler daha çok denizaşırı ülkeler tarafından kullanılmaktadır.

3. Sürücülü Ro-Ro gemileri; bir Ro-Ro gemisi ek bölmelendirme ve emniyet tedbirleri gerektirmeden uluslararası kurallara göre en fazla 12 yolcu taşıyabilmektedir. Daha fazla sürücü ve yolcu alabilen Ro-Ro'lara ise Feribot denir. Yakınyol ticaretinde birçok hatta araçların sürücülerini de taşımak gemi açısından bir avantajdır. Sürücü taşıyan Ro-Ro gemilerine İrlanda Denizi, Batı Kanalı, Baltık ve Akdeniz ticaret hatlarında rastlanmaktadır.

Bu tür gemilere duyulan ihtiyaç mevsimsel olarak artıp azalabilmektedir.

4. Konvansiyonel Ro-Ro gemileri; bu kategorideki gemiler araba, tır, kamyon gibi tekerlekli taşıtlar ile treyler gibi yine tekerlekli ama çekilmeye ihtiyaç duyan platformlara yüklenmiş yükleri taşımaktadırlar. Seferleri kısa veya uzun mesafeli olabilir. Sürücüler genellikle uçak veya daha hızlı yolcu gemileriyle gönderilerek yorulmaları önlenmektedir. Günümüzde en çok tercih edilen Ro-Ro gemileri olma özelliklerini yavaş yavaş kombine Ro-Ro gemilerine kaptırmaya başlamalarına rağmen değerlerini her zaman korumaktadırlar.

5. Kombine Ro-Ro gemileri; hem tekerlekli yükleri hem de konteynerleri kendi imkanlarıyla yükleyip boşaltabilen ve Co-Ro olarak adlandırılan bu tür gemilerin en büyük özelliği, yük esnekliğidir. Bu sayede bahse konu taşımalarından sadece birini yapan gemilere nazaran daha kolay müşteri bulabilmektedirler. Modern dizaynlarda hem güverte üzerinde az yer kaplayan ve hem de ağır yük kaldırabilen kreynler kullanılmaktadır.

6. Araba taşıyıcıları; ihraç veya ithal edilen yeni arabaların taşınabilmesi amacıyla özel olarak dizayn edilen bu tür Ro-Ro gemileri son zamanlarda oldukça fazla kullanım alanı bulmaya başlamıştır.

7. Araba -yolcu gemileri; turizmin dünya genelinde gün geçtikçe hızlanması ve özel araç sahiplerinin de aynı hızla artması yüzünden ihtiyaç duyulmaya başlanan bu tür gemiler ülkemizde feribot olarak adlandırılmaktadır. Yüzen bir parkı andıran bu gemilerin gelişmiş modelleri yolculara alışveriş ve otel imkanları da sunmaktadırlar. Taşıma ücretini gidilen hattın uzunluğu ve araba büyüklüğü belirlemektedir.

8. Orman ürünleri Ro-Ro gemileri; orman ürünlerinin Ro-Ro gemileriyle taşınabilme kolaylığı sonucunda ortaya çıkmış ve uzun senelerdir kullanılan bir gemi türüdür. Tasarımları konvansiyonel ve kombine Ro-Ro'lar ile aynı ya da çok yakındır. Genellikle kereste, kağıt ve kağıt hammaddesi taşıyan bu gemiler tır treylerini taşımada da kullanılmaktadır.

9. Ro-Ro – dökme yük gemileri; sınırlı sayılarda yapılan bu gemiler farklı iki çeşit kargo (en az birisi dökme yük olacak şekilde) taşıma ve bunları aktarma yeteneğine sahiptirler.

10. Raylı feribotlar; bu tip gemiler Ro-Ro filolarının en yaşlıları olmalarına rağmen özel bir alanın temsilcileridir. Dalgalı havalarda, açık ve kapalı feribotlarda, demiryolu stoklarının taşınmasındaki güçlükler gözönüne alınarak raylı feribotların pek gelişemeyeceği düşünülüyordu. Ama modern dalga absorbe ve kilit sistemleri bu düşünceleri boşa çıkarmıştır. Günümüzde kullanımları yavaş yavaş azalmaktaysa da, demiryolu ulaşım ağı iyi olan

lkelerce hala etkin Şekilde kullanılmaktadırlar.

11.Kanal ve nehir Ro-Ro; bu kategorideki gemiler en küçük Ro-Ro gemileridir. Bütün nehir yk taŐıyıcılarında olduğu gibi su alıp kıyıda konuŐlandırılmış rampalara yanaŐır, taŐıtları ve yükleri yükleyip aldıkları suyu boŐaltarak sefere baŐlarlar. Daha çok nehirlerde taŐıtları karŐıdan karŐıya geçirmek için kullanılmaktadırlar.

12. Ro-Ro mavna gemileri; Daha çok trafiğin sıkıŐık olduğu kıyı ve nehir bölgelerinde taşıma yapan küçük boyutlu Ro-Ro gemileridir.

Ro-Ro gemilerinin tiplerini yukarıdaki Şekilde sıraladıktan sonra, bu tip taşımacılığın avantaj ve dezavantajları ise Őöyle sıralanabilir;

i. Avantajları

- Tahliye ve yükleme çabukluğu ile limanlarda kalış süresinin azlığı nedeniyle liman giderlerinin azalması,
- Sratlerinin yüksek oluŐu ve limanlarda bekleme sürelerinin düşük olması nedeniyle daha çok sayıda sefer olanağı ,
- Gemi personel sayısının azlığı ve limanda iŐçilere az ihtiyaç duyulması nedeniyle insan gücünden tasarruf olanağı sağlaması,
- Yüklerin yk sahiplerine daha kısa sürede ulaŐabilmesi.

ii. Dezavantajları

- Gemilerin zel maksatlı olarak tasarlanmış olmaları,
- Gemi makinalarının seri ve manevra kabiliyetlerinin yüksek olması nedeniyle yakıt masraflarının artması,
- Yüklerin zel taŐıyıcılarda bulunması ve gemiye özel taşıma aygıtları ile yüklenip tahliye edilebilmesi,
- Özel liman yerleri gerektirmesi,
- Yüklerin belirli olması,
- Yüklerin ağır olması nedeniyle yükleme ve boşaltma esnasında geminin kolayca yalpayaya düŐebilmesi,

- Hangar içi kayıp hacmin diğer gemilere nazaran fazla olması (Aldoğan ve diğerleri, 1999)

3.4.4 Pilotaj / Römorkaj

Limana yanaşacak olan gemilere verilen pilotaj (kılavuz kaptanlık) ve römorkaj hizmetlerinin planlanması, takibi ve faturalanması işlemleri yürütülür. İlk önce, pilotaj yapılacak geminin ve limanın bilgileri sisteme girilir. Römorkaj için çalıştırılacak aracın cinsi ve acente bazında fiyat belirlenir. Girilen veriler için onaylama ve onaylayan bilgileri tutulur (<http://www.sistek.com.tr>).

3.4.5 Likit

Limanlardan dağıtımı yapılan petrol, gaz, kimyasal madde vb. likit ürünlerin elleçlenmesi gerçekleştirilir. Limanlardaki dolum peronlarında uygun sıcaklık ve basınç altında araçlara ve tanklara gemilerden çıkan likitler boşaltılır.

3.5 Liman Lojistik Hizmetleri

Kamu ve özel limanlarda yukarıda belirtilen hizmet tiplerin verilen hizmetleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Yükleme, limana gelen geminin ürün tipine göre uygun aparat ile gemi ambarına kargo planına göre yerleştirilmesidir.
- Yüklemede bağlama / sabitleme işlemleri, gemi ambarına konulan yükleri bağlama sabitleme malzemesi ile bağlanması (lashing), gemi veya deniz aracına şamandıra, iskele, rıhtım gibi yerlere yatmak maksadıyla halat verilmesi.
- Tahliye / boşaltma, limana gelen geminin, ürün tipine uygun aparat ile gemi ambarındaki ürünlerin ambar içerisinden gemi kenarındaki taşıma aracına yüklenmesi işlemidir.
- Tahliyede bağlama / sabitlemenin çözülmesi, gemi ambarındaki bağlı yüklerin bağlama sabitleme malzemelerinin çözülmesi (unlashing) hizmetidir.
- Dunnaging işlemi, gemi içinde dağınık durumda bulunan yüklerin toplanarak birbirlerine ve gemiye zarar vermesinin engellenmesi işlemidir.
- Konteyner temizlik, iç yükleme yapılacak olan konteynerların yüklemeden önce içinin temizlenmesidir.

- Konteyner tamiri, gemi yolculuğu, konteyner istif sahasındaki stoklanma veya liman iş makinaları tarafından taşınması esnasında konteynerlar hasar görebilir. Bu hasarların, hasarı oranında tamirleri bazı limanlarda yapılabilmektedir.
- Terminal hizmetleri, liman arka sahasında gemiden indirilen ürünlerin geçici bir süre için stoklanması hizmetidir. Stoklanma esnasında müşterinin talebi doğrultusunda ürünler terminal sahasında istiflenir. Terminal sahasında verilen hizmetler, limanda gemiye yüklenecek veya gemiden boşaltılan ürünlerin kabulü, istiflenmesi, talebe bağlı olarak müşteriye sevk edilmesidir.
- Mal kontrolü, gemiden tahliyesi yapılan ürünlerin fiziki kontrolünün yapılması, sayısal olarak sayımının yapılması ve teslim alınması işlemidir.
- Depolama, üretimi desteklemek, farklı üretim birimlerinden gelen ürünleri birleştirmek, yükleri ayırmak ve konsolidasyon amaçlı olarak kullanılmaktadır. Lojistik süreç içinde teslim alma, yükleme boşaltma, yerleştirme, stoklama, bakım, ürün montajı ve ambalajlama gibi işlemler depolama faaliyetleri arasındadır. Depolama hizmetleri gümrüklü ve gümrüksüz depolama olarak ikiye ayrılabilir. Gümrüklü depo, mal ve eşyaların miktar, kalite ve özelliklerinin incelenip, kıymet tespitinin yapıldığı ve uygun şartlarda korunmalarının gerçekleştirildiği, gümrüklü sahalarda kurulan (4458 sayılı gümrük kanunu ile gümrük yönetmeliğinin ilgili maddelerinde belirtilen özellikleri taşıyan) yerleri ifade eder. Gümrüksüz depo ise gümrük işlemleri bitmiş olan ürünlerin depolandığı alanlardır. Eşyaların muhafaza edildiği, bir çok ürün için sadece giriş (ürün kabul) ve çıkış (sevkıyat) süreçlerinin de yaşandığı çapraz sevkıyat (cross docking) noktaları, kurye firmalarının kullandıkları aktarma merkezleri ve müşteri siparişlerine göre hızlı, sık ve kapsamlı sevkıyatlara elverişli yerlerdir.
- Taşıma hizmetleri, liman sahası içinde uygun araçlar ile limanda yükleme veya tahliyesi yapılacak ürünlerin taşınmasıdır.
- Hasar kontrolü, yükleme, tahliye, ara taşıma veya limanda bekleme esnasında ürünlerde hasar olup olmadığının gözle kontrolü, hasar var ise hasar talimatlarının oluşturulması, fotoğraflar ile hasarın belgelendirilmesi işlemidir.
- Aktarma işlemleri, bir gemi ile gelen ürünler liman sahasında stoğa alınır. Daha sonra gideceği başka bir gemi ile gideceği son limanlara gönderilir.
- Limbo işlemleri, gemiden gemiye yük aktarım işlemidir.

Literatürde limancılık ile ilgili olarak yapılan çalışmalara örnek verecek olursak;

Chou (2006) konteyner taşımacılığında operasyonel maliyetlerinin indirilmesinden bahsetmiştir. Maliyetlerin indirilmesi aşamasında, taşımacı firmalar için en uygun konteyner limanının seçilmesinin çok önemli bir nokta olduğunu belirtmiştir. Yazar çalışmasında bulanık çok kriterli karar verme metodolojisi kullanılarak bulanık ortamda en uygun konteyner limanının seçilmesi irdelenmiştir. Bu seçim esnasında bulanık sayılardan yararlanılarak gerçek hayatta yaşanan bir olayı modellenmiştir.

Konum seçimi, hükümet bölümleri ve endüstriyel organizasyonlar için en önemli karar mevzularından biridir. Konum belirlenmesi için çok kriterli seçim yöntemleri belirlenmiştir. Enerji tesislerinin optimum konumunun belirlenmesi, liman faktörleri arasında çiftli mümkün tüm karşılaştırmaları yürütmek suretiyle öznel faktörlere teker teker ağırlık veren bir tercih teorisi yönteminin oluşturulması, çok sayıda alternatif arasından fabrika konumunun seçilebilmesi için nicel veriler ve nitel oranları entegre eden bir ağırlık etkeni analiz metodu vb. yöntemler önerilmiştir. Çok kriter arasından en doğru kararı verebilmek, doğru konumların seçilebilmesi ve sınıflandırılabilmesi hususundaki problem ile başa çıkabilmek için ise çok kriterli karar verme (MCDM) metotları kullanılmıştır.

Chou (2006) deniz taşımacılığı, konteyner seçim probleminin çözümü için bulanık bir MCDM metodu önermiştir. Bu metot Tayvan limanındaki duruma göre test edilmiştir. Sonuçlar, söz konusu MCDM metodunun gelecek vaat ettiğini göstermektedir. Bu bulanık MCDM metodu nakliye şirketinin, konteyner limanı seçimi karar-alımı aşamasını ne şekilde yürüttüğünü açıklamaktadır. Dolayısıyla, limanda ithalat/ihracat, nakliye konteyner iş hacimlerinin arttırılması ve liman yoğunluğunun azaltılması sayesinde mevcut limanın bir supalan konteyner limanı haline gelebilmesi adına çalışan liman yöneticileri, söz konusu yöntemin en etkili ve önemli yöntem olduğunu belirtmektedirler.

Cullinane ve diğerleri (2001) Asya kıtasında başlıca konteyner limanlarının analiz edilmesi ve yönetilmesi için “liman fonksiyon matrisi” oluşturmuştur. Bu yaklaşım, limanların etkinliğinin ölçülmesi için kullanılan stokastik sınır modeliyle benzerlikler göstermektedir. Matris iki farklı sınır modelinin verileriyle test edilerek, doğruluğu kontrol edilmiştir. Bu çalışma sonucunda liman büyüklüğünün, çalışma etkinliğine ve limanın hangi sektör için çalıştığı ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Liman yoğunluğunun ve diğer verimsizlik belirtilerinin çözülebilmesi için liman yönetimi, Kore hükümetinin liberalleşme ve özelleştirmeye yönelik ekonomik politikalarına paralel

olarak, özel ve yabancı finansman sağlamayı hedefleyen yeni liman ve terminal gelişim planları hazırlamıştır. Hükümet hem mevcut hem de ileride inşa edilmesi planlanan liman tesislerine sermaye sağlamak için planını yürürlüğe koyarken, Kore limanları da yeni politikalarla rekabete açılmaktadır. Bunun bir başka yönü ise, liman operasyonlarına ait giderlerin ve gelirlerin hükümet ve özel sektör meseleleri arasında paylaşılacağı derecede bir özelleştirmedir. Bu noktada, Kore konteyner terminallerinin bağıl verimliliğini ölçecek uygun bir analitik araç olarak sınır boyu modelinin kullanılması önerilmiştir. Ele geçen sonuç ölçümleri, özel sektörün yönetiminde bulunan ve özel olarak işletilen konteyner terminallerinin, kamu sektörü rakiplerine oranla ekonomik açıdan daha iyi performans gösterip gösteremeyeceğine dair bilgi sağlamıştır. Analizin nihai hedefi, Kore liman sektörünün liberalleşme politikasına ilişkin verimliliğin değerlendirilmesi ve gelecekte uygulanacak politikaların formüle edilmesidir.

4. LİMAN LOJİSTİK HİZMETLERİ İÇİN MODEL ÖNERİSİ

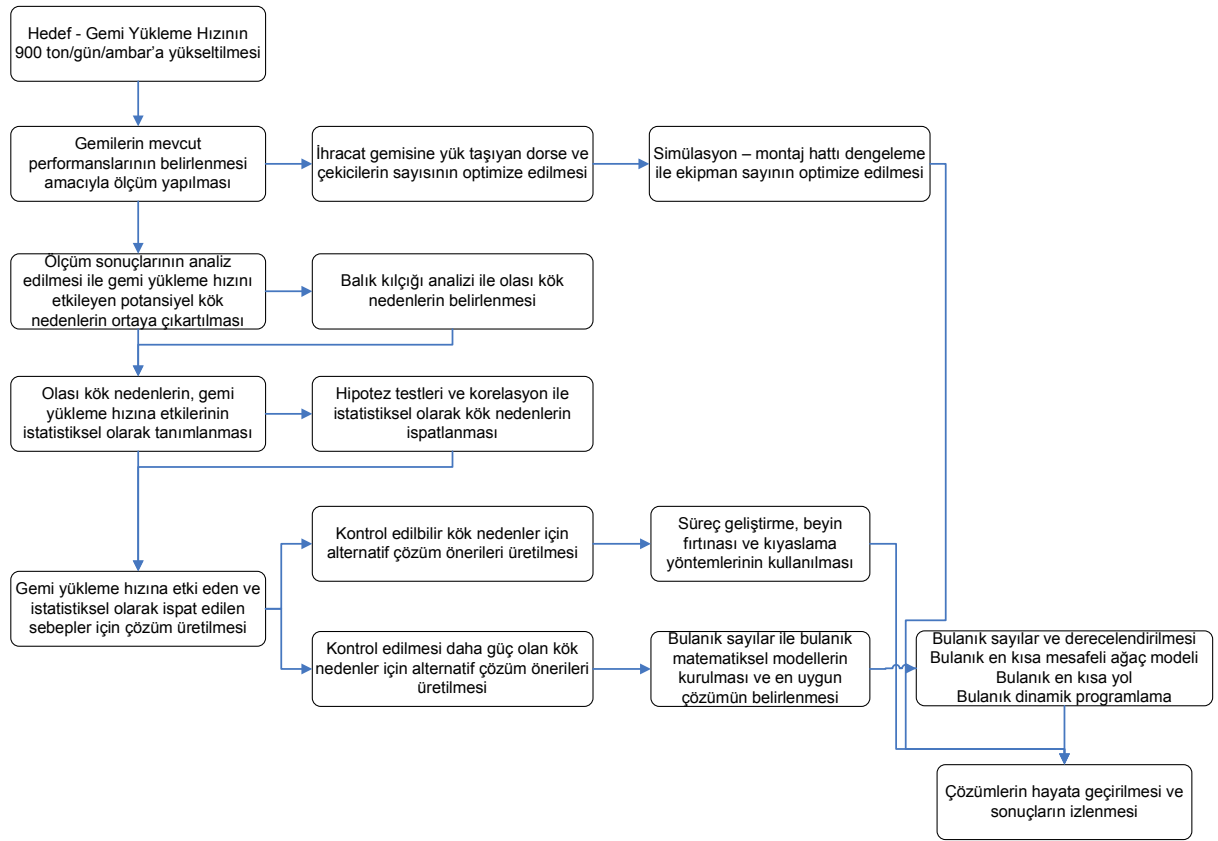
Uygulamanın yer aldığı 5. bölümde yer alan problemin çözümü için kullanılan teknikler hakkında teorik bilgiler ile birlikte literatür araştırması bu bölüm içerisinde detaylandırılacaktır. Şekil 4.1’de liman lojistik hizmetlerinin modellenmesi ve optimize edilmesi için kullanılan yöntemlerin akış haritası gösterilmektedir.

4.1 Model Akış Haritası

Çalışmada yer alan uygulamanın çözümlenmesi için farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler kullanılırken aşağıdaki adımlar baz alınmıştır.

1. Problemin tanımlanması,
2. Tanımlanan probleme göre mevcut durumun analizinin yapılması ve böylelikle mevcut performansın belirlenmesi,
3. Mevcut performans ile hedeflenen performans arasındaki farkın nedenlerinin analiz edilmesi,
4. Hedeflenen performansa ulaşmayı engelleyecek olası kök nedenlerin ortaya çıkartılması ve istatistiksel yöntemler ile ispat edilmesi,
5. İstatistiksel olarak ispatlanan, problemin hedefe ulaşmasını etkileyecek kök nedenlere göre çözümlerin geliştirilmesi,
6. Çözümlerin hayata geçirilmesi,
7. Sonuçların izlenmesi.

Beşinci bölümde detaylandırılan uyguma içeriğinde yer alan problemin çözümü için farklı yöntemler kullanılmıştır. Farklı yöntemlerin kullanılmasının nedeni de sorunları ele almak ve çözümleri hayata geçirmektir. Şekil 4.1’deki akış haritasında görüldüğü gibi ekip ve ekipman optimizasyonu için simülasyon, yüklemeye geciktiren nedenleri bulmak için istatistiksel analizler ve gemi yükleme hızına etki eden değişkenlerin hangi şartlarda hangi sonuçları vereceğini belirlemek amacıyla matematiksel modeller kullanılmıştır. Üç farklı matematiksel model kurularak ile de farklı algoritalarda sonuçların nasıl değiştiği gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Kullanılan yöntemlerin akış haritası

4.2 Simülasyon

Gelişen teknoloji, bilişim sistemleri ve globalleşme firmalar arasındaki rekabeti oldukça arttırmış, değişen ekonomik ve sosyal koşullar bir olgu ve olayı etkileyen bir çok yeni değişken yaratmıştır. Firmalardaki her karar vericinin amacı, bu değişkenlerin tümünü göz önüne alarak, problemlerin çözümünü sağlayacak en optimal kararı vermektir. Birçok karar verme tekniği günümüz problemlerinin çözümlerine uygulandığında çok teorik kalabilmekte, model geliştirmek için gerekli koşullar gerçek hayatta sağlanamamakta, dolayısıyla uygulanabilir sonuçlar alınamamaktadır. Simülasyon ise esnek ve hemen her tür probleme uygulanabilir olması bakımından hem doğal bilimlerde hem de sosyal bilimlerde en çok kullanılan sayısal karar verme yöntemlerinden bir tanesidir. Simülasyon, temel olarak olasılıklı problemlerin analizinde kullanılan bir yöntemdir ve normalde belirli bir probleme çözüm sağlamaktan ziyade, problemle ilgili karar almada kullanılmak üzere bilgi sağlarken, alınan kararların doğruluğunu yapay bir uygulama ortamı yaratarak test etmeye yardımcı olur (Düzgün ve Samantır, 2005).

Endüstrileşme sürecinde, toplam işin öğelerine ayrılarak, bu parçaların ayrı ayrı işçiler

tarafından yapılmasıyla daha hızlı, kitlesel (seri) ve daha ucuz üretim yapılabilceği gr ortaya çıkmıştır. Bunun sonucu olarak üretim, üzerinde değişik i istasyonlarının bulunduğu belirli bir hat üzerinden parçaların geçirilmesi yoluyla yapılır. Malzemelerin, akış hattı boyunca işgücü veya donanımdan yararlanılarak transfer edildiği ve parça üzerindeki işlemlerin, aralarındaki öncelik ilişkileri ve çevrim süresi gibi kısıtlar gözönüne alınarak birleştirilmesiyle oluşturdukları istasyonların, yine bir hat boyunca sıralanmalarıyla oluşan sisteme, “montaj hattı” adı verilir. Hat zerindeki i istasyonlarında bulunan işçiler, ürün durumuna getirilecek yarı ürün nlerinden geçerken, kendilerine ait i öğeleriyle ilgili bir veya birkaç işlemi yaparlar. Bu işlem sonucunda, hatta giren parça ve yarı ürünler, gereken tüm iler yapılmış şekilde, hattın sonundan ürün olarak çıkarlar. Bir veya birkaç ürün için yapılacak montaj hattı üretimi tasarlandığında, üretim hattındaki i istasyonlarına ilişkin işlem sürelerinin dengelenmesi sorunu ortaya çıkar. Buradaki amaç, kurulan montaj hattının verimli olarak çalışabilmesi için, üretim süresi içinde her bir montajcıya, montaj hattında çok az süre bırakılacak veya hiç boş süre bırakılmayacak şekilde işlemlerin istasyonlara dağıtılması, yani var olan kısıtlar altında, işlem sayısının çok ve üretim hızının yüksek olması nedeniyle i istasyonları arasındaki işlem süresi farkları toplamının en küçük olmasıdır. Sorunun bu noktasında, sürekli üretim yapan sistemlerin yerleştirme düzeninin kurulmasında, hat dengeleme problemi ortaya çıkar.

rn oluşumu sırasında yapılması gereken ilerin, montaj istasyonlarına, kayıp süreleri en aza indirecek şekilde atanması olayına, bir başka tanımla i öğelerinin i duraklarına zglenmesine, “montaj hattı dengeleme” veya kısaca “hat dengeleme” denir. Grldği gibi hat dengeleme problemleri, üretim hatlarının tasarımında ve işletilmesinde her an ortaya çıkabilen bir konudur. Gerçekte hat dengeleme problemleri, çeşitli sıgalarda ve üretim hızlarında çalışıldığında, hatta oluşabilecek ve istasyonların verimliliğini etkileyecek başlıca etkenlerden olan atıl kaynak kullanımını en alt düzeyde tutmak için en uygun çözümün atanmasında ortaya çıkmıştır.

Günümüzde ise üretim miktarları, rekabet arttığından ve piyasa koşulları zorlamaya baladığından, artık üretim hatlarını tasarlamak ve bu hatlara, oluşan çeşitli dalgalanmalar karsında yeterli esnekliği verebilmek için girişilen çalışmalar, bilgisayar desteği ile geliştirilen simülasyon programları ile olduğa kolay olmaktadır.

Bu tip sistemler temelde birbiri ardına dizilmiş i istasyonlarından oluşur. Hammaddeler ve yarı ürün parçalar, hat içine, hattın başlangıcından veya ara istasyonlardan girerler. Giren parçalar, bir i istasyonundan diğerine geçerek, en son istasyondan hattı ürün olarak terk ederler. Bir

montaj hattının kurulmasında ulaşılması istenen amaçlar aşağıdaki gibidir;

- Düzenli bir malzeme akışını sağlamak,
- İnsan gücü kullanımını en üst düzeye ulaştırmak,
- Makine sığalarını en üst düzeyde kullanmak,
- İşlemler için en az süreyi kullanmak,
- En az miktarda malzeme kullanmak,
- Boş süreleri veya dengeleme kayıplarını en küçükleme,
- İş istasyonu sayısını en azlamak,
- Dengeleme kayıplarını, iş istasyonları arasında düzgün şekilde dağıtmak,
- Var olan tüm kısıtları, sınırları zorlamadan sağlamak,
- Hat dengeleme maliyetini en az düzeyde tutmak.

Montaj hattı dengelemenin amaçları birbirleriyle eliştiklerinden, hepsini birden en üst düzeye ulaştırmak olası olmayabilir. Dengelemede ana amaç, bu çelişkileri göz önüne alırken en uygun çözüme ulaşılmasıdır. Bu yapılırken, montaj maliyetlerinin de en küçük olması sağlanmalıdır. Dengeleme işleminde düşünülen etmenler içinde, maliyet etkisi olan tek değişken, işgücüdür. İşgücü yükünün dengelenmesinde başvurulabilecek çareler aşağıdaki gibi olabilir;

- İki veya daha fazla tezgahda bir işçi çalıştırılabilir (Otomatik işlem süresi uzun olan iki veya daha fazla tezgah için),
- İki kısa işlem süresi, diğerleri kadar veya daha az ise bunlar, bir işçiye verilebilir,
- İşçinin yükü arttırılabilir,
- İşçiler, alışma hızlarına göre dizilebilir.

Montaj hattı dengelemede kullanılan temel kavramlar şu şekildedir;

İş  ğesi; işler, temel hareketlerden veya iş parçacıklarından oluşur. İş  ğeleri; toplam işin, uygun ve pratik en küçük alt parçasıdır ve bu iş parçacıklarının bir veya birkaçı tarafından oluşturulurlar. İş  ğesi, üretim süreci içinde, toplam iş içeriğinin, mantıksal olarak bölünmüş

bir parçasıdır. Diğer bir görüşe göre iş ögesi, montajcılar arasında gereksiz karışıklıklara neden olmadan, iki veya daha fazla işçi arasında paylaştırılması olanaksız en küçük iş birimidir. Yani toplam işin kaç aşamada tamamlanacağını ve bunların hangi aşamalar olacağını belirleyen, işi yeterli ve anlamlı en küçük parçalara bölme sonucu ortaya çıkan birimler ve yapılacak işlemlerdir.

İş istasyonu; montaj hattı üzerinde verilen bir işin, işçi/işçiler tarafından yapıldığı alandır. Her istasyonda, bir işçinin, bir işlem için gerekli araçlarla çalıştığı varsayılır. Genellikle iş istasyonu, bir montajcı tarafından doldurulan yer olarak düşünülür. Bir montaj hattı için, en küçük istasyon sayısının 1 olması ve istasyon sayısı dengeleme çalışması sırasında saptanan en büyük istasyon sayısının aşılması gerektiği kısıtları vardır.

Toplam iş süresi; montaj hattı üzerinde üretilecek bir ürünün montajı için gerekli olan süre veya işi oluşturan tüm iş ögelerinin standart süreleri toplamıdır.

İş istasyonu süresi; bir iş istasyonunda tamamlanması gerekli olan iş ögelerinin standart süreleri toplamıdır. Yani, istasyona gelen bir parça üzerinde o istasyonda yapılması gereken ilk iş ögesinin başlangıç anı ile bitiş anı arasındaki süre farkıdır. Bir iş istasyonu süresi, en büyük iş ögesi süresinden küçük, çevrim süresinden büyük olamaz.

Çevrim süresi; çevrim süresi, montaj hattında, ürünün bir istasyonda kalabileceği en büyük süre veya bir iş istasyonundaki işçinin, o istasyonda yapılması gerekli işleri tamamlaması için gerekli olan süre olarak tanımlanabilir. Çevrim süresi, iş istasyonu süresine eşit veya daha fazla olabilen, iş istasyonundaki işçinin, işini tamamlayabilmesi için kullanabileceği süredir (Tanyas ve Baskak, 06).

Liman lojistiği konusunda literatürde yapılan simülasyon çalışmalarına ait örnekler aşağıda verilmektedir.

Bielli ve diğerleri (2005) denizcilik sektöründe çalışmalar yapmışlardır. Konteynerlerin liman hizmetleri yönetiminin çok dinamik ve karmaşık olduğunu belirtmişlerdir. Yoğunluk içerisinde oluşan trafiği azaltmak için önceden yeterli stratejileri oluşturmak amacıyla operasyonların verimliliğinin artırılması ve limanların geliştirilmesi gerektiğini söylemişlerdir. Makalelerinde Java simülatörü ile konteyner terminalinin mimari yapısını oluşturan ögelerin ayarlarının yapılmasını ve taşınmasını konu etmişlerdir. Bu çalışmanın ana amacı, bir liman karar destek sistemi oluşturarak, operasyonel destek sağlamaktır.

Demiryolları, okyanus yolcu gemileri ve karayolu kamyonları için bir ara yüz sağlamakta olan

konteyner limanları, taşımacılık yöntemleri arasındaki zincirin önemli bir halkasını oluşturmaktadır. Denizcilik konteyner terminalleri, çok sayıda bilişim sistemi ve kontrol mühendisliği uygulamalarının genel bir liman enformasyon sistemi mimarisi içerisinde yüksek bir oranda nasıl entegre edilebileceğine bir örnektir. Söz konusu sistemler, gemi trafik hizmetleri, deniz, kara ve taşımacılık istasyon planlama operasyonları, idari ve finansal yönetimler ve kontrolü, ekipman bakımı vb. içermektedir.

Bu durumda liman yöneticisi için en değerli simülasyon yöntemleri, her kararın içerisindeki kâr ve zararı önceden tahmin edebilenler olacaktır. Konteyner terminallerinde karar alım sistemlerinin geliştirilebilmesi için, konteyner terminal yönetiminde verimliliği arttırmak amacıyla, terminaldeki operasyonları simüle eden yazılımlar tercih edilecektir. Bielli ve diğerleri (2005) çalışmalarında hazırlanması gereken simülasyon yazılımının ana hedeflerini şu şekilde belirlemiştir;

- Alternatif gemi yükleme ve boşaltma operasyonlarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi,
- Çeşitli depolama politikalarının değerlendirilmesi,
- Farklı kaynak tahsis prosedürlerinin değerlendirilmesi,
- Konteyner terminal simülatörü.

Bu simülatör, optimizasyon modülleri tarafından yaratılan yönetim politikalarını değerlendirecek bir deneme aracı olarak kullanılmaktadır ve terminalde meydana gelen aktivitelerin ve akışların gerçekçi bir temsilini yerine getirmekle sorumludur. Yönetici ve mühendisler, farklı politikaları uygulama safhasından önce deneme ve karşılaştırma imkanı tanımaktadır. Ayrıca sunmakta olduğu bir grafik ara yüzü ile simüle edilmiş terminalin cari durumuna kolay erişim imkânını sağlamakta ve birtakım olayların simüle edilmesine olanak tanımaktadır. Çeşitli yönetim politika faaliyetlerinin performansları göstergeler yoluyla karşılaştırılabilmektedir. Bu göstergeler, çeşitli çalışma süreleri boyunca vinçler ve operatörlerin kullanım maliyetleri, gemi ayrılışının gecikmesi durumunda gemicilik şirketine ödenecek tazminat ve gemilerden boşaltılan yahut gemilere yüklenen her konteyner için elde edilen geliri hesaba katmak zorundadır. Ekonomik göstergelerin yanı sıra bu simülatör, kaynaklardan faydalanışın değerlendirilmesini ve terminal vinçlerindeki operasyonlar için ortalama kuyruk uzunluğu gibi yoğunluk göstergelerinin ölçülmesine de olanak tanımaktadır.

Lee ve diğerleri (2003) limanlarda bulunan tedarik zincirinin modellenmesi ve buradaki

tedarik zincir yapısının analiz edilmesini konu edinmişlerdir. Geliştirilen, tedarik zinciri simülasyon modelinin amacı, tedarik zinciri şebekesi için sayısal bir model oluşturmak ve istenen strateji için tedarik zincirinin analiz edilmesine yardımcı olmaktır. Stratejik, taktik ve operasyonel politikalara göre limanın tedarik zinciri içerisindeki performansı da irdelenmektedir. Farklı stratejilerin tedarik zincirinde farklı hedefler oluşturabileceği de vurgulanmıştır.

Bir tedarik zinciri yönetimi (TZY), en yüksek seviyede üç ana bölüme ayrılmaktadır; planlama, uygulama ve performans ölçümü. Bunun genel amacı, müşterinin ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurmak suretiyle, dar fonksiyonel alanların ötesine uzanan işlemlerin optimize edilmesi ihtiyacıdır.

Liman tedarik zinciri simülasyonu için başlangıç durumunu oluşturan öğeleri belirleyecek olursak aşağıda belirtilen tüm aşamaların tamamlanmış olması gerekmektedir;

- Liman tedarik zincirinin tasarımı,
- Liman tedarik zincirinin operasyonları ve kaynakları,
- Liman tedarik zincirinin performans ölçümleri,
- Liman tedarik zinciri yönetiminin stratejik faktörleri,
- TZY göz önünde tutularak liman operasyonlarının simülasyon modeli.

Tedarik zinciri açısından liman operasyonlarını tasarlamak ve uygulamaya koymak için liman operasyon kararlarının geliştirilebilmesi amacıyla anahtar etkileşimler rolü oynayacak dört uygulama modeli (girdi modeli, strateji modeli, işlevsel politika modeli ve performans modeli) bulunmaktadır. Girdi modeli, fiziksel ve mantıksal araçlara çeşitli temel girdileri sağlamak için belli sayılarda konteynerler, kaynaklar, diğer varlıklar ve talep bilgilerinden oluşmaktadır. Strateji modeli, tedarik-zinciri yapısındaki ticari ortaklık mevcudiyetleri arasındaki bilgilerden oluşmaktadır. İşlevsel politika modeli, maliyet ve aktarım sürelerinin düşürülmesi gibi amaçların belirlenmesinden oluşmaktadır. Son olarak, performans modeli, TZY açısından liman aktivitelerinin performansının ölçülmesinden oluşmaktadır. Bunlara konteyner elden geçirme süresi, hizmet verilecek gemi sayısı, rıhtım başına hizmet süresi ve rıhtımlardan faydalanma gibi aktiviteler de dahildir.

Yukarıda tariflenen modelin simüle edilebilmesi için, ARENA (versiyon 4) kullanılmıştır. Bu simülasyon paketinin kullanılmış olmasının sebebi, gemi varışı ve gemilerin sıralanması,

konteyner vinci ve alan-çekici hizmet şablonu, vs. gibi işlemlerin modellenenebilmesi için özelliklere sahip olmasıdır.

Modelleme sayesinde, performansın artırılması için gerekli olan, liman tedarik zinciri simülasyon modelinin bileşenleridir (girdi modeli, strateji modeli, işlevsel politika modeli ve performans modeli).

Shabayek ve Yeung (2002) ekonomik durgunluğun Hong Kong konteyner limanında dikkate değer bir etki yarattığını, pozitif bir büyüme oranının halen erişilebilir bir hedef olduğunu belirtmişlerdir. Hong Kong'daki limanlarda 1998 yılında, 14.6 milyon TEU konteyner elleçlendiğini vurgulamışlardır. Hong Kong'daki konteyner iş hacminin % 66'sını kapsayan Kwai Chung konteyner terminali için geliştirdikleri bir simülasyon modelinden bahsetmektedirler. Bu model ile, limandaki aktif operasyonların yüksek sipariş doğruluğu ile nasıl çalışacağı konusundaki verileri göstermeyi hedeflemişlerdir.

Simülasyon modelinde müşteriler ve hizmet verenler sırasıyla konteyner gemileri ve terminal operatörleri olarak belirlenmiştir. Model farklı alt-elemanlara ayrılmıştır ve bunların her birinin belirli girdi parametreleri vardır. Operasyonlar, gemilerin limana geliş rotaları aracılığıyla varması ve tampon bölgesine girmesi ile başlar, buna da demirleme adı verilir. Bu noktadan itibaren her tekne, ilişkin işletmecinin tampon noktasına tahsis edilecek şekilde bir dağıtım merkezinden geçer. Daha sonra tekneler, ilişkin operatörler ya da bağıntılı operatörler hizmet için müsait olana dek tampon bölgesinde beklerler. Bağıntılı operatörler, gemilerin varışında yaşanan trafik sıkışıklığından dolayı birbirleri arasında rıhtımları ödünç verme/ödünç kullanma anlaşmasını yapmış operatörlere denir, ancak pratikte bu uygulama Hong Kong uluslararası terminali dışındaki noktalarda pek fazla uygulamaya konmamaktadır. Tekneler, tahsis edilmiş operatörler tarafından hizmete tabi tutulduktan sonra tampon bölgesinden ayrılırlar. En sonunda tekneler limandan çıkmak için ayrılık rotalarını izlerler. Her eleman içerisindeki parametreler için girdi değerleri, çalışma dönemi boyunca toplanmış verilerden elde edilmiştir.

Tahar ve Huslian (2000) Malezya da bulunan Kelang konteyner limanının yönetimi için yaptıkları simülasyon ve modelleme çalışmalarından bahsetmektedirler. Çalışmanın temel amacı limandaki lojistik faaliyetlerinin daha verimli hale getirilmesidir. Limandaki tüm hareketlerin verimli bir şekilde işletilmesi için detaylı istatistiki analizler ile doğru yapılan iş oranının artırılması amaçlanmıştır. Çalışma ile liman yerleşimi konusunda veriler elde edilmiştir. Bu veriler ışığında yapılan simülasyon çalışmaları makalede ayrıntılı olarak

açıklanmıştır.

Bu çalışmada, birçok zamanlama ve planlama sorununun modellenmesi amacıyla, sağladığı esneklik ve sahip olduğu kullanıcı dostu modelleme yapısından dolayı ARENA simülasyon programı seçilmiştir.

Geliştirilmiş simülasyon modelleri farklı liman operasyonlarının analiz edilmesinde kullanılabilmektedir. Modeller, gemi hizmet süresi, rıhtım meşguliyeti, gemi çıktıları, vinç değerlendirilmesi ve buna benzer liman performans göstergeleri için tahminler sağlamaktadır. Modelleme işlemi, varış ve hizmet süresi gibi değişkenlere uygun olasılık dağılımları sağlamak için farklı girdi verilerinin istatistiksel olarak analiz edilmesi ile başlar. Bundan sonra girdi verisi dağılımlarını kullanarak bir simülasyon modeli geliştirilir. Simülasyon modelinden elde edilen sonuçlar daha sonra ARENA çıktı analizörü kullanılarak analiz edilir. Liman memurları, eldeki simülasyonu nihai çıktı analizi ile beraber kullanmak suretiyle, liman operasyonlarının lojistik planları için iyi bir işleme stratejisi belirleyebilmektedirler.

4.3 İstatistiksel Analizler

4.3.1 Hipotez Testleri

Modern istatistikte en çok kullanılan terimlerden birisi “karar” dır. İşletme sorunlarının giderilmesi için alınan kararlarda her zaman yanlış seçim yapma riski vardır. İstatistiğin kullanılma nedeni de yanlış karar verme olasılığını en aza indirecek bir kriter sağlayıp, olası riski değerlendirmektir. Hipotez testleri, karar vericiye böyle bir kriter sunmaktadır.

Hipotez, bilinmeyen kütle parametreleriyle ilgili olarak, bu kütleden seçilen bir örnek grubu aracılığıyla yapılan varsayım olarak tanımlanır. Örneklem sonucunda elde edilen değerler kullanılarak, ana kütlenin kabulü ya da reddi yapılır. Ancak hipotezlerin test edilmeleri için önce kurulmaları gerekmektedir ve doğru hipotez kurmak çok önemli bir konudur. Hipotez, bir parametrenin değeri veya değerleri ile ilgili olarak kurulur. Bu açıdan ele alındığında, genel olarak iki tip hipotez kurulması söz konusudur.

1. Ana kütlenin belirli bir frekans fonksiyonu olduğu varsayılır.
2. Ana kütleyi karakterize eden belirli bir değerin olduğu varsayılır ki, kalite kontrolünde kullanılan hipotezler bu türdendir.

Hipotez kurulduktan sonra rasgele bir örneklem yapılır. Bu örnekleminden elde edilen

değerlerden yararlanılarak sıfır hipotezi kabul yada reddedilir. Bu işleme test işlemi adı verilir. Öyleyse hipotez testi sıfır hipotezinin kabulü veya reddi için ortaya konulan bir karar kuralıdır. Test işleminde karşıt nitelikte iki hipotez vardır.

H_0 =Sıfır Hipotezi ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 =Alternatif Hipotez ($\mu_1 \neq \mu_2$)

Örnek grubundan alınan istatistiksel ölçümlerin her zaman ana kütlenin istatistiksel ölçülerine eşit olması beklenemez. Dolayısıyla, örnek grubuna dayanarak elde edilecek sonuçlara göre alınan karar bir hata içerebilir (<http://www.altisigma.com>).

Hipotez testleri neticesinde hangi hipotezi seçeceğimize p değerine bakarak karar veririz. Yapılan test neticesinde p değeri 0.05'ten büyük olduğu takdirde sıfır hipotezinin doğru olduğu, aksi durumda da alternatif tez kabul edilir.

4.3.2 Korelasyon

Olasılık teorisi ve istatistikte korelasyon, iki bağımsız değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve kuvvetini belirtir. Genel istatistiksel kullanımda korelasyon, bağımsızlık durumundan ne kadar uzaklaşıldığını gösterir.

Farklı durumlar için farklı korelasyon katsayıları geliştirilmiştir. Bunlardan en iyi bilineni Pearson moment çarpım korelasyon katsayısıdır. İki değişkenin kovaryansının, yine bu değişkenlerin standart sapmalarının çarpımına bölünmesiyle elde edilir.

Korelasyon, yalnızca standart sapmaların ikisi de sonlu ve sıfırdan farklı ise tanımlıdır. Korelasyon katsayısının 1'i (mutlak değer olarak) geçemeyeceği kabul edilir.

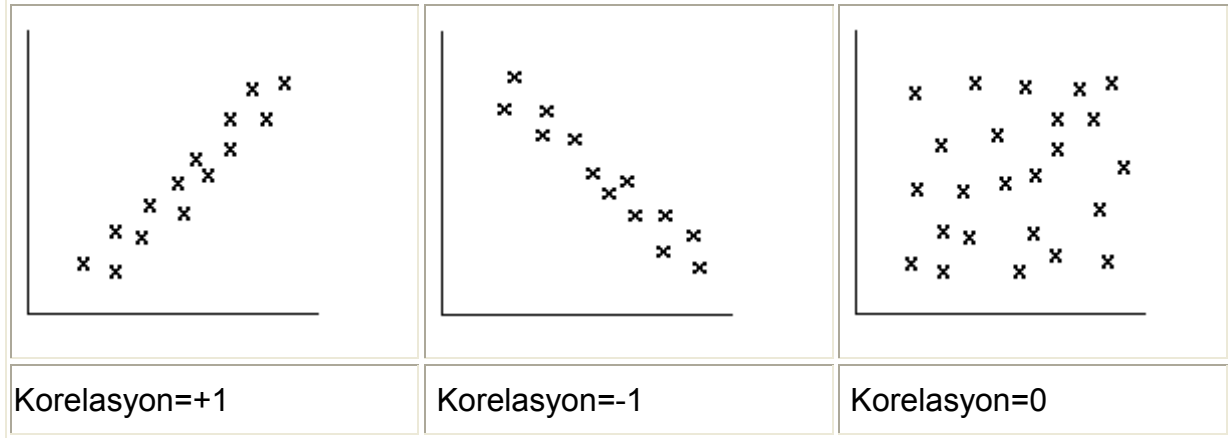
Tam bir artan doğrusal ilişkinin varlığı halinde korelasyon katsayısı 1 değerini alır, tam bir azalan ilişkinin varlığı halinde ise korelasyon katsayısı -1 değerini alır. Katsayının alabileceği diğer tüm değerler ise ilişkinin doğrusallığına bağlı olarak bu iki değer arasında olacaktır. Katsayı 1'e veya -1'e ne kadar yakınsa ilişkinin doğrusallığı o kadar güçlüdür. (<http://tr.wikipedia.org/wiki>)

Korelasyon analizinde değişkenler arasındaki hesaplanmış olan ilişkiler; korelasyon katsayısının +1 ile -1 arasında değişmesi nedeniyle pozitif ve negatif ilişkiler olarak kabul edilmektedir. Korelasyon katsayısı pozitif değer taşıyorsa, söz konusu iki değişken arasındaki ilişki aynı anda artmakta ya da azalmaktadır. Korelasyon katsayısı negatif değer taşıyorsa, değişkenlerden biri artarken / azalırken diğeri azalıyor / artıyor anlamına gelmektedir.

Korelasyon katsayısı sıfır veya sıfıra yakın bir değeri gösteriyorsa, iki değişken arasındaki ilişki yok ya da çok zayıf bir ilişki var, diye nitelendirilmektedir. Korelasyon katsayısı 1 değerinde ise, iki değişken arasında güçlü bir ilişki olduğu kabul edilmektedir. Diğer taraftan, korelasyon katsayısı, 0,40'ın altında ise, değişkenler arasındaki ilişkinin zayıf olduğu, 0,70'in üzerindeki değerde ise, ilişkinin kuvvetli olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Korelasyon katsayısı, 0,40 ile 0,70 arasında ise, söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin orta kuvvette olduğu kabul edilmektedir. (Pekdemir ve Çatalca, 1999)

Korelasyon analizinde iki veya daha çok sayıda değişken arasında bir ilişki bulunup bulunmadığı, eğer varsa bu ilişkinin derecesi ve fonksiyonel şekli belirlenmeye çalışılır. Örneğin reklamların satışı arttırdığı şeklinde bir düşünce yaygındır. Ancak satışların artışı sadece reklamlar ile açıklanamaz. Nüfus artışı, moda, fiyat rakiplerle rekabet satışları etkileyen diğer nedenler olarak düşünülebilir. Öyle ise reklamlar ile satış arasında ilişkinin olup olmadığı incelenmelidir.

Doğrusal korelasyon, bir değişkenin değeri artarken diğer değişkenin değeri düzenli artıyor veya eksiliyorsa, iki değişken arasındaki ilişki doğrusaldır. İlişkiler Şekil 4.2'deki grafikler üzerinden de incelenebilir.



Şekil 4.2 Korelasyon ilişkileri (Ünver ve Gamgam, 2006)

Doğrusal korelasyonun hesaplanmasında Pearson momentler çarpımı korelasyonu kullanılır. Bu formülün uygulanabilmesi için veriler en az aralıklı ölçekle toplanmalı ve süreklilik gösteren nicel bir değişken olmalıdır.

Korelasyon katsayısının önem denetimi, hesaplanmış olan korelasyon katsayısının tesadüfi mi yoksa gerçek bir ilişkiyi mi gösterdiğinin belirlenmesi için denetlenmesi gerektiğini ifade eder. Denetim için kurulan hipotezler $H_0 : \rho=0$; $H_1 : \rho \neq 0$ şeklinde belirlenir. Test istatistiği şu

formüle göre hesaplanır;

$$t = r \sqrt{\frac{(n-1)}{1-r^2}} \quad (4.1)$$

Yukarıdaki formülde yer alan r , korelasyon katsayısını belirtir. Serbestlik derecesi ise $(n-2)$ olarak kabul edilmiştir. (Ünver ve Gamgam, 2006)

4.4 Bulanık Sayılar ve Bulanık Kümeler

Matematiksel modeller, hesaplanan istatistiki değerlere veya belirlenen değerlere göre kurulmaktadır.

Uygulamada kuralan matematiksel modellerde kullanılan değerler bulanık küme ve bulanık sayılardan oluşmaktadır. Bulanık düğüm noktalarının meydana getirilmesinde kullanılan bulanık kümelerin oluşturulması gerekmektedir.

Bulanık bir küme, sınır koşulları esnek olarak tanımlanan bir kümedir. Bulanık küme teorisi, kısmi üyeliğe izin vererek geleneksel küme teorisini genelleştirir ve küme üyeliği için $[0, 1]$ aralığındaki her hangi bir değeri kabul eder (Jamshidi, 1997).

Bulanık kümelerde bir nesnenin üyelik derecesi, 0 ve 1 arasındaki bir sayı ile açıklanır. Burada 0 sayısı ilgili nesnenin kümenin üyesi olmadığını, 1 sayısı ilgili nesnenin kümenin tam üyesi olduğunu ve bu iki değer arasındaki her hangi bir sayı ise ilgili nesnenin kümeye üyelik derecesini veya kısmi üyeliğini gösterir. Buna göre bulanık küme teorisinde kümenin elemanı olmayan nesnelerden kümenin tam elemanı olan nesnelere doğru esnek ve dereceli bir geçişe izin verilir. Bulanık bir küme, bir nesne ve bu nesnenin ilgili kümeye üyelik derecesini gösteren sıralı çiftlerle ifade edilir (Zimmermann, 1993).

$$\tilde{A} = (x, \mu_{\tilde{A}}(x)), \forall x \in U \quad (4.2)$$

Bulanık sayılar, bulanık kümelerin özel bir alt kümesidir. Bulanık sayıların tanımlı olduğu evrensel küme, gerçel sayılar kümesi, tam sayılar kümesi veya doğal sayılar kümesidir. Her bulanık sayı bulanık bir küme olmasına rağmen, her bulanık küme bulanık bir sayı değildir. Bulanık bir kümenin bulanık bir sayı olabilmesi için, aşağıda verilen özelliklerin karşılanması gereklidir.

- Bulanık küme, normal bir bulanık küme olmalı,

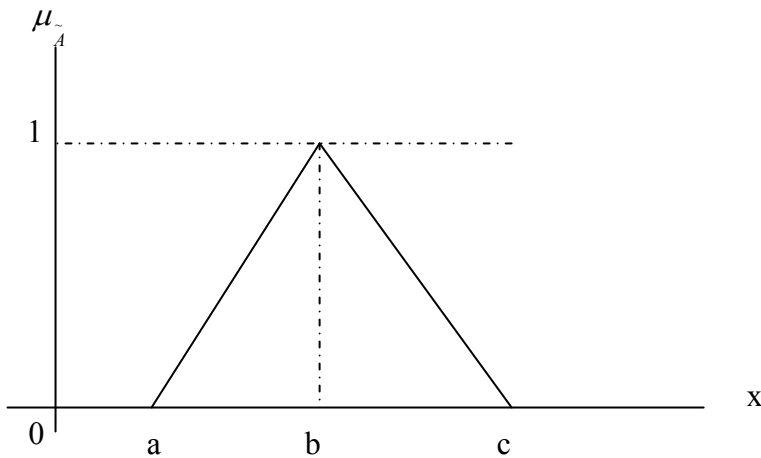
- Bulanık küme, dış bükey bir bulanık küme olmalı,
- Bulanık kümenin destek kümesi sınırlı olmalı,
- Bulanık kümenin her bir α – kesimi gerçel sayı doğrusunun kapalı bir aralığında tanımlı olmalıdır (Özkan, 2003).

Bulanık sayıların ifadesinde kullanılan a, en küçük olası değeri, b, en olası değeri ve c ise, en büyük olası değeri temsil etmektedir.

Bulanık sayıların iki özel türü olan üçgensel ve yamuksal bulanık sayılar uygulamada sıkça kullanılmaktadır. Bu sayılar, isimlerini üyelik fonksiyonlarının biçimlerinden alır. Gerçel sayı doğrusunda tanımlı olan üçgensel bir bulanık sayı, aşağıdaki üyelik fonksiyonuyla parametrik olarak ifade edilir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x; a, b, c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \text{ ise} \\ \frac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \text{ ise} \\ 0 & , \quad x \geq c \text{ veya } x \leq a \text{ ise} \end{cases} \quad (4.3)$$

Burada b parametresi üyelik derecesinin 1'e eşit olduğu noktayı verir ve mod değeri olarak yorumlanır. a ve c parametreleri ise, üçgensel bulanık bir sayının kanat açıklıklarını veya üyelik derecesinin sıfır olduğu noktaları gösterir (Facchinetti ve Ricci, 2003). Üçgensel bulanık bir sayı grafik olarak Şekil 4.3'teki gibi gösterilir.



Şekil 4.3 Üçgensel bir bulanık sayı (Özkan, 2003)

α – kesimlerine göre, gerçel sayı doğrusu üzerinde tanımlı olan iki pozitif bulanık sayının min ve maks değerleri aşağıda verilen ifadeler ile belirlenir (Özkan, 2003).

$$\text{Min} : A_{\alpha} (\wedge) B_{\alpha} = \left[\left\{ \min(a_1^{(\alpha)}, b_1^{(\alpha)}) \right\}, \left\{ \min(a_2^{(\alpha)}, b_2^{(\alpha)}) \right\} \right] \quad (4.4)$$

$$\text{Maks} : A_{\alpha} (\wedge) B_{\alpha} = \left[\left\{ \max(a_1^{(\alpha)}, b_1^{(\alpha)}) \right\}, \left\{ \max(a_2^{(\alpha)}, b_2^{(\alpha)}) \right\} \right] \quad (4.5)$$

α – kesimlerine göre, gerçel sayı doğrusu üzerinde tanımlı olan iki bulanık sayının min, ortalama ve maks değerleri şu şekilde hesaplanır.

$$\tilde{A} = (a_1; b_1; c_1)$$

$$\tilde{B} = (a_2; b_2; c_2)$$

$$\tilde{B} - \tilde{A} = (a_2 - c_1; b_2 - b_1; c_2 - a_1) \quad (4.6)$$

Prodanovic (2001)'e göre bulanık sayıların derecelendirilmesi, bulanık kümelerden çeşitli özelliklerin elde edilmesiyle olur. Bu özellikler, yer çekimi merkezi, üyelik fonksiyonu altındaki bir alan veya çeşitli bulanık kümeler arasındaki kesişim noktaları olabilir. Belirli bir bulanık küme derecelendirme metodu, bulanık kümelerden belirli bir özelliği elde eder ve bundan sonra söz konusu bulanık kümeleri bu özelliğe göre derecelendirir. Sonuç olarak, farklı derecelendirme metodlarının, aynı bulanık küme örnekleri için farklı derecelendirme sırası oluşturabileceğini beklemek yanlış olmayacaktır.

Yuan (1991)'e göre, tüm bulanık küme derecelendirme yöntemleri iki sınıfa ayrılabilir.

1. Bir bulanık sayıyı kesin bir sayıya dönüştürecek bir F fonksiyonu kullanan yöntemler (örneğin eğer A bulanık bir sayı ise $F(A) = a$ 'dır. Burada a bir bulanık sayıdır). Bundan sonra bulanık sayılar kesin sayıların (a'ların) sıralanması yoluyla ayrıştırılır.
2. Bulanık sayı çiftlerinin dilsel karşılaştırmalarını bulanık ilişkiler ile yaratan yöntemler. Sıralama sonuçları şu ifadeye benzer olacaktır: “bulanık sayı A, bulanık sayı B'den biraz daha iyidir.”

Birinci yönteme Freeling (1980) tarafından, “tüm analizimizi bir tek [kesin] sayıya indirgeyerek, hesaplarımız boyunca bilerek ve isteyerek elimizde tuttuğumuz bilginin birçoğunu yitirmekteyiz” eleştirisi gelmiştir. Bu metodoloji, ele alınan tüm bulanık kümeler için bir a tutarlı derece vermektedir (örneğin, eğer A, B'den daha büyük bir dereceye sahipse,

ve B de C'den daha büyük bir dereceye sahipse, A her durumda C 'den çok çok büyük dereceye sahip olacaktır). Ayrıca, her durumda “en iyi”, “ikinci en iyi”, “üçüncü en iyi” olarak derecelendirilmiş bulanık kümeler mevcut olacaktır.

İkinci yöntemde, karşılaştırmaları dilsel düzeyde tutarak, problemin doğasında bulunan bulanıklık özelliğinin korunması hedeflenmiştir. Yuan (1991) şunu belirtmiştir, “çiftli bulanık tercih ilişkilerine dayanarak tüm alternatifler arasında genel geçer bir sıralama yapılabilmesi her zaman için mümkün olmayabilir”. Bu demektir ki eğer A, B'den daha iyiye, ve B de C'den daha iyiye, A her durumda C'den daha iyi olmayabilir.

Yaptıkları incelemede Bortolan ve Degani (1985), basit durumlar için çoğu bulanık küme derecelendirme yöntemlerinin tutarlı derecelendirmeler ürettiğini bulmuştur. Ancak zorlu durumlarda farklı yöntemler için farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu demektir ki eğer üyelik fonksiyonları x 'in bazı değerleri için birbiri ile üst üste binerse, ya da kesişirse, ya da bulanık sayıların destekleri biraz olsun farklılık gösterirse, farklı yöntemler farklı derecelendirme sonuçları verecektir.

Literatür araştırması birçok bulanık küme derecelendirme yönteminin olduğunu göstermektedir. Bortolan ve Degani (1985)'in ve Wang ve Kere (2001a, 2001b) makaleleri, mevcut yöntemlerin detaylı bir incelemesini sunmaktadır. Bortolan ve Degani (1985) ve Wang ve Kerre (2001a ve 2001b) çalışmalarından elde edilen on yedi derecelendirme yöntemi aşağıda belirtilmiştir.

Balwin ve Guild (1979), Campos Ibanes ve Munoz (1989), Chang ve Lee (1994), Chen (1985), Chen ve Klien (1997), Cheng (1998), Dubois ve Prade (1983), Fortemps ve Roubens (1996), Kim ve Park (1990), Lee ve Li (1988), Liou ve Wang (1992), Matarazzo ve Munda (2001), Modarres ve Sadi-Nezhad (2001), Peneva ve Popchev (1998), Yao ve Wu (2000), Yager (1981) ve Yoon (1996).

Bulanık sayıların derecelendirilmesi ile ilgili yöntem seçimi uygulaması esnasında, yalnızca karar alıcıların katılımlarının da sağlanabileceği yöntemlerin seçilmesi uygun bulunmuştur. Bu katılım genelde risk tercihi şeklindedir. Yukarıdaki metotlardan yalnızca dokuz adedi risk tercihi yöntemlerini içermektedir. Balwin ve Guild (1979), Campos Ibanes ve Munoz (1989), Chang ve Lee (1994), Chen (1985), Chen ve Klien (1997), Fortemps ve Roubens (1996), Kim ve Park (1990), Liou ve Wang (1992) ve Peneva ve Popchev (1998).

Prodanovic (2001) çalışmasında, yukarıda bahsi geçen dokuz yöntemi üzerinden daha da fazla eleme yapılabilmesi için aşağıdaki seçim kriterlerini oluşturmuştur:

1. Derecelendirme yöntemi, çeşitli şekillerdeki bulanık kümeleri derecelendirmeye muktedir olmalıdır (yalnızca üçgensel ve/veya yamuk biçimli bulanık kümeleri değil).
2. Yöntem, normal ve konveks olmayan bulanık kümeleri de derecelendirebilmelidir.
3. Yöntem birden fazla bulanık kümeyi derecelendirebilmelidir. Yani, metotlar sadece iki bulanık alternatifi karşılaştırmamalı, ya da listeden en uygun seçimi yapmamalıdır.
4. Hangi alternatifin en iyi desteği aldığına ilişkin nümerik bir tercih ilintisi mevcut olmalıdır.
5. Derecelendirilmiş alternatiflerin bir dilsel yorumu bulunmalıdır. (örn. A4, A3, A2 ve A1'den çok çok daha iyidir ve A3, A1 ile A2'den orta derecede daha iyidir, vb.)
6. Bir önceki maddede bahsi geçen tercih ilintisi rasyonel olmalıdır. Yani, eğer A, B yerine, B de C yerine tercih edilmekte ise bu, A'nın C yerine tercih edileceği anlamına gelmelidir.

Çizelge 4.1 yukarıda bahsedilen geçen dokuz metodun 1 ila 6 arası maddelere göre nasıl karşılaştırıldığını göstermektedir.

Çizelge 4.1 Bulanık sayıların 6 kritere göre derecelendirilmesi (Prodanovic, 2001)

Yöntemler / Özellikleri	1	2	3	4	5	6
Chen ve Klein (1997)	x	x	x	x		x
Chen (1985)	x	x	x	x		x
Fortemps ve Roubens (1996)	x	x	x	x		x
Chang ve Lee (1994)	x	x	x	x	x	x
Baldwin ve Guild (1979)	x	x	x	x		x
Liou ve Wang (1992)	x		x	x		x
Kim ve Park (1990)	x		x	x		x
Peneva ve Popchev (1998)			x	x		x
Campos ve Gonzales (1989)	x	x	x	x		x

Yukarıdaki bilgiler ışığında, Prodanovic (2001) çalışmasında bulanık sayı derecelendirilmesi uygulaması için, Chen (1985) ve Chang ve Lee (1994) yöntemlerini esas alınarak derecelendirme yapmıştır. Diğer yedi yöntem, aşağıda açıklanan sebeplerden dolayı Prodanovic (2001)'in çalışmasında göz ardı edilmiştir.

Kim ve Park yöntemi (1990), Chen (1985) yöntemiyle aşırı benzerlik göstermektedir (ikisi de söz konusu bulanık sayıları bulunduran minimum/maksimum kümelerin kesişimlerini bulma

mantığıyla çalışmaktadır). İki yöntem arasındaki tek fark, risk tercihlerinin niteliği konusundadır. Chen (1985) yöntemi bunu maksimum ve minimum kümeler için değişen üstel değerlerle ifade ederken, Kim ve Park'ın metodu bulanık sayıları bulunduran minimum/maksimum kümelerin kesişimlerini daha farklı bir biçimde vurgulamaktadır.

Maksimum $G_{maks}(x)$ ve minimum $G_{min}(x)$ kümeleri şu şekilde tanımlanabilir,

$$G_{maks}(x) = \begin{cases} \frac{x - x_{min}}{x_{maks} - x_{min}} & x_{min} < x < x_{maks} \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (4.7)$$

$$G_{min}(x) = \begin{cases} \frac{x_{maks} - x}{x_{maks} - x_{min}} & x_{min} < x < x_{maks} \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (4.8)$$

Bulanık alternatiflerin derecelendirilmesine yönelik Kim ve Park(1990)'ın sunmuş olduğu eşitlik şu şekildedir;

$$KP(i) = k \sup(\mu_i(x) \cap G_{maks}) + (1 - k)[1 - \sup(\mu_i(x) \cap G_{min})] \quad (4.9)$$

Burada k sabiti karar alıcının tercihlerini temsil etmektedir ve $[0,1]$ aralığında geçerlidir. Kim ve Park (1990)'ın yöntemi reddedilmiştir. Çünkü Chen (1985)'in yöntemine benzerlik göstermektedir.

Chen ve Klein yöntemi (1997), karar alıcıya tercihleri konusunda sınırlı bir kontrol seçeneği sunmaktadır. Dahası, karar alıcı katılımının çeşitlendirilmesi, alternatifler için, tercih ve kayıtsızlık değiştirebilse de, sıralamanın kendisini değiştirmeyecektir.

Peneva ve Popchev yöntemi (1998), bulanık sayıların üçgensel olmasını şart koşmasından ötürü elenmiştir. Bulanık uyuşma programı, üçgensel olmayan bulanık sayılar ürettiğinden bu yöntem kullanılmamıştır.

Baldwin ve Guild yöntemi (1979), yalnızca bulanık kümelerin birbiri üzerine bindiği durumlarda mantıklı sonuçlar vermektedir. Bu özellik problemin amacını genelleştirdiğinden, yöntem elenmiştir.

Liou ve Wang yöntemi (1992), toplam integral değeri (TIV) isimli derecelendirme endeksi, Chang ve Lee'nin (1994) endeksi ile benzer bir forma sahiptir. TIV için denklem şu şekilde

olmaktadır;

$$TIV(A) = \beta \int \mu_{AL}^{-1}(\alpha) d\alpha + (1 - \beta) \int \mu_{AR}^{-1}(\alpha) d\alpha \quad (4.10)$$

β [0, 1] arasındaki değerleri alacak ve kullanıcının tercihlerini gösteren bir değişken olarak kullanılacaktır.

Chang ve Lee (1994) ve Chen'in (1985) indisleri tarafından üretilmiş sonuçların sağlanması amacıyla, Ağırlıklı yerçekimi merkezi endeksi ve Cheng'in (1998) mesafe yöntemi geliştirilmiştir. Çalışmada belitilmiş tüm risk tercihleri minimizasyon problemleri için geçerlidir. Bu durumda bir iyimser (risk alıcı) kısa mesafe metrik değerleri tercih edecek iken, bir kötümser (risk önleyici), güvenliği sağlamak amacıyla yüksek değerler seçecektir.

Liman lojistik hizmetlerinin modellenmesi esnasında kullanılan bulanık sayıların derecelendirilmesinde farklı dört derecelendirme yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemler, Chiu ve Park (1994), normal sayıların karşılaştırılması Kaufmann ve Gupta (1988), Chen ve Hsieh (2000) ve Chang ve Lee (1994)'nin geliştirdiği OERI derecelendirme yöntemleridir. Bu dört yöntemin seçilmesinin nedeni Kim ve Park (1994) Chen (1985) metodunu geliştirmişlerdir. Bu çalışma içerisinde yer alan dört yöntem Chang ve Lee (1994) ve Kim ve Park (1994) metodlarının geliştirilmesiyle karar verme kolaylığı sunmaktadır. Derecelendirme yöntemlerinin bazı dezavantajları bu metodlar ile elemine edilmiştir. Bu yöntemler ilerleyen bölümlerde detaylandırılacaktır.

Hong ve Chuang (1999) çizelgeleme ile ilgili kavramlara yer vermişlerdir. Çizelgelemede belirsizlik altında kaynakların işlere atanması probleminden bahsetmişlerdir. Mc Cahon ve Lee (1990)'nin belirsizlik altındaki iki makineli atölye problemi için geliştirdikleri yöntem üzerine, bulanık sayıların sıralaması ve bulanık görevlerle ilgili Johnson algoritmasını da kullanarak yeni bir yaklaşım getirmişlerdir. Bu çalışmalarını analitiksel ve deneysel olarak yapmışlardır.

Hong ve Chuang (1999) iki makineli bir akış tipi atölye için yeni bir bulanık Johnson algoritması planlamışlardır. Planlamanın sağlanabilmesi için Johnson algoritması ile birlikte üçgensel bulanık sayı (TFN) kullanılmıştır. Bir kümeye işlerin atanmasını takiben, her bir fonksiyona da ikişer görev verilmiştir. Bu iki göreve ilişkin işlem süresi üyelik fonksiyonuna sahip küme tarafından ele alındığında, üçgensel bulanık Johnson algoritmasının tamamlanma zamanı, üyelik fonksiyonuna sahip çizelgeleme sonucunda üretilmektedir.

Bu algoritmanın oluşturulmasında kullanılan varsayımlar şu şekildedir;

- İşler öncelikli değildir,
- Her iş iki makine üzerinde sırayla görülmesi gereken iki görevden oluşmaktadır,
- Her görev için işlem zamanı üyelik fonksiyonu üçgenseldir ve bilinmektedir.

Algoritma ile ilgili notasyonlar şu şekildedir;

n , işlerin sayısı;

T_{ij} , j 'inci iş için i 'inci görev, $i=1$ veya 2 ve $j=1,2,\dots, n$;

t_{ij} , T_{ij} için bulanık işlem süresi ($a_{t_{ij}}$, $b_{t_{ij}}$, $c_{t_{ij}}$) (üçgensel bir bulanık küme) T_{ij} $i=1$ veya 2 ve $j=1,2,\dots, n$;

P_k , k 'inci makine, $k=1$ veya 2 ;

p_k , k 'inci makine P_k için bulanık işlem süresi (a_{p_k} , b_{p_k} , c_{p_k}) (üçgensel bulanık küme) $k=1$ veya 2

f , tüm çizelgeleme için nihai tamamlanma süresi (üçgensel bir bulanık küme)

Chiu ve Park (1994)'ın ortalama derecelendirme yöntemini kullanmakta olan yeni bulanık Johnson algoritması aşağıda gösterilmektedir:

Girdi : Her biri iki makinede görülecek iki görevden oluşan n işten oluşan bir iş kümesi, her görevin bir üçgensel işlem süresi üyelik fonksiyonu bulunmaktadır.

Çıktı : Üçgensel tamamlanma süresi üyelik fonksiyonuna sahip bir bulanık çizelge

Adım 1 : Bulanık işlem süresi her T_{ij} için ($a_{t_{ij}}$, $b_{t_{ij}}$, $c_{t_{ij}}$) olan göreve ilişkin ortalama yükseklik bulunur.

$$h(t_{ij}) = (a_{t_{ij}} + b_{t_{ij}} + c_{t_{ij}}) / 3 \quad (4.11)$$

Adım 2 : İlk makinede ikincisinden bulanık olarak daha kısa sürede tamamlanan U işler grubu oluşturulur.

$$U = \{i | h(t_{1i}) < h(t_{2i})\} \quad (4.12)$$

Adım 3 : İkinci makinede ikincisinden bulanık olarak daha kısa sürede tamamlanan V işler grubu oluşturulur.

$$V = \{j \mid h(t_{2j}) \leq h(t_{1j})\} \quad (4.13)$$

Adım 4 : U'daki işler artan $h(t_{1j})$ 'ler sırasına göre sınıflandırılır.

Adım 5 : V'deki işler artan $h(t_{2j})$ 'ler sırasına göre sınıflandırılır.

Adım 6 : P_1 ve P_2 makineleri için başlangıç bulanık tamamlanma süreleri p_1 ve p_2 (0, 0, 0)'a ayarlanır.

Adım 7 : Makinelerde sınıflandırılmış U içerisinde ilk iş J_i 'yi (T_{1i} ve T_{2i} 'yi de içerecek şekilde) planlanır. (T_{1i} , P_1 'e ve T_{2i} , P_2 'ye tahsis edilecektir)

Adım 8 : Üçgensel bulanık toplama işlemi kullanılarak $p_1 = p_1 + t_{1i}$ 'nin olması sağlanır.

Adım 9 : $p_2 =$ üçgensel daha uzun süre bulunur, $(p_1, p_2) + t_{2i}$ olarak ayarlanır.

Adım 10 : J_i görevi U'dan çıkarılır.

Adım 11 : U tamamlanana kadar 7 ve 10'uncu adımlar tekrarlanır.

Adım 12 : V'deki işler aynı şekilde planlanır. (7 ile 11 arasındaki adımlar)

Adım 13 : Nihai bitiş süresini $f = p_2$ olarak ayarlanır.

Adım 13 tamamlandıktan sonra, çizelgeleme tamamlanmıştır ve üçgensel üyelik fonksiyonu (f) ile tamamlanma süresi hesaplanır.

Böylelikle problem, Johnson'ın orijinal planlama algoritmasına indirgenmiştir. Johnson'ın orijinal planlama algoritmasının işleyebilmesi için, görev süresi sonlu olmalı ve bilinmelidir. Yani, her görev, taban üyelik değeri 1 olan bir süreye sahip olmalı ve diğer tüm üyelik süreleri 0 olmalıdır. Bu çevrede, iki algoritmanın denk olduğu aşağıdaki şekilde ispatlanabilir.

Teorem 1 : Eğer bulanık küme $A=(a,a,a)$ ve bulanık küme $B=(b,b,b)$ ise, bu durumda daha uzun üçgensel süre bulunur. $(A,B)=(\max(a,b), \max(a,b), \max(a,b))$ olacaktır.

Teorem 2 : Üçgensel bulanık Johnson algoritması ve orijinal Johnson algoritması ile elde edilmiş çizelgeleme planları, sonlu işler için, beraberlik olduğu durumlarda işlerin işleyicilere tahsis edilmesi işleminde kullanılan kurallar aynı olduğu sürece birbirinin aynısıdır.

Teorem 3 : Orijinal Johnson çizelgeleme algoritmasının nihai tamamlanma süresi of ise, üçgensel bulanık Johnson planlama algoritmasından elde edilen nihai bulanık tamamlanma süresi ff, (of, of, of) olacaktır.

Teorem 4 : t_{ij} ($a_{t_{ij}}$, $b_{t_{ij}}$, $c_{t_{ij}}$), T_{ij} bulanık işlem süresi ve ff (a_{ff} , b_{ff} , c_{ff}) de üçgensel Johnson planlama algoritmasından gelen bulanık nihai bitirme süresi olsun. Eğer işleme süresi $c_{t_{ij}}$ olan belirli DT_{ij} görevleri, üçgensel bulanık Johnson planlama algoritması ile elde edilmiş işler listesine göre çizelgelenmişse, belirli görevler için nihai tamamlama süresi d_f , c_{ff} 'e eşittir.

Bulanık kümeler ile işlem yapılabilmesi ve karar verilmesi için derecelendirme metodları kullanılmaktadır. Bu çalışma esnasında referans olarak yararlanılan derecelendirme yöntemleri aşağıda detaylandırılmıştır.

Lin ve diğerleri (2005) servis aksiyonlarında servis kalite güvence sisteminin başarısını sağlamak için bulanık kalite yayılım fonksiyonu modeli tasarlamışlardır. Bu işlemi yaparken bulanık ilişkiler matrisi, bulanık sayıların sıralanması ve üçgensel bulanık sayılardan faydalanmışlardır.

Facchinetti ve Ricci (2004) bulanık sayıların sıralanmasıyla ilgili özelliklerden bahsetmişlerdir. Aksiyomatik yaklaşımlarından biri de, üçgensel bulanık sayıların karakteristiklerini iki grup ihtiyaç şeklinde belirtmeleridir. Özellikle de üçgensel bulanık sayıların eşitliklerinin hazırlanmasında, bu sayıların yayılımlarının detaylı bir şekilde analiz edilmesi gerektiği yazarlar tarafından vurgulanmıştır.

Bulanık sayıların derecelendirilmesi, çok farklı metotlar kullanan birçok yazar tarafından incelenmiştir. Direkt yaklaşıma sahip yöntemlerden biri, ilgili bulanık sayılar kümesinin gerçek hat sırasına sahip olmasına neden olacak şekilde, bulanık sayıları reel sayılara dönüştürme yöntemidir. Bu dönüşüm için gerekli araçlara, derecelendirme fonksiyonları denir ve bunlar genellikle farklı doğallara sahip sezgilerden kaynaklanırlar. Keyfi bir üçgensel bulanık sayı (TFN) seçilerek, bir sıra yaratabilmek için bunun hem kötümser hem iyimser alternatifleri temel nosyonlar olarak tanımlanır.

Kahraman ve Bozdağ (2003) bulanık yatırım analizi çalışmalarında, bütçeleme ve dinamik programlama tekniklerinin nasıl kullanılacağından bahsetmişlerdir. Nakit akışlarının geometrik ve trigonometrik yapısından faydalanarak bulanık sayı kümeleri oluşturulmuş ve sayılar dinamik programlama modelinin girdileri olmuştur. Bu sayede çözüme ulaşılmaya çalışılmıştır. Kaufmann ve Gupta (1988)'nin TFN'leri (a, b, c) parametreleri ile derecelendirebilmesi için üç kriter önerdiği belirtilmiştir. Derecelendirmede baskınlık sıralamasının aşağıdakilerin önceliğine göre belirlenmesi gerektiği önerilmiştir.

- Normal sayıların karşılaştırılması $(a+2b+c)/4$,

- Modun karşılaştırılması, her bir TFN'deki b'lerin karşılaştırılması,
- Aralığın karşılaştırılması, her bir TFN'deki (c-a)'ların karşılaştırılması.

Projelerin tercihi, sıradan sayıların miktarı ile belirlenir. Daha fazla sıradan sayıya sahip projeler tercih edilir. Eğer sıradan sayılar eşit miktarda ise, daha fazla ilişkin değer barındıran proje seçilir. Eğer projelerde aynı miktarda sıradan sayı ve ilişkin değer mevcutsa, daha geniş aralıklı olan proje tercih edilir. Liou ve Wang (1992), $\omega \in [0, 1]$ optimizasyon göstergesine sahip bir toplam integral değer metodu önermektedir. $\tilde{A}$, sol üyelik fonksiyonu f_A^L ve sağ üyelik fonksiyonu f_A^R olan bir bulanık sayı olsun.

$$E_w(\tilde{A}) = wE_R(\tilde{A}) + (1 - w)E_L(\tilde{A}) \quad (4.14)$$

$$E_R(\tilde{A}) = \int_{\alpha}^{\beta} x f_A^R(x) dx \quad (4.15)$$

$$E_L(\tilde{A}) = \int_{\gamma}^{\delta} x f_A^L(x) dx \quad (4.16)$$

$-\infty \leq \alpha \leq \beta \leq \gamma \leq \delta \leq +\infty$ 'nin olduğu ve yamuk bulanık sayının $(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$ ile gösterildiği durumda $\tilde{A}$ üçgensel bulanık sayısı (a, b, c) ;

$$E_w(\tilde{A}) = \frac{1}{2} [w(a + b) + (1 - w)(b + c)] \quad (4.17)$$

Yamuk bulanık sayı $\tilde{B}(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$ için,

$$E_w(\tilde{B}) = \frac{1}{2} [w(\gamma + \delta) + (1 - w)(\alpha + \beta)] \quad (4.18)$$

Chui ve Park (1994)'ün ağırlıklı ortalama TFN derecelendirme yönteminin parametreleri (a, b, c) şu şekilde formülize edilmiştir,

$$((a + b + c) / 3) + \omega b \quad (4.19)$$

ω değeri en istenen değer in gücünü göstermektedir.

4.4.1 Chiu ve Park'ın Ortalama Derecelendirme Yöntemi

Çalışmaya konu olan uygulamada Chui ve Park (1994) derecelendirme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin kullanılma nedeni bulanık sayıların ağırlıklarına ve risk alma durumlarına göre nasıl bir sonuç vereceğinin analiz edilmesidir. Yöntem, bulanık sayıları bulunduran minimum/maksimum kümelerin kesişimlerini bulma mantığıyla çalışmaktadır. Risk tercihlerinin niteliği konusundaki farklılığı ile Chen'in yönteminden ayrılır.

Çizelge 4.1'de belirtilen en iyi 9 yöntemden biri olan, Kim ve Park'ın derecelendirme yönteminin geliştirilmiş halidir. Mc Cahon ve Lee (1990) bulanık kümelerin derecelendirilmesi için geliştirdikleri yöntemi Johnson algoritmasında kullanmışlardır. Lee ve Li (1988)'nin kullandıkları yöntemi daha geliştirerek bu yöntemi kullanmışlardır. Üçgensel üyelikler fonksiyonu (a, b, c) ortalama yüksekliğe göre konumlandırılmışlardır.

$$h = \frac{\int (\mu_A(x) \times x) dx}{\int (\mu_A(x) dx)} = \left[\frac{\int_a^b ((x-a)/(b-a)) \times x dx + \int_b^c ((c-x)/(c-b)) \times x dx}{\int_a^b ((x-a)/(b-a)) dx + \int_b^c ((c-x)/(c-b)) dx} \right] \quad (4.20)$$

$$h = \frac{1}{3}(a + b + c)$$

A ve B'yi iki üçgensel bulanık küme olarak kabul edersek, A ve B bu durumda aşağıdaki gibi gösterilecektir.

$$A = (a_A, b_A, c_A)$$

$$B = (a_B, b_B, c_B)$$

Bu durumda

$$h(A) = (a_A + b_A + c_A) / 3 \quad (4.21)$$

$$h(B) = (a_B + b_B + c_B) / 3 \quad (4.22)$$

Ortalama yükseklik derecelendirme metodunu kullanırsak ve eğer $h(A) > h(B)$ ise, $A > B$ diyebiliriz. (Hong ve Chuang, 1999)

4.4.2 Normal Sayının Karşılaştırılması Derecelendirme Yöntemi

Kauffman ve Gupta (1988)'nin üçgensel bulanık sayıların derecelendirilmesi için önerdiği üç kriterden biri olan normal sayının karşılaştırılması, (a, b, c) parametreleri için şu şekildedir.

$$\text{Normal sayının karşılaştırılması} = (a + 2b + c) / 4 \quad (4.23)$$

Bu yöntemde Chiu ve Park (1994)'teki gibi bulanık sayıları bulunduran minimum/maksimum kümelerin kesişimlerini ağırlık ortalama gibi değil, daha farklı bir biçimde hesaplamaktadır. Böylelikle riskin etkinliği de göz ardı edilmemektedir. Kaufmann ve Gupta (1988)'nin Kim ve Park (1990) derecelendirme yöntemini geliştirirken, iyimser risk alma olasılığını arttırdığı ve bunu belirlerken de kriterler oluşturduğu hatırlanmalıdır.

4.4.3 Chen ve Hsieh'in Derecelendirme Yöntemi

Chen ve Hsieh (2000), derecelendirme yöntemi Bortolan ve Degani (1985), Chen (1985) ve Kim ve Park (1990) yöntemlerinin bir araya getirilip geliştirilmesiyle, uygulama ve karar verme kolaylığı sağlamıştır. Dolayısıyla çizelge 4.1'de belirtilen en iyi 9 yöntemden ikisinin birleşimi olan bu yöntem ile çalışma içerisinde uygulama yapılmıştır.

Lin ve diğerleri (2005), Chen ve Hsieh (2000)'in derecelendirme yöntemini kullanılmıştır. Chen ve Hsieh mevcut derecelendirme yöntemlerinin bazı dezavantajlarını ortadan kaldırmışlardır. Bununla beraber yöntemlerin kolay uygulanabilirliği ve problem çözmedeki gücünü gösterilmiştir. $A_i = (c_i, a_i, b_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$. n adet bulanık sayı olduğu kabul edilmiştir. Derecelendirilmiş ortalama integral gösterimi $P(A_i)$ için şu şekildedir;

$$P(A_i) = (c_i + 4a_i + b_i) / 6 \quad (4.24)$$

$P(A_i)$ 'yi ve $P(A_j)$ ele alırsak ve derecelendirirsek, $A_i > A_j \rightarrow P(A_i) > P(A_j)$; $A_i < A_j \rightarrow P(A_i) < P(A_j)$; $A_i = A_j \rightarrow P(A_i) = P(A_j)$;

4.4.4 OERI Derecelendirme Yöntemi

Chang ve Lee (1994), OERI derecelendirme yöntemini, kendilerinin daha önce geliştirdikleri derecelendirme yöntemini basitleştirerek kullanmışlardır (Prodanovic, 2001).

OERI metodu yaklaşımının kullanılmasının en önemli avantajlarından biri de, karar vericinin davranışlarına önem vermesidir. OERI bulanık sayılar ile sınırlandırılmamıştır.

$\mu_A^{-1}(w)$ ve $\mu_B^{-1}(w)$ iki bulanık sayı olan A ve B 'nin ters üyelik görüntüsünü, her biri ayrı ayrı olarak verilmiş mevcut w düzeyinde temsil etmektedir. Hesaplamalarda amaç, mevcut durum üyelik düzeyine eşit olarak kabul edilmektedir. Bulanık A ve B sayıları için OERI şu şekilde tanımlanmıştır;

$$\text{OERI}(A, B) = \text{OERI}(A) - \text{OERI}(B)$$

$$OERI(A) = \int_0^1 [X(w)L(w)\mu_{AL}^{-1}(w) + (1 - X(w)R(w))\mu_{AR}^{-1}(w)]dw \quad (4.25)$$

$L(w)$ ve $R(w)$ bulanık sayı A 'nın sağ ve sol kısımlarındaki subjektif ağırlıklarını göstermektedir. Aynı şekilde L ve R alt simgeleri, sağ ve sol'u temsil etmektedir. $X(w)$ ve $(1 - X(w))$ ile $X(w) \in [0,1]$ mevcut w düzeyinde subjektif ağırlıkları göstermektedir. Aynı anlatımlara B bulanık sayısı da dahildir. Derecelendirme indeksine göre;

$A > B$ eğer $OERI(A, B) > 0$

$A = B$ eğer $OERI(A, B) = 0$

$A < B$ eğer $OERI(A, B) < 0$

Subjektif ağırlıklandırma fonksiyonları $L(w)$, $R(w)$ ve $X(w)$ karar verici tarafından tanımlanmalıdır (Chang ve Lee, 1999).

Lineer ve lineer olmayan fonksiyonlar subjektif tip ağırlıklandırma olanakları dahilinde olduğu belirlenmiştir. Bu da karar vericiye derecelendirmede daha çok kontrol sağlamaktadır. Mevcut çalışmada sabitler kullanılarak risk tercihleri yapılmıştır.

$X(w)$ değerleri 0.5'ten büyük olanlar veya sol taraftaki üyelik fonksiyonu sağ taraftan daha ağır basanlar, karar vericileri daha iyimser yapmaktadır. Eğer sağ taraf daha ağır basarsa, karar verici daha karamsar bir yaklaşım ortaya koymaktadır. (Bunun nedeni karar verici daha geniş metrik değerleri tercih etmektedir ki, bu da gerçek çözümden daha uzak çözümdür.)

Özetle, risk tercihleri şu şekildedir; eğer $X(w) < 0.5$ ise, karar verici kötümser (riskten hoşlanmamaktadır), eğer $X(w) = 0.5$ ise, karar verici nötr, ve eğer $X(w) > 0.5$ ise, karar verici iyimserdir (risk alan) (Prodanovic, 2001).

Uygulama bölümünde kullanılan OERI derecelendirme yönteminde, iyimser yaklaşımda OERI kullanılmıştır. Bunun temel nedeni, problem ile ilgili risk alındığı takdirde sonuçlarının nasıl olacağının irdelenme isteğidir. Böylelikle gerçek hayata yakın sonuçlar gözlemlenebilecektir.

Optimistik OERI denkleminde; $X(w) = 1 - \frac{1}{2}w$, $L(w) = R(w) = 1$ ise, her hangi bir A bulanık sayısı için OERI denklemi şu şekilde olacaktır (Chang ve Lee, 1999).

$$OERI(A) = \int_0^1 [X(w)L(w)\mu_{AL}^{-1}(w) + (1 - X(w)R(w))\mu_{AR}^{-1}(w)]dw \text{ ise,} \quad (4.26)$$

$$OERI(A) = \int_0^1 \left[\left(1 - \frac{1}{2}w\right) \times ((b-a) + aw) + \left(\frac{1}{2}w\right) \times ((b+c) - cw) \right] dw \quad (4.27)$$

4.5 Matematiksel Modeller

4.5.1 Bulanık En Kısa Mesafeli Ağaç Modeli

Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli, düzen içersindeki tüm düğüm noktalarını en kısa yol ile bağlamaktadır. Bununla birlikte daha az kısıtlara sahiptir, çünkü yolun sürekli ve kapalı olması gerekmemekte ve bir düğüm noktası ikiden fazla noktaya bağlanabilmektedir. Gezginsatıcı probleminden farklı olarak, en kısa mesafeli ağaç problemi kolay ölçümlenebilir. Optimum çözüm açık, dallı yol sistemidir. Bütün düğüm noktalarına bağlanabilen ve düğüm noktasında dallar meydana gelebilen bir sistemdir (Vickers ve diğerleri, 2003).

Bulanık en kısa yayılan ağaç modeli probleminde maliyet, zaman ve mesafeler, bulanık nicelikler olarak her bir düğüm noktasında veya yerlerde karşımıza çıkmaktadır (Chang ve Lee, 1999).

Liman lojistik hizmetlerinin modellenmesi amacıyla kurulan en kısa mesafeli ağaç modeli algoritması aşağıdaki gibi düzenlenmiştir. En kısa mesafeli ağaç modeli metodunun temel bir denklemi olmayıp, kurulan bir algortima ile model yaklaşımı ortaya konulmaktadır. Düzenlenen algoritma şu şekilde olmaktadır;

Çalışmamızda kullanılan en kısa mesafeli modeli genel denklemi, değişkenleri ve algoritması şu şekilde tanımlanabilir;

G_t = Safhaları temsil eder.

$$t = 1, \dots, n,$$

$$n \geq 2,$$

$F_i(j)$ = i inci düğüm noktası ile j düğüm noktası arasındaki bulanık kümeyi temsil eder.

CORN = derecelendirme yöntemlerinin sonuçlarını temsil eder

$i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$, düğüm noktaları arasında üçgensel bulanık sayılar dallarda gösterilmektedir.

$$G_t = \min \{ \text{CORN} (F_i(j)) \} \quad (4.28)$$

G_t safhasındaki en kısa yükleme süresini belirlemek için aşağıdaki algoritma takip edilmelidir.

Adım 1 : $i=1$ olarak belirleyin. G_1 'de herhangi bir düğüm noktasını seçin. Bu düğüm noktasını diğer düğüm noktalarından birine G_1 ile bağlayın. G_t için seçilecek yol en kısa süre için derecelendirilmiş $F_i(j)$ değerini veren düğüm noktası olacaktır. G_t için seçeceğiniz yol, en kısa zamanda yükleme işlemini gerçekleştirecek seçenektir.

Adım 2 : Eğer $i = n-1$ ise bu durumda $G_t = G_M$ olur. Böylelikle algoritma sınırlandırılmış olur. Aksi takdirde Adım 3'e gidiniz.

Adım 3 : i değerini 1 arttırınız. Bir önceki safhada seçilen en küçük değerin gittiği yollardan en kısa sürede yükleme zamanını gerçekleştirecek G_t düğüm noktasını seçiniz. Adım 2'e geri dönünüz.

Antoniou ve Srimani (1998) en kısa mesafeli ağaç modelinin nasıl kurulduğunu anlatmışlardır. $G=(V,E)$ dolaysız (simetrik) çizelge (tek-bağısız ve paralel kenarsız) dağıtım sistemidir, V düğüm grubunu $|V| = n$ ve E kenar grupları belirtir. G ve V 'yi kendi aralarında değişken yapıda, çizelge düğüm sayısını ölçme amaçlı kullanılmaktadır. En kısa mesafeli ağaç modeli (MST) ağaç kenar ağırlık toplamalarının çizelge ölçüm ağaçlarına eşit veya altında değerli, çizelge ölçüm ağacı olarak tanımlanır.

Yazarların çalışmalarındaki belirttikleri amaçları, MST'sini yapılandıran bağımsız algoritma tasarımını sağlamaktır. Bağımsız algoritma, her işlemcinin aynı programı işlediği tek yapıda algoritma tasarlamaktadır. Çift düğüme sahip olması halinde bir algortima yarı tekli olarak tanımlanır ve tek türlü tekli düğüm, kök olarak tanımlanır. Diğer düğümler her tür algoritmayı içerebilir. Kök tarafından işletilen program, diğer düğümlerin işlediği programdan farklıdır. Bir ağ, işlemcilerin bağımsız tanımlayıcıya sahip olmadıkları tarzda ise tanımsız ağ olarak tanımlanır. İlk olarak, aşağıdaki basit sonuçları gözlemlenmektedir:

Teorem 1 : Bağımsız sabitleyicili, en kısa mesafeli ağaç modelini hesaplayan, tanımsız ağ yapılarında, tekli algoritma bulunmaz.

Teorem 2 : Çizelge G 'nin tekli kenar ağırlıklarda olduğunu düşünürsek, bir kenar eşitlik tekli MST içindedir.

Teorem 3 : Geçerli bir durumda, hiçbir düğüme, bir keyfi x düğümü için öncelik verilmediğinde, $D(x) = \psi_{x^*}$ elde edilir.

Teorem 4 : Sistem herhangi bir durumdan başlayarak, sistem sınırlı sayıda hareketteki bir

duruma, düğümlerin kendi başlarına hareket etmelerinden ve her hangi bir durumda düğüm sayılarından bağımsız olarak varır.

Her düğüm için minimum maliyet hesaplama amaçlı ve çizelge MST değerini saptamak için, basit iç değişken yerine $D(i)$, her bir düğüm i , dahili yön $D_i [1, ..., n]$ değerine sahip olurken basit iç değişken $L(i)$ yerine her bir düğüm i , iç yön $L_i [1, ..., n]$ değeri almaktadır. Her sistemde, bütün $i, j \in V$ için $D_i [j]$ değeri, bu sistemdeki, düğüm i 'den j 'ye minimum maliyet yönünün değerini verir. Aynı şekilde, L_i değeri, düğüm j 'de en kısa mesafeli ağaca göre, i düğüm değerini verir. D_i ve L_i değerleri, i düğüm iç verilerini ve bütün iç değerleri genel sistem değerini açığa çıkartır. Ψ_{ij} , bütün i ve j için düğüm i den j 'ye minimum maliyet değerini verir. Her i değeri için $\Psi_{ij} = 0$ olduğunu unutulmamalıdır. Her düğümde, koşulsuz olarak değeri 0'a eşitleyen maliyet değerini referans düğüm olarak işlev görür. Her i düğümündeki, kenar MST değeri hesaplanır. Antonoiu ve Srimani (1998), MST değerini hesaplayabilmek için bağımsız durağanlaşan algortima tasarımını sunmaktadır. Sistemin her düğümü, aynı kurala dayalıdır. Kural, her i düğümünde aşağıdaki şekilde olacaktır;

$$R \left\{ \begin{array}{l} \forall j=1, ..., n \text{ yap} \\ \text{Eger } ((j=i) \wedge (D_i(j) \neq 0) \vee (L_i(j) \neq 0)) \text{ ise, bu durumda } L_i(j)=0 \text{ ve } D_i(j)=0 ; \\ \text{baska sart } ((j \neq i) \wedge (N_C(i)=0) \wedge (D_i(j) \neq \text{maks} \vee L_i(j) \neq C), \\ \text{bu durumda } D_i(j) = \text{maks} \text{ ve } L_i(j) = C, \\ \text{baska sart } ((j \neq i) \wedge ((L_i(j) \neq L_{\min}(j) + 1) \vee (D_i(j) \neq \delta_{\min}(j))), \\ \text{bu durumda } L_i(j) = L_{\min}(j) + 1 \text{ ve } D_i(j) = \delta_{\min}(j) \text{ ve} \\ \Omega_i = \{k \mid k \in N(i) \wedge w_{ik} = D_i(k)\}. \end{array} \right. \quad (4.29)$$

Wang ve Yeung (2001) bulanık karar ağaçlarından oluşan tümevarımların, bulanık örneklerin gösterimindeki öğrenmede önemli bir yol olduğunu çalışmalarında belirtmişlerdir. Optimal bulanık karar ağaçlarının oluşturulmasından bu yana, araştırmaların sezgisel algoritmalar üzerine yoğunlaştığından bahsetmişlerdir. Üç farklı sezgisel algoritmayı bulanık karar ağacı yaratmak için kullanmışlar ve bu karar ağaçlarını analiz ederek, birbirleriyle karşılaştırmışlardır.

Vickers ve diğerleri (2004) makalelerinde iki deneyden bahsetmektedirler. Bu deneylerde katılımcıların çözümleri üç farklı hesaplanması zor problemi açıklamaktadır. (gezgin satıcı, en kısa mesafeli ağaç ve genelleştirilmiş Steiner ağaç problemi). Tüm bu metotlar tutarlı bireysel farklılıklar içermektedir.

Gezgin satıcı problemi (TSP) olarak tanımlanan, gezgin satıcı problemi, karmaşık

optimizasyon problemlerinin çözülebilirliğine ilişkin klasik bir örnek olarak, gösterilebilir. TSP düzlemsel TSP öklid versiyonu, birbirlerine bağlı, bir tablo üzerinde düğümler ile belirtilen kasabalar arasında her kasabayı (düğümlü) tam bir defa ziyaret eden ve sonra en baştaki düğüme dönen ve toplam mesafeyi en uygun şekilde en aza indiren bir taslak şeklinde açıklanabilir.

4.5.2 Bulanık En Kısa Yol Modeli

Şebeke analizi, birçok çözüm yöntemine sahip olan bir matematiksel programlama tekniğidir. En kısa yol problemi ile birleşen noktalara ve düğümlere sahip olan hatlar veya kanallar sisteminde optimum veya en etkili yol bulunmaya çalışılmaktadır. Ayrıca, transport problemleri de şebeke analiziyle çözüme kavuşturulabilmektedir. Bu anlamda şebeke analizi genel olarak bir mal veya ürünün arz noktaları ile talep noktaları arasında minimum maliyetle dağıtılması şeklinde de ifade edilmektedir. Şebeke analizinde olaylar arasındaki ilişkiler stokastik (tahmini) elementler içermesine rağmen, genellikle deterministik (belirli) yapıda incelenmektedir. Bu analizde yaygın olarak bilinen iki teknik bulunmaktadır. Bunlar; PERT (Program Evaluation and Review Technique) ve CPM (Critical Path Method) teknikleridir. Bu teknikler daha çok büyük projelerin zaman ve maliyet açısından kontrol edilmesi, listelenmesi ve planlanması amacıyla kullanılmaktadır. İki tekniğin birbirlerinden farkı, PERT’de faaliyet süreleri probabilistik, CPM’de ise deterministik olarak hesaplanmakta ve PERT’de zaman hesaplamaları ağırlık oluştururken, CPM’de maliyet hesaplamaları ağırlık oluşturmaktadır (Daşdemir ve Güngör, 2004).

PERT planlama ve uzun süreli projelerin koordine edilmesi için en yaygın kullanılan yönetim tekniğidir. PERT kullanarak yöneticiler aşağıdakileri kolayca elde edebilirler,

- Aktivitelerinin grafiksel gösterimi,
- Projenin ne kadar süreceğinin tahmin edilmesi,
- Zamanında projenin tamamlanması için hangi aktivitelerin kritik olduğunun bildirilmesi,
- Herhangi bir aktivitenin projeyi aksatmadan sonraya bırakılabileceğinin bildirilmesi,

Bulanık en kısa yol modelinde, bulanık bir sayı her aktivitenin süreklilik zamanını ifade etmektedir. Her i aktivitesi için aşağıdaki gösterimler kullanılacaktır;

- $S(i)$, i aktivitesi başladıktan sonra diğer aktiviteye geçilir, yani baştan başlayan aktivite kümesini ifade eder. $P(i)$ ise, i aktivitesinin başlayabilmesi için bundan önce bitirilmesi

gereken faaliyetleri temsil eder. Yani önceki faaliyet bitirilmeden ardından gelecek olan faaliyet başlayamaz,

- $\tilde{d}_i$, i aktivitesinin bulanık süresini temsil eder,
- $\tilde{t}_i$, i aktivitesinin bulanık en erken başlangıç zamanını temsil eder,
- $\tilde{T}_i$, i aktivitesinin bulanık en geç başlangıç zamanını temsil eder,
- $\tilde{m}_i$, i aktivitesinin sürüklenme zamanını temsil eder.

Bulanık en kısa yol temel kavramı, her i aktivitesinin bulanık en erken başlangıç zamanı $\tilde{t}_i$ 'yi öncelikle değerlendirir. İleriye doğru bulanık PERT değerinin hesaplanması yapmak için $\tilde{t}_i$ 'nin hesaplanması gerekmektedir.

$$\tilde{t}_i = \max_{j \in P(i)} \left\{ \tilde{t}_j + \tilde{d}_j \right\} \quad (4.30)$$

Son düğüm noktasındaki bulanık en erken başlangıç zamanı ise $\tilde{t}_{end}$ ile gösterilmektedir.

$$\tilde{t}_{end} = \tilde{T}_{end} \quad (4.31)$$

Geriye doğru bulanık PERT değerinin hesaplanması için $\tilde{T}_i$ 'nin hesaplanması gerekmektedir.

$$\tilde{T}_i = \min_{j \in S(i)} \left\{ \tilde{T}_j - \tilde{d}_j \right\} \quad (4.32)$$

Her i aktivitesi için bulanık sürüklenme zamanı şu şekilde hesaplanabilir

$$\tilde{m}_i = \min \left\{ \tilde{T}_j - \tilde{t}_j \right\} \quad (4.33)$$

i aktivitesinin sürüklenme zamanı sıfır olduğunda, o aktivite kritik aktivite olarak adlandırılmaktadır. Kritik yol ise kritik aktiviteleri başlangıç düğüm noktasından bitiş düğüm noktasına kadar bağlanmasıdır (Chen ve Huang, 2006).

Çoğu CPM / PERT tipi projeler, projenin aşırı karmaşıklığına veya veri eksikliğine bağlı olarak subjektif kararlar alınmasını gerektirmektedir. Böylece, doğal subjektif bulanık küme

teorisi ideal olarak bu tür problemlerin çözülmesi için uygun olmaktadır. Bulanık en kısa yol modelinde, sistemin belirsizliği bulanık veya melez davranılmasına neden olabilir ki sonuçta ikisi de tesadüfi ve bulanıktır (Chang ve Lee, 1999).

Chen ve Chang (2001) bulanık PERT’i, proje kontrol kararlarında, imalat, proje planlama, kontrol, lojistik v.b., konularda başarı ile uygulanmışlardır. Klasik PERT, her aktiviteyi açıklayan net süreçlerin saptanmasını gerektirir. Bu gereklilik, karar kullanıcıları için genellikle, bu değerlerin tam olarak saptanamamasından dolayı güçtür. Geçmiş yıllarda, bazı bulanık PERT yöntemleri, proje yönetimi için grup tabanlı karmaşık teoriler ortaya atmıştır. Ancak, mevcut bulanık PERT yöntemlerinin bir dezavantajı vardır. Örneğin, bazen, bulanık proje ağı içinde kritik yol bulunamayabilir. Aşağıda Chen ve Chang (2001)’in kurduğu bulanık PERT algoritmasının evreleri yer almaktadır.

Girdi : Bulanık proje ağı

Çıktı : Bulanık proje ağında çoklu kritik yollar

Evre 1 : /*En erken başlangıç süresini ve her işlemin en erken bitiş süresini hesapla. */Bulanık ağ yapısındaki son V aktivitesini ekle. Önceki aktivitesi olmayan veya önceki bütün aktivitelerin belirtildiği aktiviteyi tekrar et,

$$TE_j = \begin{cases} \text{fmaks}\{TE_i \oplus P_{ij} | i \in D_j\} & \text{eger } D_j \neq \emptyset \\ 0, & \text{eger } D_j = \emptyset \end{cases} \quad (4.34)$$

$$\begin{aligned} ES_{ij} &= TE \\ EF_{ij} &= ES_{ij} \oplus P_{ij} \end{aligned} \quad (4.35)$$

ES_{ij} , en erken başlama zamanı,

EF_{ij} , en erken bitiş zamanı.

Yukarıdaki formülleri kullanarak en kısa başlama ve en erken bitiş zamanını hesapla ve bütün aktiviteler saptanana kadar aktiviteyi belirle. Bütün aktiviteler belirlenmemiş olsun.

Evre 2 : /* en geç başlama, bitiş zamanını saptama ve her aktivitenin genel akışını hesapla. */En erken son aktivite V, en geç başlama aktivitesi olsun ve son aktivite V işaretli olsun; izleyen aktivitelerinin işaretlenmediği aktiviteyi seçmeyi sürdür; en geç başlama süresini hesapla ve son bitiş süresini aşağıdaki formüller ile hesapla,

$$T_w = \text{fmaks}\{EF_{ij} | Aktivite(i - j) \in Z\} \quad (4.36)$$

$$TL_j = \begin{cases} f \min \{TL_k \ominus P_{jk} | k \in S_j\} & \text{eger } S_j \neq 0 \\ T_w & \text{eger } S_j = 0 \end{cases} \quad (4.37)$$

$$\begin{aligned} LF_{ij} &= TL_j \\ LS_{ij} &= LF_{ij} \ominus P_{ij} \end{aligned} \quad (4.38)$$

T_w , proje bitiş zamanı,

LS_{ij} , en geç başlama zamanı,

LF_{ij} , en geç bitirme zamanı.

Toplam süre için tüm aktiviteleri hesapla ve aktiviteyi bütün aktiviteler bitene kadar devam et.

$$TF_{ij} = LS_{ij} \ominus ES_{ij} \quad (4.39)$$

Bütün aktiviteler işaretsiz bırakılır.

Evre 3 : /*Mümkün n kritik yolu belirt. */Önceki aktivitesi olmayan aktiviteyi bulmaya veya önceki aktivitelerinin hesaplanmış olduğu aktiviteyi hesaplamaya devam et. Derecesi n'in üzerinde olan yol açıklamalarını sil, yol açıklamasını yol aktivite alanına ekle, aktivite süresini yol için belirlenen toplam değere ekle.

Chen ve Huang (2006) çalışmalarında tedarik zinciri yönetiminin iş dünyasında çok dikkat çektiğini belirtmişlerdir. Güçlü pazar baskıları karşısında tedarik zinciri sisteminin kısılması ve operasyon zamanlarının azaltılması ile müşteri ihtiyaçlarının daha kısa zamanda sağlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Tedarik zincirindeki her bir aşamanın operasyon süresi, tedarik zincirinin belirsizliğini etkilemektedir. Yazarlar çalışmalarında bulanık modelleri en kısa yol tekniği ile birleştirerek tedarik zincirinin toplam zamanını hesaplamaktadır. Ayrıca, söz verilen teslimat zamanlarının olasılık indeksi de, sipariş karşılama oranı olarak yer almaktadır. Tedarik zinciri sisteminde bulanık tamamlama zamanı ve bulanık termin zamanına göre sipariş karşılama oranı hesaplanmaktadır.

Tedarik zinciri sisteminde, sipariş tamamlama süresinin hesaplanabilmesi ve sipariş yerine getirebilme kapasitesinin önceden tahmin edilebilmesi için PERT uygun bir sistemdir. Geleneksel program değerlendirme ve inceleme tekniklerinde, çeşitli dinamik aktivite süreleri ya kesin sayılarla ya da belirli bir olasılık dağılımına sadık kalınarak yapılır. Ancak, her aktivite için işlem süresinin tanımlanıp, gerçek durumlar için tahmin edilmesi genellikle zordur. Bu da söz konusu aktivitenin iyi tanımlanmamış olabileceği anlamına gelmektedir.

Dolayısıyla, son yıllarda birçok araştırmacı, bulanık küme teorisini PERT ile bir araya getirerek bulanık PERT (FPERT)'i geliştirmiştir. FPERT sayesinde her aktivitenin süresini ifade edebilmek için bir bulanık sayı kullanılabilir. Ancak, bu FPERT metotları her aktivite ve kritik yolun, kritik derecelerinin hesaplanması yoluyla karmaşıklıklaştırmaktadır. Bir tedarik zinciri ağı için, yöneticinin karşılaşacağı en önemli mevzulardan biri, müşterinin siparişin yerine getirilmesi süresini sağladığı durumlarda, tamamlanma derecesinin etkin olarak hesaplanabilmesidir.

Çalışmamızda kullanılan en kısa yol modeli genel denklemi, değişkenleri ve algoritması şu şekilde tanımlanabilir;

$F_i(j)$ İleriye doğru bulanık düğüm noktasının gerçekleşme değeri

R_j En erken gemi yükleme bulanık süresi

E_{ij} v_i, v_j dalındaki bulanık aktivitelerin süreklilik zamanı

$P(i)$ v_i düğüm noktasından önce bulanık olaylar kümesini doğrudan doğruya temsil eder

CORN En iyi derecelendirme yöntemi

$$F_i(j) = E_{ij} + R_j \quad v_i, v_j \in E \quad (4.40)$$

$$F(i) = \left\{ F_i(j^*) \mid \text{CORN}(F_i(j^*)) = \min_{v_j \in P(i)} \text{CORN}(F_i(j)) \right\} \quad v_i, v_j \in E \quad (4.41)$$

Herhangi bir şebeke içerisinde başlangıç noktasına kaynak son noktaya da bitim adı verilsin. En kısa yol probleminde herhangi iki nokta arasındaki uzaklığı $a(x,y)$ ise, x kaynağı, y de bitimi ifade eder. En kısa yol probleminde istenen, gemi yüklemesi için kaynaktan bitime doğru minimum toplam zamanda gitmeyi sağlayan dallar dizini (kritik yol) bulmaktır.

Adım 1 : $i = 1$, Düğüm 1 kaynak olur ve oradan başlayarak tüm bulanık noktalar geçici olarak isimlendirilir. Nokta 1'e devamlı adlandırma $(-,0)$ olurken diğer tüm bulanık noktaların geçici adlandırması, $(-, \infty)$ şeklinde olur.

Adım 2 : Bulanık noktalar (y) bulanık olarak nokta 1'e bağlanır ve yeni adlandırmalar $(1, a(1,y))$ olarak verilir. $a(1,y)$ olarak verilir. $a(1,y)$ nokta 1'den nokta y 'ye olan bulanık uzaklığı gösterir.

Adım 3 : Adım 2'deki bulanık noktaların (y) , herbiri için x noktasından (x,y) dalı araştırılır ve bu araştırma $d(x) + a(x,y) < d(y)$ formülüne göre yapılır. Burada $d(y)$ herhangi bir y bulanık

noktasından adlandırılan geçici uzaklığı ifade eder. Bu formüle göre bulunan dalın adlandırılacak bulanık y noktası $(x, d(x)) + a(x,y)$ formülüne göre bulunur.

Adım 4 : Nokta 1'e bulanık olarak bağlanan bulanık noktalar için Adım 3 tamamlandığında benzer işlemler modelde geri kalan bulanık noktaların yeniden adlandırılması için yapılır. Yani her bir y bulanık noktası için dal (x,y) araştırılır ve formül 4.41 sağlanır. Yeniden adlandırma y bulanık noktası için 4.40 formülüne göre olur.

Adım 5 : Herhangi bir bulanık nokta için her seferinde yeni bir adlandırma yapıldığından ilerleyen adlandırma için kontrol adım 4'te olduğu gibi diğer bulanık noktalar için de yapılır.

Adım 6 : Tüm ayrılan adlar sürekli olduğundan en kısa yol kolayca şimdi bulunabilir. Verilen herhangi bir bulanık noktaya en kısa yok verilen bulanık noktadan hareket edilerek bulunur.

4.5.3 Bulanık Dinamik Programlama Modeli

Dinamik programlama (DP), birbirleri ile ilişkili bir dizi kararlar alınmasını gerektiren problemlere uygulanmaktadır. Bir DP probleminin, her aşamasında optimal karar verilmesi zorunlu olan birkaç aşamaya ayrılabilmesine karşın, her aşama önceki ve sonraki aşamalarla sırasal ilişki içindedir. Yani her aşamada alınan karar, bir sonraki aşamada alınan kararı etkiler. Dolayısıyla her bir aşamada verilen karar kendi başına problemin optimal çözümü olmayıp, optimal çözümün bir parçasıdır. Bir sonraki aşama için gerekli olan bilgi, bir önceki aşamada çıkarılan bilgidir. Bu nedenle optimal çözüm için her aşamada alınan kararın sadece o aşamaya olan etkileri değil, aynı zamanda sonraki bütün aşamalara olan etkileri gözönüne alınmalıdır. Çözüm yöntemi olarak, problemin son kademesinden başlayıp, her defasında bir önceki kademeye geçerek geriye doğru eniyileme şeklinde olabileceği gibi, problemin ilk kademesi birinci kademe olarak ele alınıp, her defasında izleyen devrelere gidilerek ileriye doğru en iyileme şeklinde de olabilir (Daşdemir ve Güngör, 2004).

Dinamik programlama, bulanık küme teorisinin esaslı olarak ilk uygulandığı metodolojilerdendir. Bulanık dinamik programlama son on yılda bir çok uygulama ve araştırmada oldukça ilgi görmüştür (Li ve Lai, 2001). Dinamik programlamada temel bir denklem yoktur. Problemlerin yapısına göre ana denklem değişmektedir. Ancak problemin kuruluş adımları temelde aynıdır.

Chen ve Hsieh (2006) bulanık bir ortamda çok aşamalı karar verme prosesini göz önüne alarak bir uygulama yapmışlardır. Bu durumda, $t=0$, başlangıç noktası ve $t=N$ 'yi de bitiş noktası olarak kabul edilirse;

Kontrol mesafesi $\{u\} = \{u_0, u_1, \dots, u_{N-1}\}$

Durum mesafesi $\{x\} = \{x_0, x_1, \dots, x_N\}$

C^t , t fazındaki bulanık kısıtlar

G^t , t fazındaki arzu edilen bulanık hedef

$D(x_0)$, modelin temel performansını göstermektedir.

Model için öngörülen dinamik programlama modeli şu şekildedir;

$$D(x_0) = C^0 * G^1 * \dots * C^{N-1} * G^N \quad (4.42)$$

Minimum tipte karar verme uygulandığında ve bulanık üyelik fonksiyon kısıtları oluşturulduğunda denklem aşağıdaki gibi tekrar yazılmaktadır.

$$\mu_{D(x_0)} = \mu_{C^0} \wedge \mu_{G^1} \wedge \dots \wedge \mu_{C^{N-1}} \wedge \mu_{G^N} \quad (4.43)$$

Yukarıdaki formülasyondan da görüldüğü gibi, dinamik programlama modelinde, ana denklem, Bellman ve Zadeh (1970)'in bulanık kısıtlarına göre tekrar yazıldığında, bulanık dinamik programlama modeli oluşmaktadır.

En kısa yol problemi, başlangıçtan (veya kaynaktan) çıkarak bir şebeke üzerinde varılacak noktaya giderken en kısa yolun bulunması ile ilgilenmektedir. Farklı durumlar için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Bu yaklaşımda, ağ modeli düğüm noktalarında farklı fazlara bölünmüştür. Bir önceki düğüm noktasındaki bulanık küme değeri ile ilerlenen düğüm noktasındaki düğüm değerine eklenerek ilerlenmektedir (Chang ve Lee, 1999).

Li ve Lai (2001), melez çok-hedefli-çok-aşamalı karar alım problemlerinin çözümü için yeni bir bulanık dinamik programlama yaklaşımı geliştirmiştir. Melez çok hedefli sistemler için, nitel ve nicel hedeflerin sentetik olarak ele alınmakta olduğu, bulanık değerlendirme ve bulanık optimizasyona yönelik bir metodoloji sunmaktadırlar. Esogbue (1999) bulanık dinamik programlama ve hesaplama yönelik unsurların yanı sıra çeşitli diğer gerçek dünya uygulamaları ile ilgili önemli örnekler sunmaktadır. Fu ve Wang (1999) belirsiz kaynak talebi ve bütçe sınırı varsayımlarında bulunarak, takım yaklaşımı ile bulanık proje ağı altyapısında bir model oluşturmaktadırlar. Model, klasik bir lineer program formülüne dönüştürülmekte ve bunun sonuçları da projenin zamansızlığına ya da yetersiz kaynaklara ilişkin sebep-sonuç

ilişkilerinin daha iyi yönetim için tek tek tanımlanmakta olduğunu göstermektedir. Lai ve Li (1999) çok-hedefli kaynak tahsisi problemini çözebilmek için dinamik programlama kullanan yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımda cevap aranan iki husus bulunmaktadır. Bunlardan ilki, çok-hedefli sistemler için bir bulanık değerlendirme ve bulanık optimizasyon metodolojisi geliştirilmesi üzerinedir. İkincisi ise bulanık değerlendirme ve bulanık optimizasyon metodlarını konvansiyonel dinamik programlama tekniği ile bir araya getirerek bir dinamik optimizasyon algoritması tasarlamaktır. Esogbue (1999) bulanık dinamik programlama modeli ile ilgili hem zaman hem de mekan karmaşıklık problemlerini ele almaktadır. Kahraman ve diğerleri (1998) eşit-ömürlü çok seviyeli yatırımları bir araya getirebilmek için bulanık dinamik programlama kullanmaktadır. Huang ve diğerleri (1998) klima yüklerine yönelik yük kontrol problemini çözmek açısından, bulanık dinamik programlama yaklaşımı kullanmışlardır. Kacprzyk ve Esogbue (1996) kısıtlamalar, hedefler, durumlar ve bu durumlar arasındaki geçişler, durdurma zamanı vs. gibi genellikle yapay kesinlik varsayımlarını biraz daha geniş tutmak suretiyle dinamik programlama modellerini daha gerçekçi kılmaya yönelik gelecek vadeden bir çalışma olarak görülen, bulanık dinamik programlama gelişme ve uygulamalarına ilişkin bir araştırma yürütmüştür. Chiu ve Park (1994), harmonik distorsiyonlu dağıtım sistemlerinde kapasitörlerinin tazminat boyuna ve optimal konumuna karar verebilmek için, bulanık dinamik programlama kullanan yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Problem, gerilim sınırları ve toplam harmonik kısıtlayıcılar altında reel güç kaybı ve kapasitör giderlerinin minimizasyonu olacak şekilde bulanık dinamik programlama ile formüle edilmektedir. Hussein ve Abo-Sinna (1995) çok kriterli kaynak tahsis problemlerini çözmek için bulanık dinamik programlama kullanan yeni bir yaklaşım önermektedir. Sonuç olarak yaklaşımla elde edilen tüm çözümlerin verimli olduğunu ve dolayısıyla “optimal” uzlaşma çözümünün var olabildiğini ispatlamışlardır. Berenji (1994) Q-Learning metodunu geliştirerek Fuzzy-Q Learning isimli yeni bir algoritma geliştirmiştir. Bu algoritma, mevcut hedefler ve/veya kısıtlayıcıların bulanık olduğu, ancak sistemin kendi doğasının bulanık olmayabileceği karar işlemleri için kullanılmaktadır. Fuzzy Q-Learning’in, Bellman ve Zadeh (1970)’in bulanık programlama yaklaşımından daha basit bir alternatif çözüm getirdiğini göstermektedir.

Chen ve Hsieh (2006) De Novo programında dinamik programlama uygulamasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu program Zeleny (1986) tarafından geliştirilmiştir. Programın optimum sistemin yaratılması konusunda değer yarattığı bilinmektedir. Bu değer de mevcut kaynakların yerine sabit kaynaklar üzerindeki optimum değerleri göz önüne almaktadır. Yazarlar çalışmalarında De Novo programlama problemi ile bulanık dinamik programlamada

değişiklik yaparak algoritmayı daha gerçekçi bir hale getirmişlerdir. Yapılan değişikliklerin ilki, geleneksel De Novo programlama problemini biraz değiştirerek (çok yönlü bulanık hedefleri, bulanık kısıtları ve çok yönlü aşamaları) geliştirmektir. İkincisi ise bulanık çok aşamalı De Nova programlama problemini bulanık dinamik programlama problemi gibi algılamak ve böylelikle bulanık çok amaçlı birleşik optimizasyon problemini elde etmektir. Sonuçta da problemin genetik algoritmasının fizibilitesi onaylanmıştır.

Kahraman ve Bozdağ (2003) dinamik programlamanın birçok optimizasyon sorununun çözülebilmesi için kullanılabilecek bir teknik olduğunu vurgulamıştır. Birçok uygulamada, dinamik programlama problemin son tarafından baş tarafına doğru işleyerek çözümler elde edebilmektedir ve dolayısıyla bu sayede büyük ve hantal problemlerin bir seri küçük ve başa çıkılabilir probleme dönüştürülebilmesi sağlanmaktadır. Dinamik programlama uygulamalarının özellikleri şunlardır:

- Problem, her aşamasında bir karar alımının gerekli olduğu birçok bölüme ayrılabilir,
- Her bölümün kendisiyle ilişkili çeşitli durumları vardır,
- Herhangi bir aşamada seçilmiş karar, ele alınan aşamadaki durumun nasıl bir sonraki aşamadaki duruma dönüştürülebileceğini tanımlar,
- Eldeki hale bakıldığında, kalan her aşama için optimal kararların, daha önceden ele alınmış kararlar veya aşamalara bağımlı olmadığından emin olunmalıdır.

Eğer problemin durumları T aşamadan birine sınıflandırılmışsa, $t, t+1, \dots, T$ aşamalarda elde edilmiş başarılar veya harcanmış maliyetler ile, $t+1, t+2, \dots, T$ aşamalarda elde edilmiş başarılar veya harcanmış maliyetleri birbiri ile ilintilendiren bir yenileme mevcut olmalıdır.

Dinamik programlama yinelemeleri genellikle aşağıdaki formda yazılır. Sabit çıkışlı bir min. problem için şu ifade kullanılabilir:

$$f_t(i) = \min \{(t \text{ aşamasındaki maliyet}) + f_{t+1}(t+1 \text{ aşamasındaki yeni durum})\}$$

$$f_t(i) = \max \{(t \text{ aşamasındaki getiriler}) + f_{t+1}(t+1 \text{ aşamasındaki yeni durum})\}$$

veya maks. problem için girdi ve çıktının sabitlenmediği durumda,

$$f_t(i) = \max \{(t \text{ aşamasındaki 'getiri - maliyet'}) + f_{t+1}(t+1 \text{ aşamasındaki yeni durum})\}$$

Birçok pratik problemde bu faktörler, büyük bir olasılıkla bilinemeyebilir. Dinamik programlamayı, cari dönemin maliyetleri ya da gelecekteki dönemin durumları rasgele

durumdayken kullandığımız vakit, bu problemlere olasılıksal dinamik programlama problemleri (PDP) denir. Bir PDP’de karar alıcının amacı genellikle belli bir zaman ufku dahilinde beklenen maliyetleri minimuma indirmek ve elde edilmesi beklenen faydaları maksimuma çıkarabilmektir. Birçok PDP aşağıdaki formlarda verilen yinelemeler kullanılarak çözülebilir;

$$f_t(i) = \min_a \{ (t \text{ aşamasında beklenen maliyet} | i, a) + \sum_j p(j|i, a, t) f_{t+1}(j) \} \quad (4.44)$$

$$f_t(i) = \max_a \{ (t \text{ aşamasında beklenen ödül} | i, a) + \sum_j p(j|i, a, t) f_{t+1}(j) \} \quad (4.45)$$

i , başlangıç aşamasındaki durum

a , t aşamasının başlangıcındaki i durumunun uygun tüm aksiyonları

$p(j|i, a, t)$, i ’den j durumuna geçildiğinde a aksiyonu seçildiğindeki uygun aksiyonun olasılığını göstermektedir.

Yukarıdaki formüllerde, ileriki yıllar için ele alınmış faydalar ve maliyetlerin, evvelki yıllarda elde edilmiş faydalar ve maliyetler ile aynı olduğunu varsaymaktayız. Ancak aslında daha ileriki faydalar ve maliyetler, evvelki faydalar ve maliyetlerden daha az ağırlığa sahip olmalıdır.

Wang (2001)’a göre endüstri mühendisliği ve yöneylem araştırması önemli konularından biri de, envanter kontrol problemleri olarak adlandırılan ürün yönetimidir. Çalışmasında ürün yönetimi problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere, yapay sinir ağları ve dinamik programlamadan oluşan melez bir çözüm yöntemi bulmuştur. Yazar dinamik programlamayı, beklenen karı maksimize etmek için optimal satış fiyatını bulmak için kullanmıştır. Yapay sinir ağları ise geçmiş verilerin değerlendirilmesinde ve yönetsel verilerin incelenmesi için kullanılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan dinamik programlama modeli genel denklemi, değişkenleri ve algoritması şu şekilde tanımlanabilir;

$F(i)$ İleriye doğru bulanık düğüm noktasının gerçekleşme değeri

E_{ij} v_i, v_j dalındaki bulanık aktivitelerin süreklilik zamanı

$F_i(j)$ Bulanık aktivitenin i, j ’deki aldığı bulanık değer

CORN En iyi derecelendirme yöntemi

$$F(t) = 0$$

$$F_i(j) = E_{ij} + f(j) \quad u_i, u_j \in E \quad (4.46)$$

$$F(i) = \left\{ F_i(j^*) \mid CORN(F_i(j^*)) = \min_{i < j} CORN(F_i(j)) \right\} \quad u_i, u_j \in E \quad (4.47)$$

i, j : safhaların sayısı ($i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$)

İşlemler sırasında her hangi bir (n) aşamasında elde edilen en kısa zaman, n inci aşama ile geride kalan n-1 sayıdaki aşamanın en kısa zamanda gerçekleşen gemi yükleme sürelerinin toplamıdır.

4.6 Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi birim satış fiyatı, satış tutarı, ana girdi maliyetleri, projenin termini veya faiz oranı (indirgeme oranı) gibi herhangi bir değişkende olabilecek olası değişmelerin, diğerleri sabit kalmak kaydıyla, analize esas alınan ölçüt (Net bugünkü değer, verimlilik oranı, geri ödeme süresi, katma değer etkisi, kara geçiş analizi vb. herhangi bir ölçüt) üzerindeki etkisini görebilmek için yapılır.

Analizi yapan, kullandığı parametrelerden hata veya değişmesi olasılığı olan ve aynı zamanda seçmiş olduğu analiz ölçütünü (Örneğin, net bugünkü değer (NBD)) önemli oranda etkileyebilecek birini (mesela birim satış fiyatı) seçer. Daha sonra bu değişkenin alabileceği en kötü ve en iyi değerlerle projenin NBD'ini yeniden hesaplar. Değişkenin en kötü, en iyi ve ortalama değeriyle (bunu başlangıçta kullanılan değer olarak düşünebiliriz) hesaplanan üç NBD büyüklüğünü gözönünde bulundurarak proje analizi ile ulaşılan sonucu irdeler.

Duyarlılık analizinin ilk aşaması projenin hangi değişkene (indirgeme oranı, satış fiyatı, maliyet unsurlarından ya da yatırım kalemlerinden herhangi biri) daha fazla duyarlı olduğunu tesbit etmektir. Bu amaçla değişmesi muhtemel değişkenler için kullanılan analiz ölçütü, mesela NBD, her bir değişken için tek tek hesaplanır. NBD'i mutlak değer olarak en fazla değiştiren değişken proje için en kritik değişkendir. Bir başka ifadeyle, duyarlılık analizi çalışmasında kullanılan her bir değişkenin X ekseninde, her bir değişkenin muhtemel değerleriyle hesaplanan NBD'lerin ise, Y ekseninde yer aldığı grafikler içerisinde eğrisi en dik olan grafiğin kullanıldığı değişken projedeki en kritik değişkendir.

Doğrusal programlamada sağ taraf parametreleri için duyarlılık analizi, tüm parametreler aynı kalırken sağ taraf parametrelerinden yalnız birinin hangi aralıkta değişmesiyle, optimal çözümde bulunan temel değişkenlerin yeni optimal çözümde yine temel değişken olarak yer alacağını belirlenmesidir. Dolayısıyla sağ taraf parametrelerinden yalnız biri duyarlılık sınırları içinde değiştiğinde dual çözüm aynı kalır. Doğrusal programlama modellerinin özel bir biçimi olan dengeli ulaştırma problemlerinde, sağ taraf parametreleri için duyarlılık analizi, arz ya da talep kapasitelerinden yalnız birinde yapılacak değişikliğin hangi sınırlar içinde kaldığında optimal ulaştırma planının ve dolayısıyla dual çözümün aynı kalacağını belirlenmesidir (Çelikoğlu ve Morali, 2000).

Sıfır noktası için bulduğumuz çözümü ve yöntemi değişik amaçlar için kullanabiliriz. Örneğin kazanç ve kayıplar için değişik çözümler üretebiliriz. Sıfır noktasının üç önemli bileşeninin birbirleri olan ilişki fonksiyonlarından yararlanarak, parametrelerdeki muhtemel değişmelerin genel çözümü nasıl etkileyeceği konusunda fikirler üretebiliriz. Bu değişmeler ve nasıl incelemeler yapılabileceği;

1. Sabit maliyetlerdeki muhtemel artış veya azalışlar,
2. Değişken maliyetlerin değişmesinin çözüme etkisi,
3. Satış fiyatındaki değişimlerin çözümü nasıl etkileyeceği konusunda olabilir.

Yöneylem Araştırmasında bu gibi parametrelerin değişiminin genel çözümü ve kararları nasıl etkileyeceğinin araştırılmasına, "duyarlılık analizi" denir. Yani, duyarlılık analizi Yöneylem Araştırması karar modelinin bir formdan başka bir forma geçmesi halinde, çözüm değerlerindeki muhtemel değişimleri gösterir. Zira, Yöneylem Araştırması karar alanlarında kullanılan parametrelerin hiçbirisi değişmez değerler değildir. Gelecekte, şu an için geçerli olan, örneğin; satış fiyatı gibi bir parametre hiçbir zaman için sabit bir değer değildir. Çeşitli nedenler ile fiyat gelecekte artabilir veya azalabilir. Maliyetler için de aynı şeyler söz konusudur. Parametrelerin her değişiminde yeni karar modelleri oluşturarak, ve her seferinde yeni çözümler araştırarak, kayıp zamanların minimize edilmesine amacıyla duyarlılık analizinden yararlanabiliriz. Parametrelerdeki muhtemel değişmelerin çözümü ve modeli nasıl etkilediği önceden görülmüş olur (Sezginman ve Abacı, 2005).

5. UYGULAMA

Bu çalışma da A Üretim firması ile X Lojistik firması arasındaki ihracat sürecinin iyileştirilmesi amacıyla navlun fiyatlarında avantaj elde etmek, X Lojistik limanının daha fazla gemiye hizmet vermesi, dolayısıyla liman gelirlerini arttırmak, hangi şartlarda hangi yükleme hızına ulaşılabileceğinin belirlenmesi dolayısıyla gemi kiralama anlaşmalarını doğru yapmak, demuraj ödemelerini minimize etmek ve gemi yükleme sürecinde daha etkin planlama (ekip, ekipman ve stok sahası) yapmaktır. A Üretim firması ile X Lojistik firmasının gemi yükleme süreçlerinin entegre edilmesi, mükerrer işlerin elimine edilmesi ve operasyondan kaynaklanan ek maliyetlerin azaltılması da problemin diğer hedefleridir.

5.1 Uygulama Yapılan Firmalar Hakkında Bilgi

5.1.1 X Lojistik Firması

X Lojistik firması 1973 yılından beri faaliyet göstermektedir. X Lojistik firmasının merkezi İstanbul'dadır. 5 Bölge Müdürlüğüne ve 10'dan fazla şubeye sahiptir. X lojistik firmasının limanı Marmara Bölgesi'ndedir. X Lojistik firması limanında genel kargo, konteyner ve araba lojistiği hizmetleri verilmektedir. Tüm süreçler ve operasyonlar liman otomasyon sistemi ile desteklenmektedir. Limandaki hizmetler münferit şekillerde müşterilerle sunulmakla beraber, müşteri ihtiyaçları doğrultusunda entegre lojistik hizmetleri amacıyla gemi kiralama, forwarding, gümrükleme, kara nakliyesi, gümrüklü ve gümrüksüz depolama, depo içi yönetim, ambalajlama, paketleme gibi katma değer yaratan faaliyetler tek elden organize edilmektedir.

X Lojistik liman otomasyon sistemi, limandaki lojistik hizmetlerinin barkod teknolojisiyle desteklenmiş bilgisayar ortamında gerçek zamanlı olarak takip edilebildiği bir sistemdir. Bu sistemle müşteriler (acenteler, alıcılar, yükleyiciler, hatlar ve forwarderlar) web üzerinden liman trafik pozisyonunu izleyebilmekte, kendi adlarına gelen yüklerin gemi bilgilerini görebilmekte ve kendi adlarına yapılan operasyonu anlık olarak izleyebilmektedirler. Gemi yanaşma ve operasyon işlemleri X Lojistik tarafından geliştirilen bir simülasyon ve planlama programı tarafından yapılmaktadır. Gemi, ekipman ve insan kaynaklarının takibi liman otomasyon sistemi üzerinden yapılmaktadır.

Yılda 2.000.000 ton genel kargo elleçleme kapasitesine sahip olan liman, demir çelik sektörüne hizmet vermekte güçlü olup, rulo kağıt, mermer, seramik, big bag maden ve proje yükleri konularında ihtisas sahibidir.

X Lojistik limanında, genel kargo yükleme/boşaltma, mal kontrolü, gümrüklü depolama, gümrüksüz depolama, terminal ve liman iç sahası içerisinde taşıma hizmetleri verilmektedir.

X Lojistik limanının genel kargo teknik alt yapısı şu şekildedir; 2 adet yanaşma yeri (her biri 165 metre), 6 -10 metre su derinliği, 6 liman vinci ve ekipmanları, 15 adet çekici ve yaklaşık 16.000 m² lik terminal hizmet sahası mevcuttur.

X Lojistik limanında mevcut iki adet iskele ve iki adet RO-RO rampasında PCC (Pure Car Carrier - Özel Araç Taşıyıcıları) ve Ro-Ro gemilerine hizmet verilmektedir. 36.000 m² park alanında 3.000 adetlik araç bekleme sahası bulunmaktadır. Ayrıca araç bekleme sahasında katma değerli hizmetler (PDI- Pre Delivery Inspection) otomotiv müşterilerine verilmektedir.

X limanında yıllık 55.000 TEU konteyner elleçleme kapasitesi mevcuttur. Burada IMCO konteyner hizmetleri, konteyner yükleme/boşaltma, konteyner içi yükleme / boşaltma, reefer (soğuk) konteyner sahası, konteyner temizlik, konteyner tamiri, konteyner sabitleme, konteyner muhteviyatı dağıtım veya konteyner kara nakliye hizmetleri verilmektedir.

5.1.2 A Üretim Firması

A Üretim firması, Türkiye'de çelik boru sektörüne 1957'de girmiştir. 1998 yılında A Üretim firması global piyasadaki rekabet gücünü sağlamlaştırmak amacıyla büyük bir işbirliğine imza atmış ve Almanya'nın önde gelen sanayi kuruluşlarından biri ile Türkiye'deki dikişli çelik boru faaliyetlerini birleştirme kararı almıştır. Bu birleşme sonucunda kurulan; toplam cirosu 250 milyon ABD dolarına ulaşan, 1400'den fazla kişinin çalıştığı ve üretim kapasiteleri 750.000 ton olan tesisleri ile Avrupa'nın en büyük ilk beş çelik boru üreticilerinden biri olmuştur. A Üretim firmasının Türkiye'de 3 fabrikası bulunmaktadır. Bu fabrikalar ve fabrikaların teknik özellikleri şu şekildedir;

1. Fabrika : yıllık 300.000 ton üretim kapasitesi olan fabrikada, toplam 614.000 m² saha üzerinde kurulu 76.000 m² kapalı alanda, ½" den 12" e kadar inşaat ve sanayi sektörlerine yönelik olarak su boruları, kazan boruları, doğal gaz ve petrol boruları ile ağır yapı profilleri üretimine odaklanılmıştır. Fabrika sahası içinde ayrı bir kapalı alanda polipropilen temiz su boruları ve bağlantı parçalarının üretimi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca 1996 yılında çelik boru polietilen kaplama tesisi faaliyete geçirilmiştir. 1. Fabrika bünyesinde, üretim tesislerinin hemen yanında bir liman tesisi bulunmaktadır. Buradan gerek hammaddelerin temini, gerekse ürünlerin yurtiçi ve yurtdışı sevkiyatı süratlı ve ekonomik şekilde sağlanmaktadır.

2. Fabrika : yıllık üretim kapasitesi 150.000 ton olan fabrikada, 58.000m² saha üzerinde

kurulu 20.000 m² kapalı alanda, 5 mm'den 80 mm'e kadar 0,5 - 3.0 mm et kalınlığı arasında, sanayi borusu ve profilleri ile soğuk haddelenmiş özel amaçlı boru üretimi konusunda uzmanlaşmıştır. Burada ayrıca, özel amaçlı borular için hammadde üreten 38.000 ton kapasiteli entegre soğuk haddeleme tesisi bulunmaktadır. Başta otomotiv yan sanayii, bisiklet, mobilya, beyaz eşya, konstrüksiyon, tekstil olmak üzere çeşitli sektörlerle yönelik üretim yapılmaktadır.

3. Fabrika : üretim kapasitesi 300 bin ton/yıl olan fabrikada 3/8" - 6 5/8" arasında değişen boyuna kaynaklı (ERW) borular ile dış çapları 8"-100" arasında değişen spiral kaynaklı (SAW) borular üretilmektedir. Bu fabrikada üretilen ürünler arasında genel kullanım amaçlı borular, galvanizli su boruları, kazan boruları, kare ve dikdörtgen profiller, gaz boruları, hassas borular, su, petrol ve doğalgaz hat boruları ve koruyucu kaplamalı borular yer almaktadır. 2. Fabrika'da üretilen borulara koruyucu kaplama olarak epoksi, bitüm, polietilen ve beton uygulanabilmektedir.

A Üretim firmasının 1. Fabrikasının günlük üretim kapasitesi 2.500 tondur. Üretilen boruların 1.000 tonu ihracat, 1.500 tonu yurtiçi piyasası için imal etmektedir. A Üretim firmasının gelecek 5 yıldaki ihracat hedefi Çizelge 5.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 5.1 A Üretim firması yıllık ihracat hedef tonajı

YILLAR	İHRACAT TONAJI
2006	280.000
2007	300.000
2008	310.000
2009	320.000
2010	330.000

A Üretim firmasının 2003, 2004 ve 2005 yıllarında bölgelere göre ihracat dağılımı Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. A Üretim firmasının ihracat yaptığı bölgeleri coğrafi olarak gruplandırdığımızda, Amerika, Akdeniz (Mısır, Cezayir, Tunus), Avrupa (İtalya, Belçika), İsrail ve Kanada bölgeleri oluşturulmuştur. Sevkiyatların % 48'i Amerika, % 5'i Akdeniz, % 29'u Avrupa, % 6'sı İsrail ve % 12'si Kanada bölgesine yapılmaktadır.

Çizelge 5.2 A Üretim firması bölge bazında ihracat tonaj dağılımı

ÜLKE	İHRACAT %
AMERİKA	48%
İTALYA	22%
KANADA	12%
BELCIKA	7%
İSRİL	6%
MİSİR	3%
CEZAYİR	1%
TUNUS	1%

A Üretim firması ihracat sevkıyatlarının tümünü deniz yolu ile yapmaktadır. Deniz yolu ile yapılan sevkıyatlarda oluşan navlun fiyatları, son yıllarda, artan petrol fiyatlarına paralel olarak, oldukça yüksek bir oranda artış göstermiştir. Gemi kiralama hacim bazında yapılır. Diğer bir deyişle gemi ambarına yüklenecek ürünlerin m³ hesabına göre armatörden gemi ambarından yer kiralanır. Bu yüzden de gemiye yüklenecek ürünlerin gemi ambarına hızlı ve doğru bir şekilde planlanarak yerleştirilmesi, elde edilecek satın alım yapılacak navlun fiyatını direkt olarak etkiler. A Üretim firmasının diğer gemi kiralayan firmalar veya şahıslar gibi amacı, kiralanan gemi ambarına maksimum ürünü en kısa zamanda ve doğru koşullarda yerleştirmek ve zamanında sevkıyatını sağlamaktır.

Petrol fiyatlarına bağlı olarak değişkenlik gösteren gemi navlun fiyatları problemimiz içerisinde kontrol edilemeyen değişken olarak kabul edilmiş ve üzerinde hiçbir çalışma yapılmamıştır.

Navlun fiyatları üzerinden indirim alınabilmesi için limana yanaşan gemilerin hızlı yüklenmesi veya boşaltılması gerekmektedir. Bunun temel sebebi armatörler gemileri günlük olarak kiraya vermektedir. Gemi ne kadar kısa sürede limandan ayrılırsa o kadar hızlı bir şekilde seferinin tamamlayacak ve yeni yükler alacaktır. Böylelikle gemiyi kiraya veren armatör ve gemiyi kiralayan firma arasında karşılıklı kazan kazan ilişkisi oluşmaktadır. Örnek vermek gerekirse, bir geminin günlük kirası 20.000 USD ise, günde de 1.000 ton yük yüklenebiliyorsa, navlun fiyatı 20 USD/ton'dur. Gemiye günde 1250 ton yük yüklenebilirse bu takdirde navlun fiyatı 16 USD/ton olacaktır.

5.2 Problemin Tanımı (Amacı)

Bu çalışma ile hedefimiz gemi yükleme hızını etkileyen faktörleri belirleyerek gemilerin günlük yükleme hızlarını kontrol altına almak ve yükseltmektir.

A Üretim firmasının 2003, 2004 ve 2005 yıllarında X Lojistik firmasının limanına yanaşan

gemilerinin yükleme hızları günlük ortalama 676 ton/ambar'dır. Problemimiz günlük gemi yükleme hızını 900 ton/ambar değerine hangi şartlarda çıkartılabileceğinin tanımlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir.

Gemi yükleme hızının artırılması ile elde edilmesi hedeflenen amaçlar aşağıdaki gibidir;

- Navlun fiyatlarında avantaj elde etmek,
- X Lojistik limanının daha fazla gemiye hizmet vermesi, dolayısıyla liman gelirlerini arttırmak,
- Hangi şartlarda hangi yükleme hızına ulaşılacağına belirlenmesi dolayısıyla gemi kiralama anlaşmalarını doğru yapmak, demuraj ödemelerini minimize etmek,
- Gemi yükleme sürecinde daha etkin planlama (ekip, ekipman ve stok sahası) yapmak ve gemi anlaşmalarındaki gemi yükleme hızlarını % 100 gerçekleştirmek.

Problemin yer aldığı süreci kısaca özetleyecek olursak; A Üretim firmasında üretilen ürünler, firmanın bünyesinde bulunan stok ve sevkiyat alanına stoklanmak üzere taşınmaktadır. Aylık olarak yapılan ihracat yükleme planına göre, üretim planlama sevk edilecek siparişleri üretmekte, daha sonra çekici ve yarı römorklar yardımı ile stok ve sevkiyat alanına ürünler taşınmaktadır. Gemilerin limana yanaşmalarını takiben, ürünler stok sahasından limana yarı römork ve çekicilerle taşınmakta, yarı römork üzerindeki ürünler vinçlerin yardımıyla gemiye yerleştirilmektedir.

Problemin amacı gemi yükleme hızını günlük 900 ton/ambar'a yükseltmektir. 900 ton/ambar/gün hedefinin her gemi için gerçekleşme ihtimali olmasa da, X lojistik limanına gelen gemilerin minimum %89'si için ulaşılabilir bir hedeftir. (Amerika, Kanada ve Akdeniz hattı için). Gemi anlaşmalarındaki gemi yükleme hız değerini % 100 gerçekleştirmek problemin hedeflerinden biridir.

Problemin çözümünde 3 farklı problem çözme yöntemi kullanılmıştır.

1. Simülasyon, ekipman optimizasyonu için kullanılmıştır. A Üretim firması ile X Lojistik limanı arasındaki malzeme hareketlerini sağlayan çekici ve yarı romorkların optimum sayısının belirlenmesinde simülasyondan yararlanılmıştır.
2. İstatistiksel analizler, gemi yükleme hızını etkileyen değişkenlerin ispatlanması için kullanılmıştır. Balık kılçığı ile gemi yükleme hızını etkileyen olası kök nedenler ortaya çıkartılmış olup, hipotez testleri ve korelasyon analizleri ile bu kök nedenler

ispatlanmıştır.

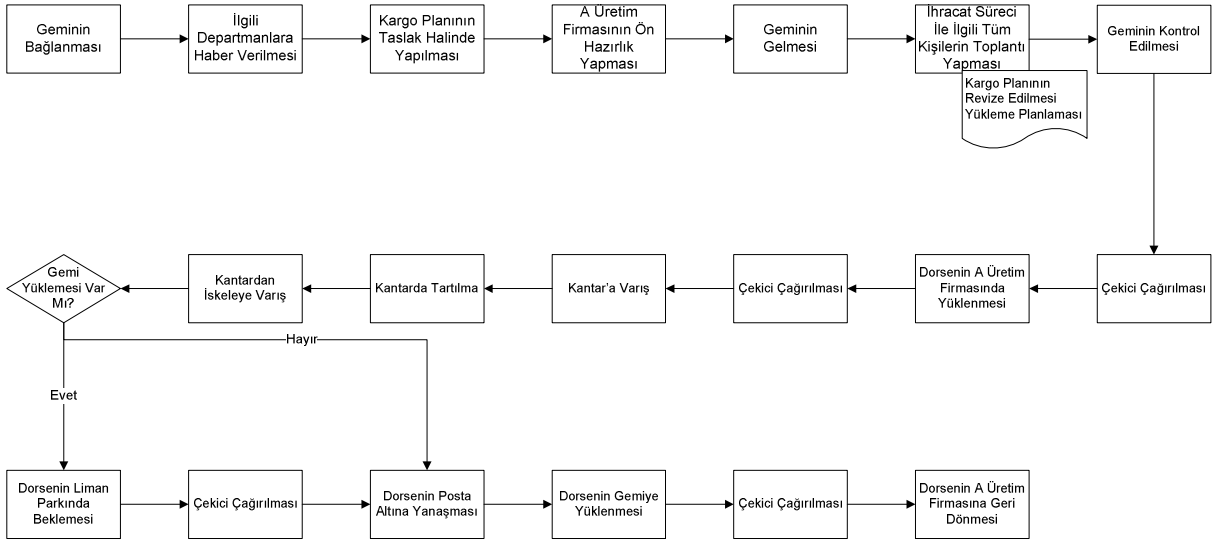
3. Matematiksel modellemeler, gemi yükleme hızını etkileyen değişkenlerin modellenmesi için kullanılmıştır. Değişkenlerin modellenmesi ile uygun gemi kiralama anlaşmalarının yapılması ve gemi yükleme hızını arttıracak en uygun kombinasyonun (gemi yükleme hızını etkileyen değişkenlerden oluşan) belirlenmesi hedeflenmiştir.

Problemi oluşturan sürecin ana fonksiyonları aşağıdaki Şekil 5.1’de belirtilmiştir.



Şekil 5.1 Problemin ana süreci

Şekil 5.1’de belirtilen ana süreçlerin, alt süreçleri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Problemin detaylı süreç akışı

Çalışmamız üç ana süreç içermektedir. Bu süreçlerinin her birinin irdelenmesi ile iyileştirme alanları ortaya çıkacaktır. Bu çalışmada odaklanılan konu gemi yükleme hızını arttırabilmek için hangi noktaları iyileştirmemiz gerektiğini ortaya çıkartmak, yükleme hızını etkileyen faktörleri belirleyip modellemek ve nihayetinde gemi yükleme hızını kontrol altına almaktır.

Gemi yükleme sürecini 6 alt sürece bölebiliriz. Bu süreçler;

- Yarı römorkun A Üretim firmasında yüklenmesi,
- Yarı römorkun kantara varması,
- Yarı römorkun kantarda tartılması,
- Yarı römorkun iskeleye varması,
- Yarı römorkun posta altına yanaşması,
- Yarı römorkun gemiye yüklenmesi.

5.3 Mevcut Durumun Analizi

Çalışmamıza konu olan problemin, mevcut durumunun analiz edilmesi için sürecin nasıl işlediğinin belirlenmesi, süreci etkileyen faktörlerin ortaya çıkartılması ve süreç içerisinde kullanılan kaynakların yeterliliği mercek altına alınmıştır. Diğer bir deyişle, mevcut durumun analizi üç safhadan oluşmaktadır:

1. Gemi yükleme performansları
2. Ekipman yeterliliği ve performansları
3. Gemi yüklemesine etki eden diğer faktörlerin tespit edilmesi, analizi ve performansları

Yukarıda belirtilen analiz yöntemlerinde elde edilen sonuçlar sonraki bölümlerde detaylandırılacaktır.

5.3.1 Gemi Yüklemeleri İçin Yapılan Ölçümler ve Performans Değerleri

A Üretim firmasının gemi yükleme sürecinin mevcut performansını belirlemek amacıyla ölçümler yapılmıştır. X Lojistik limanına, A Üretim firması için gelen 11 adet geminin ölçümleri yapılmıştır. Her gemi için 100'er adet, toplamda 1.100 yarı römork gözlemi alınarak sürecin performansı ölçümlenmiştir. Bu bölümde yapılan ölçümlerin amacı mevcut yarı römork yükleme ve boşaltma performansını belirlemektir. Bu performans sonuçları için Ekim – Kasım 04 tarihleri arasında X Lojistik limanına gelen gemilerden 100'er adet gözlem alınmıştır. Toplam yarı römork örneklem sayısı 1.100'dür.

Örneklemin yeterliliğinin belirlenmesi amacıyla örneklemin tüm kümeyi temsil edip etmediği hesaplanmıştır. Alınan örneklemin evreni temsil etmesi yeterliliği bulunmadığında örnekleme hatası olur. Yeterli bir örneklem, güvenilir sonuçlar sağlayacak kadar eleman kapsamalıdır.

Betimsel araştırmalarda minimum %10 örnek alınır, küçük evrenlerde ise %20'ye ihtiyaç duyulur. Korelasyon çalışmalarında en az 30, nedensel kıyaslamalarda her gruptan en az 30'ar eleman gereklidir. Deneysel araştırmalarda ise her grupta en az 15 er denek gibi az sayıda denek olmaso sonuçların geçerliliğini sağlayabilir. Bazı çevreler ise deneysel araştırmalarda her grupta en az 30'ar deneğin bulunmasını önermektedir. Örnek büyüklüğünün fazla olması sonuçlarını güvenilirliğini arttırmaktadır. Örneklem sayısını belirlemek amacıyla kullanılan değişkenler şu şekildedir;

N Evrendeki sayı

n Örneklem alınacak sayısı

p İncelenecek olayın görölüş sıklığı (olasılığı)

q İncelenecek olayın görölmeysi sıklığı (1-p)

t Belirli serbestlik derecesinde ve saptanan yanılma düzeyinde t tablosunda bulunan teorik değeri

d Olayın görölüş sıklığına göre yapılmak istenen + sapma olarak simgelenmiştir.

Evrendeki eleman sayısı bilindiğinde aşğıdaki formöl kullanılır.

$$n = \frac{Nt^2 pq}{d^2 (N - 1) + t^2 pq} \quad (5.1)$$

Yıllık ihracat tonajı 280.000 ton, bir yarı römorkun ortalama tonajı 29 ton kabul edildiği takdirde yılda 9655 yarı römork döngüsünün olması gerekmektedir. 1.5 aylık süreçte gerçekleşen yarı römork döngüsü 1.207 olarak hesaplanmıştır. t tablosundaki sonsuz serbestlik derecesi değeri, %95 güvenilirlikte 1.96 olarak belirlenmiştir. (t). P değeri 0.5, d değeri ise +/- 0,05 olarak kabul edildiği takdirde formöl 5.1 uygulandığında alınması gereken örneklem sayısı 292 olarak hesaplanmıştır. Hesaplamadan da anlaşılacağı üzere alınması gereken örneklem sayısının reel olarak alınan örneklem sayısından az olduğu görölmemektedir. Dolayısıyla alınan örneklem yığını temsil etmektedir.

Gemiler için yapılan ölçümlerde yukarıda belirlediğimiz alt süreçler için ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Gemi bazındaki hesaplanan değerler Ek 1 bölümündedir.

- Yarı römorkun A Üretim firmasında yüklenme süresi
- Yarı römorkun kantara varma süresi

- Yarı römorkun kantarda tartılma süresi
- Yarı römorkun iskeleye varma süresi
- Yarı römorkun posta altına yanaşma süresi
- Yarı römorkun gemiye yüklenme süresi

Örneklem grubu için hesaplanan ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 5.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 Süreç adımlarının ortalama ve standart sapma süreleri

SÜREÇLER	ORTALAMA	STANDART SAPMA
Yarı Römorkun Yüklenme Süresi	00:37	00:19
Yarı Römorkun Kantara Varma Süresi	00:25	00:41
Yarı Römorkun Tartılma Süresi	00:02	00:01
Yarı Römorkun İskeleye Varma Süresi	00:03	00:01
Yarı Römorkun Posta Altına Yanaşma Süresi	00:06	00:20
Yarı Römorkun Gemiye Yüklenme Süresi	00:44	00:31

Ölçüm sonuçları mevcut durumu ortaya koymaktadır. Mevcut performansın ortaya konulması amacıyla farklı ölçümler de yapılmıştır. Gemilerin fiziki şartlarına ve yüklenecek ürünün miktarına göre gemi ambarları kiralanmaktadır. Ambar başına yapılan yüklemelerin arttırılmasına yönelik olan problemde yükleme hızını etkileyen diğer faktörleri tespit etmek ve mevcut performansı ortaya koymak hedeflenmektedir.

Yarı römork çevrim süreleri de bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Yarı römork ve çekicilerin, diğer bir deyişle kaynakların, yeterliliğinin belirlenmesi amacıyla X lojistik limanına gelen 11 gemi için yapılan ölçümler içerisinde yarı römork ve çekici bekleme süreleri yer almıştır. A Üretim firmasında yükleme yapan ekiplerin ortalama yarı römork bekleme süresi 00:09 dakika, standart sapması da 00:20 dakikadır. Gelen yarı römorkun vincin altına yanaşması için geçen ortalama süre 00:01 dakika, standart sapması da 00:01 dakikadır.

Ölçüm sonuçlarını değerlendirecek olursak, A Üretim firmasının ortalama 00:37 dakikada yüklediği yarı römorkun, X Lojistik firması tarafından gemiye 00:44 dakikada yüklendiğini görülmektedir. Bu da gemi yükleme sürecinde yarı römork performansının 00:44 dakika olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlara göre A Üretim firması ile X Lojistik firması arasındaki gemi yükleme sürecinde

iyileştirme fırsatının olduğu görülmektedir.

5.3.2 Ekipmanlar İçin Yapılan Ölçümler ve Performans Değerleri

A Üretim firmasında üretilen ve X Lojistik limanında gemiye yüklenen ürünlerin ara taşınmasının yapılmasını sağlayan yarı römorkların ve çekicilerin yeterliliğini tespit etmek amacıyla veri toplanmıştır. Liman ve üretim firması arasında ekipman sayısının yeterliliğinin belirlenmesi ve gemi yükleme hızına etki eden darboğazın tespit edilmesi amaçlanmıştır. Gemi yükleme süreci ele alındığında operasyonel olarak en uzun süreler yükleme ve boşaltma süreleridir. Amaç, toplamdaki yarı römork çevrim süresini minimize etmek iken, sürecin akışını etkileyen diğer faktörleri tespit edip, optimize etmektir. Yapılan ölçümler esnasında toplanan verilerin yardımıyla gemi ambarının yüklenmesi esnasında gerekli olan optimum yarı römork ve çekici sayısının belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Optimum yarı römork ve çekici sayısını belirlemek amacıyla Arena Simülasyon programı kullanılmıştır.

Ekipmanların performanslarının belirlenmesi amacıyla kurulan simülasyon modeli, montaj hattı dengeleme problemi yöntemi ile çözümlenmiştir. Gemi yükleme süreci daha küçük adımlara bölünerek iş istasyonları oluşturulmuştur. Her bir iş istasyonunda harcanan zaman iş istasyonu süresi olarak kabul edilmiştir. Çekici ve yarı römorkların her bir iş istasyonunda harcadığı sürelerin toplamı ise toplam iş süresini oluşturmaktadır. Simülasyon modelinde kullanılan operasyonel süreler, 5.3.1 bölümünde ölçümlenen değerlerdir.

Ekipman performansının yeterliliğini belirlemek amacıyla farklı simülasyon modelleri de kurulmuştur. Bunlar, 1 çekici, 2 yarı römork, 1 posta – 1 çekici, 3 yarı römork, 1 posta – 1 çekici 4 yarı römork 1 posta ve 1 çekici 5 yarı römork 2 postadır. 4 model üzerinde yapılan simülasyon koşullarında en anlamlı sonucu veren iki model çalışmamız içerisinde detaylandırılmıştır. Bu modeller;

- 1 çekici, 3 yarı römork, 1 posta
- 1 çekici, 5 yarı römork, 2 posta

İki modelin çalışma içerisinde ele alınmasının nedeni, bir gemi ambarı için en fazla 2 posta kurulabilmektedir. Dolayısıyla kurulabilecek yükleme posta sayısı 1 veya 2 olabilir. Çekici sayısının 1 olarak belirlenmesinin nedeni ise, yarı römork sayılarının doğru orantılı artması gerekliliğidir. Diğer bir değişle, yarı römork sayısına paralel olarak bir ambarı daha hızlı yüklemek için, örneğin 1 çekici, 3 yarı römork yerine, 2 çekici, 6 yarı römork kullanılabilir. Çekici sayısının artması paralel ekip sayısının artmasına neden olmaktadır. Burada gemi

ambarının fiziki şartlarının da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Çekici sayısı gemi büyüklüğü göz önüne alınarak verilmesi gereken bir konudur. Bir ambar etrafındaki alanda iş makinelerinin sayısının fazla olması iş kazalarına neden olabilmektedir. Dolayısı ile tıpkı montaj hattındaki gibi, bir hatta bir çekici için kaç yarı römork olması gerektiğini belirlemek amacıyla, 2 alternatifli simülasyon modelleri kurulmuştur. Gemi yükleme için hat sayısının artırılması teknik açıdan mümkün olduğunda, çekici sayısı artırılarak gemi yükleme operasyonu devam edilmektedir. Buradaki temel kısıt geminin fiziki şartlarıdır. 3 yarı römorkun dağılımı, 1 yarı römork gemi ambarı yanında, 1 yarı römork A Üretim firması stok alanında, 1 yarı römork ortada şeklinde kabul edilmiştir. 5 yarı römorkun dağılımında, 2 yarı römork gemi ambarı yanında, 2 yarı römork A Üretim firması stok alanında, 1 yarı römork ortada şeklindedir.

Arena Simülasyon modeli için yapılan kabuller şu şekildedir,

- Kullanılan tüm verilerin normal dağılıma uyduğu test edilerek kabul edilmiştir,
- Tedarik zincirinde sürecin performansı en uzun zamana bağlı olduğundan, yükleme ve boşaltma zamanları aynı kabul edilmiştir. Kurulması hedeflenen sistemde bu sürelerin eşit olduğu kabul edilmiştir,
- Sürecin adımları ve adımların zaman etüdü çalışmaları 5.3.1 bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır,
- Günlük verimli çalışma süresi 1.080 dakika olarak kabul edilmiştir. (Günlük 7.5 saat net çalışma zamanı, 3 vardiya, % 80 verimlilikte),
- Simülasyon çalışmasında her bir yarı römorkun tonajı 29 ton olarak kabul edilmiştir. Bu kabul A üretim firmasının 2003, 2004 ve 2005 yılında yüklediği yarı römorkların kantar sonuçlarına göre hesaplanmıştır,
- Simülasyon çalışmasında A Üretim firmasında yükleme yapılan yarı römorkun, X lojistik limanında boşaltılması yapıp, tekrar A Üretim firmasına dönen yarı römork çevrim sayıları baz alınmıştır,
- Çekici / yarı römork hızları 40 km/h olarak belirlenmiştir,
- X Lojistik limanından, A Üretim firmasına dönüş süresi 5 dakika olarak kabul edilmiştir,

Simülasyon modelinin kurulması ve analizi ile bir geminin, bir ambarına yükleme yapılırken ekipman sayılarının (çekici, yarı römork) nasıl oluşturulması gerektiği ortaya çıkartılmıştır.

5.3.2.1 1 çekici, 1 posta ve 3 yarı römork simülasyon modeli

A Üretim firması ile X Lojistik firması arasındaki ürün akışında kullanılan ekipmanların sayısının optimize edilmesi amacıyla çalışma yapılmıştır.

3 yarı römorkun olduğu simülasyon modelinde, bir yarı römorkun A Üretim firmasında yüklemede, bir yarı römorkun X Lojistik limanında boşaltmada, diğer yarı römorkun da arada bir noktada olduğu kabul edilmiştir.

Yükleme ve boşaltma sahalarında serbest olarak gezinen bir çekici, yükleme ve boşaltma sahalarında karşılıklı olarak kurulan birer ekip (posta) ve A Üretim firmasının ürünlerinin yüklendiği ve X Lojistik firmasının limanında boşaltılan 3 adet yarı römork ile kurulan simülasyon modelinin SIMAN’da yazılımı Ekler bölümündedir.

1 çekici, 1 posta ve 3 yarı römork ile kurulan simülasyon modelinde yükleme zamanlarının değiştirilmesi ile elde edilen farklı senaryo sonuçları Çizlege 5.4’te karşılaştırılmıştır. Simülasyon modelinde ulaşılması hedeflenen yükleme zamanlarına göre performans testleri koşulmuştur. 44, 40, 37, 35, 32 ve 29 dakikalarına göre simülasyon modeli 50 kere koşulmuştur.

Çizelge 5.4 1 çekici, 1 posta ve 3 yarı römork simülasyon modeli sonuçları

1 ÇEKİCİ, 3 YARI RÖMORK	1 POSTA					
Yükleme/ Boşaltma Zamanı (dakika)	44	40	37	35	32	29
Günlük Yarı Römork Sayısı	23	25	27	30	32	35
Ortalama Tonaj	29	29	29	29	29	29
Gemi Yükleme Hızı (ambar/ton/gün)	667	725	783	870	928	1015

Problemin hedefi olan 900 ton/ambar/gün yükleme hızı değerine yarı römork yükleme ve boşaltma süresi 34 dakika ve altında gerçekleşen değerlerde ulaşılabilirdiği görülmektedir.

Bir çekici ve üç yarı römorkun bir üretim hattı gibi servis verdiği kabul edilmiştir. Üretim hattından kastımız, bir posta için, 3 yarı römork ve bir çekicinin oluşturduğu süreçtir.

Bir postanın yapısında 3 yarı römork ve 1 çekici bulunmalıdır. Yarı römorkların yüklenme ve boşaltma sürelerini 34 dakika ve altına indirdiğimiz takdirde geminin günlük yükleme hızı 900 ton/gün/ambar hedefine ulaşılabilir. Toplamda bir yarı römorkların yükleme noktasından yüklenip, gemiye boşaltılması ve tekrar yükleme noktasına gelmesi (34 dakika kabul edilirse) yaklaşık 80 dakika süremektedir. Yarı römorkun çekiciye bağlı olduğu, diğer bir değişle çekicinin aktif olarak kullanıldığı süre 12 dakikadır. 3 yarı römorkun döndüğü sistemde bu süre 36 dakikadır. Ancak toplam çevrim süresine baktığımızda çekicinin aktif

olarak kullanıldığı süre 45%'tir.

5.3.2.2 1 çekici, 2 posta ve 5 yarı römork simülasyon modeli

Çekici kullanım oranı 3 yarı römorklu sistemde % 45 ise, çekicilerin daha aktif kullanılması amacıyla farklı bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Bu modelde yükleme ve boşaltma sahalarında serbest olarak gezinen bir çekici, yükleme ve boşaltma sahalarında karşılıklı olarak kurulan ikişer ekip (iki posta) ve A Üretim firmasının ürünlerinin yüklendiği ve X Lojistik firmasının limanında boşaltılan 5 adet yarı römork ile kurulan simülasyon modelinin SIMAN'da yazılımı Ek 2 bölümündedir. Çizelge 5.5'te 1 çekici, 2 posta ve 5 yarı römorklu simülasyon modeli görülmektedir.

Çizelge 5.5 1 çekici, 2 posta ve 5 yarı römork simülasyon modeli sonuçları

1 ÇEKİCİ, 5 YARI RÖMORK	2 POSTA					
Yükleme/ Boşaltma Zamanı (dakika)	44	40	37	34	32	29
Günlük Yarı Römork Sayısı	22	22	22	22	22	23
Ortalama Tonaj	29	29	29	29	29	29
Gemi Yükleme Hızı (ambar/ton/gün)	638	638	638	638	638	667

Simülasyon modelinde, ulaşılması hedeflenen yükleme zamanlarına göre performans testleri koşulmuştur. 44, 40, 37, 35, 32 ve 29 dakikalarına göre simülasyon modeli 50 kere koşulmuştur.

İki postanın kurulduğu, 5 yarı römorklu sistemin verdiği performansın tek posta, bir çekici ve 3 yarı römorklu sistemden daha verimsiz olduğu görülmüştür. Çekicinin 5 yarı römorka yetişemediği, beklemlerin arttığı gözlemlenmiştir. Çekici kullanım oranı da % 47 olarak gerçekleşmiştir.

5.3.2.3 Simülasyon modeli sonuçları

Yaptığımız iki simülasyon modelinde aldığımız yükleme / boşaltma performans sonuçları Çizelge 5.6'da gösterilmiştir. Her iki simülasyon modeli, yükleme ve boşaltma esnasında 1 yarı römorkun serbest olarak bir yükleme hattında olması gerektiğini göstermektedir. 5 yarı römorkun 2 postaya hizmet vermesi esnasında, 32 dakikaya kadar günlük 638 ton/ambar yükleme hızının sabit olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeninin süreç döngüsünde yükleme ve boşaltma yerinde birer yarı römorkun bağlı olup, 5 inci yarı römorkun her iki postaya da destek verememesidir. Bir yükleme / boşaltma hattındaki yükleme ve boşaltma süresinin dışındaki istasyonlar arası gidiş süresi, kantarda tartılma süresi ve posta altına yanaşma süresi ortalama 36 dakika sürmektedir. Dolayısıyla 5 yarı römorklu modelde, 32

dakikadan yükleme hızının artması anlamlıdır. Kısaca 5 yarı römorklu sistemde darboğaz, yarı römork eksikliği olmaktadır.

Çizelge 5.6’da da görüleceği gibi, 3 yarı römorklu simülasyon modelinde ise yükleme / boşaltma süreleri 34 dakikanın altına indiği takdirde hedeflenen 900 ton/ambar/gün hedefine ulaşılabilmektedir. Yarı römork, çekici ve posta sayısının darboğaz olmadığı sistemde, 1 yarı römork A Üretim firmasında yüklemede, 1 yarı römork X Lojistik limanında boşaltmada, 1 yarı römork ise arada bulunmalıdır. Modellelenen ancak detaylandırılmayan diğer simülasyon sonuçları da Çizelge 5.6 ‘da yer almaktadır.

Çizelge 5.6 Simülasyon modeli sonuçları

Yükleme/ Boşaltma Zamanı (dakika)	44	40	37	34	32	29
Gemi Yükleme Hızı - 2 Yarı Römork, 1 posta - (ambar/ton/gün)	609	653	696	740	783	827
Gemi Yükleme Hızı - 4 Yarı Römork, 1 posta - (ambar/ton/gün)	580	624	624	624	624	624
Gemi Yükleme Hızı - 3 Yarı Römork, 1 posta - (ambar/ton/gün)	667	725	783	870	928	1015
Gemi Yükleme Hızı - 5 Yarı Römork, 2 posta - (ambar/ton/gün)	638	638	638	638	638	667
% Fark (3 YARI RÖMORK 1 posta & 5 YARI RÖMORK 2 posta)	5%	14%	23%	36%	45%	52%

Sonuç olarak geminin bir ambarının yüklenmesi esnasında 1 posta için 1 çekici ve 3 yarı römorkun sağlanması durumunda kaynakların kullanımında herhangi bir darboğaz sorunu yaşanmayacağı görülmektedir.

5.3.3 Diğer Verilerin Analizi ve Performans Değerleri

Gemi yüklemesini etkileyebilecek diğer faktörler ile ilgili olarak mevcut durumu ortaya koyabilecek analizlerin yapılması problemin çözümüne ışık tutabilecek verilerdir.

A Üretim firması ile X Lojistik firması arasında gerçekleşen süreçte gemi yükleme ile ilgili olarak, yıllar bazında A üretim firmasının ürünlerini ihraç etmek için kiralanan gemi sayısı, bu gemilerin limanda kalış süresi ve kiralanan gemilerde ekipman kullanımı ile ilgili veriler de problemin daha iyi anlaşılması için yardımcı olacaktır. Çizelge 5.7’de kullanılan diğer gemi verileri bulunmaktadır.

Çizelge 5.7 X Lojistik limanında A Üretim firması için yüklenen gemi verileri

DEĞERLER	2002	2003	2004
Yıllık Kiralanan Gemi Sayısı	67	70	72
Geminin Ortalama Kalış Süresi (gün)	3,22	3,27	2,93
Kiralanan Gemilerdeki Gemi Vinci Kullanım Oranı	25%	34%	38%

X Lojistik limanına gelen gemilerin ortalama yükleme hızının 2003 – 2004 yılları arasında

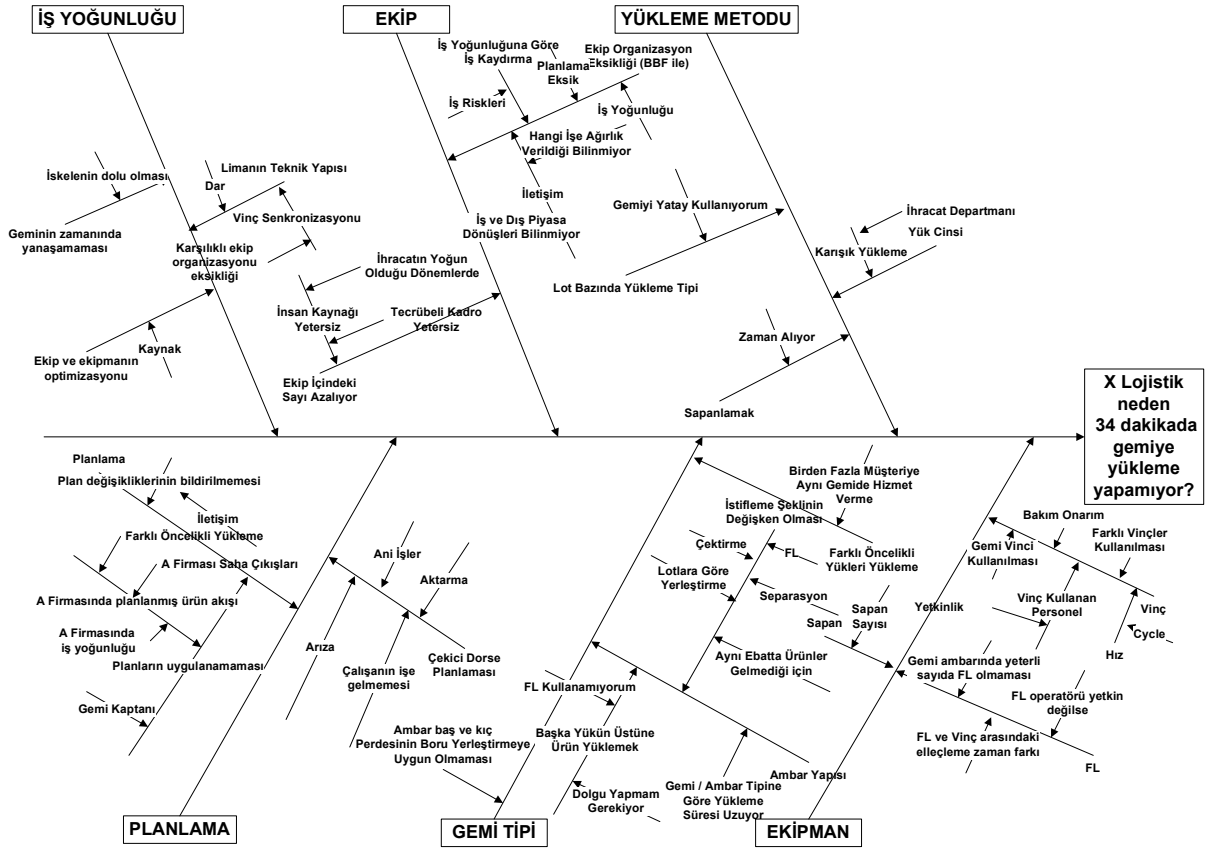
azaldığını görmekteyiz. Hedef bu sürenin 2005 yılında 2.93'ten daha düşük bir seviyeye gelmesidir. Gemi sayısının yıllar itibarıyla artacağı, ancak kiralanan gemilerin daha büyük olması planlanmaktadır. Diğer bir değişle ihracat tonajının artma oranı kadar, limana gelecek gemi sayısı artmayacaktır. Hedeflenen, daha büyük ihracat gemilerinin kiralınması, navlun avantajı elde edilmesi ve limanda bulunan gemiyi en kısa sürede yüklemektir.

Mevcut performans değerleri ortaya çıkartıldıktan sonra, mevcut performansın daha iyi olmasını etkileyen diğer faktörleri tespit etmek, yükleme hızına etkisini ispat etmek, çözüm bulmak ve uygulamaktır.

Gemi yükleme hızını etkileyen faktörleri ortaya çıkartmak amacıyla öncelikli olarak balık kılçığı kök neden analizi yapılmıştır. Bu analiz esnasında bir çok farklı hipotez ortaya atılmıştır. Bu hipotezlerin ispat edilmesi için Minitab yardımı ile istatistiki analizler yapılmıştır.

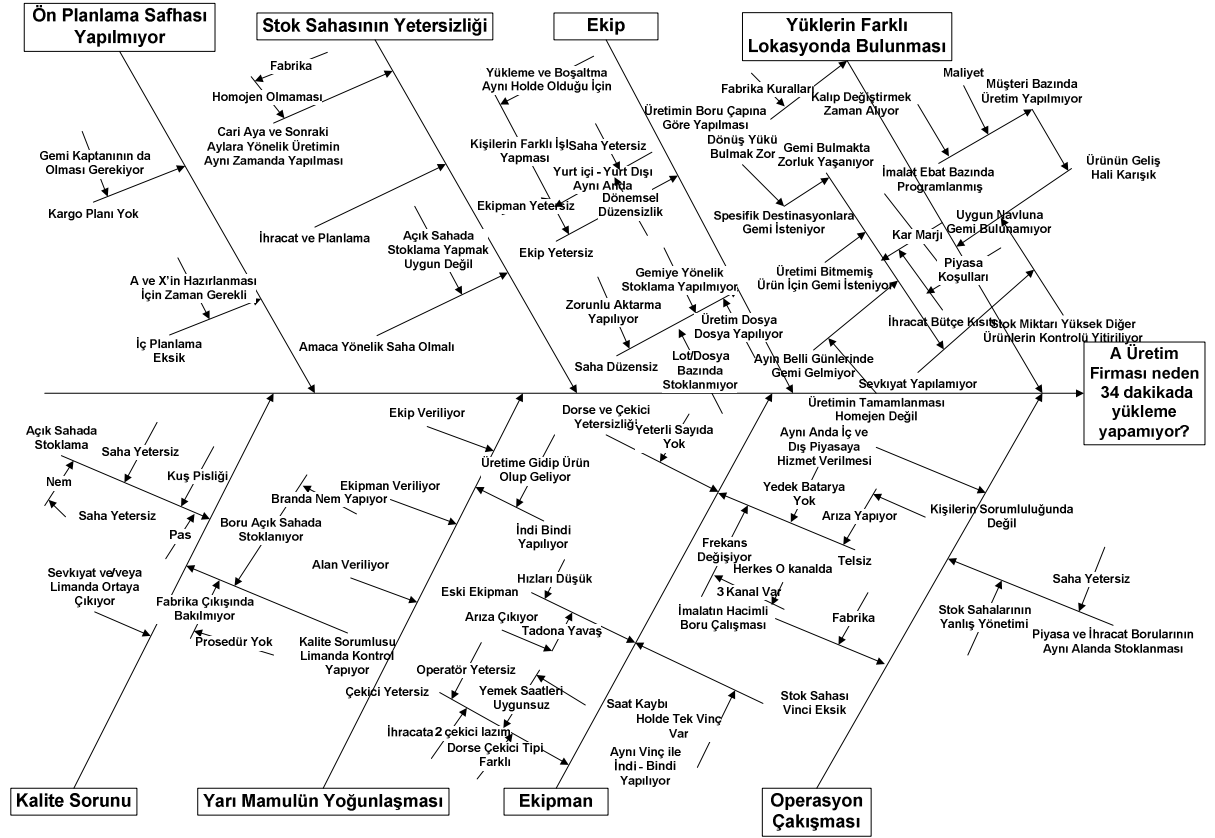
5.4 Balık Kılçığı – Kök Neden Analizi

Yükleme hızını 900 ton/ambar/gün'e çıkartmak için öncelikli olarak, yükleme hızını etkileyen faktörleri istatistiksel olarak ispat etmemiz gerekmektedir. Yükleme hızını etkileyen faktörleri bulmak için bu süreçte yer alan kişilerin bizzat katıldığı iki ayrı toplantı yapılmıştır. Bu toplantılarda balık kılçığı diyagramı kullanılarak olası kök nedenler ortaya çıkartılmıştır. Şekil 5.3'te X Lojistik limanında 34 dakikada yarı römorkun boşaltılıp, gemiye neden yüklenemediği yönünde bir balık kılçığı çalışması görülmektedir.



Şekil 5.3 X Lojistik yükleme performansı balık kılçığı diyagramı

Şekil 5.4'te ise A Üretim firmasının stok sahasındaki yarı römorkların 34 dakikada yüklenememesi ile ilgili olarak yapılan balık kılçığı diyagramı görülmektedir.



Şekil 5.4 A Üretim firması yükleme performansı balık kılçığı diyagramı

Yapılan kök neden analizi ile X Lojistik firmasının gemi yükleme ve A Üretim firmasının yarı römork yükleme süresinin etkileyen nedenler ortaya çıkartılmıştır. Kök neden analizi esnasında gemi yükleme hızına etki edebilecek bir çok etmen ortaya atılmıştır. Ortaya atılan olası kök nedenlerin hepsi için istatistiksel analizler yapılması yerine, gerçekten bu süreci etkileyeceği düşünülen kök nedenler sınıflandırılmıştır. Bu çalışma neticesinde yükleme hızını etkilediği düşünülen kök nedenler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır;

- A Üretim firmasında yükleme hızını etkileyen faktörler
- X Lojistik firmasında yükleme hızını etkileyen faktörler
- A Üretim firması ile X Lojistik firmasının yükleme hızını etkileyen ortak faktörler

Yukarıda sınıflandırılan olası tüm kök nedenlerin istatistiksel olarak da ispatlanması için Minitab yardımıyla hipotez testleri ve korelasyon analizleri yapılmıştır. Olası kök nedenler ve analizleri ilerleyen bölümde detaylandırılacaktır.

5.4.1 A Üretim Firmasında Yükleme Hızını Etkileyen Faktörler

Kök neden analizine göre A Üretim firması gelen yarı römorkları hedef süre içerisinde yükleyememektedir. Bu konu ile ilgili olarak ortaya atılan tüm fikirler analiz edilerek gemi yükleme hızını etkileyeceği düşünülen faktörlerin istatistiksel analizleri yapılmıştır. Bu analizler ve sonuçları detaylı olarak bu bölümde irdelenecektir.

Çalışmalarda kullanılan veriler, 2003, 2004 ve 2005 yılının Ocak ayları arasında X Lojistik limanına A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen tüm gemileri kapsamaktadır.

5.4.1.1 Gemi gelişlerinin homojen olmaması

A Üretim firmasının ayın son günlerinde sevkıyatlarının yoğun olması ve ay içerisinde gemi gelişlerinin homojen dağılmadığı yönünde ortaya atılan bir hipotezdir. Bu konu ile ilgili olarak gemi A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemilerin, X Lojistik limanına yanaştığı günler ile ilgili veriler toplanarak analiz edilmiştir.

Hipotez;

H_0 : Limana gelen gemilerin ay içerisindeki yanaşma günleri yükleme hızını etkilememektedir

H_1 : Limana gelen gemilerin ay içerisindeki yanaşma günleri yükleme hızını etkilemektedir.

Çizelge 5.8’de gemi gelişlerinin homojen olmaması ile ilgili olarak yapılan anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.8 Gelen gemilerin yanaşma günleri için anova testi

One-way ANOVA: Yükleme Hızı versus Yanaşma Günleri					
Source	DF	SS	MS	F	P
Yanasma Gunleri	5	304747	60949	0,88	0,498
Error	92	6377563	69321		
Total	97	6682310			
S = 263,3 R-Sq = 4,56% R-Sq(adj) = 0,00%					
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev	-----+-----	
01 - 05 Gün	19	920,6	204,6	-----*-----	
06 - 10 Gün	16	1044,7	238,1	-----*-----	
11 - 15 Gün	17	1079,7	291,6	-----*-----	
16 - 20 Gün	17	966,9	355,3	-----*-----	
21 - 25 Gün	12	996,1	233,1	-----*-----	
26 - 31 Gün	17	956,4	223,1	-----*-----	
				-----+-----	
				840	960 1080 1200
Pooled StDev = 263,3					

Anova testi sonucunda, gemi geliş frekanslarının gemi yükleme hızı üzerinde etkili olmadığı

saptanmıştır (P değeri > 0.05).

5.4.1.2 A Üretim firmasının stok miktarının yüksek olması

A Üretim firmasının ürünlerinin stok düzeyinin yüksek olması ile gemi yükleme hızının yüksek olması arasında bir ilişki olduğu yönündeki hipotez için veriler toplanmış ve anova testi uygulanmıştır. Toplanan veriler, X Lojistik firmasında gelen gemilere yapılan yüklemelerde oluşan yükleme hızı ile A Üretim firmasındaki stok düzeyleri ile ilgilidir.

Hipotez;

H_0 : A Üretim firmasındaki stok düzeyi yükleme hızını etkilememektedir.

H_1 : A Üretim firmasındaki stok düzeyi yükleme hızını etkilemektedir.

Çizelge 5.9, A Üretim firmasının stok miktarının yüksek olması ile ilgili olarak yapılan anova testinin sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 5.9 A Üretim firmasının stok düzeyi ve yükleme hızı arasındaki anova testi

One-way ANOVA: Stok versus Yükleme Hızı					
Source	DF	SS	MS	F	P
Yükleme Hızı	6	27244816	4540803	1,07	0,390
Error	65	275986194	4245941		
Total	71	303231010			

S = 2061 R-Sq = 8,98% R-Sq(adj) = 0,58%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
0 - 500	2	6653	863	(-----*-----)
501 - 700	11	6784	2249	(---*---)
701 - 900	18	7308	2446	(---*---)
901 - 1100	17	7183	1853	(---*---)
1101 - 1300	11	8136	1514	(---*---)
1301 - 1500	11	8373	2123	(---*---)
1501 - 1700	2	9077	185	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----

5000 7500 10000 12500

Pooled StDev = 2061

Anova testi sonucunda, A Üretim firmasının stok düzeyinin gemi yükleme hızı üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır (P > 0.05).

5.4.1.3 Boru çevrim faktörü

A Üretim firmasının ürettiği boruların çapları ile boru ağırlıkları arasında direkt bir ilişki vardır. Boru çevrim faktörü, bir ambara yüklenecek ürünlerin toplam miktarını belirtmek için

kullanılan bir terimdir. Boru çevrim faktörü, gemi ambarına yüklenecek toplam ürün miktarının, m³ cinsinden ton değerinin veya ton cinsinden m³ değerinin hesaplanması ile elde edilmektedir. Boru çevrim faktörü ile boru ağırlıkları arasında bir ilişki olduğu için, gemi yükleme hızı ile ilişki kurulabileceği düşünülerek bir hipotez ortaya atılmıştır.

H_0 : Boru çevrim faktörü yükleme hızını etkilememektedir.

H_1 : Boru çevrim faktörü yükleme hızını etkilemektedir.

Çizelge 5.10'de boru çevrim faktörü ile yükleme hızı arasındaki anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.10 Boru çevrim faktörü ve yükleme hızı arasındaki anova testi

One-way ANOVA: Yükleme Hızı versus Boru Çevrim Faktörü					
Source	DF	SS	MS	F	P
BÇF Faktör	3	269311	89770	6,94	0,000
Error	68	879386	12932		
Total	71	1148698			

S = 113,7 R-Sq = 23,44% R-Sq(adj) = 20,07%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----
0,0 - 1,5	42	624,6	92,8	(--*--)
1,6 - 2,0	8	722,3	99,7	(-----*-----)
2,1 - 3,0	16	689,7	167,7	(-----*-----)
3,1 - 3,5	6	830,8	83,7	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----
600 700 800 900

Pooled StDev = 113,7

Anova testi sonucunda, boru çevrim faktörünün yükleme hızı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır ($P < 0.05$).

5.4.1.4 Sevkiyat bölgesi

A Üretim firması, Amerika, İtalya, Kanada, Belçika, İsrail, Mısır, Cezayir ve Tunus ülkelerine ihracat yapmaktadır. Bu ülkelere yapılan ihracatları gruplandırarak sevkiyat bölgeleri oluşturulmuştur. Buna göre, Amerika, Akdeniz (Mısır, Cezayir, Tunus), Avrupa (İtalya, Belçika), İsrail ve Kanada bölgeleri oluşturulmuştur.

Sevkiyatların % 48'i Amerika, % 5'i Akdeniz, % 29'u Avrupa, % 6'sı İsrail ve % 12'si Kanada bölgesine yapılmaktadır.

Sevkiyat bölgesine göre kiralanın gemi tipleri ve ürün tipleri değişmektedir. Dolayısıyla

sevkıyat bölgesi ile yükleme hızı arasında bir ilişki olduğuna dair bir hipotez ortaya çıkmıştır.

Hipotez ;

H_0 : Sevkıyat bölgesi yükleme hızını etkilememektedir.

H_1 : Sevkıyat bölgesi yükleme hızını etkilemektedir.

Çizelge 5.11’de sevkıyat bölgesi ile yükleme hızı arasındaki anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.11 Sevkıyat bölgesi ve yükleme hızı arasındaki anova testi

One-way ANOVA: Yükleme Hızı versus Sevkıyat Bölgesi					
Source	DF	SS	MS	F	P
Sevkıyat Bölgesi	4	1229649	307412	4,65	0,002
Error	67	4432296	66154		
Total	71	5661946			

S = 257,2 R-Sq = 21,72% R-Sq(adj) = 17,04%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
AKDENİZ	10	909,1	217,6	(-----*-----)
AMERIKA	10	1278,5	199,8	(-----*-----)
AVRUPA	40	940,4	280,2	(---*--)
ISRAİL	7	812,3	184,2	(-----*-----)
KANADA	5	1056,0	308,8	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
750 1000 1250 1500

Pooled StDev = 257,2

Anova testi sonucunda A Üretim firmasının ürettiği ve ihraç ettiği boruların sevkıyat bölgesi ile gemi yükleme hızı arasında ilişki olduğu saptanmıştır ($P < 0.05$).

5.4.1.5 Diğer faktörler

Yapılan balık kılçığı analizinde ortaya atılan diğer kök nedenler şu şekildedir.

Aktarma olması ; A Üretim firması stok sahasındaki boruların, limandaki gemilere yüklenmesi için stok sahasında ayırt edilmesi gerekmektedir. Ayırt etme işlemi için ürün bazında üretilen boruların stok sahasında bulunması gerekmektedir. Bulunan boruların üstünde farklı bir borunun olması durumunda üstteki boruların aktarılması gerekmektedir. Aktarmanın olması, yarı römorkun yüklenme süresinin uzamasına neden olmaktadır.

Farklı yerlerden yükleme yapılması ; A üretim firması stok sahaları farklı lokasyonlarda olmaktadır. X Lojistik limanındaki gemiye lot sırasına göre ürünlerin gönderilmesi

gerekmektedir. Lot sırasına göre ürünler, stok sahasından tek yerden değil, 4 farklı yerden yüklenebilmektedir. Yarı römorkun farklı noktalara uğraması yükleme hızına direkt etki etmektedir.

Ekip yetersizliğinden bekleme ; A Üretim firması ürettiği boruları yurt içi ve yurt dışı firmalara satmaktadır. Yurt içi sevkiyatlar ile yurt dışı sevkiyatlar gün içerisinde aynı zamanlarda olmaktadır. Yurt içi ve yurt dışı yüklemeleri yapan ekipler ayrı olsa da zaman zaman iç içe girmektedir. Yurt dışı yüklemeleri esnasında stok sahalarında yarı römork ve çekici beklemeleri olmaktadır. Bekleme zamanlarında personelini optimum düzeyde kullanmak için A Üretim firması ekiplerini yurt içi sevkiyatlarına kaydırmaktadır.

Ürünün arama süresinden kaynaklanan bekleme ; A Üretim firması stok sahasında ürünler U borular içerisinde stoklanmaktadır. U borular stok alanlarında adreslenmemiştir. A Üretim firmasında adresleme sistemi olmadığı için bir siparişe ait boruları yarı römorka yüklenmeden önce, stok sahasında nerede olduğunun ekiplerce tespit edilmesi gerekmektedir.

Ekipman yetersizliğinden bekleme ; A Üretim firması ile X Lojistik firması arasındaki ihracat sürecinde ekipman olarak stok sahalarında vinçler, ürünlerin taşınması için çekici ve yarı römork, gemi yüklenmesi esnasında gemi veya sahil vinci kullanılmaktadır. A Üretim firmasının stok sahasında 4 adet vinç bulunmaktadır. Bu vinçler hem yurt içi hem de yurt dışı sevkiyatları için kullanılmaktadır. Çekici ve yarı römorkların optimum dağılımının yapılamaması nedeniyle ekip beklemeleri oluşmaktadır.

Yukarıda tanımlanan kök nedenlerin tümü stok sahasının yönetimi ile ilgili sorunlardır. Bu sorunların çözümü için A Üretim firmasının stok sahalarının yeniden düzenlenmesi ve tanımlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu konuda geliştirilen ve hayata geçen çözüm önerileri şu şekildedir;

- Stok sahalarının yeniden tanımlanması (yurt içi ve yurt dışı stok sahaları),
- Adresleme yöntemi ile istenilen boruya daha kısa zamanda ulaşılması,
- Adreslemenin U boru bazında tüm stok sahaları için yapılması,
- Sevkiyat planına göre sipariş içerisindeki boruların aynı veya bitişik stok lokasyonunda stoklanması,
- A Üretim firması stok sahası ekiplerinin sorumluluğuna verilmiştir. Ekipler sahalardaki ürünlerin hasar kontrolünden, temizliğinden, düzeninden, aktarmalarından ve istiflerinden

sorumlu olacaklardır.

- Standart ekip yapısı oluşturulması,
- Standart ekipman yapısı oluşturulması (A Üretim firması stok sahasına 2 adet yeni vinç almıştır, optimum yarı römork ve çekici sayısı 5.3.2 bölümünde simülasyon yardımı ile belirlenmiştir.),
- Sürecin yönetiminin bir kişiye verilmesi,
- Yarı römorkların ortalama yükleme / boşaltma hedef süresi ortalama 30 dakika olarak A Üretim firması ve X Lojistik çalışanlarına deklare edilmesi.

5.4.2 X Lojistik Firmasında Yükleme Hızını Etkileyen Faktörler

Balık kılçığı ile yapılan kök neden analizine göre X Lojistik firması limana gelen gemileri yeni hedef süre içerisinde yükleyememektedir. Bu konu ile ilgili olarak ortaya atılan tüm fikirler analiz edilerek, gemi yükleme hızını etkileyeceği düşünülen faktörlerin istatistiksel analizleri yapılmıştır. Bu analizler ve sonuçları detaylı olarak bu bölüm içerisinde anlatılacaktır.

Çalışmalarda kullanılan veriler, 2003, 2004 ve 2005 yılının Ocak ayları arasında X Lojistik limanına A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen tüm gemileri kapsamaktadır.

5.4.2.1 Aynı anda limanda olan genel kargo gemi sayısı

X Lojistik limanına konteyner ve genel kargo gemileri ağırlıklı olarak yanaşmaktadır. Liman üzerinde yer alan yanaşma yerleri gemi tiplerine göre ayırt edilmiştir. Dolayısıyla genel kargo gemisinin yanaşabileceği yerlere konteyner gemisi veya Ro – Ro gemisi yanaşamamaktadır.

X Lojistik limanındaki genel kargo yük gemilerinin, A Üretim firması için gelen gemilerin yüklemesini etkilediğine dair bir hipotez ortaya atılmıştır.

Hipotez ;

H_0 : Limanda olan genel kargo gemi sayısının yüksek olması yükleme hızını etkilememektedir.

H_1 : Limanda olan genel kargo gemi sayısının yüksek olması yükleme hızını etkilemektedir.

Çizelge 5.12’de aynı anda limanda bulunan genel kargo gemi sayısı ile yükleme hızı arasındaki anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.12 Yükleme hızı ile limandaki genel kargo gemi sayısı için anova testi

One-way ANOVA: Yükleme Hızı versus Genel Kargo Gemi Sayısı					
Source	DF	SS	MS	F	P
Genel Kargo Gemi Sayısı	4	354879	88720	1,12	0,354
Error	67	5307066	79210		
Total	71	5661946			

S = 281,4 R-Sq = 6,27% R-Sq(adj) = 0,67%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----
2	3	893,7	441,6	(-----*-----)
3	7	1031,0	104,1	(-----*-----)
4	25	1058,5	325,2	(-----*-----)
5	25	900,5	256,8	(-----*-----)
6	12	965,4	257,7	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----

600 800 1000 1200

Pooled StDev = 281,4

Anova testine göre limanda bulunan genel kargo gemi sayısının, A Üretim firmasının malzemelerini almaya gelen gemilerin yükleme hızını etkilemediği, istatistiksel olarak ispatlanmıştır ($P > 0.05$).

X Lojistik firması, A Üretim firmasından gelen sevkiyat planına göre gemi kiralaması yapmaktadır. A Üretim firması üretimini ürün bazında yapmaktadır. Örneğin ay sonunda gidecek olan bir siparişin bir kısmı ayın 5’inde, bir kısmı ayın 16’sında, kalan kısmı da ayın 29’unda üretilebilmektedir.

A Üretim firması üretim şekli ile ilgili olarak yapmış olduğu çalışma neticesinde üretimini malzemelerin boyutuna göre yapmaya karar vermiştir. Böylelikle makinaların duruş zamanlarından meydana gelen kayıplar minimize edilmiştir.

Gemi yükleme hızının arttırılmasına yönelik olarak yapılan bu çalışmada A Üretim firmasının bu şekilde ürünleri üreteceği ve sevk edeceği kabul edilmiştir.

5.4.2.2 A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemi sayısı

A Üretim firmasının yukarıda bahsedilen üretim yapısından dolayı siparişlerini tamamlama zamanı her ayın 20’sinden sonra olmaktadır. Bu nedenle limana gelen gemilerde çakışmalar yaşanabilmektedir. Aynı anda A Üretim firmasının sevkiyatlarını almaya gelen boru

gemilerinin X Lojistik limanında bulunma ihtimallerine yönelik olarak ortaya bir hipotez çıkmıştır.

Hipotez ;

H_0 : Aynı anda limanda olan A Üretim firması ürünlerini almaya gelen gemi sayısı yükleme hızını etkilememektedir.

H_1 : Aynı anda limanda olan A Üretim firması ürünlerini almaya gelen gemi sayısı yükleme hızını etkilemektedir.

Çizelge 5.13’de A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemi sayısı ile yükleme hızı arasındaki anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.13 Yükleme hızı ile aynı anda limanda olan A üretim firması gemi sayısı anova testi

One-way ANOVA: Yükleme hızı versus A Üretim Firması Gemi Sayısı					
Source	DF	SS	MS	F	P
Gemi Sayısı	1	256364	256364	20,11	0,000
Error	70	892333	12748		
Total	71	1148697			

S = 112,9 R-Sq = 22,32% R-Sq(adj) = 21,21%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+--
1	38	723,5	134,6	(-----*-----)
2	34	604,0	82,0	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+--
				600 650 700 750

Pooled StDev = 112,9

Anova testi sonucunda, A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemi sayısının, yükleme hızını direkt olarak etkilediği ispat edilmiştir ($P < 0.05$).

5.4.2.3 Vinç tipi

A Üretim firmasının ürünlerini yüklemek amacıyla kiralanan gemilerin bir kısmında vinç bulunmakta, bir kısmında ise vinç bulunmamaktadır. Vinci olmayan gemiler için liman üzerinde kurulan sahil vinçleri ile yükleme operasyonu gerçekleştirilmektedir. Teorik olarak gemi vinçleri sahil vinçlerinden daha hızlı yükleme yapmaktadır. Bunun en temel sebeplerinden biri de, gemi vincinin, yükleme yapılan ambarı daha net bir şekilde görmesidir. Gemi yükleme hızını etkileyen faktörlerden birinin de vinç tipinin olabileceği hipotezi ortaya atılmıştır.

Hipotez ;

H_0 : Geminin yüklenmesi esnasında gemi vinci kullanmak ile sahil vinci kullanmak arasında fark yoktur.

H_1 : Geminin yüklenmesi esnasında gemi vinci kullanmak ile sahil vinci kullanmak arasında fark vardır.

Çizelge 5.14'de gemi yüklenmesi esnasında kullanılan vinç tipi ile gemi yükleme hızı arasındaki anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.14 Yükleme hızı ile limandaki geminin yüklenmesi için kullanılan vinç tipi arasındaki anova testi

One-way ANOVA: Yükleme Hızı versus Vinc Tipi					
Source	DF	SS	MS	F	P
Vinc Tipi	1	172225	172225	12,35	0,001
Error	70	976473	13950		
Total	71	1148697			

S = 118,1 R-Sq = 14,99% R-Sq(adj) = 13,78%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	+-----+-----+-----+-----
Gemi	48	701,7	114,2	(-----*-----)
Sahil	24	597,9	125,8	(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----
				550 600 650 700

Pooled StDev = 118,1

Bu testin sonucunda $p < 0,05$ olduğu için istatistiksel olarak gemi vinci ile yüklemenin, sahil vinci ile yüklemeye göre farkı vardır. Dolayısıyla gemi vinci kullanırsak, gemiyi daha hızlı yükleyebiliriz. Kiralanan gemide kullanılacak vinç tipi, direkt olarak gemi yükleme hızını etkilemektedir.

5.4.2.4 Gemi tipi

A Üretim firmasının borularının ihracatı için kiralanan gemilerin tiplerinin gemi yükleme hızını etkilediğine dair bir hipotez ortaya atılmıştır. A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemiler üç tipte yoğunlaşmıştır. Box, Sid ve Sid/River. Bu gemiler genel kargo yükleri taşıyan gemileridir. Box gemi, kasara altı güvertesi olan box ambarlı gemidir. Sid gemi, kasara altı güvertesi olmayan box ambarlı gemidir. Sid/River gemi, kasara altı güvertesi olmayan nehir gemisidir. Kasara altı da, geminin baş ve kış tarafında, asıl güverteden yüksek olan kısa güvertedir. Kasara altı güverteye sahip olan gemilerin yüklenme süresi, kasara altı

One-way ANOVA: Yükleme Hızı versus Posta Sayısı

Source	DF	SS	MS	F	P
Posta Sayisi	1	119001	119001	8,09	0,006
Error	70	1029697	14710		
Total	71	1148698			

S = 121,3 R-Sq = 10,36% R-Sq(adj) = 9,08%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	59	648,0	116,3
2	13	753,7	142,9

Pooled StDev = 121,3

Anova testi sonucunda, ambar başına kurulan posta sayısının, yükleme hızı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır ($P < 0.05$).

5.4.2.6 Yükleme esnasında elleçlenen boru bağ sayısı

A Üretim firmasının ürettiği borular yarı römork üzerinde konularak X Lojistik limanına gönderilmektedir. X Lojistik liman tesislerinde yarı römorklar boşaltılarak gemiye yüklenmektedir. Yarı römork üzerinde borular paket halindedir. Vinç ile yarı römork üzerinden boru bağları alınarak gemi ambarına yerleştirilmektedir. Dolayısıyla bir vinç hareketi ile elleçlenen boru bağlarının yükleme hızına etki ettiği hipotezi ortaya atılmıştır.

Hipotez ;

H_0 : Yükleme esnasında elleçlenen boru bağ sayısı yükleme hızını etkilememektedir.

H_1 : Yükleme esnasında elleçlenen boru bağ sayısı yükleme hızını etkilemektedir.

Çizelge 5.17’de yükleme esnasında elleçlenen boru bağ sayısı ile yükleme hızı arasındaki anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.17 Yükleme esnasında elleçlenen boru bağ sayısı ve yükleme hızı arasındaki anova testi

One-way ANOVA: Yükleme Hızı versus Boru Bağ Sayısı

Source	DF	SS	MS	F	P
Paket Sayısı	7	1305120	186446	2,74	0,015
Error	64	4356825	68075		
Total	71	5661946			

S = 260,9 R-Sq = 23,05% R-Sq(adj) = 14,63%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
-------	---	------	-------	-------------------------------

001 - 1000	29	911,2	265,1	(--*--)
1001 - 2000	27	910,4	220,3	(--*--)
2001 - 3000	7	1219,1	400,9	(-----*-----)
3001 - 4000	1	1294,0	*	(-----*-----)
4001 - 5000	3	1259,7	114,5	(-----*-----)
5001 - 6000	3	1043,7	262,4	(-----*-----)
6001 - 7000	2	1414,0	*	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				900 1200 1500 1800
Pooled StDev = 260,9				

Anova testi sonucunda, yükleme esnasında elleçlenen boru bağ sayısının, yükleme hızı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır ($P < 0.05$).

5.4.3 Yükleme Hızını Etkileyen Ortak Faktörler

A Üretim firması ile X Lojistik firması arasındaki süreçte, her iki firmanın yükleme hızına direkt etkisi olmayan faktörler de bulunmaktadır. Bu faktörlerin kontrol altında nasıl tutulacağı her iki firmanın ortak kararı ile belirlenecektir.

5.4.3.1 Ekiplerin senkronizasyonu

A Üretim firmasında üretimi tamamlanan ürünler, A Üretim firmasının sevkıyat sahasına sevk edilmektedir. Dolayısıyla bir grup çalışan üretimi tamamlanan ürünleri sevkıyat sahasına indirirken, kalan gruptakiler de gemiye yüklenecek ürünleri yarı römorklara yüklemektedir. Her ayın son 10 gününde bu şekildeki çalışma biçimi yoğun bir şekilde gerçekleşmektedir.

X Lojistik firması limana gelen gemilere mümkün olduğunca hızlı cevap vermeye çalışmaktadır. Limanda birden fazla gemi olduğu zaman, A Üretim firmasından gelen yarı römorkların gelişi homojen bir şekilde sağlanamadığı takdirde, X Lojistik firması limanında gemi yükleme yapan ekipler, bekleme esnasında diğer operasyonlara kaydırılabilmektedir. Zaman zaman A Üretim firmasının sevkıyat sahasından çıkan yarı römorkların, X Lojistik limanında bulunan gemiye yüklenmesinde gecikmeler olabileceği gibi, X Lojistik limanında gemi için yük bekleyen çalışanlar da olmaktadır. Bu nedenlerden ötürü, A Üretim firması ile X Lojistik firması arasında gerçekleşen gemi yükleme sürecinde çalışanlar arasında bir senkronizasyon olmadığı yönünde bir hipotez ortaya atılmıştır.

Hipotez;

H_0 : Liman ve sevkıyat sahasındaki ekipler senkronize çalışmaktadır

H_1 : Liman ve sevkıyat sahasındaki ekipler senkronize çalışmamaktadır

Çizelge 5.18’de ekiplerin senkronizasyonu ile yükleme hızı arasındaki anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.18 Yükleme hızı ile ekiplerin senkronizasyon durumu arasındaki anova testi

One-way ANOVA: Yükleme Hızı versus Senkronizasyon					
Source	DF	SS	MS	F	P
Senkronizasyon	1	64999	64999	4,63	0,034
Error	90	1263919	14044		
Total	91	1328918			

S = 118,5 R-Sq = 4,89% R-Sq(adj) = 3,83%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev	+-----+-----+-----+-----+	
Senkronize	33	297,5	113,4	(-----*-----)	
Senkronize Değil	59	242,1	121,2	(-----*-----)	
				+-----+-----+-----+-----+	
				210 245 280 315	

Pooled StDev = 118,5

Anova testi sonucunda, ekiplerin senkronize çalışmalarının, gemi yükleme hızı üzerinde etkili olduğu ispatlamıştır ($P < 0.05$).

5.4.3.2 İyi planlama yapılamaması

A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen ihracat gemileri gelmeden önce, her gemide olduğu gibi, yüklenmeden önce gemilerin kargo planları yapılmaktadır. Kargo planları yapıldıktan sonra bu plana bağlı olarak A Üretim firması stok sahasından ürünler kargo planına göre lotlar halinde gönderilmelidir. Gemi kargo planına göre lotlar halinde gönderilen ürünlerin gemiye daha hızlı bir şekilde yüklendiği kaçınılmaz bir gerçektir.

Kargo planı ile amaçlanan, gemilerin uğrak noktalarına ve boru ebatlarına göre gemi içerisinde yerleştirilmesidir. Böylelikle ürününü ihracat ülkesine bırakmaya giden gemi daha kısa sürede boşaltılacaktır. X Lojistik limanında yükleme yapılırken kritik olan nokta, lotlar halinde sipariş bazında yükleme yapılırken, gemi ambarının aynı noktasında vinçten yararlanabilmektedir.

Tüm bunların oluşturduğu ortamda, yükleme öncesinde yapılan kargo planına uyum gösterildiğinde yükleme hızının daha yüksek olacağı hipotezi ortaya atılmıştır.

Hipotez ;

H_0 : İyi planlama yapılması yükleme hızını etkilememektedir.

H_1 : İyi planlama yapılması yükleme hızını etkilemektedir.

Çizelge 5.19’de iyi planlama yapılamaması ile yükleme hızı arasındaki anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.19 Yükleme hızı ile iyi planlama yapılması durumu anova testi

One-way ANOVA: Yükleme Hızı versus Planlama					
Source	DF	SS	MS	F	P
Planlama	1	0,004236	0,004236	8,89	0,004
Error	74	0,035270	0,000477		
Total	75	0,039506			

S = 0,02183 R-Sq = 10,72% R-Sq(adj) = 9,52%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
planlama var	25	0,04583	0,01706	(-----*-----)
planlama yok	51	0,06172	0,02378	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
0,0400 0,0480 0,0560 0,0640

Pooled StDev = 0,02183

Anova testi sonucunda, A Üretim ile X Lojistik firmasının yapmış oldukları kargo planına uymalarının, gemi yükleme hızını etkilediği saptanmıştır ($P < 0.05$).

5.4.3.3 Geminin limanda kalış süresi

X Lojistik limanına günlük olarak ortalama 10 gemi yanaşmaktadır. Genel kargo, Ro – Ro ve konteyner gemileri X Lojistik limanına yanaşmaktadır. Limana A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemilerin limanda kalış süreleri ile gemi yükleme süresi arasında bir ilişki olup olmadığını bir hipotez ile ortaya koyarsak;

Hipotez ;

H_0 : Geminin limanda kalış süresi ile yükleme hızı arasında korelasyon vardır.

H_1 : Geminin limanda kalış süresi ile yükleme hızı arasında korelasyon yoktur.

Çizelge 5.20’de geminin limanda kalma süresi ile yükleme hızı arasındaki anova testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.20 Yükleme hızı ile limanda geminin kalış süresi arasındaki korelasyon testi

Correlations: Yükleme Hızı; Kalış Süresi

Pearson correlation of Yükleme Hızı ve Kalış Süresi = 0,118

P-Value = 0,324

Korelasyon testi neticesinde, geminin limanda kalış süresi ile gemi yükleme hızı arasında zayıf bir ilişkinin olduğu görülmektedir.

5.5 Kök Neden Analizi Sonuçları

Bir önceki bölümde, gemi yükleme hızını etkileyen kök nedenler için yapılan istatistiki testler yer almaktadır. Olası kök nedenler neticesinde bazı nedenlerin gerçek kök neden olduğu, bazılarının ise gemi yükleme hızına etki eden bir kök neden olmadığı görülmüştür. Çizelge 5.21 gemi yükleme hızını etkileyen faktörlerin kök neden olup olmadığını özetlemektedir.

Çizelge 5.21 Gemi yükleme hızını etkileyen kök nedenler

Faktörler	Kök Neden	Kök Neden Değil
A Üretim Firmasında Gemi Yükleme Hızını Etkileyen Faktörler		
<i>Gemi Gelişlerinin Homojen Olmaması</i>		x
<i>A Üretim Firmasının Stok Düzeyinin Yüksek Olması</i>		x
<i>Boru Çevrim Faktörü</i>	x	
<i>Sevkiyat Bölgesi</i>	x	
<i>Diğer Faktörler</i>	x	
X Lojistik Firmasında Gemi Yükleme Hızını Etkileyen Faktörler		
<i>Aynı Anda Limanda Olan Genel Kargo Gemi Sayısı</i>		x
<i>Aynı Anda Limanda Olan A Üretim Firmasının Ürünlerini Almaya Gelen Gemi Sayısı</i>	x	
<i>Vinç Tipi</i>	x	
<i>Gemi Tipi</i>	x	
<i>Posta Sayısı</i>	x	
<i>Yükleme Esnasında Elleçlenen Boru Bağ Sayısı</i>	x	
Gemi Yükleme Hızını Etkileyen Ortak Faktörler		
<i>Ekiplerin Senkronizasyonu</i>	x	
<i>İyi Planlama Yapılamaması</i>	x	
<i>Geminin Limanda Kalış Süresi</i>		x

Yukarıda kök neden olarak ispatlanan faktörler için aşağıdaki çözümler üretilmiştir;

Sevkiyat bölgesi ile ilgili olarak üretilebilecek bir çözüm olmadığı kabul edilmiştir. A Üretim firması piyasa koşullarına göre stratejisini belirleyerek satış yapmaktadır. Sevkiyat bölgesi ile ilgili olarak, o bölgeye giden gemi tonajları ile ilgili bir sınırlama getirilerek yükleme hızının etkisi minimize edilebilir.

Diğer faktörler ile ilgili olarak oluşan sıkıntılar ve yapılan çözümler bölüm 5.4.1.5’de detaylı olarak açıklanmıştır.

Yükleme esnasında elleçlenen boru bağ sayısı ile ilgili kök neden için yeni bir aparat

geliştirilmiştir. Gemilerin yüklenmesi esnasında yarı römork üzerindeki ürünler sapan denilen aparat yardımı ile bağlanarak, gemi içerisine vinç yardımı ile yerleştirilmektedir. Şekil 5.5'te tasarlanan aparat görülmektedir. Vincin her bir hareketinde 2 - 3 bağ boru (boru çaplarına bağlı olarak) gemi ambarına taşınmaktadır. Yarı römork üzerine boru çapına bağlı olarak 4 – 11 kat boru konulabilmektedir. Bir vinç harektinde elleçlenen boru bağ sayısını arttırmak için geliştirilen aparat ile vincin bir hareketinde yarı römorkun bir sırasındaki tüm bağlar tek bir seferde gemi ambarına yüklenebilmektedir.



Şekil 5.5 Gemi yükleme için tasarlanan aparat

Geliştirilen aparatla yapılan yüklemeler ile, eski sistem sapan ile yapılan yüklemeler arasında zaman olarak yaklaşık % 35'lik bir kazanç olmaktadır. Aparatlı sistemde boru bağlarının bağlanması süre olarak eski sisteme göre daha uzun sürse de, bir yarı römorkun gemiye yüklenme süresi azalmıştır.

Ekiplerin senkronizasyonu ve iyi planlama yapılamaması kök nedenleri için gemi planlaması ve operasyonun tek elden yönetimine yönelik bir prosedür oluşturulmuştur. Bu prosedür ile amaçlanan, A Üretim firmasının ihracat sürecinin tamamının planlamasının yapılması ve

sürecin kontrolünün tek elden sağlanmasıdır. Ekiplerin ve ekipmanların verimliliği ve senkronizasyonu da planlama ve tek elden yönetim ile arttırılacaktır.

Planlama fazı temelde üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar;

1. Gemi Yükleme Planlaması

A Üretim firması ile X Lojistik firması arasında her gemi gelmeden önce düzenli olarak her hafta yapılacaktır. Bu toplantı ile sevkıyatı netleştirilmiş gemiler için bir ön hazırlık aşaması oluşturulacaktır. Ön hazırlık aşamasının amacı gemi gelmeden önce, gemi gelmiş gibi yüklemesinin simüle edilmesidir. Kısaca kargo planının oluşturulması ve gerekli aksiyonların alınmasıdır. Ön hazırlık aşamasında yapılması gerekenler;

- Ay içerisinde yüklemesi yapılacak gemilerin çeki listelerinin sorumlu tüm kişilere gönderilmesi,
- Gemiye yüklenecek olan boruların A Üretim firması stok sahasındaki yerlerinin U bazında tespit edilmesi,
- Gemiye yüklenecek boruların hasar durumunun tespit edilmesi, hasar durumunda A Üretim firması kalite ve üretim departmanlarına geri gönderilmesi,
- Gemiye yüklenecek boruların üretiminin bitip bitmediği bilgisinin elde edilmesi. Bitiş tarihi konusunda X Lojistik'e bilgi verilmesi,
- Gemilere yüklenecek boruların yükleme öncelik sırasının belirlenmesi,
- Boru çevrim faktörüne göre ortalama yarı römork tonajının belirlenmesi ve yüklenecek toplam yarı römork sayısının belirlenmesi,
- Lokasyonlara göre yükleme kombinasyonlarının yarı römork bazında yapılması,
- Gemiye yüklenecek boruların sırasının A Üretim firmasına bildirilmesi.

2. Revize Kargo Plan

X Lojistik limanına ulaşan her bir gemi için, gemi yükleme toplantısında belirlenen şartlardaki değişikliklerin revize edilmesi, gemi kargo planının son haline getirmesi, ekip ve ekipman planlamasının yapılması ve operasyon sürecinde meydana gelen sorunları ortadan kaldıracak önlemlerin alınması amacıyla düzenlenir. Bu aşamada elde edilmesi gerekenler;

- Geminin bağlantı koşulları ile gemi fiziki şartlarının, elde edilmesi ve X Lojistik ve A

Üretim firması ilgili birimlerine bildirilmesi,

- Gemi yükleme önceliklerindeki değişikliklerin revize edilmesi,
- Günlük yarı römork döngülerinin çizelgelenmesi,
- Karşılıklı olarak ekipman (yarı römork, çekici, vinç) planlamasının yapılması,
- Karşılıklı olarak ekip planlamasının yapılması – kurulacak standart ekiplerin deklare edilmesi.

3. Günlük Kontrol

Kargo plan toplantısında belirlenen hedeflere göre yüklemenin gerçekleşip gerçekleşmediğini ve operasyonlardaki dar boğazların ortaya konularak gerekli önlemlerin alınmasını kapsamaktadır. Operasyonel hedeflerde meydana gelen sapmaların nedenlerinin konuşulması ve nihai yükleme hızı hedefine ulaşmak için gerekirse yükleme planının revize edilmesi bu aşamada yapılır. Günlük kontrol toplantılarında aşağıdaki konular görüşülecektir;

- Gönderim sırasına göre vardiyada gerçekleşen yükleme tonajı,
- Vardiya bazında yükleme çizelgesine uyum,
- Bekleme nedenleri ve sürelerinin her iki firma tarafından takibi,
- A Üretim firmasının boru üretimin tamamlanma durumu ile ilgili olarak X Lojistik'i bilgilendirmesi.

Yukarıda belirlenen süreç ile hedeflenen, yükleme / boşaltma operasyonunun kontrol altına alınması ve 900 ton/ambar/gün hedefine ulaşmaktır. Gemi yükleme hızının arttırılması ile hem A Üretim firması, hem de X Lojistik firması kazan kazan ilişkisi içerisinde iş ortaklığını sürdürmeye devam edecektir.

Operasyonel olarak yapılabilirliklerin her iki firma tarafından ortak bir model üzerinde izlenmesinin kazan kazan ilişkisinde şeffaflık oluşturacağı kesindir. Şeffaflık ilişkisinin yanı sıra, gemi kiralama navlunlarındaki pazarlık, geminin taahüt edilen zamanda yüklenememesinden kaynaklanan demurajların tutarının azaltılması ve X Lojistik limanında gemilerin hızlı yüklenmesinden elde edilecek ek satış gelirlerinin tanımlanması amacıyla bir matematiksel model kurulmasının uygun olacağı kararlaştırılmıştır.

Modelde yer alan değişkenler yardımı ile rahatlıkla bir geminin yükleme ve boşaltma süresi

tahmin edilebilmekte, hangi faktörler bir araya geldiğinde 900 ton/ambar/gün hedefine ulaşılabileceği de görülebilmektedir.

Aynı anda limanda olan A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemi sayısı, gemi tipi, vinç tipi, posta sayısı ve boru çevrim faktörü temelde birbirini tetikleyen faktörlerdir. Bu faktörlerinin optimize edilmesi amacıyla bir model kurulmuştur. Bu modelin amacı aşağıda sayılan 5 durumun alt faktörlerinin, gemi yükleme hızına olan etkisini görmek ve ona göre karar vermektir. Çizelge 5.22’de gemi yükleme hızını etkileyen, ancak tam olarak kontrol edilemeyen faktörler yer almaktadır.

Çizelge 5.22 Değişkenler ve değişken tipleri

Değişken Adı	Değişken Tipleri
Gemi Sayısı*	1 gemi, 2 gemi
Gemi Tipi	Box, SID, SID/River
Vinç Tipi	Gemi Vinci, Sahil Vinci
Posta Sayısı	1 posta, 2 posta
Boru Çevrim Faktörü	0.0 – 1.5, 1.6 – 2.0, 2.1 – 3.0, >3.1

* Aynı anda limanda olan A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemi sayısı

5.6 Problemin Modellenmesi

2003 – 2005 yılları arasında X Lojistik limanına gelen A Üretim firması ihracat gemilerinden seçilen örneklem gruba bağlı olarak değişkenlerin alacağı değerler belirlenmiştir. Değerleri belirlemek amacıyla, Bölüm 4.4 ve 4.5’de tanımlanan metodolojiler ile aşağıdaki adımlar eşliğinde problem modellenmiştir.

1. Verilerin düzenlenmesi ve bulanık sayıya dönüştürülmesi
2. Bulanık sayıların ve bulanık kümelerin model üzerine yerleştirilmesi
3. Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli
4. Bulanık en kısa yol modeli
5. Bulanık dinamik programlama modeli

6. Model sonuçlarının karşılaştırılması

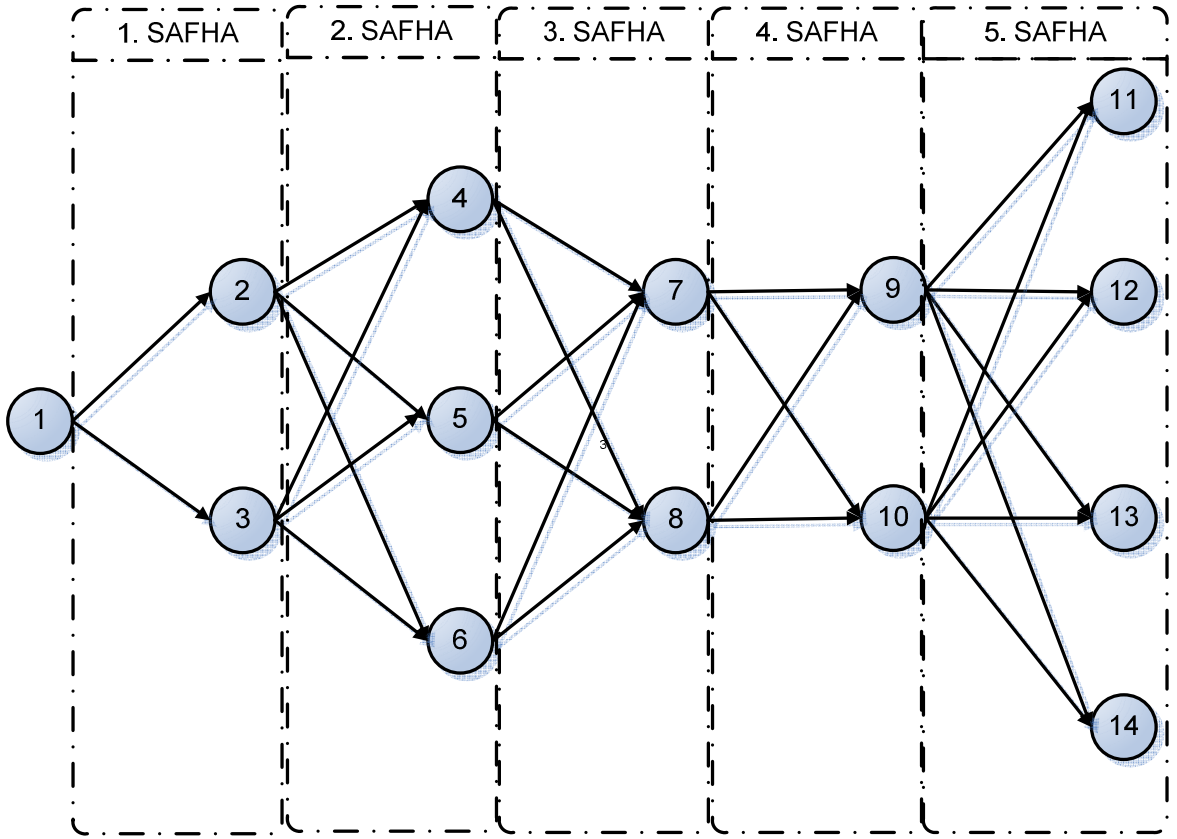
Yukarıda belirtilen metodoloji aşamalarında sayıların bulanık sayı olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Bulanık sayıların kullanılmasının nedeni değişkenlerin aynı durumlarda hep aynı sonucu vermemesi ve ortalamalardan meydana gelebilecek yanlış kararların önüne geçilmesi ve karar vermek için gerekli sayıda verinin olmamasıdır. Bulanık sayıların kullanılması ile sonuçlar belirli aralıklarda oluşmaktadır. Dolayısıyla model yardımı ile sonuçların hangi aralıklarda gerçekleşebileceği görülmektedir.

Model kurulmasının amacı, A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemiler için, X Lojistik limanında hangi durumlarda hangi sonuçların alınabileceğini bilmek, ekip ve ekipman planlamasını ve koordine etmek, 900 ton/ambar/gün hedefine ulaşmak için hangi alt değişkenleri bir araya getirmek gerektiğini belirlemek ve aksiyon planlarını oluşturmaktır. Eğer gemi 900 ton/ambar/gün hedefine ulaşamayacak ise, uygun anlaşmaları gemi armatörleri ile yaparak demuraj ödemesini sıfırlamak, armatörler ile doğru gemi kiralama anlaşmalarını yapmak da modellemenin diğer amacıdır. Model kurulması ile X Lojistik limanına gelen gemilerin en kısa zamanda yüklenmesi için hangi kombinasyonların bir araya gelmesi gerektiği, gemi gelmeden önce planlanıyor olacaktır.

5.6.1 Verilerin Düzenlenmesi

Modelin kurulması için seçilen örneklem gemileri, 2003, 2004 ve 2005 yılının Ocak ayları arasında X Lojistik limanına, A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen tüm gemilerdir. Modelde kullanılacak değişkenler Çizelge 5.22’de gösterilmiştir.

Model 5 safhadan oluşmaktadır. (başlangıç safhası hariç). Her bir safha farklı bir değişkeni temsil etmektedir. Birinci safha aynı anda limanda olan A Üretim firmasının ürünlerini almaya gelen gemi sayısı, ikinci safha gemi tipi, üçüncü safha vinç tipi, dördüncü safha posta sayısı ve beşinci safha boru çevrim faktörüdür. Her bir safhanın kendi içerisindeki alt değişkenleri, modelimizin düğüm noktalarını temsil etmektedir. Şekil 5.6’da safhalar ve düğüm noktaları görülmektedir. Her bir düğüm noktası temelde gemi yükleme hızına farklı etkilerde bulunmaktadır.



Şekil 5.6 Düğüm nokta diyagramı

5 safhadan oluşan problemimizden 14 düğüm noktası yer almaktadır. Herbir düğüm noktası ve karşılık geldiği değişken aşağıda belirtilmiştir.

Düğüm Noktası 1 Başlangıç durumu

Düğüm Noktası 2 Limanda bulunan gemi sayısı _ 1 gemi

Düğüm Noktası 3 Limanda bulunan gemi sayısı _ 2 gemi

Düğüm Noktası 4 Gemi tipi _ Box

Düğüm Noktası 5 Gemi tipi _ SID

Düğüm Noktası 6 Gemi tipi _ SID / River

Düğüm Noktası 7 Vinç tipi _ Gemi vinci

Düğüm Noktası 8 Vinç tipi _ Sahil vinci

Düğüm Noktası 9 Posta sayısı _ 1 posta

Düğüm Noktası 10 Posta sayısı _ 2 posta

Düğüm Noktası 11 Boru çevrim faktörü _ 0.0 – 1.5

Düğüm Noktası 12 Boru çevrim faktörü _ 1.6 – 2.0

Düğüm Noktası 13 Boru çevrim faktörü _ 2.1 – 3.0

Düğüm Noktası 14 Boru çevrim faktörü _ > 3.1

72 adet geminin yukarıda sayılan, detaylandırılan faktörlere göre frekansı, en olası değeri, en küçük olası değeri ve en büyük olası değerleri Çizelge 5.23’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.23 Gemi yükleme hızını etkileyen faktör ile ilgili istatistiki veriler

FAKTÖRLER	DÜĞÜM NOKTASI	FREKANS	%	En Küçük (a)	En Olası (b)	En Büyük (c)
Başlangıç Durumu	1	72	100%	30	45	70
Limandaki Gemi Sayısı						
1 Gemi	2	39	54%	30	43	66
2 Gemi	3	33	46%	40	48	70
Gemi Tipi						
BOX	4	22	31%	30	40	61
SID	5	19	26%	42	52	66
SID/RIVER	6	31	43%	34	46	70
Vinç Tipi						
Gemi Vinci	7	48	67%	30	43	70
Sahil Vinci	8	24	33%	33	51	62
Posta Sayısı						
1 Posta	9	59	82%	31	47	70
2 Posta	10	13	18%	30	40	60
Boru Çevrim Faktörü						
0,0 - 1,5	11	42	58%	39	48	70
1,6 - 2,0	12	8	11%	34	42	51
2,1 - 3,0	13	16	22%	30	44	61
> 3.1	14	6	8%	34	36	45

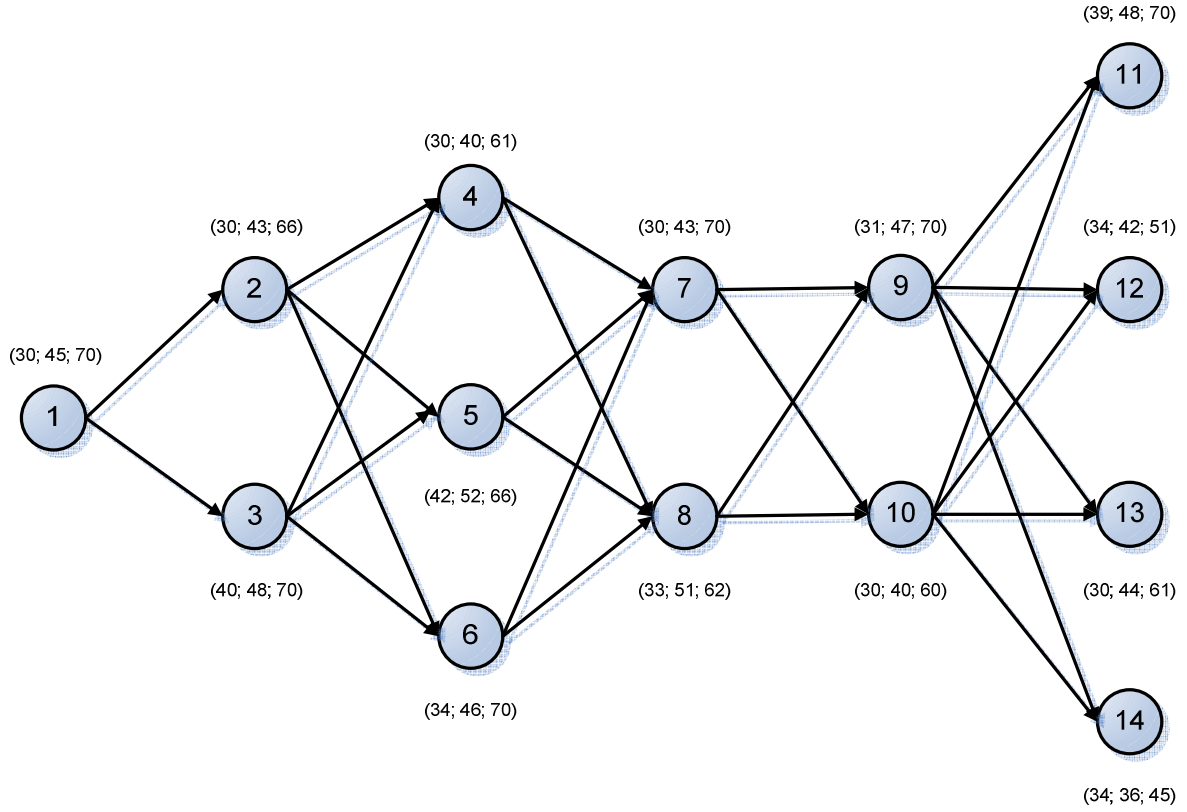
5.6.2 Bulanık Sayıların Model Üzerine Yerleştirilmesi

Yukarıda verilen düğüm noktası değerlerine göre problemimiz çözümlenecektir. Yukarıda belirtilen bulanık sayıları Şekil 5.6’de gösterilen düğüm noktası diyagramına yerleştirdiğimizde, modelin ana yapısı oluşturulmuş olacaktır. Bulanık kümelerin düğüm noktaları üzerindeki değerleri Şekil 5.7’de gösterilmiştir.

Bölüm 4.4’te bulanık sayılar ve bulanık sayıların derecelendirilmesi yöntemleri açıklanmıştır. Tanımlanan metodolojiye göre 4 farklı derecelendirme yöntemi ile problemimiz çözülecektir. Problem çözümünde kullanılan dereceleme yöntemlerinden OERI için, iyimser yaklaşıma göre derecelendirme yapılmıştır. Bunun sebebi genelde üçgensel bulanık sayıların sol

tarafının daha ağır basması ve zamana karşı bir operasyon gerçekleştiği için güvenli risk alma gereğidir.

Bulanık küme değerleri ile işlemler Bölüm 4.4’de açıklanan bilgiler doğrultusunda yapılmıştır.



Şekil 5.7 Bulanık düğüm nokta diyagramı

İlerleyen bölümlerde bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli, bulanık en kısa yol ve bulanık dinamik programlama yöntemleri ile problemimiz modellenecektir.

5.6.3 Bulanık En Kısa Mesafeli Ağaç Modeli

Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeline göre bölüm 4.5.1’de belirtildiği gibi problemi çözmek için 4.28 numaralı formül kullanılmıştır. Belirtilen algoritmaya göre safha safha problem çözülecektir.

Problemin birinci safhasında 1 numaralı düğüm noktasından, limanda bulunan gemi sayısı ile ilgili 2 ve 3 numaralı düğüm noktalarına ilerlenildiğinde, elde edilen değerler şu şekildedir.

$$G_1 = \min \{ \text{CORN} (F_1(2); F_1(3)) \}$$

$$G_1 = \min \{ (-40;-2;36) ; (-30;3;40) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM (F_1 (2)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + -2 + 36) / 3 = -2$$

$$RM (F_1 (3)) = (a + b + c) / 3 = (-30 + 3 + 40) / 3 = 4.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_1 (2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * -2 + 36) / 4 = -2$$

$$RM (F_1 (3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-30 + 2 * 3 + 40) / 4 = 4$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM (F_1 (2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 4 * -2 + 36) / 6 = -2$$

$$RM (F_1 (3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-30 + 4 * 3 + 40) / 6 = 3.67$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI (F_1 (2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (38 - 40w) + (\frac{1}{2} w) * (34 - 36w)] dw = 53 / 3$$

$$OERI (F_2 (3)) = \int [(1 - \frac{1}{2} w) * (33 - 30w) + (\frac{1}{2} w) * (43 - 40w)] dw = 113 / 6$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 1 inci düğüm noktasından, 2 inci ve 3 üncü düğüm noktalarında ilerlendiği zaman, 2 inci düğüm noktasından gelen değerin en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_1 , (1,2) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

İkinci safhada 2 ve 3 numaralı düğüm noktalarından, gemi tipi ile ilgili 4, 5 ve 6 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde oluşan değerler şu şekildedir.

$$G_2 = \min \{ CORN (F_2(4); F_2 (5); F_2 (6); F_3 (4); F_3 (5); F_3 (6) \}$$

$$G_2 = \min \{ (-36;-3;31) ; (-24;9;36) ; (-32;3;40) ; (-40;-8;21) ; (-28;4;26) ; (-36;-2;30) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(4)) = (a + b + c) / 3 = (-36 + -3 + 31) / 3 = -2.67$$

$$RM(F_2(5)) = (a + b + c) / 3 = (-24 + 9 + 36) / 3 = 7$$

$$RM(F_2(6)) = (a + b + c) / 3 = (-32 + 3 + 40) / 3 = 3.67$$

$$RM(F_3(4)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + -8 + 21) / 3 = -9$$

$$RM(F_3(5)) = (a + b + c) / 3 = (-28 + 4 + 26) / 3 = 0.67$$

$$RM(F_3(6)) = (a + b + c) / 3 = (-36 + -2 + 30) / 3 = -2.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-36 + 2 * -3 + 31) / 4 = -2.75$$

$$RM(F_2(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-24 + 2 * 9 + 36) / 4 = 7.50$$

$$RM(F_2(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-32 + 2 * 3 + 40) / 4 = 3.50$$

$$RM(F_3(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * -8 + 21) / 4 = -8.75$$

$$RM(F_3(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-28 + 2 * 4 + 26) / 4 = 1.50$$

$$RM(F_3(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-36 + 2 * -2 + 30) / 4 = -2.50$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-36 + 4 * -3 + 31) / 6 = -2.83$$

$$RM(F_2(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-24 + 4 * 9 + 36) / 6 = 8$$

$$RM(F_2(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-32 + 4 * 3 + 40) / 6 = 3.33$$

$$RM(F_3(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 4 * -8 + 21) / 6 = -8.50$$

$$RM(F_3(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-28 + 4 * 4 + 26) / 6 = 2.33$$

$$RM(F_3(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-36 + 4 * -2 + 30) / 6 = -2.33$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$\text{OERI}(F_2(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (33 - 36w) + (\frac{1}{2}w) * (28 - 31w)] dw = 175 / 12$$

$$\text{OERI}(F_2(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (33 - 24w) + (\frac{1}{2}w) * (45 - 36w)] dw = 22$$

$$\text{OERI}(F_2(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (35 - 32w) + (\frac{1}{2}w) * (43 - 40w)] dw = 59 / 3$$

$$\text{OERI}(F_3(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (32 - 40w) + (\frac{1}{2}w) * (13 - 21w)] dw = 125 / 12$$

$$\text{OERI}(F_3(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (32 - 28w) + (\frac{1}{2}w) * (30 - 26w)] dw = 107 / 6$$

$$\text{OERI}(F_3(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (34 - 36w) + (\frac{1}{2}w) * (28 - 30w)] dw = 31 / 2$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 2 ve 3 üncü düğüm noktalarından, 4, 5 ve 6 ncı düğüm noktalarına ilerlenildiği zaman, 4 üncü düğüm noktasından gelen değerin en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_2 , (2,4) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

Üçüncü safhada 4, 5 ve 6 numaralı düğüm noktalarından, gemi vinci ile ilgili 7 ve 8 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde oluşan değerler şu şekildedir.

$$G_3 = \min \{ \text{CORN}(F_4(7); F_4(8); F_5(7); F_5(8); F_6(7); F_6(8)) \}$$

$$G_3 = \min \{ (-31;3;40) ; (-28;11;32) ; (-36;-9;28) ; (-33;-1;20) ; (-40;-3;36) ; (-37;5;28) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$\text{RM}(F_4(7)) = (a + b + c) / 3 = (-31 + 3 + 40) / 3 = 4$$

$$\text{RM}(F_4(8)) = (a + b + c) / 3 = (-28 + 11 + 32) / 3 = 5$$

$$\text{RM}(F_5(7)) = (a + b + c) / 3 = (-36 + -9 + 28) / 3 = -5.67$$

$$RM(F_5(8)) = (a + b + c) / 3 = (-33 + -1 + 20) / 3 = -4.67$$

$$RM(F_6(7)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + -3 + 36) / 3 = -2.33$$

$$RM(F_6(8)) = (a + b + c) / 3 = (-37 + 5 + 28) / 3 = -1.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-31 + 2 * 3 + 40) / 4 = 3.75$$

$$RM(F_4(8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-28 + 2 * 11 + 32) / 4 = 6.50$$

$$RM(F_5(7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-36 + 2 * -9 + 28) / 4 = -6.50$$

$$RM(F_5(8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-33 + 2 * -1 + 20) / 4 = -3.75$$

$$RM(F_6(7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * -3 + 36) / 4 = -2.50$$

$$RM(F_6(8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-37 + 2 * 5 + 28) / 4 = 0.25$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-31 + 4 * 3 + 40) / 6 = 3.50$$

$$RM(F_4(8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-28 + 4 * 11 + 32) / 6 = 8$$

$$RM(F_5(7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-36 + 4 * -9 + 28) / 6 = -7.33$$

$$RM(F_5(8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-33 + 4 * -1 + 20) / 6 = -2.83$$

$$RM(F_6(7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 4 * -3 + 36) / 6 = -2.67$$

$$RM(F_6(8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-37 + 4 * 5 + 28) / 6 = 1.83$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_4(7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (34 - 31w) + (\frac{1}{2}w) * (43 - 40w)] dw = 77 / 4$$

$$OERI(F_4(8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (39 - 28w) + (\frac{1}{2}w) * (43 - 32w)] dw = 76 / 3$$

$$OERI(F_5(7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (27 - 36w) + (\frac{1}{2}w) * (19 - 28w)] dw = 25 / 3$$

$$OERI(F_6(8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (32 - 33w) + (\frac{1}{2}w) * (19 - 20w)] dw = 173 / 12$$

$$OERI(F_6(7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (37 - 40w) + (\frac{1}{2}w) * (33 - 36w)] dw = 50 / 3$$

$$OERI(F_6(8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (42 - 37w) + (\frac{1}{2}w) * (33 - 28w)] dw = 91 / 4$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 4, 5 ve 6 ıncı düğüm noktalarından, 7 ve 8 inci düğüm noktalarına ilerlenildiği zaman, 7 inci düğüm noktasından gelen değerin en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_3 , (4,7) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

Dördüncü safhada 7 ve 8 numaralı düğüm noktalarından, posta sayısı ile ilgili 9 ve 10 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde oluşan değerler şu şekildedir.

$$G_4 = \min \{ \text{CORN}(F_7(9); F_7(10); F_8(9); F_8(10)) \}$$

$$G_4 = \min \{ (-39;4;40) ; (-40;-3;30) ; (-31;-4;37) ; (-32;-11;27) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla, derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(9)) = (a + b + c) / 3 = (-39 + 4 + 40) / 3 = 1.67$$

$$RM(F_7(10)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + -3 + 30) / 3 = -4.33$$

$$RM(F_8(9)) = (a + b + c) / 3 = (-31 + -4 + 37) / 3 = 0.67$$

$$RM(F_8(10)) = (a + b + c) / 3 = (-32 + -11 + 27) / 3 = -5.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-39 + 2 * 4 + 40) / 4 = 2.25$$

$$RM(F_7(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * -3 + 30) / 4 = -4$$

$$RM(F_8(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-31 + 2 * -4 + 37) / 4 = 0.50$$

$$RM (F_8 (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-32 + 2 * -11 + 27) / 4 = - 6.75$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM (F_7 (9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-39 + 4 * 4 + 40) / 6 = 2.83$$

$$RM (F_7 (10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 4 * -3 + 30) / 6 = - 3.67$$

$$RM (F_8 (9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-31 + 4 * -4 + 37) / 6 = - 1.67$$

$$RM (F_8 (10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-32 + 4 * -11 + 27) / 6 = - 8.17$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI (F_7 (9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (43 - 39w) + (\frac{1}{2} w) * (44 - 40w)] dw = 283 / 12$$

$$OERI (F_7 (10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (37 - 40w) + (\frac{1}{2} w) * (27 - 30w)] dw = 97 / 6$$

$$OERI (F_8 (9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (27 - 31w) + (\frac{1}{2} w) * (33 - 37w)] dw = 12$$

$$OERI (F_8 (10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (21 - 32w) + (\frac{1}{2} w) * (16 - 27w)] dw = 55 / 12$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 7 ve 8 inci düğüm noktalarından, 9 ve 10 uncu düğüm noktalarına ilerlenildiği zaman, 10 uncu düğüm noktasından gelen değer en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_4 , (7,10) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

Beşinci safhada 9 ve 10 numaralı düğüm noktalarından, boru çevrim faktörü ile ilgili 11, 12, 13 ve 14 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde oluşan değerler şu şekildedir.

$$G_5 = \min \{ CORN (F_9(11); F_9 (12); F_9 (13); F_9 (14); (F_{10}(11); F_{10} (12); F_{10} (13); F_{10} (14) \}$$

$$G_5 = \min \{ (-31;1;39) ; (-36;-5;20) ; (-40;-3;30) ; (-36;-11;14) ; (-21;8;40) ; (-26;2;21) ; (-30;4;31) ; (-26;-4;15) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_9(11)) = (a + b + c) / 3 = (-31 + 1 + 39) / 3 = 3$$

$$RM(F_9(12)) = (a + b + c) / 3 = (-36 + -5 + 20) / 3 = -7$$

$$RM(F_9(13)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + -3 + 30) / 3 = -4.33$$

$$RM(F_9(14)) = (a + b + c) / 3 = (-36 + -11 + 14) / 3 = -11$$

$$RM(F_{10}(11)) = (a + b + c) / 3 = (-21 + 8 + 40) / 3 = 9$$

$$RM(F_{10}(12)) = (a + b + c) / 3 = (-26 + 2 + 21) / 3 = -1$$

$$RM(F_{10}(13)) = (a + b + c) / 3 = (-30 + 4 + 31) / 3 = 1.67$$

$$RM(F_{10}(14)) = (a + b + c) / 3 = (-26 + -4 + 15) / 3 = -5$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_9(11)) = (a + 2b + c) / 4 = (-31 + 2 * 1 + 39) / 4 = 2.50$$

$$RM(F_9(12)) = (a + 2b + c) / 4 = (-36 + 2 * -5 + 20) / 4 = -6.50$$

$$RM(F_9(13)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * -3 + 30) / 4 = -4$$

$$RM(F_9(14)) = (a + 2b + c) / 4 = (-36 + 2 * -11 + 14) / 4 = -11$$

$$RM(F_{10}(11)) = (a + 2b + c) / 4 = (-21 + 2 * 8 + 40) / 4 = 8.75$$

$$RM(F_{10}(12)) = (a + 2b + c) / 4 = (-26 + 2 * 2 + 21) / 4 = -0.25$$

$$RM(F_{10}(13)) = (a + 2b + c) / 4 = (-30 + 2 * 4 + 31) / 4 = 2.25$$

$$RM(F_{10}(14)) = (a + 2b + c) / 4 = (-26 + 2 * -4 + 15) / 4 = -4.75$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_9(11)) = (a + 4b + c) / 6 = (-31 + 4 * 1 + 39) / 6 = 2$$

$$RM(F_9(12)) = (a + 4b + c) / 6 = (-36 + 4 * -5 + 20) / 6 = -6$$

$$RM(F_9(13)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 4 * -3 + 30) / 6 = -3.67$$

$$RM(F_9(14)) = (a + 4b + c) / 6 = (-36 + 4 * -11 + 14) / 6 = -11$$

$$RM(F_{10}(11)) = (a + 4b + c) / 6 = (-21 + 4 * 8 + 40) / 6 = 8.50$$

$$RM (F_{10} (12)) = (a + 4b + c) / 6 = (-26 + 4 * 2 + 21) / 6 = 0.50$$

$$RM (F_{10} (13)) = (a + 4b + c) / 6 = (-30 + 4 * 4 + 31) / 6 = 2.83$$

$$RM (F_{10} (14)) = (a + 4b + c) / 6 = (-26 + 4 * -4 + 15) / 6 = - 4.50$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI (F_9 (11)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (32 - 31w) + (\frac{1}{2} w) * (40 - 39w)] dw = 103 / 6$$

$$OERI (F_9 (12)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (31 - 36w) + (\frac{1}{2} w) * (15 - 20w)] dw = 35 / 3$$

$$OERI (F_9 (13)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (37 - 40w) + (\frac{1}{2} w) * (27 - 30w)] dw = 97 / 6$$

$$OERI (F_9 (14)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (25 - 36w) + (\frac{1}{2} w) * (3 - 14w)] dw = 31 / 6$$

$$OERI (F_{10} (11)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (29 - 21w) + (\frac{1}{2} w) * (48 - 40w)] dw = 241 / 12$$

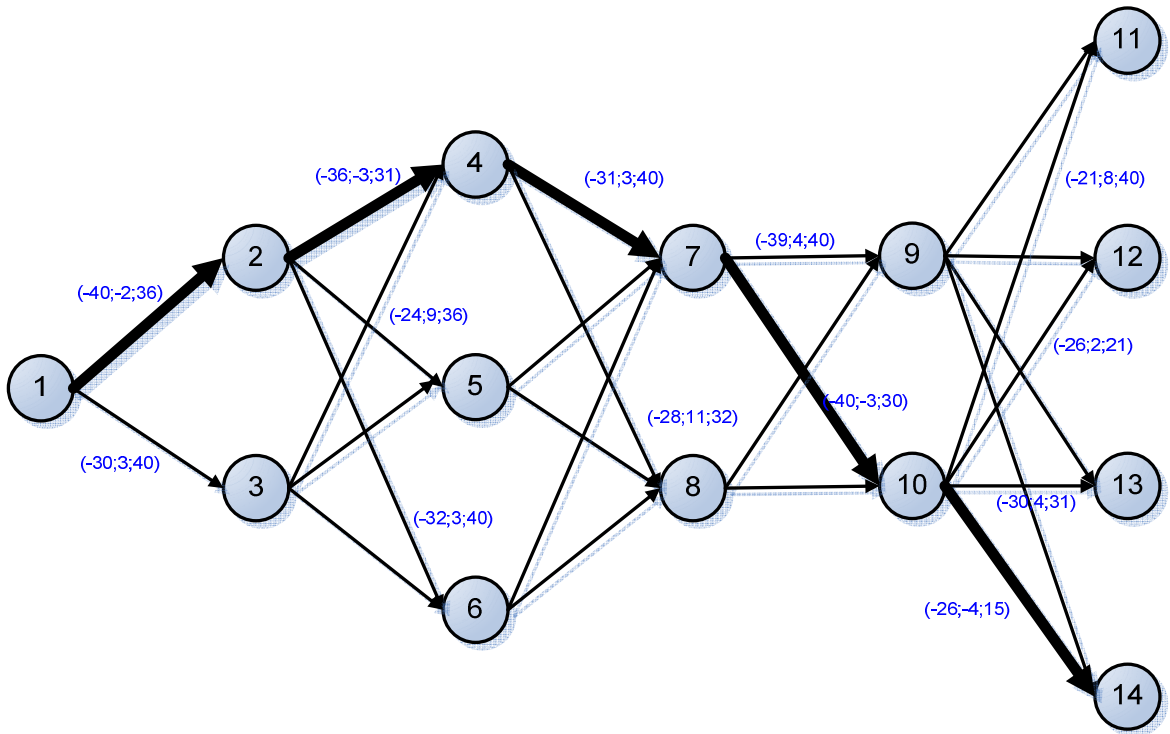
$$OERI (F_{10} (12)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (28 - 26w) + (\frac{1}{2} w) * (23 - 21w)] dw = 175 / 12$$

$$OERI (F_{10} (13)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (34 - 30w) + (\frac{1}{2} w) * (35 - 31w)] dw = 229 / 12$$

$$OERI (F_{10} (14)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (22 - 26w) + (\frac{1}{2} w) * (11 - 15w)] dw = 97 / 12$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 9 ve 10 uncu düğüm noktalarından, 11, 12, 13 ve 14 üncü düğüm noktalarına ilerlenildiği zaman, 14 üncü düğüm noktasından gelen değer en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_5 , (10,14) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeline metodolojisine göre problemi çözdüğümüzde ulaştığımız en kısa yol, 1 – 2 – 4 – 7 – 10 – 14'tür. Şekil 5.8'de bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli akışı ve kritik yol gösterilmektedir.



Şekil 5.8 Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli kritik yolu

Yükleme / boşaltma operasyonu için en uygun kombinasyonun aynı anda limanda bir gemi, box tipi gemi, gemi vinci kullanımı, 2 posta kurulumlu ve boru çevrim faktörü 3.1'den büyük olan ürünler olacaktır. Bu kombinasyon içerisinde kritik sürenin bulanık olarak (30, 36, 45) arasında gerçekleşmesi beklenmektedir.

5.6.4 Bulanık En Kısa Yol Modeli

Gemi yükleme hızlarının kontrol altında tutulması için kurduğumuz bulanık en kısa yol modeli Bölüm 4.5.2'deki metodolojiye göre kurulmuştur.

Bölüm 4.5.2'de belirtilen 4.40 ve 4.41 numaralı formüllere göre gemi yükleme hızını kontrol altında tutmak amacıyla kurduğumuz bulanık en kısa yol modeli aşağıdaki gibi, iterasyonlar ile çözümlenmiştir. Chang ve Lee (1999)'nin belirttiği gibi bulanık en kısa yol değişkenleri şu şekildedir.

İlk fazda başlangıç düğüm noktasından 2 ve 3 numaralı gemi sayısı ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_2(1) = R_1 + E_{21} = (30;45;70) + (-40;-2;36) = (-10; 43;106)$$

$$F_3(1) = R_1 + E_{31} = (30;45;70) + (-30;3;40) = (0;48;110)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(1)) = (a + b + c) / 3 = (-10 + 43 + 106) / 3 = 46.33$$

$$RM(F_3(1)) = (a + b + c) / 3 = (0 + 48 + 110) / 3 = 52.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(1)) = (a + 2b + c) / 4 = (-10 + 2 * 43 + 106) / 4 = 45.50$$

$$RM(F_3(1)) = (a + 2b + c) / 4 = (0 + 2 * 48 + 110) / 4 = 51.50$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(1)) = (a + 4b + c) / 6 = (-10 + 4 * 43 + 106) / 6 = 44.67$$

$$RM(F_3(1)) = (a + 4b + c) / 6 = (0 + 4 * 48 + 110) / 6 = 50.33$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_2(1)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (53 - 10w) + (\frac{1}{2}w) * (149 - 106w)] dw = 56$$

$$OERI(F_3(1)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (48 + 0w) + (\frac{1}{2}w) * (158 - 110w)] dw = 343/6$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 1 inci düğüm noktasından, 2 inci ve 3 üncü düğüm noktalarında ilerlendiği zaman, 1 inci düğüm noktasından gelen değer kabul edilecektir.

İkinci fazda, 2 ve 3 numaralı düğüm noktalarından, gemi tipi ile ilgili 4, 5 ve 6 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde düğüm noktalarında oluşan değerler şu şekildedir.

$$F_4(2) = R_2 + E_{42} = (-10; 43;106) + (-36;-3;31) = (-46;40;137)$$

$$F_4(3) = R_3 + E_{43} = (0;48;110) + (-40;-8;21) = (-40;40;131)$$

$$F_5(2) = R_2 + E_{52} = (-10; 43;106) + (-24;9;36) = (-34;52;142)$$

$$F_5(3) = R_3 + E_{53} = (0;48;110) + (-28;4;26) = (-28;52;136)$$

$$F_6(2) = R_2 + E_{62} = (-10; 43;106) + (-32;3;40) = (-42;46;146)$$

$$F_6(3) = R_3 + E_{63} = (0;48;110) + (-36;-2;30) = (-36;46;140)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla, derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + b + c) / 3 = (-46 + 40 + 137) / 3 = 43.67$$

$$RM(F_4(3)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + 40 + 131) / 3 = 43.67$$

$$RM(F_5(2)) = (a + b + c) / 3 = (-34 + 52 + 142) / 3 = 53.33$$

$$RM(F_5(3)) = (a + b + c) / 3 = (-28 + 52 + 136) / 3 = 53.33$$

$$RM(F_6(2)) = (a + b + c) / 3 = (-42 + 46 + 146) / 3 = 50$$

$$RM(F_6(3)) = (a + b + c) / 3 = (-36 + 46 + 140) / 3 = 50$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-46 + 2 * 40 + 137) / 4 = 42.75$$

$$RM(F_4(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * 40 + 131) / 4 = 42.75$$

$$RM(F_5(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-34 + 2 * 52 + 142) / 4 = 53$$

$$RM(F_5(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-28 + 2 * 52 + 136) / 4 = 53$$

$$RM(F_6(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-42 + 2 * 46 + 146) / 4 = 49$$

$$RM(F_6(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-36 + 2 * 46 + 140) / 4 = 49$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-46 + 2 * 40 + 137) / 6 = 41.83$$

$$RM(F_4(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 2 * 40 + 131) / 6 = 41.83$$

$$RM(F_5(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-34 + 2 * 52 + 142) / 6 = 52.67$$

$$RM(F_5(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-28 + 2 * 52 + 136) / 6 = 52.67$$

$$RM(F_6(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-42 + 2 * 46 + 146) / 6 = 48$$

$$RM(F_6(3)) = (a + 4b + c) / 6 = ((-36 + 2 * 46 + 140) / 6 = 48$$

OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_4(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (86 - 46w) + (\frac{1}{2}w) * (177 - 137w)] dw = 847 / 12$$

$$OERI(F_4(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (80 - 40w) + (\frac{1}{2}w) * (171 - 131w)] dw = 811 / 12$$

$$OERI(F_5(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (86 - 34w) + (\frac{1}{2}w) * (194 - 142w)] dw = 78$$

$$OERI(F_5(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (80 - 28w) + (\frac{1}{2}w) * (188 - 136w)] dw = 75$$

$$OERI(F_6(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (88 - 42w) + (\frac{1}{2}w) * (192 - 146w)] dw = 227 / 3$$

$$OERI(F_6(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (82 - 36w) + (\frac{1}{2}w) * (186 - 140w)] dw = 218 / 3$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 4 üncü düğüm noktasında 3 üncü düğüm noktasından gelen değer, 5 inci düğüm noktasında 3 üncü düğüm noktasından gelen değer ve 6 ncı düğüm noktasında da 3 inci düğüm noktasından gelen değer kabul edilecektir.

Üçüncü fazda 4, 5, ve 6 numaralı düğüm noktalarından, vinç tipi ile ilgili 7 ve 8 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde düğüm noktalarında oluşan değerler şu şekilde olacaktır.

$$F_7(4) = R_4 + E_{74} = (-40;40;131) + (-31;3;40) = (-71;43;171)$$

$$F_7(5) = R_5 + E_{75} = (-28;52;136) + (-36;-9;28) = (-64;43;164)$$

$$F_7(6) = R_6 + E_{76} = (-36;46;140) + (-40;-3;36) = (-76;43;176)$$

$$F_8(4) = R_4 + E_{84} = (-40;40;131) + (-28;11;32) = (-68;51;163)$$

$$F_8(5) = R_5 + E_{85} = (-28;52;136) + (-33;-1;20) = (-61;51;156)$$

$$F_8(6) = R_6 + E_{86} = (-36;46;140) + (-37;5;28) = (-73;51;168)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + b + c) / 3 = (-71 + 43 + 171) / 3 = 47.67$$

$$RM(F_7(5)) = (a + b + c) / 3 = (-64 + 43 + 164) / 3 = 47.67$$

$$RM(F_7(6)) = (a + b + c) / 3 = (-76 + 43 + 176) / 3 = 47.67$$

$$RM(F_8(4)) = (a + b + c) / 3 = (-68 + 51 + 163) / 3 = 48.67$$

$$RM(F_8(5)) = (a + b + c) / 3 = (-61 + 51 + 156) / 3 = 48.67$$

$$RM(F_8(6)) = (a + b + c) / 3 = (-73 + 51 + 168) / 3 = 48.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-71 + 2 * 43 + 171) / 4 = 46.50$$

$$RM(F_7(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-64 + 2 * 43 + 164) / 4 = 46.50$$

$$RM(F_7(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-76 + 2 * 43 + 176) / 4 = 46.50$$

$$RM(F_8(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-68 + 2 * 51 + 163) / 4 = 49.25$$

$$RM(F_8(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-61 + 2 * 51 + 156) / 4 = 49.25$$

$$RM(F_8(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-73 + 2 * 51 + 168) / 4 = 49.25$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-71 + 4 * 43 + 171) / 6 = 45.33$$

$$RM(F_7(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-64 + 4 * 43 + 164) / 6 = 45.33$$

$$RM(F_7(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-76 + 4 * 43 + 176) / 6 = 45.33$$

$$RM(F_8(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-68 + 4 * 51 + 163) / 6 = 49.83$$

$$RM(F_8(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-61 + 4 * 51 + 156) / 6 = 49.33$$

$$RM(F_8(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-73 + 4 * 51 + 168) / 6 = 49.33$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$\text{OERI}(F_7(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (114 - 71w) + (\frac{1}{2}w) * (214 - 171w)] dw = 551 / 6$$

$$\text{OERI}(F_7(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (107 - 64w) + (\frac{1}{2}w) * (207 - 164w)] dw = 250 / 3$$

$$\text{OERI}(F_7(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (119 - 76w) + (\frac{1}{2}w) * (219 - 176w)] dw = 268 / 3$$

$$\text{OERI}(F_8(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (119 - 68w) + (\frac{1}{2}w) * (214 - 163w)] dw = 1115 / 12$$

$$\text{OERI}(F_8(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (112 - 61w) + (\frac{1}{2}w) * (207 - 156w)] dw = 1073 / 12$$

$$\text{OERI}(F_8(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (124 - 73w) + (\frac{1}{2}w) * (219 - 168w)] dw = 1145 / 12$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 7 inci düğüm noktasında 5 inci düğüm noktasından gelen değer, 8 inci düğüm noktasında da 5 inci düğüm noktasından gelen değer kabul edilecektir.

Dördüncü fazda 7 ve 8 numaralı düğüm noktalarından, kurulan posta sayısı ile ilgili 9 ve 10 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde, düğüm noktalarında oluşan değerler şu şekilde olacaktır.

$$F_9(7) = R_7 + E_{97} = (-64;43;164) + (-39;4;40) = (-103;47;204)$$

$$F_9(8) = R_8 + E_{97} = (-61;51;156) + (-31;-4;37) = (-92;47;193)$$

$$F_{10}(7) = R_7 + E_{107} = (-64;43;164) + (-40;-3;30) = (-104;40;194)$$

$$F_{10}(8) = R_8 + E_{108} = (-61;51;156) + (-32;-11;27) = (-93;40;183)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$\text{RM}(F_9(7)) = (a + b + c) / 3 = (-103 + 47 + 204) / 3 = 49.33$$

$$RM (F_9 (8)) = (a + b + c) / 3 = (-92 + 47 + 193) / 3 = 49.33$$

$$RM (F_{10} (7)) = (a + b + c) / 3 = (-104 + 40 + 194) / 3 = 43.33$$

$$RM (F_{10} (8)) = (a + b + c) / 3 = (-93 + 40 + 183) / 3 = 43.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_9 (7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-103 + 2 * 47 + 204) / 4 = 48.75$$

$$RM (F_9 (8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-92 + 2 * 47 + 193) / 4 = 48.75$$

$$RM (F_{10} (7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-104 + 2 * 40 + 194) / 4 = 42.50$$

$$RM (F_{10} (8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-93 + 2 * 40 + 183) / 4 = 42.50$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM (F_9 (7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-103 + 4 * 47 + 204) / 6 = 48.17$$

$$RM (F_9 (8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-92 + 4 * 47 + 193) / 6 = 48.17$$

$$RM (F_{10} (7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-104 + 4 * 40 + 194) / 6 = 41.67$$

$$RM (F_{10} (8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-93 + 4 * 40 + 183) / 6 = 41.67$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI (F_9 (7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (150 - 103w) + (\frac{1}{2} w) * (251 - 204w)] dw = 1283 / 12$$

$$OERI (F_9 (8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (139 - 92w) + (\frac{1}{2} w) * (240 - 193w)] dw = 1217 / 12$$

$$OERI (F_{10} (7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (144 - 104w) + (\frac{1}{2} w) * (234 - 194w)] dw = 199 / 2$$

$$OERI (F_{10} (8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (133 - 93w) + (\frac{1}{2} w) * (223 - 183w)] dw = 94$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 9 uncu düğüm noktasında 8 inci düğüm noktasından gelen değer, 10 uncu düğüm noktasında da 8 inci düğüm noktasından gelen değer kabul edilecektir.

Beşinci yani son fazda 9 ve 10 numaralı düğüm noktalarından, boru çevrim faktörü tipi ile ilgili 11,12,13 ve 14 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde, düğüm noktalarında oluşan değerler şu şekilde olacaktır.

$$F_{11} (9) = R_9 + E_{119} = (-92;47;193) + (-31;1;39) = (-123;48;232)$$

$$F_{11} (10) = R_{10} + E_{1110} = (-93;40;183) + (-21;8;40) = (-114;48;223)$$

$$F_{12} (9) = R_9 + E_{129} = (-92;47;193) + (-36;-5;20) = (-128;42;213)$$

$$F_{12} (10) = R_{10} + E_{1210} = (-93;40;183) + (-26;2;21) = (-119;42;204)$$

$$F_{13} (9) = R_9 + E_{139} = (-92;47;193) + (-40;-3;30) = (-132;44;223)$$

$$F_{13} (10) = R_{10} + E_{1310} = (-93;40;183) + (-30;4;31) = (-123;44;214)$$

$$F_{14} (9) = R_9 + E_{149} = (-92;47;193) + (-36;-11;14) = (-128;36;207)$$

$$F_{14} (10) = R_{10} + E_{1410} = (-93;40;183) + (-26;-4;15) = (-119;36;198)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM (F_{11} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-123 + 48 + 232) / 3 = 52.33$$

$$RM (F_{11} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-114 + 48 + 223) / 3 = 52.33$$

$$RM (F_{12} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-128 + 42 + 213) / 3 = 42.33$$

$$RM (F_{12} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-119 + 42 + 204) / 3 = 42.33$$

$$RM (F_{13} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-132 + 44 + 223) / 3 = 45$$

$$RM (F_{13} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-123 + 44 + 214) / 3 = 45$$

$$RM (F_{14} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-128 + 36 + 207) / 3 = 38.33$$

$$RM (F_{14} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-119 + 36 + 198) / 3 = 38.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_{11} (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-123 + 2 * 48 + 232) / 4 = 51.25$$

$$RM(F_{11}(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-114 + 2 * 48 + 223) / 4 = 51.25$$

$$RM(F_{12}(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-128 + 2 * 42 + 213) / 4 = 42.25$$

$$RM(F_{12}(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-119 + 2 * 42 + 204) / 4 = 42.25$$

$$RM(F_{13}(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-132 + 2 * 44 + 223) / 4 = 44.75$$

$$RM(F_{13}(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-123 + 2 * 44 + 214) / 4 = 44.75$$

$$RM(F_{14}(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-128 + 2 * 36 + 207) / 4 = 37.75$$

$$RM(F_{14}(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-119 + 2 * 36 + 198) / 4 = 37.75$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_{11}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-123 + 4 * 48 + 232) / 6 = 50.17$$

$$RM(F_{11}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-114 + 4 * 48 + 223) / 6 = 50.17$$

$$RM(F_{12}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-128 + 4 * 42 + 213) / 6 = 42.17$$

$$RM(F_{12}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-119 + 4 * 42 + 204) / 6 = 42.17$$

$$RM(F_{13}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-132 + 4 * 44 + 223) / 6 = 44.50$$

$$RM(F_{13}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-123 + 4 * 44 + 214) / 6 = 44.50$$

$$RM(F_{14}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-128 + 4 * 36 + 207) / 6 = 37.17$$

$$RM(F_{14}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-119 + 4 * 36 + 198) / 6 = 37.17$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_{11}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (171 - 123w) + (\frac{1}{2}w) * (280 - 232w)] dw = 1423 / 12$$

$$OERI(F_{11}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (162 - 114w) + (\frac{1}{2}w) * (271 - 223w)] dw = 1369 / 12$$

$$OERI(F_{12}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (170 - 128w) + (\frac{1}{2}w) * (255 - 213w)] dw = 1357 / 12$$

$$OERI(F_{12}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (161 - 119w) + (\frac{1}{2}w) * (246 - 204w)] dw = 1303 / 12$$

$$\text{OERI}(F_{13} (9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (176 - 132w) + (\frac{1}{2} w) * (267 - 223w)] dw = 1411 / 12$$

$$\text{OERI}(F_{13} (10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (167 - 123w) + (\frac{1}{2} w) * (258 - 214w)] dw = 1357 / 12$$

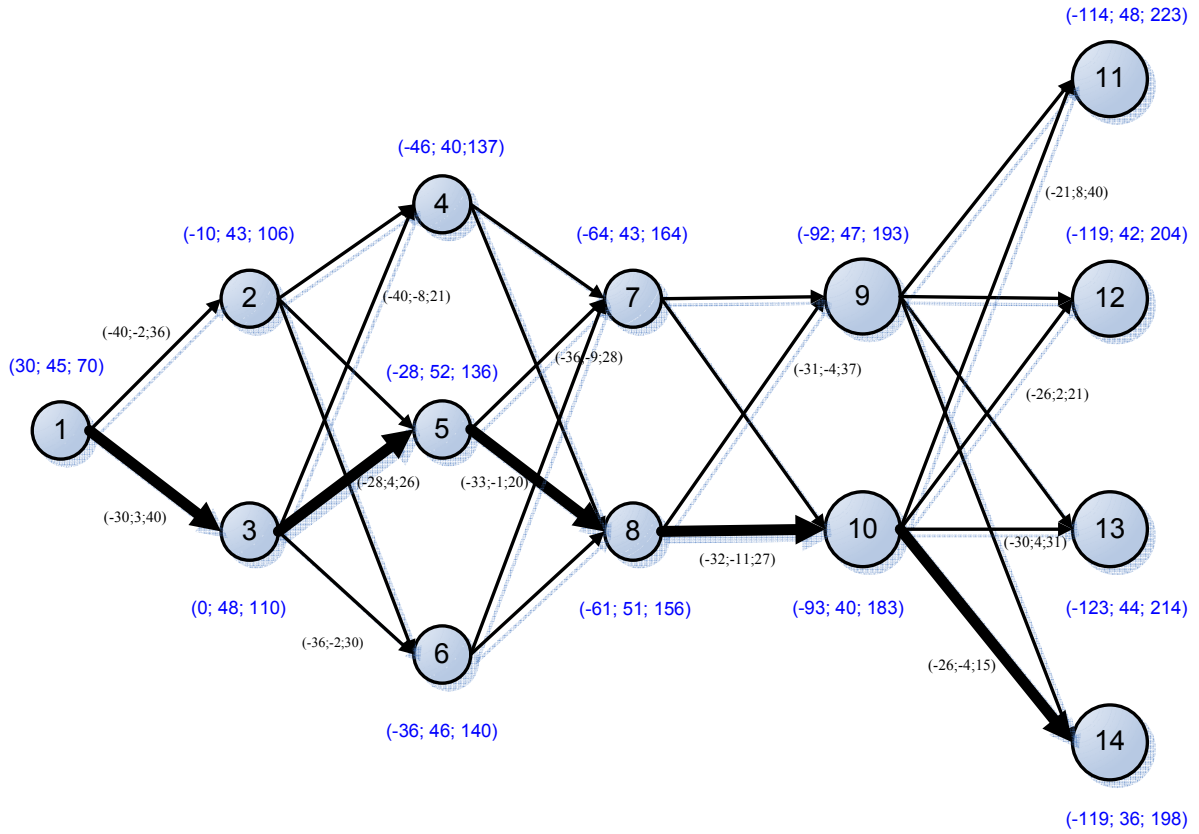
$$\text{OERI}(F_{14} (9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (164 - 128w) + (\frac{1}{2} w) * (243 - 207w)] dw = 1279 / 12$$

$$\text{OERI}(F_{14} (10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (155 - 119w) + (\frac{1}{2} w) * (234 - 198w)] dw = 1225 / 12$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 11 inci, 12 inci, 13 üncü ve 14 üncü düğüm noktalarına, 10 uncu düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Yukarıda yapılan hesaplamalar ile düğüm noktalarındaki kabul edilecek değerler hesaplanmış ve derecelendirme yöntemi ile seçilmiştir. Bulanık sayılar içerisinde düğüm noktasındaki minimum değerler kritik düğüm noktası olarak belirlenmiştir.

Buna göre kritik yolun belirlenmesi için her bir adımda gerçekleşen minimum değerler göz önüne alınarak bir sonraki fazdaki düğüm noktalarına ilerlenmiştir. Bu durumda kritik yol şu şekilde oluşacaktır; 1 – 3 – 5 – 8 – 10 – 14. Şekil 5.9’da bulanık en kısa yol model akışı ve kritik yol gösterilmektedir.



Şekil 5.9 Bulanık en kısa yol modelinde kritik yol

Yükleme / boşaltma operasyonu için en uygun kombinasyonu aynı anda limanda limanda iki gemi, SID gemi tipi, sahil vinci kullanımı, 2 posta kurulumlu ve boru çevrim faktörü 3.1'den büyük olan ürünler olacaktır. Bu kombinasyon içerisinde kritik sürenin bulanık olarak (30, 36, 45) arasında gerçekleşmesi beklenmektedir.

5.6.5 Bulanık Dinamik Programlama Modeli

Bulanık dinamik programlama ile ilgili olarak kullanılan formülasyon teorisi Bölüm 4.5.3'de belirtilmiştir. Dinamik programlama modeli 4.46 ve 4.47 formülleri ışığında kurulan model aşağıdadır.

İlk fazda başlangıç düğüm noktasından 2 ve 3 numaralı gemi sayısı ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_2(1) = E_{21} + f(1) = (-40; -2; 36) + 0 = (-40; -2; 36)$$

$$F_3(1) = E_{31} + f(1) = (-30; 3; 40) + 0 = (-30; 3; 40)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme

yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM (F_2 (1)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + -2 + 36) / 3 = -2$$

$$RM (F_3 (1)) = (a + b + c) / 3 = (-30 + 3 + 40) / 3 = 4.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_2 (1)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * -2 + 36) / 4 = -2$$

$$RM (F_3 (1)) = (a + 2b + c) / 4 = (-30 + 2 * 3 + 40) / 4 = 4$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM (F_2 (1)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 4 * -2 + 36) / 6 = -2$$

$$RM (F_3 (1)) = (a + 4b + c) / 6 = (-30 + 4 * 3 + 40) / 6 = 3.67$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI (F_2 (1)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (38 - 40w) + (\frac{1}{2} w) * (34 - 36w)] dw = 53 / 3$$

$$OERI (F_3 (1)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (33 - 30w) + (\frac{1}{2} w) * (43 - 40w)] dw = 113 / 6$$

İkinci fazda 2 ve 3 numaralı düğüm noktasından 4, 5 ve 6 numaralı gemi tipi ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_4 (2) = E_{42} + f (2) = (-40;-2;36) + (-36;-3;31) = (-76;-5;67)$$

$$F_4 (3) = E_{43} + f (3) = (-30;3;40) + (-40;-8;21) = (-70;-5;61)$$

$$F_5 (2) = E_{52} + f (2) = (-40;-2;36) + (-24;9;36) = (-64;7;72)$$

$$F_5 (3) = E_{53} + f (3) = (-30;3;40) + (-28;4;26) = (-58;7;66)$$

$$F_6 (2) = E_{62} + f (2) = (-40;-2;36) + (-32;3;40) = (-72;1;76)$$

$$F_6 (3) = E_{63} + f (3) = (-30;3;40) + (-36;-2;30) = (-66;1;70)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme

yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + b + c) / 3 = (-76 + -5 + 67) / 3 = -4.67$$

$$RM(F_4(3)) = (a + b + c) / 3 = (-70 + -5 + 61) / 3 = -4.67$$

$$RM(F_5(2)) = (a + b + c) / 3 = (-64 + 7 + 72) / 3 = 5$$

$$RM(F_5(3)) = (a + b + c) / 3 = (-58 + 7 + 66) / 3 = 5$$

$$RM(F_6(2)) = (a + b + c) / 3 = (-72 + 1 + 76) / 3 = 1.67$$

$$RM(F_6(3)) = (a + b + c) / 3 = (-66 + 1 + 70) / 3 = 1.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-76 + 2 * -5 + 67) / 4 = -4.75$$

$$RM(F_4(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-70 + 2 * -5 + 61) / 4 = -4.75$$

$$RM(F_5(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-64 + 2 * 7 + 72) / 4 = 5.50$$

$$RM(F_5(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-58 + 2 * 7 + 66) / 4 = 5.50$$

$$RM(F_6(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-72 + 2 * 1 + 76) / 4 = 1.50$$

$$RM(F_6(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-66 + 2 * 1 + 70) / 4 = 1.50$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-76 + 4 * -5 + 67) / 6 = -4.83$$

$$RM(F_4(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-70 + 4 * -5 + 61) / 6 = -4.83$$

$$RM(F_5(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-64 + 4 * 7 + 72) / 6 = 6$$

$$RM(F_5(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-58 + 4 * 7 + 66) / 6 = 6$$

$$RM(F_6(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-72 + 4 * 1 + 76) / 6 = 1.33$$

$$RM(F_6(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-66 + 4 * 1 + 70) / 6 = 1.33$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$\text{OERI}(F_4(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (71 - 76w) + (\frac{1}{2}w) * (62 - 67w)] dw = 129 / 4$$

$$\text{OERI}(F_4(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (65 - 70w) + (\frac{1}{2}w) * (56 - 61w)] dw = 117 / 4$$

$$\text{OERI}(F_5(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (71 - 64w) + (\frac{1}{2}w) * (79 - 72w)] dw = 119 / 3$$

$$\text{OERI}(F_5(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (65 - 58w) + (\frac{1}{2}w) * (73 - 66w)] dw = 110 / 3$$

$$\text{OERI}(F_6(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (73 - 72w) + (\frac{1}{2}w) * (77 - 76w)] dw = 112 / 3$$

$$\text{OERI}(F_6(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (67 - 66w) + (\frac{1}{2}w) * (71 - 70w)] dw = 103 / 3$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 4 üncü, 5 inci ve 6 ıncı düğüm noktalarında 3 üncü düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Üçüncü fazda 4, 5, ve 6 numaralı düğüm noktasından 7 ve 8 numaralı vinç tipi ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_7(4) = E_{74} + f(4) = (-70;-5;61) + (-31;3;40) = (-101;-2;101)$$

$$F_7(5) = E_{75} + f(5) = (-58;7;66) + (-36;-9;28) = (-94;-2;94)$$

$$F_7(6) = E_{76} + f(6) = (-66;1;70) + (-40;-3;36) = (-106;-2;106)$$

$$F_8(4) = E_{84} + f(4) = (-70;-5;61) + (-28;11;32) = (-98;6;93)$$

$$F_8(5) = E_{85} + f(5) = (-58;7;66) + (-33;-1;20) = (-91;6;86)$$

$$F_8(6) = E_{86} + f(6) = (-66;1;70) + (-37;5;28) = (-103;6;98)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + b + c) / 3 = (-101 + -2 + 101) / 3 = -0.67$$

$$RM(F_7(5)) = (a + b + c) / 3 = (-94 + -2 + 94) / 3 = -0.67$$

$$RM(F_7(6)) = (a + b + c) / 3 = (-106 + -2 + 106) / 3 = -0.67$$

$$RM(F_8(4)) = (a + b + c) / 3 = (-98 + 6 + 93) / 3 = 0.33$$

$$RM(F_8(5)) = (a + b + c) / 3 = (-91 + 6 + 86) / 3 = 0.33$$

$$RM(F_8(6)) = (a + b + c) / 3 = (-103 + 6 + 98) / 3 = 0.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-101 + 2 * -2 + 101) / 4 = -1$$

$$RM(F_7(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-94 + 2 * -2 + 94) / 4 = -1$$

$$RM(F_7(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-106 + 2 * -2 + 106) / 4 = -1$$

$$RM(F_8(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-98 + 2 * 6 + 93) / 4 = 1.75$$

$$RM(F_8(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-91 + 2 * 6 + 86) / 4 = 1.75$$

$$RM(F_8(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-103 + 2 * 6 + 98) / 4 = 1.75$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-101 + 4 * -2 + 101) / 6 = -1.33$$

$$RM(F_7(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-94 + 4 * -2 + 94) / 6 = -1.33$$

$$RM(F_7(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-106 + 4 * -2 + 106) / 6 = -1.33$$

$$RM(F_8(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-98 + 4 * 6 + 93) / 6 = 3.17$$

$$RM(F_8(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-91 + 4 * 6 + 86) / 6 = 3.17$$

$$RM(F_8(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-103 + 4 * 6 + 98) / 6 = 3.17$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_7(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (99 - 101w) + (\frac{1}{2}w) * (99 - 101w)] dw = 97 / 2$$

$$\text{OERI}(F_7(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (92 - 94w) + (\frac{1}{2}w) * (92 - 94w)] dw = 45$$

$$\text{OERI}(F_7(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (104 - 106w) + (\frac{1}{2}w) * (104 - 106w)] dw = 51$$

$$\text{OERI}(F_8(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (104 - 98w) + (\frac{1}{2}w) * (99 - 93w)] dw = 655 / 12$$

$$\text{OERI}(F_8(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (97 - 91w) + (\frac{1}{2}w) * (92 - 86w)] dw = 613 / 12$$

$$\text{OERI}(F_8(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (109 - 103w) + (\frac{1}{2}w) * (104 - 98w)] dw = 685 / 12$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 7 inci ve 8 inci düğüm noktalarında 5 inci düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Dördüncü fazda 7 ve 8 numaralı düğüm noktasından 9 ve 10 numaralı posta sayısı ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_9(7) = E_{97} + f(7) = (-94; -2; 94) + (-39; 4; 40) = (-133; 2; 134)$$

$$F_9(8) = E_{98} + f(8) = (-91; 6; 86) + (-31; -4; 37) = (-122; 2; 123)$$

$$F_{10}(7) = E_{107} + f(7) = (-94; -2; 94) + (-40; -3; 30) = (-134; -5; 124)$$

$$F_{10}(8) = E_{108} + f(8) = (-91; 6; 86) + (-32; -11; 27) = (-123; -5; 113)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$\text{RM}(F_9(7)) = (a + b + c) / 3 = (-133 + 2 + 134) / 3 = 1$$

$$\text{RM}(F_9(8)) = (a + b + c) / 3 = (-122 + 2 + 123) / 3 = 1$$

$$\text{RM}(F_{10}(7)) = (a + b + c) / 3 = (-134 + -5 + 124) / 3 = -5$$

$$\text{RM}(F_{10}(8)) = (a + b + c) / 3 = (-123 + -5 + 113) / 3 = -5$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_9(7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-133 + 2 * 2 + 134) / 4 = 1.25$$

$$RM(F_9(8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-122 + 2 * 2 + 123) / 4 = 1.25$$

$$RM(F_{10}(7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-134 + 2 * -5 + 124) / 4 = -5$$

$$RM(F_{10}(8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-123 + 2 * -5 + 113) / 4 = -5$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_9(7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-133 + 4 * 2 + 134) / 6 = 1.50$$

$$RM(F_9(8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-122 + 4 * 2 + 123) / 6 = 1.50$$

$$RM(F_{10}(7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-134 + 4 * -5 + 124) / 6 = -5$$

$$RM(F_{10}(8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-123 + 4 * -5 + 113) / 6 = -5$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_9(7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (135 - 133w) + (\frac{1}{2}w) * (136 - 134w)]dw = 823 / 12$$

$$OERI(F_9(8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (124 - 122w) + (\frac{1}{2}w) * (125 - 123w)]dw = 757 / 12$$

$$OERI(F_{10}(7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (129 - 134w) + (\frac{1}{2}w) * (119 - 124w)]dw = 371 / 6$$

$$OERI(F_{10}(8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (118 - 123w) + (\frac{1}{2}w) * (108 - 113w)]dw = 167 / 3$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 9 uncu ve 10 uncu düğüm noktalarında 8 inci düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Dördüncü fazda 9 ve 10 numaralı düğüm noktasından 11, 12, 13 ve 14 numaralı boru çevrim faktörü ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_{11}(9) = E_{119} + f(9) = (-122; 2; 123) + (-31; 1; 39) = (-153; 3; 162)$$

$$F_{11}(10) = E_{1110} + f(10) = (-123; -5; 113) + (-21; 8; 40) = (-144; 3; 153)$$

$$F_{12} (9) = E_{129} + f (9) = (-122;2;123) + (-36;-5;20) = (-158;-3;143)$$

$$F_{12} (10) = E_{1210} + f (10) = (-123;-5;113) + (-26;2;21) = (-149;-3;134)$$

$$F_{13} (9) = E_{139} + f (9) = (-122;2;123) + (-40;-3;30) = (-162;-1;153)$$

$$F_{13} (10) = E_{1310} + f (10) = (-123;-5;113) + (-30;4;31) = (-153;-1;144)$$

$$F_{14} (9) = E_{149} + f (9) = (-122;2;123) + (-36;-11;14) = (-158;-9;137)$$

$$F_{14} (10) = E_{1410} + f (10) = (-123;-5;113) + (-26;-4;15) = (-149;-9;128)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM (F_{11} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-153 + 3 + 162) / 3 = 4$$

$$RM (F_{11} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-144 + 3 + 153) / 3 = 4$$

$$RM (F_{12} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-158 + -3 + 143) / 3 = -6$$

$$RM (F_{12} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-149 + -3 + 134) / 3 = -6$$

$$RM (F_{13} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-162 + -1 + 153) / 3 = -3.33$$

$$RM (F_{13} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-153 + -1 + 144) / 3 = -3.33$$

$$RM (F_{14} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-158 + -9 + 137) / 3 = -10$$

$$RM (F_{14} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-149 + -9 + 128) / 3 = -10$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_{11} (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-153 + 2 * 3 + 162) / 4 = 3.75$$

$$RM (F_{11} (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-144 + 2 * 3 + 153) / 4 = 3.75$$

$$RM (F_{12} (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-158 + 2 * -3 + 143) / 4 = -5.25$$

$$RM (F_{12} (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-149 + 2 * -3 + 134) / 4 = -5.25$$

$$RM (F_{13} (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-162 + 2 * -1 + 153) / 4 = -2.75$$

$$RM (F_{13} (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-153 + 2 * -1 + 144) / 4 = -2.75$$

$$RM(F_{14}(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-158 + 2 * -9 + 137) / 4 = -9.75$$

$$RM(F_{14}(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-149 + 2 * -9 + 128) / 4 = -9.75$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_{11}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-153 + 4 * 3 + 162) / 6 = 3.50$$

$$RM(F_{11}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-144 + 4 * 3 + 153) / 6 = 3.50$$

$$RM(F_{12}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-158 + 4 * -3 + 143) / 6 = -4.50$$

$$RM(F_{12}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-149 + 4 * -3 + 134) / 6 = -4.50$$

$$RM(F_{13}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-162 + 4 * -1 + 153) / 6 = -2.17$$

$$RM(F_{13}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-153 + 4 * -1 + 144) / 6 = -2.17$$

$$RM(F_{14}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-158 + 4 * -9 + 137) / 6 = -9.50$$

$$RM(F_{14}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-149 + 4 * -9 + 128) / 6 = -9.50$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_{11}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (156 - 153w) + (\frac{1}{2}w) * (165 - 162w)]dw = 321 / 4$$

$$OERI(F_{11}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (147 - 144w) + (\frac{1}{2}w) * (156 - 153w)]dw = 303 / 4$$

$$OERI(F_{12}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (155 - 158w) + (\frac{1}{2}w) * (140 - 143w)]dw = 299 / 4$$

$$OERI(F_{12}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (146 - 149w) + (\frac{1}{2}w) * (131 - 134w)]dw = 281 / 4$$

$$OERI(F_{13}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (161 - 162w) + (\frac{1}{2}w) * (152 - 153w)]dw = 317 / 4$$

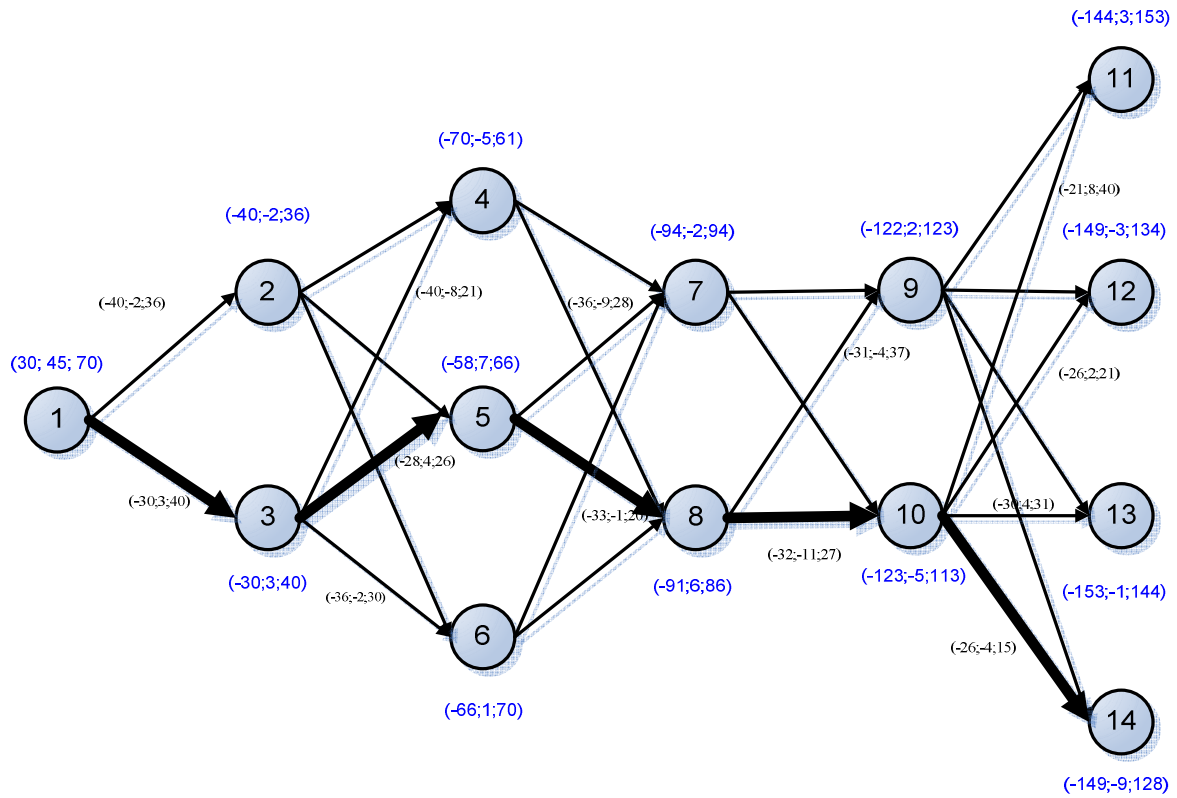
$$OERI(F_{13}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (152 - 153w) + (\frac{1}{2}w) * (143 - 144w)]dw = 299 / 4$$

$$OERI(F_{14}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (149 - 158w) + (\frac{1}{2}w) * (128 - 137w)]dw = 273 / 4$$

$$OERI(F_{14}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (140 - 149w) + (\frac{1}{2}w) * (119 - 128w)]dw = 255 / 4$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 11 inci, 12 inci, 13 üncü ve 14 üncü düğüm noktalarında 10 uncu düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Yukarıda yapılan hesaplamalar ile düğüm noktalarındaki kabul edilecek değerler hesaplanmış ve derecelendirme yöntemi ile seçilmiştir. Kritik yolun belirlenmesi için her bir adımda gerçekleşen minimum değerler göz önüne alınarak bir sonraki fazdaki düğüm noktalarına ilerlenmiştir. Bu durumda kritik yol şu şekilde oluşacaktır; 1 – 3 – 5 – 8 – 10 – 14. Şekil 5.10'da bulanık dinamik programlama model akışı ve kritik yol gösterilmektedir.



Şekil 5.10 Bulanık dinamik programlama modelinde kritik yol

Yükleme / boşaltma operasyonu için en uygun kombinasyon, aynı anda limanda iki gemi, SID gemi tipi, sahil vinci kullanımı, 2 posta kurulumlu ve boru çevrim faktörü 3.1'den büyük olan ürünler olacaktır. Bu kombinasyon içerisinde kritik sürenin bulanık olarak (30, 36, 45)

arasında gerçekleşmesi beklenmektedir.

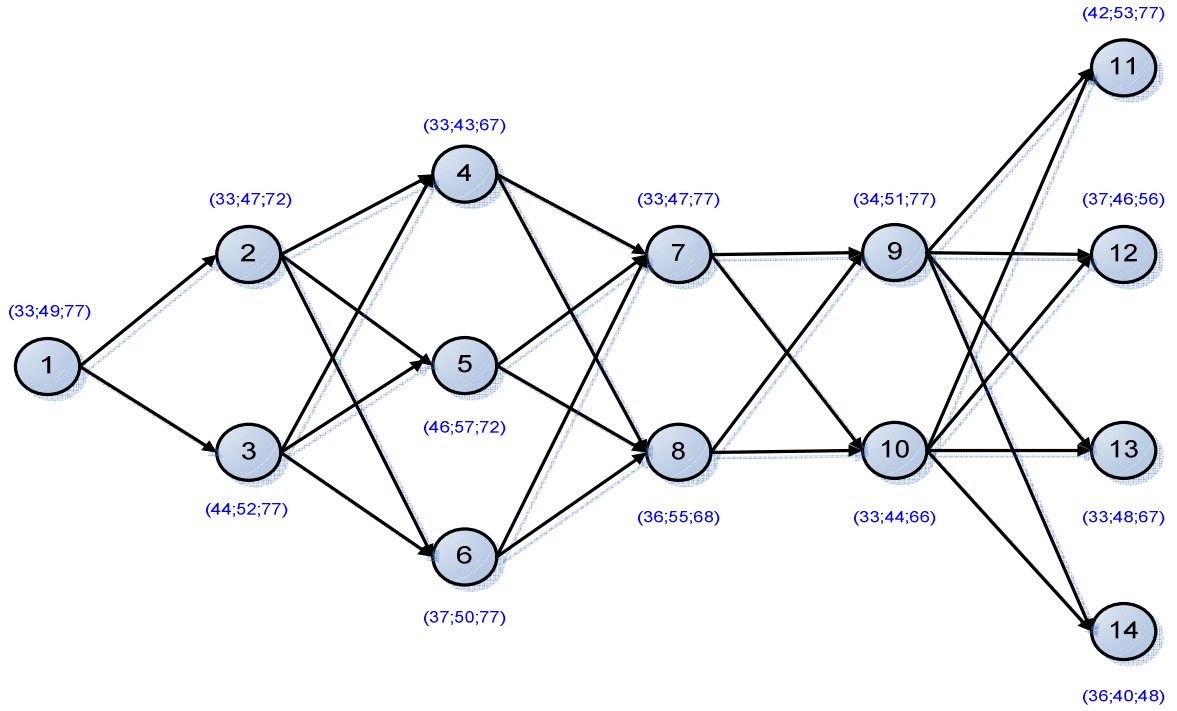
5.7 Duyarlılık Analizi

Bu bölümde, bölüm 5.6’da bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli, bulanık en kısa yol modeli ve bulanık dinamik programlama modeli ile kurulan matematiksel modeller duyarlılık analizi ile test edilecektir. Bu amaçla, bölüm 5.6’daki veriler %10 büyütülerek sonuçlar analiz edilecektir. Ana model bölüm 5.6’da belirtildiği gibi 5 safhadan oluşmaktadır. 72 adet geminin duyarlılık analizi için en olası, en küçük olası değeri ve en büyük olası değeri Çizelge 5.24’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.24 Gemi yükleme hızını etkileyen faktörler ile ilgili istatistiki veriler

FAKTÖRLER	DÜĞÜM NOKTASI	FREKANS	En Küçük (a)	En Olası (b)	En Büyük (c)
Başlangıç Durumu	1	72	33	49	77
Limandaki Gemi Sayısı					
1 Gemi	2	39	33	47	72
2 Gemi	3	33	44	52	77
		72			
Gemi Tipi					
BOX	4	22	33	43	67
SID	5	19	46	57	72
SID/RIVER	6	31	37	50	77
		72			
Vinç Tipi					
Gemi Vinci	7	48	33	47	77
Sahil Vinci	8	24	36	55	68
		72			
Posta Sayısı					
1 Posta	9	59	34	51	77
2 Posta	10	13	33	44	66
Boru Çevrim Faktörü					
0,0 - 1,5	11	42	42	53	77
1,6 - 2,0	12	8	37	46	56
2,1 - 3,0	13	16	33	48	67
> 3,1	14	6	36	40	48

Yukarıda hesaplanan yeni değerlere göre problem çözümlenecektir. Bulanık kümelerin düğüm noktaları üzerindeki değerleri Şekil 5.11’de gösterilmiştir.



Şekil 5.11 Bulanık düğüm nokta diyagramı_duyarlılık analizi

İlerleyen bölümlerde bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli, bulanık en kısa yol ve bulanık dinamik programlama yöntemlerine ile problem tekrardan modellenecektir.

5.7.1 Bulanık En Kısa Mesafeli Ağaç Modelinde Duyarlılık Analizi

Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeline bölüm 4.5.1’de belirtildiği gibi problemi çözümlmek için 4.28 numaralı formül kullanılacaktır.

Problemin birinci safhasında 1 numaralı düğüm noktasından, limanda bulunan gemi sayısı ile ilgili 2 ve 3 numaralı düğüm noktalarına ilerlendiğinde oluşan değerler şu şekildedir.

$$G_1 = \min \{ \text{CORN} (F_1(2); F_2(3)) \}$$

$$G_1 = \min \{ (-44;-2;39); (-33;3;44) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park’ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM (F_1 (2)) = (a + b + c) / 3 = (-44 + -2 + 39) / 3 = - 2.33$$

$$RM (F_1 (3)) = (a + b + c) / 3 = (-33 + 3 + 44) / 3 = 4.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_1 (2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-44 + 2 * -2 + 39) / 4 = - 2.25$$

$$RM (F_1 (3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-33 + 2 * 3 + 44) / 4 = 4.25$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM (F_1 (2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-44 + 4 * -2 + 39) / 6 = - 2.17$$

$$RM (F_1 (3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-33 + 4 * 3 + 44) / 6 = 3.83$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI (F_1 (2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (42 - 44w) + (\frac{1}{2} w) * (37 - 39w)] dw = 235/12$$

$$OERI (F_2 (3)) = \int [(1 - \frac{1}{2} w) * (36 - 33w) + (\frac{1}{2} w) * (47 - 44w)] dw = 245 / 12$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 1 inci düğüm noktasından, 2 inci ve 3 üncü düğüm noktalarında ilerlendiği zaman, 2 inci düğüm noktasından gelen değerin en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_1 , (1,2) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

İkinci safhada 2 ve 3 numaralı düğüm noktalarından, gemi tipi ile ilgili 4, 5 ve 6 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde oluşan değerler şu şekildedir.

$$G_2 = \min \{ CORN (F_2(4); F_2 (5); F_2 (6); F_3 (4); F_3 (5); F_3 (6) \}$$

$$G_2 = \min \{ (-39;-4;34); (-26;10;39) ; (-35;3;44) ; (-44;-9;23) ; (-31;5;28) ; (-40;-2;33) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'in ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM (F_2 (4)) = (a + b + c) / 3 = (-39 + -4 + 34) / 3 = - 3$$

$$RM (F_2 (5)) = (a + b + c) / 3 = (-26 + 10 + 39) / 3 = 7.67$$

$$RM (F_2 (6)) = (a + b + c) / 3 = (-35 + 3 + 44) / 3 = 4$$

$$RM (F_3 (4)) = (a + b + c) / 3 = (-44 + -9 + 23) / 3 = -10$$

$$RM (F_3 (5)) = (a + b + c) / 3 = (-31 + 5 + 28) / 3 = 0.67$$

$$RM (F_3 (6)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + -2 + 33) / 3 = -3$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_2 (4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-39 + 2 * -4 + 34) / 4 = -3.25$$

$$RM (F_2 (5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-26 + 2 * 10 + 39) / 4 = 8.25$$

$$RM (F_2 (6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-35 + 2 * 3 + 44) / 4 = 3.75$$

$$RM (F_3 (4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-44 + 2 * -9 + 23) / 4 = -9.75$$

$$RM (F_3 (5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-31 + 2 * 5 + 28) / 4 = 1.75$$

$$RM (F_3 (6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * -2 + 33) / 4 = -2.75$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM (F_2 (4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-39 + 4 * -4 + 34) / 6 = -3.50$$

$$RM (F_2 (5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-26 + 4 * 10 + 39) / 6 = 8.83$$

$$RM (F_2 (6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-35 + 4 * 3 + 44) / 6 = 3.50$$

$$RM (F_3 (4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-44 + 4 * -9 + 23) / 6 = -9.50$$

$$RM (F_3 (5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-31 + 4 * 5 + 28) / 6 = 2.83$$

$$RM (F_3 (6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 4 * -2 + 33) / 6 = -2.50$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI (F_2 (4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (35 - 39w) + (\frac{1}{2} w) * (30 - 34w)] dw = 181 / 12$$

$$OERI (F_2 (5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (36 - 26w) + (\frac{1}{2} w) * (49 - 39w)] dw = 289 / 12$$

$$OERI (F_2 (6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (38 - 35w) + (\frac{1}{2} w) * (47 - 44w)] dw = 85 / 4$$

$$OERI(F_3(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (35 - 44w) + (\frac{1}{2}w) * (14 - 23w)] dw = 45 / 4$$

$$OERI(F_3(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (36 - 31w) + (\frac{1}{2}w) * (33 - 28w)] dw = 81 / 4$$

$$OERI(F_3(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (38 - 40w) + (\frac{1}{2}w) * (31 - 33w)] dw = 209 / 12$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 2 ve 3 üncü düğüm noktalarından, 4, 5 ve 6 ıncı düğüm noktalarına ilerlenildiği zaman, 4 üncü düğüm noktasından gelen değerin en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_2 , (2,4) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

Üçüncü safhada 4, 5 ve 6 numaralı düğüm noktalarından, gemi vinci ile ilgili 7 ve 8 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde oluşan değerler şu şekildedir.

$$G_3 = \min \{ \text{CORN}(F_4(7); F_4(8); F_5(7); F_5(8); F_6(7); F_6(8)) \}$$

$$G_3 = \min \{ (-34;4;44) ; (-31;12;35) ; (-39;-10;31) ; (-36;-2;22) ; (-44;-3;40) ; (-41;5;31) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(7)) = (a + b + c) / 3 = (-34 + 4 + 44) / 3 = 4.67$$

$$RM(F_4(8)) = (a + b + c) / 3 = (-31 + 12 + 35) / 3 = 5.33$$

$$RM(F_5(7)) = (a + b + c) / 3 = (-39 + -10 + 31) / 3 = -6$$

$$RM(F_5(8)) = (a + b + c) / 3 = (-36 + -2 + 22) / 3 = -5.33$$

$$RM(F_6(7)) = (a + b + c) / 3 = (-44 + -3 + 40) / 3 = -2.33$$

$$RM(F_6(8)) = (a + b + c) / 3 = (-41 + 5 + 31) / 3 = -1.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-34 + 2 * 4 + 44) / 4 = 4.50$$

$$RM(F_4(8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-31 + 2 * 12 + 35) / 4 = 7$$

$$RM(F_5(7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-39 + 2 * -10 + 31) / 4 = -7$$

$$RM(F_5(8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-36 + 2 * -2 + 22) / 4 = -4.50$$

$$RM(F_6(7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-44 + 2 * -3 + 40) / 4 = -2.50$$

$$RM(F_6(8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-41 + 2 * 5 + 31) / 4 = 0$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-34 + 4 * 4 + 44) / 6 = 4.33$$

$$RM(F_4(8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-31 + 4 * 12 + 35) / 6 = 8.67$$

$$RM(F_5(7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-39 + 4 * -10 + 31) / 6 = -8$$

$$RM(F_5(8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-36 + 4 * -2 + 22) / 6 = -3.67$$

$$RM(F_6(7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-44 + 4 * -3 + 40) / 6 = -2.67$$

$$RM(F_6(8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-41 + 4 * 5 + 31) / 6 = 1.67$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_4(7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (38 - 34w) + (\frac{1}{2}w) * (48 - 44w)] dw = 131 / 6$$

$$OERI(F_4(8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (43 - 31w) + (\frac{1}{2}w) * (47 - 35w)] dw = 167 / 6$$

$$OERI(F_5(7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (29 - 39w) + (\frac{1}{2}w) * (21 - 31w)] dw = 53 / 6$$

$$OERI(F_6(8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (34 - 36w) + (\frac{1}{2}w) * (20 - 22w)] dw = 89 / 6$$

$$OERI(F_6(7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (41 - 44w) + (\frac{1}{2}w) * (37 - 40w)] dw = 56 / 3$$

$$OERI(F_6(8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (46 - 41w) + (\frac{1}{2}w) * (36 - 31w)] dw = 74 / 3$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 4, 5 ve 6 ıncı düğüm noktalarından, 7 ve 8 inci düğüm noktalarına ilerlenildiği zaman, 7 inci düğüm noktasından gelen değerin en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_3 , (4,7) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

Dördüncü safhada 7 ve 8 numaralı düğüm noktalarından, posta sayısı ile ilgili 9 ve 10 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde oluşan değerler şu şekildedir.

$$G_4 = \min \{ \text{CORN} (F_7(9); F_7 (10); F_8 (9); F_8 (10) \}$$

$$G_4 = \min \{ (-43;4;44) ; (-44;-3;33) ; (-34;-4;41) ; (-35;-11;30) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla, derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$\text{RM} (F_7 (9)) = (a + b + c) / 3 = (-43 + 4 + 44) / 3 = 1.67$$

$$\text{RM} (F_7 (10)) = (a + b + c) / 3 = (-44 + -3 + 33) / 3 = - 4.67$$

$$\text{RM} (F_8 (9)) = (a + b + c) / 3 = (-34 + -4 + 41) / 3 = 1$$

$$\text{RM} (F_8 (10)) = (a + b + c) / 3 = (-35 + -11 + 30) / 3 = - 5.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$\text{RM} (F_7 (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-43 + 2 * 4 + 44) / 4 = 2.25$$

$$\text{RM} (F_7 (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-44 + 2 * -3 + 33) / 4 = - 4.25$$

$$\text{RM} (F_8 (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-34 + 2 * -4 + 41) / 4 = - 0.25$$

$$\text{RM} (F_8 (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-35 + 2 * -11 + 30) / 4 = - 6.75$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$\text{RM} (F_7 (9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-43 + 4 * 4 + 44) / 6 = 2.83$$

$$\text{RM} (F_7 (10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-44 + 4 * -3 + 33) / 6 = - 3.67$$

$$\text{RM} (F_8 (9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-34 + 4 * -4 + 41) / 6 = - 1.67$$

$$\text{RM} (F_8 (10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-35 + 4 * -11 + 30) / 6 = - 8.17$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$\text{OERI}(F_7(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (47 - 43w) + (\frac{1}{2}w) * (48 - 44w)] dw = 307 / 12$$

$$\text{OERI}(F_7(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (41 - 44w) + (\frac{1}{2}w) * (30 - 33w)] dw = 217 / 12$$

$$\text{OERI}(F_8(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (30 - 34w) + (\frac{1}{2}w) * (37 - 41w)] dw = 163 / 12$$

$$\text{OERI}(F_8(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (24 - 35w) + (\frac{1}{2}w) * (19 - 30w)] dw = 73 / 12$$

Dört yöntem ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 7 ve 8 inci düğüm noktalarından, 9 ve 10 uncu düğüm noktalarına ilerlenildiği zaman 10 uncu düğüm noktasından gelen değerin en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_4 , (7,10) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

Beşinci safhada 9 ve 10 numaralı düğüm noktalarından, boru çevrim faktörü ile ilgili 11, 12, 13 ve 14 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde oluşan değerler şu şekildedir.

$$G_5 = \min \{ \text{CORN}(F_9(11); F_9(12); F_9(13); F_9(14); (F_{10}(11); F_{10}(12); F_{10}(13); F_{10}(14) \}$$

$$G_5 = \min \{ (-35;2;43) ; (-40;-5;22) ; (-44;-3;33) ; (-41;-11;14) ; (-24;9;44) ; (-29;2;23) ; (-33;4;34) ; (-30;-4;15) \}$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$\text{RM}(F_9(11)) = (a + b + c) / 3 = (-35 + 2 + 43) / 3 = 3.33$$

$$\text{RM}(F_9(12)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + -5 + 22) / 3 = -7.67$$

$$\text{RM}(F_9(13)) = (a + b + c) / 3 = (-44 + -3 + 33) / 3 = -4.67$$

$$\text{RM}(F_9(14)) = (a + b + c) / 3 = (-41 + -11 + 14) / 3 = -12.67$$

$$\text{RM}(F_{10}(11)) = (a + b + c) / 3 = (-24 + 9 + 44) / 3 = 9.67$$

$$RM(F_{10}(12)) = (a + b + c) / 3 = (-29 + 2 + 23) / 3 = -1.33$$

$$RM(F_{10}(13)) = (a + b + c) / 3 = (-33 + 4 + 34) / 3 = 1.67$$

$$RM(F_{10}(14)) = (a + b + c) / 3 = (-30 + -4 + 15) / 3 = -6.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_9(11)) = (a + 2b + c) / 4 = (-35 + 2 * 2 + 43) / 4 = 3$$

$$RM(F_9(12)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * -5 + 22) / 4 = -7$$

$$RM(F_9(13)) = (a + 2b + c) / 4 = (-44 + 2 * -3 + 33) / 4 = -4.25$$

$$RM(F_9(14)) = (a + 2b + c) / 4 = (-41 + 2 * -11 + 14) / 4 = -12.25$$

$$RM(F_{10}(11)) = (a + 2b + c) / 4 = (-24 + 2 * 9 + 44) / 4 = 9.50$$

$$RM(F_{10}(12)) = (a + 2b + c) / 4 = (-29 + 2 * 2 + 23) / 4 = -0.50$$

$$RM(F_{10}(13)) = (a + 2b + c) / 4 = (-33 + 2 * 4 + 34) / 4 = 2.25$$

$$RM(F_{10}(14)) = (a + 2b + c) / 4 = (-29 + 2 * -4 + 15) / 4 = -5.75$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_9(11)) = (a + 4b + c) / 6 = (-35 + 4 * 2 + 43) / 6 = 2.67$$

$$RM(F_9(12)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 4 * -5 + 22) / 6 = -6.33$$

$$RM(F_9(13)) = (a + 4b + c) / 6 = (-44 + 4 * -3 + 33) / 6 = -3.83$$

$$RM(F_9(14)) = (a + 4b + c) / 6 = (-41 + 4 * -11 + 14) / 6 = -11.83$$

$$RM(F_{10}(11)) = (a + 4b + c) / 6 = (-24 + 4 * 9 + 44) / 6 = 9.33$$

$$RM(F_{10}(12)) = (a + 4b + c) / 6 = (-29 + 4 * 2 + 23) / 6 = 0.33$$

$$RM(F_{10}(13)) = (a + 4b + c) / 6 = (-33 + 4 * 4 + 34) / 6 = 2.83$$

$$RM(F_{10}(14)) = (a + 4b + c) / 6 = (-29 + 4 * -4 + 15) / 6 = -5.17$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_9(11)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (37 - 35w) + (\frac{1}{2}w) * (45 - 43w)] dw = 121 / 6$$

$$\text{OERI}(F_9(12)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (35 - 40w) + (\frac{1}{2}w) * (17 - 22w)] dw = 27 / 2$$

$$\text{OERI}(F_9(13)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (41 - 44w) + (\frac{1}{2}w) * (30 - 33w)] dw = 217 / 12$$

$$\text{OERI}(F_9(14)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (30 - 41w) + (\frac{1}{2}w) * (3 - 14w)] dw = 29 / 4$$

$$\text{OERI}(F_{10}(11)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (33 - 24w) + (\frac{1}{2}w) * (53 - 44w)] dw = 68 / 3$$

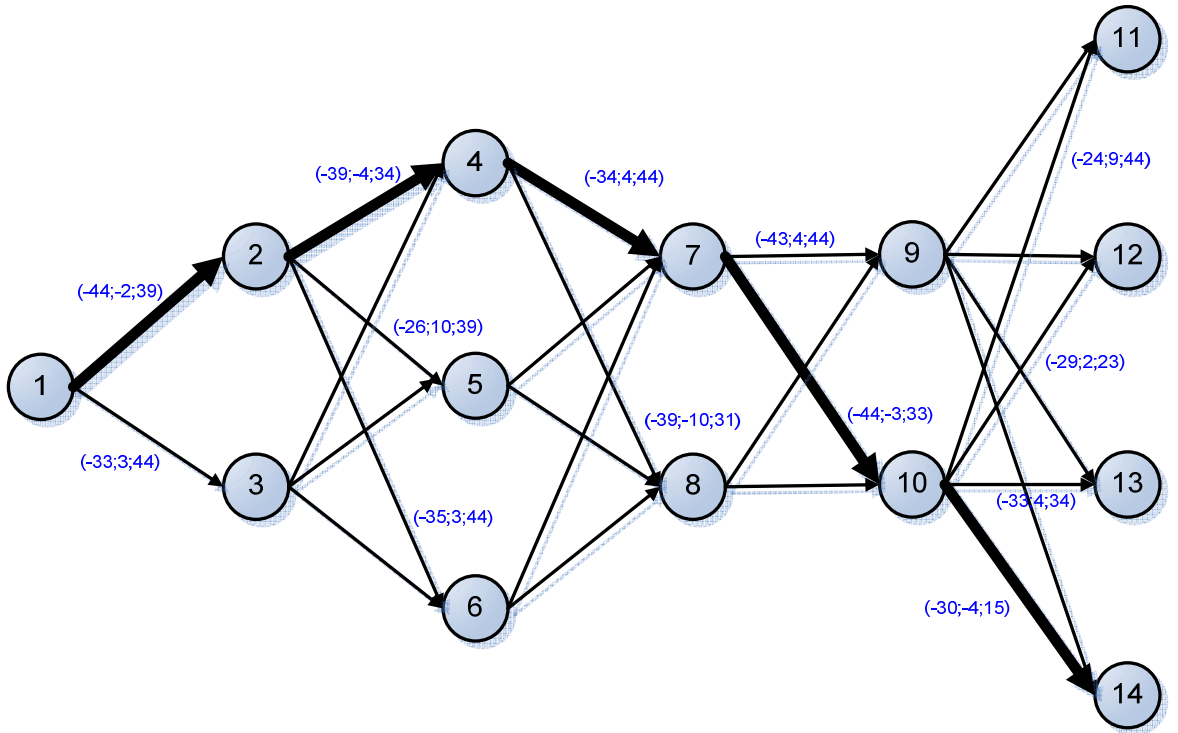
$$\text{OERI}(F_{10}(12)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (31 - 29w) + (\frac{1}{2}w) * (25 - 23w)] dw = 16$$

$$\text{OERI}(F_{10}(13)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (37 - 33w) + (\frac{1}{2}w) * (38 - 34w)] dw = 247 / 12$$

$$\text{OERI}(F_{10}(14)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (26 - 30w) + (\frac{1}{2}w) * (11 - 15w)] dw = 39 / 4$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 9 ve 10 uncu düğüm noktalarından, 11, 12, 13 ve 14 üncü düğüm noktalarına ilerlenildiği zaman, 14 üncü düğüm noktasından gelen değerin en kısa zamanda gemi yüklediği belirlenmiştir. G_5 , (10,14) arasındaki düğüm nokta değeri olarak kabul edilmiştir.

Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeline metodolojisine göre problem çözüldüğünde ulaşılan en kısa yol, 1 – 2 – 4 – 7 – 10 – 14'tür. Şekil 5.12'de duyarlılık analizi yapılmış bulanık en kısa mesafeli ağaç model akışı ve kritik yol gösterilmektedir.



Şekil 5.12 Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli kritik yolu – duyarlılık analizi

5.7.2 Bulanık En Kısa Yol Modelinde Duyarlılık Analizi

Gemi yükleme hızlarının kontrol altında tutulması için kurulan bulanık en kısa yol modeli Bölüm 4.5.2'deki metodolojiye göre kurulmuştur. 4.40 ve 4.41 numaralı formüllere göre kurulan bulanık en kısa yol modeli aşağıdaki gibidir. Chang ve Lee (1999)'nin belirttiği gibi kurulan matematiksel model aşağıdaki gibidir.

İlk fazda başlangıç düğüm noktasından 2 ve 3 numaralı gemi sayısı ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F2(1) = R1 + E21 = (33;49;77) + (-44;-2;39) = (-11;47;116)$$

$$F3(1) = R1 + E31 = (33;49;77) + (-33;3;44) = (0;52;121)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(1)) = (a + b + c) / 3 = (-11 + 47 + 116) / 3 = 50.67$$

$$RM(F_3(1)) = (a + b + c) / 3 = (0 + 52 + 121) / 3 = 57.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(1)) = (a + 2b + c) / 4 = (-11 + 2 * 47 + 116) / 4 = 49.75$$

$$RM(F_3(1)) = (a + 2b + c) / 4 = (0 + 2 * 52 + 121) / 4 = 56.25$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(1)) = (a + 4b + c) / 6 = (-11 + 4 * 47 + 116) / 6 = 48.83$$

$$RM(F_3(1)) = (a + 4b + c) / 6 = (0 + 4 * 52 + 121) / 6 = 54.83$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_2(1)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (58 - 11w) + (\frac{1}{2}w) * (163 - 116w)] dw = 245 / 4$$

$$OERI(F_3(1)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (52 + 0w) + (\frac{1}{2}w) * (173 - 121w)] dw = 745 / 12$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 1 inci düğüm noktasından, 2 inci ve 3 üncü düğüm noktalarında ilerlendiği zaman, 1 inci düğüm noktasından gelen değer kabul edilecektir.

İkinci fazda, 2 ve 3 numaralı düğüm noktalarından, gemi tipi ile ilgili 4,5 ve 6 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde düğüm noktalarında oluşan değerler şu şekildedir.

$$F_4(2) = R_2 + E_{42} = (-11;47;116) + (-39;-4;34) = (-50;43;150)$$

$$F_4(3) = R_3 + E_{43} = (0;52;121) + (-44;-9;23) = (-44;43;144)$$

$$F_5(2) = R_2 + E_{52} = (-11;47;116) + (-26;10;39) = (-37;57;155)$$

$$F_5(3) = R_3 + E_{53} = (0;52;121) + (-31;5;28) = (-31;57;149)$$

$$F_6(2) = R_2 + E_{62} = (-11;47;116) + (-35;3;44) = (-46;50;160)$$

$$F_6(3) = R_3 + E_{63} = (0;52;121) + (-40;-2;33) = (-40;50;154)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + b + c) / 3 = (-50 + 43 + 150) / 3 = 47.67$$

$$RM(F_4(3)) = (a + b + c) / 3 = (-44 + 43 + 144) / 3 = 47.67$$

$$RM(F_5(2)) = (a + b + c) / 3 = (-37 + 57 + 155) / 3 = 58.33$$

$$RM(F_5(3)) = (a + b + c) / 3 = (-31 + 57 + 149) / 3 = 58.33$$

$$RM(F_6(2)) = (a + b + c) / 3 = (-46 + 50 + 160) / 3 = 54.67$$

$$RM(F_6(3)) = (a + b + c) / 3 = (-40 + 50 + 154) / 3 = 54.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-50 + 2 * 43 + 150) / 4 = 46.50$$

$$RM(F_4(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-44 + 2 * 43 + 144) / 4 = 46.50$$

$$RM(F_5(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-37 + 2 * 57 + 155) / 4 = 58$$

$$RM(F_5(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-31 + 2 * 57 + 149) / 4 = 58$$

$$RM(F_6(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-46 + 2 * 50 + 160) / 4 = 53.50$$

$$RM(F_6(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-40 + 2 * 50 + 154) / 4 = 53.50$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-50 + 2 * 43 + 150) / 6 = 45.33$$

$$RM(F_4(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-44 + 2 * 43 + 144) / 6 = 45.33$$

$$RM(F_5(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-37 + 2 * 57 + 155) / 6 = 57.67$$

$$RM(F_5(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-31 + 2 * 57 + 149) / 6 = 57.67$$

$$RM(F_6(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-46 + 2 * 50 + 160) / 6 = 52.33$$

$$RM(F_6(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-40 + 2 * 50 + 154) / 6 = 52.33$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_4(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (93 - 50w) + (\frac{1}{2}w) * (193 - 150w)] dw = 229 / 3$$

$$\text{OERI}(F_4(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (87 - 44w) + (\frac{1}{2}w) * (187 - 144w)] dw = 220 / 3$$

$$\text{OERI}(F_5(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (94 - 37w) + (\frac{1}{2}w) * (212 - 155w)] dw = 256 / 3$$

$$\text{OERI}(F_5(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (88 - 31w) + (\frac{1}{2}w) * (206 - 149w)] dw = 247 / 3$$

$$\text{OERI}(F_6(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (96 - 46w) + (\frac{1}{2}w) * (210 - 160w)] dw = 165 / 2$$

$$\text{OERI}(F_6(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (90 - 40w) + (\frac{1}{2}w) * (204 - 154w)] dw = 159 / 2$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 4 üncü düğüm noktasında 3 üncü düğüm noktasından gelen değer, 5 inci düğüm noktasında 3 üncü düğüm noktasından gelen değer ve 6 ıncı düğüm noktasında da 3 inci düğüm noktasından gelen değer kabul edilecektir.

Üçüncü fazda 4, 5, ve 6 numaralı düğüm noktalarından, vinç tipi ile ilgili 7 ve 8 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde düğüm noktalarında oluşan değerler şu şekilde olacaktır.

$$F_7(4) = R_4 + E_{74} = (-44;43;144) + (-34;4;44) = (-78;47;188)$$

$$F_7(5) = R_5 + E_{75} = (-31;57;149) + (-39;-10;31) = (-70;47;180)$$

$$F_7(6) = R_6 + E_{76} = (-40;50;154) + (-44;-3;40) = (-84;47;194)$$

$$F_8(4) = R_4 + E_{84} = (-44;43;144) + (-31;12;35) = (-75;55;179)$$

$$F_8(5) = R_5 + E_{85} = (-31;57;149) + (-36;-2;22) = (-67;55;171)$$

$$F_8(6) = R_6 + E_{86} = (-40;50;154) + (-41;5;31) = (-81;55;185)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$\text{RM}(F_7(4)) = (a + b + c) / 3 = (-78 + 47 + 188) / 3 = 52.33$$

$$RM(F_7(5)) = (a + b + c) / 3 = (-70 + 47 + 180) / 3 = 52.33$$

$$RM(F_7(6)) = (a + b + c) / 3 = (-84 + 47 + 194) / 3 = 52.33$$

$$RM(F_8(4)) = (a + b + c) / 3 = (-75 + 55 + 179) / 3 = 53$$

$$RM(F_8(5)) = (a + b + c) / 3 = (-67 + 55 + 171) / 3 = 53$$

$$RM(F_8(6)) = (a + b + c) / 3 = (-81 + 55 + 185) / 3 = 53$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-78 + 2 * 47 + 188) / 4 = 51$$

$$RM(F_7(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-70 + 2 * 47 + 180) / 4 = 51$$

$$RM(F_7(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-84 + 2 * 47 + 194) / 4 = 51$$

$$RM(F_8(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-75 + 2 * 55 + 179) / 4 = 53.50$$

$$RM(F_8(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-67 + 2 * 55 + 171) / 4 = 53.50$$

$$RM(F_8(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-81 + 2 * 55 + 185) / 4 = 53.50$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-78 + 4 * 47 + 188) / 6 = 49.67$$

$$RM(F_7(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-70 + 4 * 47 + 180) / 6 = 49.67$$

$$RM(F_7(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-84 + 4 * 47 + 194) / 6 = 49.67$$

$$RM(F_8(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-75 + 4 * 55 + 179) / 6 = 54$$

$$RM(F_8(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-67 + 4 * 55 + 171) / 6 = 54$$

$$RM(F_8(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-81 + 4 * 55 + 185) / 6 = 54$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_7(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (125 - 78w) + (\frac{1}{2}w) * (235 - 188w)] dw = 571 / 6$$

$$OERI(F_7(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (117 - 70w) + (\frac{1}{2}w) * (227 - 180w)] dw = 547 / 6$$

$$\text{OERI}(F_7(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (131 - 84w) + (\frac{1}{2}w) * (241 - 194w)] dw = 589 / 6$$

$$\text{OERI}(F_8(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (130 - 75w) + (\frac{1}{2}w) * (234 - 179w)] dw = 607 / 6$$

$$\text{OERI}(F_8(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (122 - 67w) + (\frac{1}{2}w) * (226 - 171w)] dw = 583 / 6$$

$$\text{OERI}(F_8(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (136 - 81w) + (\frac{1}{2}w) * (240 - 185w)] dw = 625 / 6$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 7 inci düğüm noktasında 5 inci düğüm noktasından gelen değer, 8 inci düğüm noktasında da 5 inci düğüm noktasından gelen değer kabul edilecektir.

Dördüncü fazda 7 ve 8 numaralı düğüm noktalarından, kurulan posta sayısı ile ilgili 9 ve 10 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde, düğüm noktalarında oluşan değerler şu şekilde olacaktır.

$$F_9(7) = R_7 + E_{97} = (-70;47;180) + (-43;4;44) = (-113;51;224)$$

$$F_9(8) = R_8 + E_{97} = (-67;55;171) + (-34;-4;41) = (-101;51;212)$$

$$F_{10}(7) = R_7 + E_{107} = (-70;47;180) + (-44;-3;33) = (-114;44;213)$$

$$F_{10}(8) = R_8 + E_{108} = (-67;55;171) + (-35;-11;30) = (-102;44;201)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$\text{RM}(F_9(7)) = (a + b + c) / 3 = (-113 + 51 + 224) / 3 = 54$$

$$\text{RM}(F_9(8)) = (a + b + c) / 3 = (-101 + 51 + 212) / 3 = 54$$

$$\text{RM}(F_{10}(7)) = (a + b + c) / 3 = (-114 + 44 + 213) / 3 = 47.67$$

$$\text{RM}(F_{10}(8)) = (a + b + c) / 3 = (-102 + 44 + 201) / 3 = 47.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_9 (7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-113 + 2 * 51 + 224) / 4 = 53.25$$

$$RM (F_9 (8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-101 + 2 * 51 + 212) / 4 = 53.25$$

$$RM (F_{10} (7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-114 + 2 * 44 + 213) / 4 = 46.75$$

$$RM (F_{10} (8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-102 + 2 * 44 + 201) / 4 = 46.75$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM (F_9 (7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-113 + 4 * 51 + 224) / 6 = 52.50$$

$$RM (F_9 (8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-101 + 4 * 51 + 212) / 6 = 52.50$$

$$RM (F_{10} (7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-114 + 4 * 44 + 213) / 6 = 45.83$$

$$RM (F_{10} (8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-102 + 4 * 44 + 201) / 6 = 45.83$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI (F_9 (7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (164 - 113w) + (\frac{1}{2} w) * (275 - 224w)] dw = 467 / 4$$

$$OERI (F_9 (8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (152 - 101w) + (\frac{1}{2} w) * (263 - 212w)] dw = 443 / 4$$

$$OERI (F_{10} (7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (158 - 114w) + (\frac{1}{2} w) * (257 - 213w)] dw = 437 / 4$$

$$OERI (F_{10} (8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (146 - 102w) + (\frac{1}{2} w) * (245 - 201w)] dw = 413 / 4$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 9 uncu düğüm noktasında 8 inci düğüm noktasından gelen değer, 10 uncu düğüm noktasında da 8 inci düğüm noktasından gelen değer kabul edilecektir.

Beşinci yani son fazda 9 ve 10 numaralı düğüm noktalarından, boru çevrim faktörü tipi ile ilgili 11,12,13 ve 14 numaralı düğüm noktalarına ilerlediğimizde, düğüm noktalarında oluşan değerler şu şekilde olacaktır.

$$F_{11} (9) = R_9 + E_{119} = (-101;51;212) + (-35;2;43) = (-136;53;255)$$

$$F_{11} (10) = R_{10} + E_{1110} = (-102;44;201) + (-24;9;44) = (-126;53;245)$$

$$F_{12} (9) = R_9 + E_{129} = (-101;51;212) + (-40;-5;22) = (-141;46;234)$$

$$F_{12} (10) = R_{10} + E_{1210} = (-102;44;201) + (-29;2;23) = (-131;46;224)$$

$$F_{13} (9) = R_9 + E_{139} = (-101;51;212) + (-44;-3;33) = (-145;48;245)$$

$$F_{13} (10) = R_{10} + E_{1310} = (-102;44;201) + (-33;4;34) = (-135;48;235)$$

$$F_{14} (9) = R_9 + E_{149} = (-101;51;212) + (-33;4;34) = (-142;40;226)$$

$$F_{14} (10) = R_{10} + E_{1410} = (-102;44;201) + (-30;-4;15) = (-132;40;216)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM (F_{11} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-136 + 53 + 255) / 3 = 57.33$$

$$RM (F_{11} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-126 + 53 + 245) / 3 = 57.33$$

$$RM (F_{12} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-141 + 46 + 234) / 3 = 46.33$$

$$RM (F_{12} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-131 + 46 + 224) / 3 = 46.33$$

$$RM (F_{13} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-145 + 48 + 245) / 3 = 49.33$$

$$RM (F_{13} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-135 + 48 + 235) / 3 = 49.33$$

$$RM (F_{14} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-142 + 40 + 226) / 3 = 41.33$$

$$RM (F_{14} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-132 + 40 + 216) / 3 = 41.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_{11} (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-136 + 2 * 53 + 255) / 4 = 56.25$$

$$RM (F_{11} (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-126 + 2 * 53 + 245) / 4 = 56.25$$

$$RM (F_{12} (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-141 + 2 * 46 + 234) / 4 = 46.25$$

$$RM (F_{12} (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-131 + 2 * 46 + 224) / 4 = 46.25$$

$$RM (F_{13} (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-145 + 2 * 48 + 245) / 4 = 49$$

$$RM (F_{13} (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-135 + 2 * 48 + 235) / 4 = 49$$

$$RM(F_{14}(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-142 + 2 * 40 + 226) / 4 = 41$$

$$RM(F_{14}(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-132 + 2 * 40 + 216) / 4 = 41$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_{11}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-136 + 4 * 53 + 255) / 6 = 55.17$$

$$RM(F_{11}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-126 + 4 * 53 + 245) / 6 = 55.17$$

$$RM(F_{12}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-141 + 4 * 46 + 224) / 6 = 46.17$$

$$RM(F_{12}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-131 + 4 * 46 + 245) / 6 = 46.17$$

$$RM(F_{13}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-145 + 4 * 48 + 235) / 6 = 48.67$$

$$RM(F_{13}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-135 + 4 * 48 + 226) / 6 = 48.67$$

$$RM(F_{14}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-142 + 4 * 40 + 226) / 6 = 40.67$$

$$RM(F_{14}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-132 + 4 * 40 + 216) / 6 = 40.67$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_{11}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (189 - 136w) + (\frac{1}{2}w) * (308 - 255w)]dw = 1571 / 12$$

$$OERI(F_{11}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (179 - 126w) + (\frac{1}{2}w) * (298 - 245w)]dw = 1511 / 12$$

$$OERI(F_{12}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (187 - 141w) + (\frac{1}{2}w) * (280 - 234w)]dw = 497 / 4$$

$$OERI(F_{12}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (177 - 131w) + (\frac{1}{2}w) * (270 - 224w)]dw = 477 / 4$$

$$OERI(F_{13}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (193 - 145w) + (\frac{1}{2}w) * (293 - 245w)]dw = 773 / 6$$

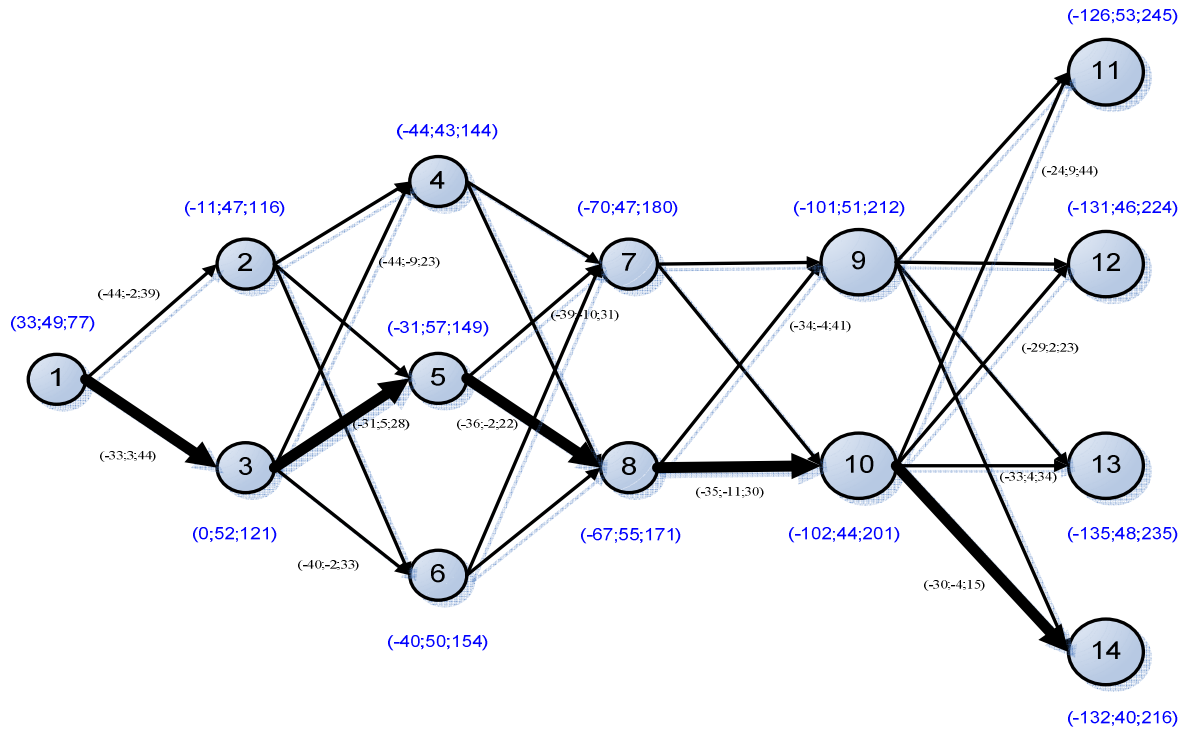
$$OERI(F_{13}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (183 - 135w) + (\frac{1}{2}w) * (283 - 235w)]dw = 743 / 6$$

$$OERI(F_{14}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (182 - 142w) + (\frac{1}{2}w) * (266 - 226w)]dw = 118$$

$$OERI(F_{14}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (172 - 132w) + (\frac{1}{2}w) * (256 - 216w)]dw = 113$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 11 inci, 12 inci, 13 üncü ve 14 üncü düğüm noktalarına, 10 uncu düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Buna göre kritik yolun belirlenmesi için her bir adımda gerçekleşen minimum değerler kabul edilerek bir sonraki fazdaki düğüm noktalarına ilerlenmiştir. Kritik yol şu şekilde oluşmuştur; 1 – 3 – 5 – 8 – 10 – 14. Şekil 5.13’de duyarlılık analizi yapılmış bulanık en kısa yol model akışı ve kritik yol gösterilmektedir.



Şekil 5.13 Bulanık en kısa yol modelinde kritik yol – duyarlılık analizi

Yükleme / boşaltma operasyonu için en uygun kombinasyon aynı anda limanda iki gemi, SID gemi tipi, sahil vinci kullanımı, 2 posta kurulumlu ve boru çevrim faktörü 3.1’den büyük olan ürünler olacaktır. Bu kombinasyon içerisinde kritik sürenin bulanık olarak (33, 40, 48) arasında gerçekleşmesi beklenmektedir.

5.7.3 Bulanık Dinamik Programlama Modelinde Duyarlılık Analizi

Bulanık dinamik programlama ile ilgili olarak kullanılan genel formülasyon Bölüm 4.5.3’de belirtilmiştir. 4.46 ve 4.47 numaralı formüller ışığında kurulan model aşağıdaki gibidir.

İlk fazda başlangıç düğüm noktasından 2 ve 3 numaralı gemi sayısı ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_2(1) = E_{21} + f(1) = (-44; -2; 39) + 0 = (-44; -2; 39)$$

$$F_3(1) = E_{31} + f(1) = (-33; 3; 44) + 0 = (-33; 3; 44)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park’ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(1)) = (a + b + c) / 3 = (-44 + -2 + 39) / 3 = -2.33$$

$$RM(F_3(1)) = (a + b + c) / 3 = (-33 + 3 + 44) / 3 = 4.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(1)) = (a + 2b + c) / 4 = (-44 + 2 * -2 + 39) / 4 = -2.25$$

$$RM(F_3(1)) = (a + 2b + c) / 4 = (-33 + 2 * 3 + 44) / 4 = 4.25$$

c. Chen ve Hsieh’in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_2(1)) = (a + 4b + c) / 6 = (-44 + 4 * -2 + 39) / 6 = -2.17$$

$$RM(F_3(1)) = (a + 4b + c) / 6 = (-33 + 4 * 3 + 44) / 6 = 3.83$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_2(1)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (42 - 44w) + (\frac{1}{2}w) * (37 - 39w)] dw = 235 / 12$$

$$OERI(F_3(1)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (36 - 33w) + (\frac{1}{2}w) * (47 - 44w)] dw = 245 / 12$$

İkinci fazda 2 ve 3 numaralı düğüm noktasından 4, 5 ve 6 numaralı gemi tipi ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_4(2) = E_{42} + f(2) = (-44;-2;39) + (-39;-4;34) = (-83;-6;73)$$

$$F_4(3) = E_{43} + f(3) = (-33;3;44) + (-44;-9;23) = (-77;-6;67)$$

$$F_5(2) = E_{52} + f(2) = (-44;-2;39) + (-26;10;39) = (-70;8;78)$$

$$F_5(3) = E_{53} + f(3) = (-33;3;44) + (-31;5;28) = (-64;8;72)$$

$$F_6(2) = E_{62} + f(2) = (-44;-2;39) + (-35;3;44) = (-79;1;83)$$

$$F_6(3) = E_{63} + f(3) = (-33;3;44) + (-40;-2;33) = (-73;1;77)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + b + c) / 3 = (-83 + -6 + 73) / 3 = -5.33$$

$$RM(F_4(3)) = (a + b + c) / 3 = (-77 + -6 + 67) / 3 = -5.33$$

$$RM(F_5(2)) = (a + b + c) / 3 = (-70 + 8 + 78) / 3 = 5.33$$

$$RM(F_5(3)) = (a + b + c) / 3 = (-64 + 8 + 72) / 3 = 5.33$$

$$RM(F_6(2)) = (a + b + c) / 3 = (-79 + 1 + 83) / 3 = 1.67$$

$$RM(F_6(3)) = (a + b + c) / 3 = (-73 + 1 + 77) / 3 = 1.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-83 + 2 * -6 + 73) / 4 = -5.50$$

$$RM(F_4(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-77 + 2 * -6 + 67) / 4 = -5.50$$

$$RM(F_5(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-70 + 2 * 8 + 78) / 4 = 6$$

$$RM(F_5(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-64 + 2 * 8 + 72) / 4 = 6$$

$$RM(F_6(2)) = (a + 2b + c) / 4 = (-79 + 2 * 1 + 83) / 4 = 1.50$$

$$RM(F_6(3)) = (a + 2b + c) / 4 = (-73 + 2 * 1 + 77) / 4 = 1.50$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_4(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-83 + 4 * -6 + 73) / 6 = -5.67$$

$$RM(F_4(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-77 + 4 * -6 + 67) / 6 = -5.67$$

$$RM(F_5(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-70 + 4 * 8 + 78) / 6 = 6.67$$

$$RM(F_5(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-64 + 4 * 8 + 72) / 6 = 6.67$$

$$RM(F_6(2)) = (a + 4b + c) / 6 = (-79 + 4 * 1 + 83) / 6 = 1.33$$

$$RM(F_6(3)) = (a + 4b + c) / 6 = (-73 + 4 * 1 + 77) / 6 = 1.33$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_4(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (77 - 83w) + (\frac{1}{2}w) * (67 - 73w)] dw = 104 / 3$$

$$OERI(F_4(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (71 - 77w) + (\frac{1}{2}w) * (61 - 67w)] dw = 95 / 3$$

$$OERI(F_5(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (78 - 70w) + (\frac{1}{2}w) * (86 - 78w)] dw = 131 / 3$$

$$OERI(F_5(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (72 - 64w) + (\frac{1}{2}w) * (80 - 72w)] dw = 122 / 3$$

$$OERI(F_6(2)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (80 - 79w) + (\frac{1}{2}w) * (84 - 83w)] dw = 245 / 6$$

$$OERI(F_6(3)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (74 - 73w) + (\frac{1}{2}w) * (78 - 77w)] dw = 227 / 6$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 4 üncü, 5 inci ve 6 ncı düğüm noktalarında 3 üncü düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Üçüncü fazda 4, 5, ve 6 numaralı düğüm noktasından 7 ve 8 numaralı vinç tipi ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_7(4) = E_{74} + f(4) = (-77; -6; 67) + (-34; 4; 44) = (-111; -2; 111)$$

$$F_7(5) = E_{75} + f(5) = (-64; 8; 72) + (-39; -10; 31) = (-103; -2; 103)$$

$$F_7(6) = E_{76} + f(6) = (-73; 1; 77) + (-44; -3; 40) = (-117; -2; 117)$$

$$F_8(4) = E_{84} + f(4) = (-77; -6; 67) + (-31; 12; 35) = (-108; 6; 102)$$

$$F_8(5) = E_{85} + f(5) = (-64;8;72) + (-36;-2;22) = (-100;6;94)$$

$$F_8(6) = E_{86} + f(6) = (-73;1;77) + (-41;5;31) = (-114;6;108)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + b + c) / 3 = (-111 + -2 + 111) / 3 = -0.67$$

$$RM(F_7(5)) = (a + b + c) / 3 = (-103 + -2 + 103) / 3 = -0.67$$

$$RM(F_7(6)) = (a + b + c) / 3 = (-117 + -2 + 117) / 3 = -0.67$$

$$RM(F_8(4)) = (a + b + c) / 3 = (-108 + 6 + 102) / 3 = 0$$

$$RM(F_8(5)) = (a + b + c) / 3 = (-100 + 6 + 94) / 3 = 0$$

$$RM(F_8(6)) = (a + b + c) / 3 = (-114 + 6 + 108) / 3 = 0$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-111 + 2 * -2 + 111) / 4 = -1$$

$$RM(F_7(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-103 + 2 * -2 + 103) / 4 = -1$$

$$RM(F_7(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-117 + 2 * -2 + 117) / 4 = -1$$

$$RM(F_8(4)) = (a + 2b + c) / 4 = (-108 + 2 * 6 + 102) / 4 = 1.50$$

$$RM(F_8(5)) = (a + 2b + c) / 4 = (-100 + 2 * 6 + 94) / 4 = 1.50$$

$$RM(F_8(6)) = (a + 2b + c) / 4 = (-114 + 2 * 6 + 108) / 4 = 1.50$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_7(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-111 + 4 * -2 + 111) / 6 = -1.33$$

$$RM(F_7(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-103 + 4 * -2 + 103) / 6 = -1.33$$

$$RM(F_7(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-117 + 4 * -2 + 117) / 6 = -1.33$$

$$RM(F_8(4)) = (a + 4b + c) / 6 = (-108 + 4 * 6 + 102) / 6 = 3$$

$$RM(F_8(5)) = (a + 4b + c) / 6 = (-100 + 4 * 6 + 94) / 6 = 3$$

$$RM(F_8(6)) = (a + 4b + c) / 6 = (-114 + 4 * 6 + 108) / 6 = 3$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_7(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (109 - 111w) + (\frac{1}{2}w) * (109 - 111w)] dw = 107 / 2$$

$$OERI(F_7(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (101 - 103w) + (\frac{1}{2}w) * (101 - 103w)] dw = 99 / 2$$

$$OERI(F_7(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (115 - 117w) + (\frac{1}{2}w) * (115 - 117w)] dw = 113 / 2$$

$$OERI(F_8(4)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (114 - 108w) + (\frac{1}{2}w) * (108 - 102w)] dw = 119 / 2$$

$$OERI(F_8(5)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (106 - 100w) + (\frac{1}{2}w) * (100 - 94w)] dw = 111 / 2$$

$$OERI(F_8(6)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (120 - 114w) + (\frac{1}{2}w) * (114 - 108w)] dw = 125 / 2$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 7 inci ve 8 inci düğüm noktalarında 5 inci düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Dördüncü fazda 7 ve 8 numaralı düğüm noktasından 9 ve 10 numaralı posta sayısı ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_9(7) = E_{97} + f(7) = (-103;-2;103) + (-43;4;44) = (-146;2;147)$$

$$F_9(8) = E_{98} + f(8) = (-100;6;94) + (-34;-4;41) = (-134;2;135)$$

$$F_{10}(7) = E_{107} + f(7) = (-103;-2;103) + (-44;-3;33) = (-147;-5;136)$$

$$F_{10}(8) = E_{108} + f(8) = (-100;6;94) + (-35;-11;30) = (-135;-5;124)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM (F_9 (7)) = (a + b + c) / 3 = (-146 + 2 + 147) / 3 = 1$$

$$RM (F_9 (8)) = (a + b + c) / 3 = (-134 + 2 + 135) / 3 = 1$$

$$RM (F_{10} (7)) = (a + b + c) / 3 = (-147 + -5 + 136) / 3 = - 5.33$$

$$RM (F_{10} (8)) = (a + b + c) / 3 = (-135 + -5 + 124) / 3 = - 5.33$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_9 (7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-146 + 2 * 2 + 147) / 4 = 1.25$$

$$RM (F_9 (8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-134 + 2 * 2 + 135) / 4 = 1.25$$

$$RM (F_{10} (7)) = (a + 2b + c) / 4 = (-147 + 2 * -5 + 136) / 4 = - 5.25$$

$$RM (F_{10} (8)) = (a + 2b + c) / 4 = (-135 + 2 * -5 + 124) / 4 = - 5.25$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM (F_9 (7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-146 + 4 * 2 + 147) / 6 = 1.50$$

$$RM (F_9 (8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-134 + 4 * 2 + 135) / 6 = 1.50$$

$$RM (F_{10} (7)) = (a + 4b + c) / 6 = (-147 + 4 * -5 + 136) / 6 = - 5.17$$

$$RM (F_{10} (8)) = (a + 4b + c) / 6 = (-135 + 4 * -5 + 124) / 6 = - 5.17$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI (F_9 (7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (148 - 146w) + (\frac{1}{2} w) * (149 - 147w)] dw = 901 / 12$$

$$OERI (F_9 (8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (136 - 134w) + (\frac{1}{2} w) * (137 - 135w)] dw = 829 / 12$$

$$OERI (F_{10} (7)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (142 - 147w) + (\frac{1}{2} w) * (131 - 136w)] dw = 811 / 12$$

$$OERI (F_{10} (8)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (130 - 135w) + (\frac{1}{2} w) * (119 - 124w)] dw = 739 / 12$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 9 uncu ve 10 uncu düğüm noktalarında 8 inci düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Dördüncü fazda 9 ve 10 numaralı düğüm noktasından 11, 12, 13 ve 14 numaralı boru çevrim faktörü ile ilgili düğüm noktalarına ilerlediğimizde;

$$F_{11} (9) = E_{119} + f (9) = (-134;2;135) + (-35;2;43) = (-169;4;178)$$

$$F_{11} (10) = E_{1110} + f (10) = (-135;-5;124) + (-24;9;44) = (-159;4;168)$$

$$F_{12} (9) = E_{129} + f (9) = (-134;2;135) + (-40;-5;22) = (-174;-3;157)$$

$$F_{12} (10) = E_{1210} + f (10) = (-135;-5;124) + (-29;2;23) = (-164;-3;147)$$

$$F_{13} (9) = E_{139} + f (9) = (-134;2;135) + (-44;-3;33) = (-178;-1;168)$$

$$F_{13} (10) = E_{1310} + f (10) = (-135;-5;124) + (-33;4;34) = (-168;-1;158)$$

$$F_{14} (9) = E_{149} + f (9) = (-134;2;135) + (-41;-11;14) = (-175;-9;149)$$

$$F_{14} (10) = E_{1410} + f (10) = (-135;-5;124) + (-30;-4;15) = (-165;-9;139)$$

Düğüm nokta değerlerinden hangisinin seçileceğini belirlemek amacıyla, derecelendirme yöntemleri kullanılacaktır. Derecelendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplamalar şu şekildedir;

a. Chiu ve Park'ın ortalama derecelendirme yöntemi

$$RM (F_{11} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-169 + 4 + 178) / 3 = 4.33$$

$$RM (F_{11} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-159 + 4 + 168) / 3 = 4.33$$

$$RM (F_{12} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-174 + -3 + 157) / 3 = - 6.67$$

$$RM (F_{12} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-164 + -3 + 147) / 3 = - 6.67$$

$$RM (F_{13} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-178 + -1 + 168) / 3 = - 3.67$$

$$RM (F_{13} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-168 + -1 + 158) / 3 = - 3.67$$

$$RM (F_{14} (9)) = (a + b + c) / 3 = (-175 + -9 + 149) / 3 = - 11.67$$

$$RM (F_{14} (10)) = (a + b + c) / 3 = (-165 + -9 + 139) / 3 = - 11.67$$

b. Normal sayının karşılaştırılması derecelendirme yöntemi

$$RM (F_{11} (9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-169 + 2 * 4 + 178) / 4 = 4.25$$

$$RM (F_{11} (10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-159 + 2 * 4 + 168) / 4 = 4.25$$

$$RM(F_{12}(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-174 + 2 * -3 + 157) / 4 = - 5.75$$

$$RM(F_{12}(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-164 + 2 * -3 + 147) / 4 = - 5.75$$

$$RM(F_{13}(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-178 + 2 * -1 + 168) / 4 = - 3$$

$$RM(F_{13}(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-168 + 2 * -1 + 158) / 4 = - 3$$

$$RM(F_{14}(9)) = (a + 2b + c) / 4 = (-175 + 2 * -9 + 149) / 4 = - 11$$

$$RM(F_{14}(10)) = (a + 2b + c) / 4 = (-165 + 2 * -9 + 139) / 4 = - 11$$

c. Chen ve Hsieh'in derecelendirme yöntemi

$$RM(F_{11}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-169 + 4 * 4 + 178) / 6 = 4.17$$

$$RM(F_{11}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-159 + 4 * 4 + 168) / 6 = 4.17$$

$$RM(F_{12}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-174 + 4 * -3 + 157) / 6 = - 4.83$$

$$RM(F_{12}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-164 + 4 * -3 + 147) / 6 = - 4.83$$

$$RM(F_{13}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-178 + 4 * -1 + 168) / 6 = - 2.33$$

$$RM(F_{13}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-168 + 4 * -1 + 158) / 6 = - 2.33$$

$$RM(F_{14}(9)) = (a + 4b + c) / 6 = (-175 + 4 * -9 + 149) / 6 = -10.33$$

$$RM(F_{14}(10)) = (a + 4b + c) / 6 = (-165 + 4 * -9 + 139) / 6 = -10.33$$

d. OERI derecelendirme yöntemi

$$OERI(F_{11}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (173 - 169w) + (\frac{1}{2} w) * (182 - 178w)] dw = 357 / 4$$

$$OERI(F_{11}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (163 - 159w) + (\frac{1}{2} w) * (172 - 168w)] dw = 337 / 4$$

$$OERI(F_{12}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (171 - 174w) + (\frac{1}{2} w) * (154 - 157w)] dw = 991 / 12$$

$$OERI(F_{12}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2} w) * (161 - 164w) + (\frac{1}{2} w) * (144 - 147w)] dw = 931 / 12$$

$$OERI(F_{13}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (177 - 178w) + (\frac{1}{2}w) * (167 - 168w)]dw = 523 / 6$$

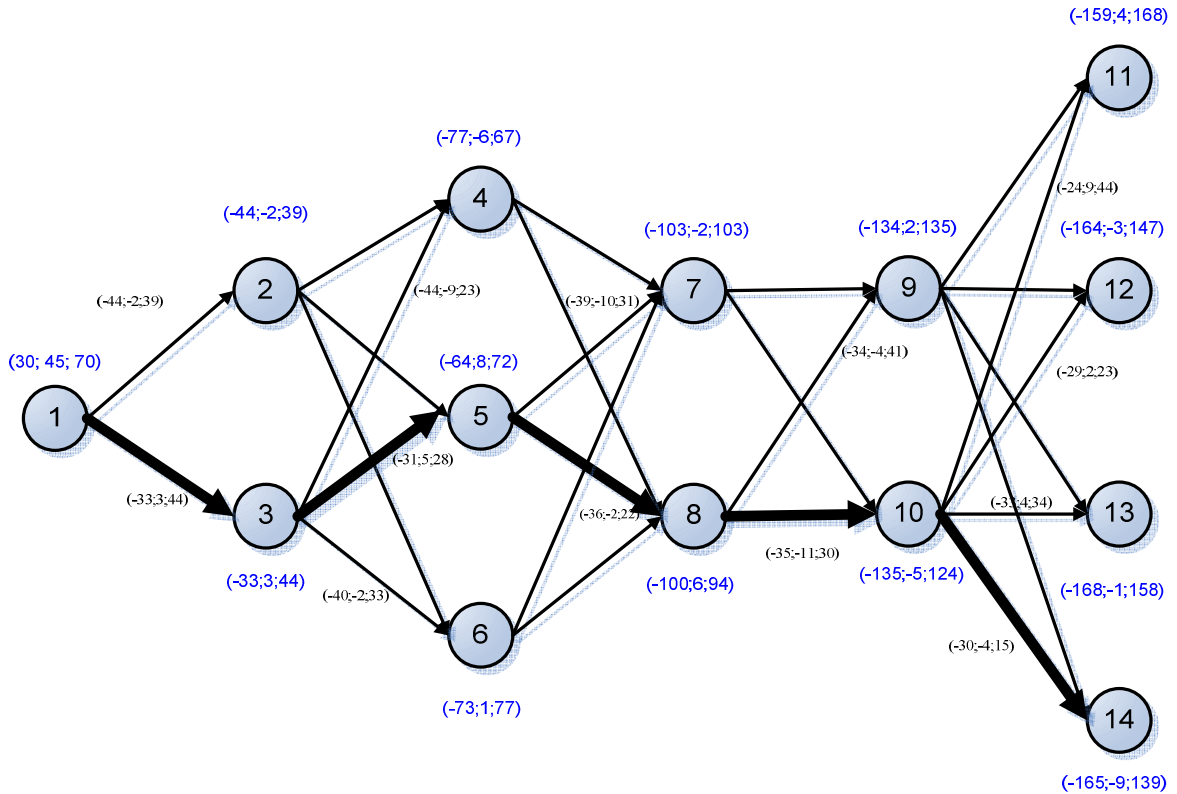
$$OERI(F_{13}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (167 - 168w) + (\frac{1}{2}w) * (157 - 158w)]dw = 493 / 6$$

$$OERI(F_{14}(9)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (166 - 175w) + (\frac{1}{2}w) * (140 - 149w)]dw = 229 / 3$$

$$OERI(F_{14}(10)) = \int_0^1 [(1 - \frac{1}{2}w) * (156 - 165w) + (\frac{1}{2}w) * (130 - 139w)]dw = 214 / 3$$

Dört metot ile yapılan derecelendirmeler neticesinde 11 inci, 12 inci, 13 üncü ve 14 üncü düğüm noktalarında 10 uncu düğüm noktasından gelen değerler kabul edilecektir.

Kritik yolun belirlenmesi için her bir adımda gerçekleşen minimum değerler kabul edilerek bir sonraki fazdaki düğüm noktalarına ilerlenmiştir. Kritik yol şu şekilde oluşacaktır; 1 – 3 – 5 – 8 – 10 – 14. Şekil 5.14’de duyarlılık analizi yapılmış bulanık dinamik programlama model akışı ve kritik yol gösterilmektedir.



Şekil 5.14 Bulanık dinamik programlama modelinde kritik yol – duyarlılık analizi

Yükleme / boşaltma operasyonu için en uygun kombinasyon aynı anda limanda iki gemi, SID gemi tipi, sahil vinci kullanımı, 2 posta kurulumlu ve boru çevrim faktörü 3.1'den büyük olan ürünler olacaktır. Bu kombinasyon içerisinde kritik sürenin bulanık olarak (33, 40, 48) arasında gerçekleşmesi beklenmektedir.

5.8 Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışma içerisinde üretim firmasının üretimden itibaren, ürünlerin gemiye yüklenmesine kadar olan süreçte, elde edilebilecek olan verimlilik çalışmaları modellenmiş ve bu modeller optimize edilmiştir. Çalışma kapsamında X Lojistik firmasının limanında yapılan liman lojistik hizmetleri için matematiksel modeller kurulmuştur. Bu modeller yardımı ile limanda A Üretim firması için kullanılan ekipmanların yeterliliği simülasyon ile belirlenmiş olup, aynı zamanda A Üretim firmasının ihracat sürecindeki, liman süreci bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli, bulanık en kısa yol ve bulanık dinamik programlama ile modellenmiştir. Çizelge 5.25'de modelin çözüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Çizelge 5.26'da da modelin duyarlılık analizi ile yapılan uygulama sonuçları görülmektedir.

Çizelge 5.25 Uygulama sonuçlarının karşılaştırılması

Modeller / Kriterler	Bulanık En Kısa Mesafeli Ağaç Modeli	Bulanık En Kısa Yol Modeli	Bulanık Dinamik Programlama
Kritik Yol	1 – 2 – 4 – 7 – 10 - 14	1 – 3 – 5 - 8 – 10 - 14	1 – 3 – 5 - 8 – 10 - 14
Kritik Süre	(30 ; 36 ; 45)	(30 ; 36 ; 45)	(30 ; 36 ; 45)
Ek Maliyetler (USD)*	4.300	0	0
Gemi Tipi	4.000	0	0
Vinç Tipi	300	0	0

Çizelge 5.26 Duyarlılık analizi uygulama sonuçlarının karşılaştırılması

Modeller / Kriterler	Bulanık En Kısa Mesafeli Ağaç Modeli	Bulanık En Kısa Yol Modeli	Bulanık Dinamik Programlama
Kritik Yol	1 – 2 – 4 – 7 – 10 - 14	1 – 3 – 5 - 8 – 10 - 14	1 – 3 – 5 - 8 – 10 - 14
Kritik Süre	(33 ; 40 ; 48)	(33 ; 40 ; 48)	(33 ; 40 ; 48)
Ek Maliyetler (USD)*	4.300	0	0
Gemi Tipi	4.000	0	0
Vinç Tipi	300	0	0

* ortalama 2000 tonluk bir sevkıyat göz önüne alınarak USD cinsinden hesaplama yapılmıştır.

Matematiksel modellerin maliyetlerindeki farklılıklar Çizelge 5.25 ve Çizelge 5.26'da gösterilmiştir. Bu maliyetlerin hesaplanmasında geminin günlük maliyetinin 16.000 usd/gün olduğu kabul edilmiştir (2.000 tonluk gemi için). Gemi vincinin maliyeti 0.45 USD/ton, sahil

vincinin ise 0,30 USD/ton'dur. Türkiye'den Avrupa'daki aynı noktaya gidecek olan gemileri yaklaşık olarak kiralama maliyetleri şu şekildedir, Box gemi 50 USD/ton, SID gemi 48 USD/ton, SID/River gemi 45 USD/ton'dur.

Gemi yüklemesini etkileyen değişkenlere göre kurulan bu modelde, yükleme sürelerinin temelde her üç yöntem için de aynı süreleri verdiği, fakat kritik yol etkisi ile maliyetlerde farklılıklar olduğu görülmüştür. Bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli ile bulanık en kısa yol ve bulanık dinamik programlama modelleri arasında fark olmasının temel nedeni bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli algoritmasında safhalar bazında en iyi sonuçların alınıp bir sonraki safhaya diğer safhadan çıkan verilerin göz ardı edilerek gidilmesidir. Diğer modelde ise, her bir safhada düğüm noktasına giren en iyi sonuçlar alınarak, kritik yol belirlenmektedir. Bu sebepler sonuçların farklılığının temelini oluşturmaktadır.

Yapılan duyarlılık analizi, ana modelin kendi içerisindeki tutarlılığının gösterilmesine yardımcı olmuştur.

Kurulan bulanık en kısa yol ve bulanık dinamik programlama modelleri ile maliyet ve zaman açısından en optimum sonuçlar elde edilmiştir. Bu modellerin en kısa mesafeli ağaç modeline göre daha maliyet odaklı olduğu söylenebilir.

Problemin amacı olan, gemi yükleme hızının artırılması, böylelikle navlun fiyatlarında avantaj elde etmek, liman kullanım kapasitesinin ve gelirlerinin artırılması ve hangi şartlarda hangi gemi anlaşmalarının yapılması dolayısıyla demuraj ödenmemesi konularıyla ilgili olarak istenen çözüme ulaşılmıştır. Gemi yükleme hızının artması ile liman kullanım kapasitesi paralel olarak çözümlenmiştir. Hedefe ulaşmak için ekipman optimizasyonu, gemi yükleme aparatı tasarlanması ve matematiksel modeller yardımı ile anlaşması yapılan gemi için en uygun kombinasyonunun (yüklenecek ürün, posta sayısı, vinç tipi, gemi tipi ve limandaki gemi sayısına göre) belirlenmesi aşamaları tamamlanmıştır. Problemin diğer bir amacı olan gemi yükleme sürecinde daha etkin planlama (ekip, ekipman ve stok sahası) konularında ise yapılan detaylı süreç tasarımından bahsedilmiştir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Beşinci bölümde çözümlenen problemin model çözümlerinin hayata geçirilmesi için bir uygulama planı oluşturulmuştur. Uygulama planının amacı, tasarlanan yeni modelin hayata geçişini kontrol altına almaktır. Modelin uygulama planının ana başlıkları şu aşamalardan oluşmaktadır.

1. Sürecin tek elden yönetiminin sağlanması
2. Teknik tasarımların uygulamaya alınması
3. Kaynak planlamasının yapılması
4. Matematiksel modelin ilgili departmanlar ile paylaşılması ve kullanılması

Bu modelin kurulması ve hayata geçirilmesi ile hedeflenen 900 ton/ambar/gün gemi yükleme performansına uygun olarak, 2006 yılında üretim firmasının ürünlerini almaya gelen 52 gemide % 91’lik bir başarı elde edilmiştir (Ocak – Eylül 06). %9’luk kısımdaki gemiler ise tonaj açısından küçük olan gemilerdir. Demuraj ödemesi hiç gerçekleşmemiştir. Limanda operasyon verimliliğinden kaynaklanan ciro artışı da görülmektedir. A Üretim firması için kiralanan gemilerin navlun fiyatlarında ise bir önceki yıla göre yaklaşık olarak % 6.3 oranında bir avantaj sağlandığı tespit edilmiştir.

İçinde bulunduğumuz çağın en önemli özelliklerinden biri bilgi, ve iletişim teknolojilerinde kaydedilen çok hızlı gelişmelerdir. Bu gelişmeler küreselleşme sürecinin altyapısını hazırlayan en önemli faktörlerdendir. Yoğun ve dinamik bilgi ve iletişim ortamı, küreselleşme sürecinde yepyeni bir ekonomik yapının da hızla gelişmesine neden olmuştur. “Yeni Ekonomi” adı verilen bu yeni yapıyı oluşturan kavramlar bilgi ve iletişim teknolojileri, sinerji ve yeni dinamiklerdir.

Özellikle üretici şirketler başta olmak üzere, şirketler kaliteden ödün vermeden üretmiş oldukları mal ve hizmetlerin toplam maliyetlerini minimize etmeye çalışarak, yoğun rekabet yaşanan pazarlarda varlıklarını sürdürmeye çalışmaktadırlar. Böyle bir ekonomik yapı içinde faaliyet gösteren kurumlar da sürekli olarak yaratıcı olmak, maliyetlerini düşürmek için yeni alternatifler bulmak ve müşteri memnuniyetini artırmak zorundadırlar.

21. Yüzyılda en önemli gelişmelerin gözleneceği üç konunun, bilgi ve iletişim teknolojileri, mikro biyoloji ve gen teknolojileri ve lojistik ve tedarik zinciri yönetimi olduğu sıkça vurgulanmaktadır.

Son yıllarda görülen rekabet koşullarının güçleşmesi, küreselleşme, teknolojinin hızlı gelişimi, tedarik zincirindeki ağların yapısının karmaşıklaşması, tüketimin artması ve ürün yaşam sürecinin kısalması vb. gelişmeler işletmelerin tedarik zinciri stratejilerini yeniden gözden geçirmelerini gerekli kılmaktadır.

Deniz yolu taşımacılığı, işletme lojistiği çerçevesi boyutunda kullanılan önemli bir ulaştırma yöntemidir. Türkiye, dış ticaret taşımalarının miktar olarak % 90'ının denizyolu ile gerçekleştirildiği tahmin edilmektedir. 1970'de 2.6 milyar ton olan dünya deniz ticaret hacminin, 1998 yılında 5.23 milyar tona yükseldiği (UNCTAD, 2000) belirtilmektedir.

Deniz yolu taşımacılığı, “kapıdan kapıya taşıma” ilkesi çerçevesinde büyük bir hızla konteynerleşme sürecindedir. Bu süreç intermodal ve multimodal taşımacılık kavramlarını ön plana çıkarmakta ve tedarik zinciri boyunca etkinliğin artırılmasında önemli bir etken olarak değerlendirilmektedir. Konteynerle taşınan giderek artan çeşit ve miktarlardaki yarı mamul ve mamul yüklerde, ulaştırma hizmetinin hızı ve güvenlik konularında önemli gelişmeler gözlenmektedir.

Konteyner limanlarının giderek artmasının yanı sıra, genel kargo (açık yüklerin) tonajı azalsa da, bu işi yapan limanların sayısı da aynı paralellikte azaltılmaktadır. Çünkü konteyner gemilerinin yükleme ve boşaltma performansları artık ekipman, bilgi işlem alt yapısı ve limanın fiziki yapısına bağlı kalmaktadır. Limanlara göre ortaya çıkan kısıtlar operasyonel olarak sabit hale gelmektedir.

Bu çalışmanın da konusu olan açık yükler için her zaman verimlilik arttıracak noktalar olduğu kaçınılmaz bir gerçektir. Lojistik firmalarının limanlarının fiziki şartları, ürünlerin fiziki şartları, üretim yapan firmanın gerçekleri bir araya geldiği, her zaman farklı bir alternatifin bulunabileceği genel kargo liman hizmetlerinin modellenmesinde, bu yapılan ilk çalışmanın yeni çalışmalara ışık tutabileceği aşabileceği göz ardı edilmemelidir.

Maliyetinin diğer taşıma türlerine göre daha düşük olması, büyük miktarlardaki yüklerin bir defada taşınabilmesine imkan sağlaması gibi nedenlerle dünya ticaretinin yaklaşık % 80'i deniz yolu ile yapılmaktadır. Sektörde yaşanan gelişmeler uzak pazarlara daha kolay ulaşımı sağlamıştır.

Son dönemlerde kara, hava, deniz ve demir yolu taşımacılığı taşıma sürecinde birbirini tamamlamayıcı rol oynamaya başlamış ve “kombine taşımacılık” gelişmeye başlamıştır. Önümüzdeki dönemde kombine taşımacılığın ağırlığını artırması beklenmektedir. Bu nedenle ülkemizin limanlarını ve diğer ulaşım altyapılarını geliştirmesi, sektörün dünya pazarından

alacağı payın artırılmasında büyük önem taşıyacaktır.

Kombine taşımacılığın gelişmesiyle, lojistik firmaları entegre lojistik hizmetlerini geliştirmeye başlayacaklardır. Lojistikte her müşterinin, her aracın, her deponun, her limanın farklı bir dinamiği olduğu düşünülürse, bulanık bir ortamda optimum çözümler üretmenin hem lojistik firmalarına hem de hizmet satın alan firmalara katma değer sağlayacağı kesindir. Bu noktadan hareketle, yöneylem araştırması tekniklerinin, hedeflenen rekabet gücünü sağlaması amacıyla kullanılması firmalara rekabette üstünlük elde etme şansı verecektir.

Tedarik zincirleri üzerinde yapılacak olan verimlilik artırma çalışmalarıyla işletmeler, maliyetlerinde avantaj elde edip, rekabette bir adım öne geçmeyi hedeflemektedirler. Tedarik zinciri üzerinde yapılabilecek verimlilik artırma yöntemlerinden biri de matematiksel modeller yardımı ile karar vermektir.

Kombine taşımacılık içerisinde her bir taşıma yönteminin çevrim süresinin optimize edilmesi için, tüm süreci etkileyeceğinden, yöneylem araştırması teknikleri ve simülasyon tekniklerinden yararlanılarak hedeflenen sistemler tasarlanabilir. Bu teknikler ile en kısa zamanda ve müşterinin talebini karşılayan hizmetin nasıl verilmesi gerektiğinin lojistik firmalarınca hesaplanması günümüz koşullarında onlara rekabet avantajı yaratacaktır.

Genel kargo yükleri ile liman lojistik faaliyetleri için yapılan, bulanık en kısa mesafeli ağaç modeli, bulanık en kısa yol ve bulanık dinamik programlama modelleri aynı problem için ayrı ayrı uygulanmış olup, duyarlılık analizi ile de kararlılığı test edilmiştir. Bulanık sayıların kullanılma nedeni yeterli sayıda verinin olmayışı ve değişkenlerin farklı sonuçlar üretebilmesidir.

Liman içerisinde yer alan kaynakların yeterliliğinin belirlenmesi amacıyla, simülasyondan faydalanılarak optimum ekipman sayısı tespit edilmiştir. Simülasyon çalışmaları ile liman içerisindeki kaynakların optimizasyonu, limanlar ile ilgili yapılacak tüm çalışmaların değişmez parçası olacaktır. Optimize olmayan kaynak sayılarının üzerine kurulacak olan çözümlerin uzun vadeli olması beklenmemelidir.

Problemin çözümünde kullanılan yöntemler içerisinde istatistiki teknikler de yer almıştır. Hipotez testleri ile, yeterli ölçüm olduğu takdirde, kök nedenlerin ispatlanabileceği bu çalışma içerisinde gösterilmiştir. Kök nedenler, hedeflenen durum ile mevcut durum arasındaki farkın, olası nedenlerinin istatistiki olarak ispatlanmış olduğu durumdur. Uygulama bölümü içerisinde kök neden olarak düşünülen, fakat gerçekte kök neden olmayan sebeplerinde olduğu görülmüştür. Dolayısıyla hedeflene duruma ulaşmayı engelleyecek nedenleri

araştırırken istatistiki yöntemler ile gerçek etkinin ne olduğunun ispatlanması kalıcı çözümlerin üretilmesine yol açacaktır.

Genel kargo alanında yapılacak çalışmalarda, özellikle bu çalışma içerisinde yapılan bulanık matematiksel modellerin ilerideki çalışmalara yön vereceği şüphesizdir. Niş bir alan olan, genel kargo yükleri ile ilgili matematiksel modellerin kurulması, konteyner limanları dışındaki limanlarda verimlilik artırma çalışmalarına hız katabilir. Konteyner ağırlıklı limanlarda tüm fiziki şartların, kaynakların, ürün tiplerinin ve kısıtların tanımlandığı bir matematiksel model gelen ürünler hep aynı olduğu için stabil hale geçecektir.

Genel kargoda ise, liman fiziki şartlarının dışındaki şartların her zaman dinamik olduğu görülmektedir. Bu noktadan hareketle kısıtların, kaynakların ve ürünlerin belki her yeni müşteri için tekrardan tasarlanması gerekmektedir. Tüm sisteme yukarıdan bakabilecek bir simülasyon çalışmasından sonra kurulacak matematiksel modeller ile hedeflenen verimliliğin yakalanabileceği şüphesizdir.

Farklı tipte liman hizmetleri verilebilmektedir. Konteyner, genel kargo, Ro-Ro ve pilotaj. Bu hizmetlerden pilotaj hariç olanları, teknik bir sorun olmadığı takdirde her limanda verilebilir. Ancak firmaların hangi hizmetten daha çok kar elde edebileceğini belirlemek amacıyla, bu hizmet kollarına ilişkin kurulabilecekleri matematiksel bir model ile, liman işletmesi yapan firmaların maliyet yapısına uygun, hizmet tipini seçmelerine yardımcı olacaktır.

Bu çalışma ile genel kargo yükü elleçlenen bir süreçte matematiksel değişkenlerin doğru seçilmesi ile matematiksel modelleme yapılabildiği ve bu modelin optimize edildiği, literatüre bu konuda yeni bir çalışma alanı kazandırıldığı ve liman lojistiği konusunda yeni çalışmalara yön vereceği gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akten N., (1982), Ro-Ro Taşımacılığı, İstanbul Ticaret Odası Yayını, İstanbul.
- Aldoğan A.İ., Ünsan Y., Bayraktarkatal E., (1999), “Ro-Ro Taşımacılığının Ülkemiz Deniz Ulaştırma Sektöründeki Yeri”, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi Bildiri Kitabı, Yapım Matbaacılık Ltd, İstanbul.
- Antonoiu G. ve Srimani P.K., (1998), “A Self-Stabilizing Distributed Algorithm for Minimal Spanning Tree Problem in a Symmetric Graph”, Computers Math. Applic. Vol. 35, No. 10, pp. 15-23, USA.
- Arntzen, B.C., Gerald, G.B., Terry, P.H., Linda L.T. (1995) “Global Supply Chain Management At Digital Equipment Corporation”, Interfaces.
- Ayers J. B., (2004), Ayers Supply Chain Management Participant Journal
- Baldwin J.F. ve Guild N.C.F., (1979), “Comparison Of Fuzzy Sets On The Same Decision Space”, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 2, 213-231.
- Bellman R.E. ve Zadeh L.A., (1970), “Decision Making In A Fuzzy Environment”, Management Science, Vol. 17B, 209 – 215.
- Berenji H.R., (1994), “Fuzzy Q-Learning: A New Approach for Fuzzy Dynamic Programming”, Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Vol. 1, 486–491.
- Bichou K. Ve Gray R., (2004), “A Logistics And Supply Chain Management Approach To Port Performance Measurement” Maritime Policy & Management, 31, 1, 47 – 67
- Bielli M., Boulmakoul A., Rida M., (2005), “Object Oriented Model For Container Terminal Distributed Simulation”, European Journal of Operational, article in press, Morocco.
- Bortolan G., ve Degani R., (1985), “A Review Of Some Methods For Ranking Fuzzy Subsets”, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 15, 1-19.
- Campos Ibanes L.M., ve Gonzales Munoz A., (1989), “A Subjective Approach For Ranking Fuzzy Subsets”, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 29, 145-153.
- Chang P.T. ve Lee E.S., (1994), “Ranking Of Fuzzy Sets Based On The Concept Of Existence”, Computers and Mathematics with Applications, Vol. 27(9), 1-21.
- Chang P.T. ve Lee E.S., (1999), “Fuzzy Decision Networks and Deconvolution”, Computers and Mathematics with Applications, Vol. 37, 53-63
- Chen C.B, ve Klein C.M., (1997), “A Simple Approach To Ranking A Group Of Aggregated Fuzzy Utilities”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part B: Cybernetics Vol. 27(1), 26-35.
- Chen C.T. ve Huang S.F., (2006), “Order-Fullfilment Ability Analysis İn The Supply Chain System Wit Fuzzy Operation Times”, Int. J. Production Economics, Vol. 101, 185–193.
- Chen S.H. ve Hsieh C.H., (2000), “Representation Ranking, Distance, and Similarity of L-R Type Fuzzy Number and Application”, Australian Journal of Intelligent Processing System, Vol. 6, no 4, 217 – 229.
- Chen S.H., (1985), “Ranking Fuzzy Numbers With Maximizing Set and Minimizing Set”,

Fuzzy Sets and Systems, Vol. 17, 113-129.

Chen S.M. ve Chang T.H., (2001), "Finding Multiple Possible Critical Paths Using Fuzzy PERT", IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics — Part B: Cybernetics, Vol. 31, No. 6

Chen Y.W. ve Hsieh H.E., (2006), "Fuzzy Multistage De Novo Programming Model", Applied Mathematics and Computation, article in press, Taiwan.

Cheng C.H., (1998), "A New Approach For Ranking Fuzzy Numbers By Distance Method", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 95, 307-317.

Chiu C.Y. ve Park C.S. (1994), "Fuzzy Cash Flow Analysis Using Present Worth Criterion", The Engineering Economist, Vol. 39, No 2, 113 – 138.

Chopra, S. ve Meindl, P., (2001), Supply Chain Management : Strategy, Planning and Operation, Prentice-Hall, New Jersey.

Chou C.C., (2006), "A Fuzzy MCDM Method For Solving Marine Transshipment Container Port Selection Problems", Applied Mathematics and Computation, article in press, Taiwan.

Cohen, M.A. ve Lee, H.L. (1988), "Strategic Analysis of Integrated Production–Distribution Systems: Models and Methods", Operation Research.

Cullinane K. ve Song D.W., (2003), "A Stochastic Frontier Model Of The Productive Efficiency Of Korean Container Terminals", Applied Economics, Vol. 35, 251–267, Hong Kong.

Çelikoğlu C.C. ve Moralı N., (2000), "Ulaştırma Problemlerinde Duyarlılık Analizi", Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt 2, Sayı 4, İzmir.

Daşdemir İ., Güngör E., (2004), "Çok Boyutlu Karar Verme Metodları Ve Ormancılıkta Uygulama Alanları", ZKU Bartın Orman Fakültesi dergisi, Vol I – II, Bartın.

Dubois D., ve Prade H., (1983), "Ranking Fuzzy Numbers In The Setting Of Possibility Theory", Information Sciences, Vol. 30, 183-224.

Düzgün H. ve Samancı B., (2005), "Karar Verme Aşamalarında Simülasyon Kullanımı" Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği, İstanbul.

Esogbue A.O. (1999), "Computational Complexity of Some Fuzzy Dynamic Programs" Computers and Mathematics with Applications, Vol. 11, 47–51.

Esogbue A.O. (1999), "Fuzzy Dynamic Programming: Theory and Applications to Decision and Control" Proceedings of the 18th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS'99), 18–22.

Facchinetti G. ve Ricci R.G., (2004), "A Characterization Of A General Class Of Ranking Functions On Triangular Fuzzy Numbers", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 146, 297-312, Italy.

Fortemps P., ve Roubens M., (1996), "Ranking And Defuzzification Methods Based On Area Compensation", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 82, 319-330.

Fox, M.S., (1997), "The Integrated Supply Chain" Management System Department of Industrial Engineering, University of Toronto.

Freeling A.N.S., (1980), "Fuzzy Sets And Decision Analysis", IEEE Transactions on

Systems, Man and Cybernetics, Vol. 6, 341-354.

Fu C. ve Wang H. F., (1999), "Fuzzy Project Management by Team Approach", Proceedings of the IEEE International Fuzzy Systems Conference (FUZZ-IEEE'99), Vol. 3, 1487-1492.

Geneshan R. ve Harrison T.P., (1995), "An Introduction to Supply Chain Management", Department of Management Science and Information Systems, Penn State University.

Hong T.P. ve Chuang T.N., (1999), "A New Triangular Fuzzy Johnson Algorithm", Computers & Industrial Engineering 36, 179-200, Taiwan.

Huang K.Y., Yang H.T., Liao C.C., Huang C.L., (1998), "Fuzzy Dynamic Programming for Robust Direct Load Control", Proceedings of the 2nd International Conference on Energy Management and Power Delivery (EMPD'98), Vol. 2, 564-569.

Hussein M.L., Abo-Sinna M.A., (1995), "Fuzzy Dynamic Approach To The Multicriterion Resource Allocation Problem", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 2, 115-124.

Jamshidi M., (1997), "Large Scale Systems: Modelling, Control and Fuzzy Logic", Prentice Hall, 498, New Jersey.

Kacprzyk J., Esogbue A.O., (1996), "Fuzzy Dynamic Programming: Main Developments and Applications", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 1, No. 81, 31-45.

Kahraman C. ve Bozdağ C.E., (2003), "Fuzzy Investment Analysis Using Capital Budgeting and Dynamic Programming Techniques", 93 – 128.

Kahraman C., Ulukan Z., Tolga E. (1998), "Combining Equal-Life Multilevel Investments Using Fuzzy Dynamic Programming", Proceedings of the Third Asian Fuzzy Systems Symposium (AFSS'98), 347-351.

Kaufmann A. ve Gupta M., (1988), "Fuzzy Mathematical Models In Engineering and Management Science", Elsevier Science Publishers B.V.

Kim K., ve Park K.S., (1990), "Ranking Fuzzy Numbers With Index Of Optimism", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 35, 143-150.

Lee E.S., ve Li R.J., (1988), "Comparison Of Fuzzy Numbers Based On The Probability Measure Of Fuzzy Events", Computers and Mathematics with Applications, Vol. 15(10), 887-896.

Lee T.W., Park N.K., Lee D.W., (2003), "A Simulation Study For The Logistics Planning Of A Container Terminal in View of SCM", Marit. Pol. Mgmt., Vol. 30, No. 3, 243-254, Korea.

Lee, H.L., ve Billington, C., (1995), "Material Management in Decentralized Supply Chain", Operation Research.

Li L. ve Lai K.K., (2001), "Fuzzy Dynamic Programming Approach To Hybrid Multiobjective Multi Stage Decision Making Problems", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 117, 13-25, Kanada.

Lin K., Han T.C., Ling F.I., (2005), "A Rational Approach To Handling Fuzzy Perceptions In Airport Cargo Terminal Service Strategies", Journal of The Eastern Asia Society for Transportation Studies Vol. 6, 693-707, Taiwan.

Liou T.S., ve Wang M.J., (1992), "Ranking Fuzzy Numbers With Integral Value", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 50, 247-255.

- Matarazzo B., ve Munda, G., (2001), "New Approaches For The Comparison Of L-R Fuzzy Numbers: A Theoretical And Operational Analysis", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 118, 407-418.
- Mc Cahon S. Ve Lee E.S., (1990), "Job Sequencing With Fuzzy Processing Times", Computer Math Applic, Vol. 19(7), 31 – 41.
- Metz P.J., (1998), "Demystifying Supply Chain Management", Supply Chain Management Review (winter 1998), 46 – 55.
- Modarres M., ve Sadi-Nezhad S., (2001), "Ranking Fuzzy Numbers By Preference Ratio", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 118, 429-436.
- New, S.J., ve Payne, P., (1995), "Research Framework in Logistic: Three Models, Seven Dinners and A Survey", International Journal of Pyhsical Distribution and Logistics Management.
- Ozkan M.M., (2003), "Bulanık Hedef Programlama", Ekin Kitapevi, Türkiye
- Pekdemir I. ve Çatalca H., (1999), İ. Ü. İşletme Fakültesi Dergisi, C: 28, S: 1, 17-38, İstanbul.
- Peneva V., ve Popchev I., (1998), "Comparison Of Clusters From Fuzzy Numbers", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 97, 75-81.
- Prodanovic P., (2001), "Fuzzy Set Ranking Methods and Multiple Expert Decision Making", 1 – 68, Ontario.
- Ross D.F., (1998), "Competing Through Supply Chain Management Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships", Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Ross, D.F.,(1998), "Competing Through Supply Chain Management", Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships". Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Sengupta S. ve Turnbull J., (1996), "Seamless Optimization of The Entire Supply Chain", IIE Solutions, Vol. 28, No.10, 28 – 33.
- Sezginman İ. ve Abacı M., (2005), "Düzlem Analitik Geometri" Birsen Yayınevi, İstanbul
- Shabayek A.A. ve Yeung W.W.,(2002), "A Simulation Model For The Kwai Chung Container Terminals in Hong Kong", European Journal of Operational Research 140, 1–11, Hong Kong.
- Storch R.L., Hammon C.P., Bunch H.M., (1998), "Ship Production", Cornell Maritime Press, VM146, 86, USA.
- Tahar R.M. ve Huslian K., (2000), "Simulation And Analysis For The Kelang Container Terminal Operations", Logistics Information Management Vol. 13, No 1, 14–20, UK.
- Tan K.C, (2000), "A Framework of Supply Chain Management Literature", European Journal of Purchasing & Supply Management.
- Tanyaş M. ve Baskak M. (2006), "Üretim Plânlama ve Kontrol", Düzeltilmiş 2. Yayın, İrfan Yayıncılık ve Tanıtım Ltd. Şti., s. 325, 330,331, İstanbul
- Ünver Ö. ve Gamgam H., (2006), Temel İstatistik Yöntemler, Seçkin Yayıncılık, 4. Baskı,

İstanbul.

Vickers D., Mayo T., Heitmann M., Lee M.D. Hughes P., (2003), "Intelligence and individual differences in performance on three types of visually presented optimisation problems", *Personality and Individual Differences* 36 (2004) 1059–1071, Avustralya.

Wang S., (2001), "A Hybrid Threshold Curve Model For Optimal Yield Management; Neural Networks and Dynamic Programming", *Computers & Industrial Engineering* 40, 161-173, Massachusetts, USA.

Wang X., ve Kere E.E., (2001a), "Reasonable Properties Of Fuzzy Quantities (I)", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 118, 375-385.

Wang X., ve Kere E.E., (2001b), "Reasonable Properties Of Fuzzy Quantities (I)", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 118, 385-405.

Wang X.Z. ve Yeung D.S., (2001), "A Comparative Study On Heuristic Algorithms For Generating Fuzzy Decision Trees", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part B; Cybernetics* Vol. 31, No 2, 215-226, Hong Kong.

Yager R.R., (1981), "A Procedure For Ordering Fuzzy Subsets Of The Unit Interval", *Information Sciences*, Vol. 24, 143-161.

Yao J.S., ve Wu, K., (2000), "Ranking Fuzzy Numbers Based On Decomposition Principle and Signed Distance", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 116, 275-288.

Yi D., Kim S., Kim N., (2002), "Combined Modeling with Multi-agent Systems and Simulation: Its Application to Harbor Supply Chain Management," *hicc*, p. 70c, 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'02) – Vol. 3.

Yoon K.P., (1996), "A Probabilistic Approach To Rank Complex Fuzzy Numbers", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 80, 167-176.

Yuan Y., (1991), "Criteria For Evaluating Fuzzy Ranking Methods", *Fuzzy Sets and Systems* Vol. 44, 139-157.

Zeleny M., (1986), "Optimal System Design With Multiple Criteria: De-Novo Programming Approach", *International Journal of Production Economics*, Vol. 10, 89–94.

Zimmermann H. J., (1993), "Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems", Kluwer Academic Publishers, Boston.

INTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://tr.wikipedia.org/wiki>

[2] <http://www.altisigma.com>

[3] <http://www.dpt.gov.tr>

[4] <http://www.gemipersoneli.com>

[5] <http://www.sistek.com.tr>

[6] <http://www.foreigntrade.gov.tr>

[7] <http://www.unctad.org>

EKLER**EK 1. Mevcut durumun analizi için yapılan gemi ölçüm sonuçları**

6 ıncı bölümde belirtilen gemi ölçüm süreleri ile detaylar aşağıdadır. Bu ölçümler Ekim – Kasım 04 arasında yapılmıştır.

Çizelge Ek.1 Yarı römork yüklenme süresi ölçüm sonuçları

YARI RÖMORKUN YÜKLENME SÜRESİ	ORTALAMA	STANDART SAPMA
1. GEMİ	00:47	00:22
2. GEMİ	00:35	00:16
3. GEMİ	00:47	00:22
4. GEMİ	00:40	00:22
5. GEMİ	00:43	00:20
6. GEMİ	01:00	00:34
7. GEMİ	00:21	00:05
8. GEMİ	00:32	00:16
9. GEMİ	00:37	00:12
10. GEMİ	00:45	00:18
11. GEMİ	00:35	00:19
GENEL ORTALAMA	00:37	00:19

Çizelge Ek.2 Yarı römorkun kantara varma süresi ölçüm sonuçları

YARI RÖMORKUN KANTARA VARMA SÜRESİ	ORTALAMA	STANDART SAPMA
1. GEMİ	00:15	00:14
2. GEMİ	00:25	00:22
3. GEMİ	00:26	00:43
4. GEMİ	00:29	01:01
5. GEMİ	00:39	01:22
6. GEMİ	00:14	00:09
7. GEMİ	00:18	00:18
8. GEMİ	00:21	00:26
9. GEMİ	00:17	00:15
10. GEMİ	00:19	00:16
11. GEMİ	00:44	00:45
GENEL ORTALAMA	00:25	00:41

Çizelge Ek.3 Yarı römorkun tartılma süresi ölçüm sonuçları

YARI RÖMORKUN TARTILMA SÜRESİ	ORTALAMA	STANDART SAPMA
1. GEMİ	00:02	00:04
2. GEMİ	00:03	00:03
3. GEMİ	00:02	00:02
4. GEMİ	00:02	00:02
5. GEMİ	00:03	00:02
6. GEMİ	00:02	00:01
7. GEMİ	00:01	00:01
8. GEMİ	00:01	00:01
9. GEMİ	00:02	00:02
10. GEMİ	00:01	00:01
11. GEMİ	00:03	00:03
GENEL ORTALAMA	00:02	00:02

Çizelge Ek.4 Yarı römorkun iskeleye varma süresi ölçüm sonuçları

YARI RÖMORKUN İSKELEYE VARMA SÜRESİ	ORTALAMA	STANDART SAPMA
1. GEMİ	00:04	00:03
2. GEMİ	00:02	00:01
3. GEMİ	00:03	00:01
4. GEMİ	00:03	00:02
5. GEMİ	00:03	00:01
6. GEMİ	00:03	00:01
7. GEMİ	00:03	00:00
8. GEMİ	00:02	00:01
9. GEMİ	00:03	00:01
10. GEMİ	00:03	00:01
11. GEMİ	00:03	00:01
GENEL ORTALAMA	00:03	00:01

Çizelge Ek.5 Yarı römorkun posta altına yanaşma süresi ölçüm sonuçları

YARI RÖMORKUN POSTA ALTINA YANAŞMA SÜRESİ	ORTALAMA	STANDART SAPMA
1. GEMİ	00:00	00:00
2. GEMİ	00:08	00:17
3. GEMİ	00:05	00:10
4. GEMİ	00:01	00:04
5. GEMİ	00:03	00:07
6. GEMİ	00:01	00:02
7. GEMİ	00:13	00:32
8. GEMİ	00:01	00:05
9. GEMİ	00:02	00:03
10. GEMİ	00:05	00:09
11. GEMİ	00:28	00:54
GENEL ORTALAMA	00:06	00:20

Çizelge Ek.6 Yarı römorkun gemiye yüklenme süresi

YARI RÖMORKUN GEMİYE YÜKLENME SÜRESİ	ORTALAMA	STANDART SAPMA
1. GEMİ	00:51	00:23
2. GEMİ	00:38	00:18
3. GEMİ	00:43	00:32
4. GEMİ	00:52	00:25
5. GEMİ	00:35	00:08
6. GEMİ	00:41	00:07
7. GEMİ	00:33	00:16
8. GEMİ	00:38	00:14
9. GEMİ	00:38	00:16
10. GEMİ	01:12	02:34
11. GEMİ	00:48	00:28
GENEL ORTALAMA	00:44	00:31

EK 2 . Arena’da yapılan simülasyonun siman yazılımı

a. Siman Yazılımı _ 1 Çekici, 1 Posta, 3 Yarı römork

PROJECT, "1 Cekici, 1 Posta ve 3 Yarı römork", "Canan Olcer”;

ATTRIBUTES: __ActionLabel;

VARIABLES: yukleme.WIP,CLEAR(System):

yukleme.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

Create 2.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

yukleme.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

bosaltma.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

tartil.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

bosaltma.WIP,CLEAR(System):

tartil.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

bosaltma.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

bosaltma.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

tartil.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

tartil.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

tartil.WIP,CLEAR(System):

bosaltma.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

yukleme.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

yukleme.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude);

QUEUES: tartil.Queue,FIFO:

Request 4.Queue,FIFO:

yukleme.Queue,FIFO:

Request 1.Queue,FIFO:

bosaltma.Queue,FIFO;

RESOURCES: Resource 1,Capacity(1),,,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources):

Resource 2,Capacity(1),,,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources):

Resource 3,Capacity(1),,,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources);

STATIONS: Station 1:

Station 2:

Station 3:

Station 4:

Station 5:

Station 6:

Station 7;

DISTANCES: Transporter 1.Distance,Station 1-Station 2-160,Station 2-Station 3-200,Station 1-Station 3-360,Station 1-

Station 4-0,Station 3-Station 4-360,Station 2-Station 6-200,Station 5-Station 6-360,Station 2-Station 5-160,

Station 1-Station 6-360,Station 6-Station 7-360,Station 5-Station 7-0,Station 3-Station 5-360,Station 4-Station 5-

80,Station 1-Station 7-80,Station 3-Station 6-40,Station 4-Station 6-360,Station 3-Station 7-360,Station 1-

Station 5-80;

TRANSPORTERS: Transporter 1,1,(Transporter 1.Distance),40---,Station(Station 1);

TALLIES: bosaltma.TotalTimePerEntity,,DATABASE("Total Time","Process","bosaltma");

tartil.TotalTimePerEntity,,DATABASE("Total Time","Process","tartil");

tartil.WaitTimePerEntity,,DATABASE("Wait Time","Process","tartil");

bosaltma.WaitTimePerEntity,,DATABASE("Wait Time","Process","bosaltma");

yukleme.WaitTimePerEntity,,DATABASE("Wait Time","Process","yukleme");

yukleme.VATimePerEntity,,DATABASE("VA Time","Process","yukleme");

bosaltma.VATimePerEntity,,DATABASE("VA Time","Process","bosaltma");

yukleme.TotalTimePerEntity,,DATABASE("Total Time","Process","yukleme");

tartil.VATimePerEntity,,DATABASE("VA Time","Process","tartil");

OUTPUTS: yukleme.WaitTime,,yukleme Accum Wait Time,DATABASE("Accum Wait Time","Process","yukleme");

 yukleme.VATime,,yukleme Accum VA Time,DATABASE("Accum VA Time","Process","yukleme");

 bosaltma.VATime,,bosaltma Accum VA Time,DATABASE("Accum VA Time","Process","bosaltma");

tartil.NumberOut,,tartil Number Out,DATABASE("Number Out","Process","tartil");

tartil.NumberIn,,tartil Number In,DATABASE("Number In","Process","tartil");

 bosaltma.NumberIn,,bosaltma Number In,DATABASE("Number In","Process","bosaltma");

 bosaltma.NumberOut,,bosaltma Number Out,DATABASE("Number Out","Process","bosaltma");

 tartil.VATime,,tartil Accum VA Time,DATABASE("Accum VA Time","Process","tartil");

 tartil.WaitTime,,tartil Accum Wait Time,DATABASE("Accum Wait Time","Process","tartil");

 bosaltma.WaitTime,,bosaltma Accum Wait Time,DATABASE("Accum Wait Time","Process","bosaltma");

 yukleme.NumberOut,,yukleme Number Out,DATABASE("Number Out","Process","yukleme");

 yukleme.NumberIn,,yukleme Number In,DATABASE("Number In","Process","yukleme");

REPLICATE, 1,,MinutesToBaseTime(1080),Yes,Yes,,,24,Minutes;

ENTITIES: Entity 2,Picture.Telephone,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0;

Model statements for module: Create 2;

18\$ CREATE, 1,MinutesToBaseTime(0.0),Entity
2:MinutesToBaseTime(1),3:NEXT(19\$);

19\$ ASSIGN: Create 2.NumberOut=Create 2.NumberOut + 1:NEXT(0\$);

Model statements for module: Station 1;

0\$ STATION, Station 1;

24\$ DELAY: 0.0,,VA:NEXT(1\$);

Model statements for module: Process 1;

1\$ ASSIGN: yukleme.NumberIn=yukleme.NumberIn + 1;

yukleme.WIP=yukleme.WIP+1;

56\$ STACK, 1:Save:NEXT(28\$);

28\$ QUEUE, yukleme.Queue;

27\$ SEIZE, 2,VA:

Resource 1,1:NEXT(26\$);

26\$ DELAY: MinutesToBaseTime(44),,VA:NEXT(72\$);

72\$ ASSIGN: yukleme.WaitTime=yukleme.WaitTime + Diff.WaitTime;

34\$ TALLY: yukleme.WaitTimePerEntity,Diff.WaitTime,1;

36\$ TALLY: yukleme.TotalTimePerEntity,Diff.StartTime,1;

62\$ ASSIGN: yukleme.VATime=yukleme.VATime + Diff.VATime;

63\$ TALLY: yukleme.VATimePerEntity,Diff.VATime,1;

25\$ RELEASE: Resource 1,1;

55\$ STACK, 1:Destroy:NEXT(29\$);

29\$ ASSIGN: yukleme.NumberOut=yukleme.NumberOut + 1;
 yukleme.WIP=yukleme.WIP-1:NEXT(2\$);

Model statements for module: Request 1;

2\$ QUEUE, Request 1.Queue;
 REQUEST, 1:Transporter 1(CYC):NEXT(4\$);

Model statements for module: Transport 1;

4\$ TRANSPORT: Transporter 1,Station 2,40;

Model statements for module: Station 2

5\$ STATION, Station 2;
 79\$ DELAY: 0.0,,VA:NEXT(6\$);

Model statements for module: Halt 1;

6\$ HALT: Transporter 1:NEXT(7\$);

Model statements for module: Process 2;

7\$ ASSIGN: tartil.NumberIn=tartil.NumberIn + 1;
 tartil.WIP=tartil.WIP+1;
 111\$ STACK, 1:Save:NEXT(83\$);
 83\$ QUEUE, tartil.Queue;
 82\$ SEIZE, 2,VA:
 Resource 2,1:NEXT(81\$);
 81\$ DELAY: MinutesToBaseTime(3),,VA:NEXT(127\$);
 127\$ ASSIGN: tartil.WaitTime=tartil.WaitTime + Diff.WaitTime;
 89\$ TALLY: tartil.WaitTimePerEntity,Diff.WaitTime,1;
 91\$ TALLY: tartil.TotalTimePerEntity,Diff.StartTime,1;
 117\$ ASSIGN: tartil.VATime=tartil.VATime + Diff.VATime;

118\$ TALLY: tartil.VATimePerEntity,Diff.VATime,1;

80\$ RELEASE: Resource 2,1;

110\$ STACK, 1:Destroy:NEXT(84\$);

84\$ ASSIGN: tartil.NumberOut=tartil.NumberOut + 1;

tartil.WIP=tartil.WIP-1:NEXT(8\$);

Model statements for module: Activate 1;

8\$ ACTIVATE: Transporter 1:NEXT(9\$);

Model statements for module: Transport 2;

9\$ TRANSPORT: Transporter 1,Station 3,40;

Model statements for module: Station 3;

10\$ STATION, Station 3;

133\$ DELAY: 0.0,,VA:NEXT(11\$);

Model statements for module: Free 1;

11\$ FREE: Transporter 1:NEXT(12\$);

Model statements for module: Process 3;

12\$ ASSIGN: bosaltma.NumberIn=bosaltma.NumberIn + 1;

bosaltma.WIP=bosaltma.WIP+1;

165\$ STACK, 1:Save:NEXT(137\$);

137\$ QUEUE, bosaltma.Queue;

136\$ SEIZE, 2,VA:

Resource 3,1:NEXT(135\$);

135\$ DELAY: MinutesToBaseTime(44),,VA:NEXT(181\$);

181\$ ASSIGN: bosaltma.WaitTime=bosaltma.WaitTime + Diff.WaitTime;

143\$ TALLY: bosaltma.WaitTimePerEntity,Diff.WaitTime,1;

145\$ TALLY: bosaltma.TotalTimePerEntity,Diff.StartTime,1;
 171\$ ASSIGN: bosaltma.VATime=bosaltma.VATime + Diff.VATime;
 172\$ TALLY: bosaltma.VATimePerEntity,Diff.VATime,1;
 134\$ RELEASE: Resource 3,1;
 164\$ STACK, 1:Destroy:NEXT(138\$);
 138\$ ASSIGN: bosaltma.NumberOut=bosaltma.NumberOut + 1;
 bosaltma.WIP=bosaltma.WIP-1:NEXT(13\$);

Model statements for module: Request 4;

13\$ QUEUE, Request 4.Queue;
 REQUEST, 1:Transporter 1(CYC):NEXT(15\$);

Model statements for module: Transport 5;

15\$ TRANSPORT: Transporter 1,Station 4,40;

Model statements for module: Station 4;

17\$ STATION, Station 4;
 188\$ DELAY: 0.0,,VA:NEXT(16\$);

Model statements for module: Free 2;

16\$ FREE: Transporter 1:NEXT(0\$);

b. Siman Yazılımı _ 1 Çekici, 2Posta, 5 Yarı römork

PROJECT, "1 Cekici, 2 Posta ve 5 Yarı römork","Canan Olcer"

VARIABLES: yukleme.WIP,CLEAR(System):

Decide 2.NumberOut False,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

bosaltma2.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

yukleme.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

Create 2.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

bosaltma2.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 yukleme.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 bosaltma.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 bosaltma2.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 yukleme2.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 tartil.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 bosaltma.WIP,CLEAR(System):
 Decide 1.NumberOut True,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 Create 4.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 bosaltma2.WIP,CLEAR(System):
 yukleme2.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 tartil.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 bosaltma.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 yukleme2.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 bosaltma.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 tartil.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 yukleme2.WIP,CLEAR(System):
 tartil.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 tartil.WIP,CLEAR(System):
 bosaltma.WaitTime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 Decide 2.NumberOut True,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 yukleme.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 yukleme.NumberIn,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):
 Decide 1.NumberOut False,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

bosaltma2.VATime,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude):

yukleme2.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY(Exclude);

QUEUES: tartil.Queue,FIFO:

Request 4.Queue,FIFO:

bosaltma2.Queue,FIFO:

yukleme2.Queue,FIFO:

yukleme.Queue,FIFO:

Request 1.Queue,FIFO:

bosaltma.Queue,FIFO;

RESOURCES: Resource 1,Capacity(1),,,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources):

Resource 2,Capacity(1),,,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources):

Resource 3,Capacity(1),,,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources):

Resource 4,Capacity(1),,,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources):

Resource 5,Capacity(1),,,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources);

STATIONS: Station 1:

Station 2:

Station 3:

Station 4:

Station 5:

Station 6:

Station 7;

DISTANCES: Transporter 1.Distance,Station 1-Station 2-160,Station 2-Station 3-200,Station 1-Station 3-360,Station 1-

Station 4-0,Station 3-Station 4-360,Station 2-Station 6-200,Station 5-Station 6-360,Station 2-Station 5-160,

bosaltma2.NumberIn,,bosaltma2 Number In,DATABASE("Number In", "Process", "bosaltma2"):

yukleme.VATime,,yukleme Accum VA Time,DATABASE("Accum VA Time", "Process", "yukleme"):

bosaltma.VATime,,bosaltma Accum VA Time,DATABASE("Accum VA Time", "Process", "bosaltma"):

bosaltma2.WaitTime,,bosaltma2 Accum Wait Time,DATABASE("Accum Wait Time", "Process", "bosaltma2"):

yukleme2.NumberIn,,yukleme2 Number In,DATABASE("Number In", "Process", "yukleme2"):

tartil.NumberOut,,tartil Number Out,DATABASE("Number Out", "Process", "tartil"):

yukleme2.WaitTime,,yukleme2 Accum Wait Time,DATABASE("Accum Wait Time", "Process", "yukleme2"):

tartil.NumberIn,,tartil Number In,DATABASE("Number In", "Process", "tartil"):

bosaltma.NumberIn,,bosaltma Number In,DATABASE("Number In", "Process", "bosaltma"):

yukleme2.VATime,,yukleme2 Accum VA Time,DATABASE("Accum VA Time", "Process", "yukleme2"):

bosaltma.NumberOut,,bosaltma Number Out,DATABASE("Number Out", "Process", "bosaltma"):

tartil.VATime,,tartil Accum VA Time,DATABASE("Accum VA Time", "Process", "tartil"):

tartil.WaitTime,,tartil Accum Wait Time,DATABASE("Accum Wait Time", "Process", "tartil"):

bosaltma.WaitTime,,bosaltma Accum Wait Time,DATABASE("Accum Wait Time", "Process", "bosaltma"):

yukleme.NumberOut,,yukleme Number Out,DATABASE("Number Out", "Process", "yukleme"):


```
yukleme.NumberIn,,yukleme      Number      In,DATABASE("Number
In","Process","yukleme");
```

```
bosaltma2.VA Time,,bosaltma2  Accum  VA  Time,DATABASE("Accum  VA
Time","Process","bosaltma2");
```

```
yukleme2.NumberOut,,yukleme2      Number      Out,DATABASE("Number
Out","Process","yukleme2");
```

```
REPLICATE,  1,,MinutesToBaseTime(1080),Yes,Yes,,,24,Minutes;
```

Model statements for module: Create 2;

```
29$      CREATE,      1,MinutesToBaseTime(0.0),Entity
2:MinutesToBaseTime(0),3:NEXT(30$);
```

```
30$      ASSIGN:      Create 2.NumberOut=Create 2.NumberOut + 1:NEXT(0$);
```

Model statements for module: Station 1;

```
0$      STATION,      Station 1;
```

```
35$      DELAY:      0.0,,VA:NEXT(1$);
```

Model statements for module: Process 1;

```
1$      ASSIGN:      yukleme.NumberIn=yukleme.NumberIn + 1:
```

```
      yukleme.WIP=yukleme.WIP+1;
```

```
67$      STACK,      1:Save:NEXT(39$);
```

```
39$      QUEUE,      yukleme.Queue;
```

```
38$      SEIZE,      2,VA:
```

```
      Resource 1,1:NEXT(37$);
```

```
37$      DELAY:      MinutesToBaseTime(29),,VA:NEXT(83$);
```

```
83$      ASSIGN:      yukleme.WaitTime=yukleme.WaitTime + Diff.WaitTime;
```

```
45$      TALLY:      yukleme.WaitTimePerEntity,Diff.WaitTime,1;
```

```
47$      TALLY:      yukleme.TotalTimePerEntity,Diff.StartTime,1;
```

```

73$    ASSIGN:    yukleme.VATime=yukleme.VATime + Diff.VATime;

74$    TALLY:     yukleme.VATimePerEntity,Diff.VATime,1;

36$    RELEASE:   Resource 1,1;

66$    STACK,     1:Destroy:NEXT(40$);

40$    ASSIGN:    yukleme.NumberOut=yukleme.NumberOut + 1:

                yukleme.WIP=yukleme.WIP-1:NEXT(2$);

```

Model statements for module: Request 1;

```

2$    QUEUE,      Request 1.Queue;

        REQUEST,  1:Transporter 1(CYC):NEXT(4$);

```

Model statements for module: Transport 1;

```

4$    TRANSPORT:  Transporter 1,Station 2,40;

```

Model statements for module: Station 2;

```

5$    STATION,    Station 2;

90$    DELAY:     0.0,,VA:NEXT(6$);

```

Model statements for module: Halt 1;

```

6$    HALT:       Transporter 1:NEXT(7$);

```

Model statements for module: Process 2;

```

7$    ASSIGN:     tartil.NumberIn=tartil.NumberIn + 1:

                tartil.WIP=tartil.WIP+1;

122$   STACK,     1:Save:NEXT(94$);

94$    QUEUE,     tartil.Queue;

93$    SEIZE,     2,VA:

                Resource 2,1:NEXT(92$);

92$    DELAY:     MinutesToBaseTime(3),,VA:NEXT(138$);

```

138\$ ASSIGN: tartil.WaitTime=tartil.WaitTime + Diff.WaitTime;

100\$ TALLY: tartil.WaitTimePerEntity,Diff.WaitTime,1;

102\$ TALLY: tartil.TotalTimePerEntity,Diff.StartTime,1;

128\$ ASSIGN: tartil.VATime=tartil.VATime + Diff.VATime;

129\$ TALLY: tartil.VATimePerEntity,Diff.VATime,1;

91\$ RELEASE: Resource 2,1;

121\$ STACK, 1:Destroy:NEXT(95\$);

95\$ ASSIGN: tartil.NumberOut=tartil.NumberOut + 1:

tartil.WIP=tartil.WIP-1:NEXT(8\$);

Model statements for module: Activate 1;

8\$ ACTIVATE: Transporter 1:NEXT(24\$);

Model statements for module: Decide 1;

24\$ BRANCH, 1:

If,Entity.Type==Entity 1,142\$,Yes:

Else,143\$,Yes;

142\$ ASSIGN: Decide 1.NumberOut True=Decide 1.NumberOut True +
1:NEXT(23\$);

143\$ ASSIGN: Decide 1.NumberOut False=Decide 1.NumberOut False +
1:NEXT(9\$);

Model statements for module: Transport 6;

23\$ TRANSPORT: Transporter 1,Station 6,40;

Model statements for module: Transport 2;

9\$ TRANSPORT: Transporter 1,Station 3,40;

Model statements for module: Station 3;

10\$ STATION, Station 3;

146\$ DELAY: 0.0,,VA:NEXT(11\$);

Model statements for module: Free 1;

11\$ FREE: Transporter 1:NEXT(12\$);

Model statements for module: Process 3;

12\$ ASSIGN: bosaltma.NumberIn=bosaltma.NumberIn + 1;

 bosaltma.WIP=bosaltma.WIP+1;

178\$ STACK, 1:Save:NEXT(150\$);

150\$ QUEUE, bosaltma.Queue;

149\$ SEIZE, 2,VA:

 Resource 3,1:NEXT(148\$);

148\$ DELAY: MinutesToBaseTime(29),,VA:NEXT(194\$);

194\$ ASSIGN: bosaltma.WaitTime=bosaltma.WaitTime + Diff.WaitTime;

156\$ TALLY: bosaltma.WaitTimePerEntity,Diff.WaitTime,1;

158\$ TALLY: bosaltma.TotalTimePerEntity,Diff.StartTime,1;

184\$ ASSIGN: bosaltma.VATime=bosaltma.VATime + Diff.VATime;

185\$ TALLY: bosaltma.VATimePerEntity,Diff.VATime,1;

147\$ RELEASE: Resource 3,1;

177\$ STACK, 1:Destroy:NEXT(151\$);

151\$ ASSIGN: bosaltma.NumberOut=bosaltma.NumberOut + 1;

 bosaltma.WIP=bosaltma.WIP-1:NEXT(13\$);

Model statements for module: Request 4;

13\$ QUEUE, Request 4.Queue;

 REQUEST, 1:Transporter 1(CYC):NEXT(26\$);

Model statements for module: Decide 2;

26\$ BRANCH, 1:

If,Entity.Type==Entity 1,199\$,Yes:

Else,200\$,Yes;

199\$ ASSIGN: Decide 2.NumberOut True=Decide 2.NumberOut True +
1:NEXT(25\$);

200\$ ASSIGN: Decide 2.NumberOut False=Decide 2.NumberOut False +
1:NEXT(15\$);

Model statements for module: Transport 7;

25\$ TRANSPORT: Transporter 1,Station 7,40;

Model statements for module: Transport 5;

15\$ TRANSPORT: Transporter 1,Station 4,40;

Model statements for module: Station 4;

17\$ STATION, Station 4;

203\$ DELAY: 0.0,,VA:NEXT(16\$);

Model statements for module: Free 2;

16\$ FREE: Transporter 1:NEXT(0\$);

Model statements for module: Create 4;

204\$ CREATE, 1,MinutesToBaseTime(0.0),Entity 1: MinutesToBaseTime(0),3:
NEXT(205\$);

205\$ ASSIGN: Create 4.NumberOut=Create 4.NumberOut + 1:NEXT(18\$);

Model statements for module: Station 5

18\$ STATION, Station 5;

210\$ DELAY: 0.0,,VA:NEXT(19\$);

Model statements for module: Process 4;

19\$ ASSIGN: yukleme2.NumberIn=yukleme2.NumberIn + 1:

yukleme2.WIP=yukleme2.WIP+1;

242\$ STACK, 1:Save:NEXT(214\$);

214\$ QUEUE, yukleme2.Queue;

213\$ SEIZE, 2,VA:

Resource 4,1:NEXT(212\$);

212\$ DELAY: MinutesToBaseTime(29),,VA:NEXT(258\$);

258\$ ASSIGN: yukleme2.WaitTime=yukleme2.WaitTime + Diff.WaitTime;

220\$ TALLY: yukleme2.WaitTimePerEntity,Diff.WaitTime,1;

222\$ TALLY: yukleme2.TotalTimePerEntity,Diff.StartTime,1;

248\$ ASSIGN: yukleme2.VATime=yukleme2.VATime + Diff.VATime;

249\$ TALLY: yukleme2.VATimePerEntity,Diff.VATime,1;

211\$ RELEASE: Resource 4,1;

241\$ STACK, 1:Destroy:NEXT(215\$);

215\$ ASSIGN: yukleme2.NumberOut=yukleme2.NumberOut + 1:

yukleme2.WIP=yukleme2.WIP-1:NEXT(2\$);

Model statements for module: Station 6;

20\$ STATION, Station 6;

264\$ DELAY: 0.0,,VA:NEXT(21\$);

Model statements for module: Free 3;

21\$ FREE: Transporter 1:NEXT(22\$);

Model statements for module: Process 5;

22\$ ASSIGN: bosaltma2.NumberIn=bosaltma2.NumberIn + 1:

bosaltma2.WIP=bosaltma2.WIP+1;

296\$ STACK, 1:Save:NEXT(268\$);

268\$ QUEUE, bosaltma2.Queue;
 267\$ SEIZE, 2,VA:
 Resource 5,1:NEXT(266\$);
 266\$ DELAY: MinutesToBaseTime(29),,VA:NEXT(312\$);
 312\$ ASSIGN: bosaltma2.WaitTime=bosaltma2.WaitTime + Diff.WaitTime;
 274\$ TALLY: bosaltma2.WaitTimePerEntity,Diff.WaitTime,1;
 276\$ TALLY: bosaltma2.TotalTimePerEntity,Diff.StartTime,1;
 302\$ ASSIGN: bosaltma2.VATime=bosaltma2.VATime + Diff.VATime;
 303\$ TALLY: bosaltma2.VATimePerEntity,Diff.VATime,1;
 265\$ RELEASE: Resource 5,1;
 295\$ STACK, 1:Destroy:NEXT(269\$);
 269\$ ASSIGN: bosaltma2.NumberOut=bosaltma2.NumberOut + 1:
 bosaltma2.WIP=bosaltma2.WIP-1:NEXT(13\$);

Model statements for module: Station 7;

27\$ STATION, Station 7;
 318\$ DELAY: 0.0,,VA:NEXT(28\$);

Model statements for module: Free 4;

28\$ FREE: Transporter 1:NEXT(18\$);

EK 3 İstatistiki analizlerde kullanılan gemilerin detay bilgileri

GEMİ ADI	RATE	GEMİ SAYISI	GEMİ TİPİ	VİNC TİPİ	POSTA SAYISI	STOWAGE FAKTÖR
MARIE - O	720	1	BOX	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
CLIPPER FALCON	733	1	BOX	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
JOGAILA	646	1	BOX	Gemi Vinci	2	0,0 - 1,5
HEPAT	723	1	BOX	Gemi Vinci	2	0,0 - 1,5
VICTORY - L	718	1	BOX	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
KUSVA	772	1	BOX	Gemi Vinci	2	0,0 - 1,5
KAZIM DADAYLI	774	1	BOX	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
NECATİ ÇAVUŞOĞLU	816	1	BOX	Gemi Vinci	1	1,6 - 2,0
NECATİ ÇAVUŞOĞLU	760	1	BOX	Gemi Vinci	1	1,6 - 2,0
AIDA	885	1	BOX	Sahil Vinci	1	1,6 - 2,0
NORMED GEMLİK	684	2	BOX	Gemi Vinci	1	1,6 - 2,0
NORMED BREMEN	974	1	BOX	Gemi Vinci	1	2,1 - 3,0
TROUBADOUR	912	1	BOX	Sahil Vinci	2	2,1 - 3,0
KIELGRACHT	847	1	BOX	Gemi Vinci	2	2,1 - 3,0
DRECHTBORG	512	2	BOX	Sahil Vinci	1	2,1 - 3,0
NORMED İSTANBUL	610	2	BOX	Gemi Vinci	1	2,1 - 3,0
NORMED İZMİR	584	1	BOX	Sahil Vinci	1	2,1 - 3,0
NORMED ROTTERDAM	631	2	BOX	Gemi Vinci	1	2,1 - 3,0
ALTENA	496	2	BOX	Sahil Vinci	1	2,1 - 3,0
NORMED İZMİR	560	1	BOX	Sahil Vinci	1	2,1 - 3,0
SEA SHELL	694	1	BOX	Gemi Vinci	2	2,1 - 3,0
PREVEZE	838	1	BOX	Gemi Vinci	1	2,1 - 3,0
SOTIRIA	994	1	BOX	Gemi Vinci	2	2,1 - 3,0
HASAN ATASOY	801	1	BOX	Gemi Vinci	1	> 3,1
CAVALIER	900	1	BOX	Gemi Vinci	1	> 3,1
DENİZ YILDIZI	697	2	SID	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
KUSVA	502	1	SID	Sahil Vinci	2	0,0 - 1,5
AŞKABAT	459	2	SID	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
KUSVA	485	2	SID	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
BORA METE	502	2	SID	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
SENANUR ÇEBİ	687	2	SID	Gemi Vinci	2	0,0 - 1,5
AŞKABAT	532	1	SID	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
SOYDAN OKAN	664	1	SID	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
SEHER II	504	1	SID	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
SOYDAN OKAN	562	2	SID	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
KİBELE	589	2	SID	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
HIZIR KARAER	650	1	SID	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
HEPAT	648	2	SID	Gemi Vinci	2	0,0 - 1,5
ZUARA	528	2	SID	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
KARAM ALLAH	619	2	SID	Sahil Vinci	1	1,6 - 2,0
GLOBE	533	1	SID	Sahil Vinci	1	2,1 - 3,0
NAZLI - G	682	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
REGINA	707	1	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
HANDY PRINCE	558	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
AN PING - 5	652	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
DOXA - D	430	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
HERO	592	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
BALKAN STAR	602	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	2	0,0 - 1,5
LİTA	525	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
HANJIN ANTWERP	720	1	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
TASE	537	1	SID/RIVER	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
PROFESSOR VOLSKIY	652	1	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
TOR	656	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
TOR	516	2	SID/RIVER	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
TOR	715	1	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
TOR	554	1	SID/RIVER	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
TOR	702	1	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
TOR	598	2	SID/RIVER	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
ADVES	754	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
FLESTİNA - 2	689	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
TOR	702	1	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	0,0 - 1,5
TOR	594	2	SID/RIVER	Sahil Vinci	1	0,0 - 1,5
BAYRAMOĞLU	590	2	SID/RIVER	Sahil Vinci	1	1,6 - 2,0
POLDEFKIS.P	673	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	1,6 - 2,0
GOODWILL	751	2	SID/RIVER	Sahil Vinci	1	1,6 - 2,0
ÖMERBEY	662	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	2,1 - 3,0
CHUPA	564	1	SID/RIVER	Sahil Vinci	1	2,1 - 3,0
GOODNESS	624	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	2,1 - 3,0
NEDROMA	898	1	SID/RIVER	Gemi Vinci	2	> 3,1
TASE	834	1	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	> 3,1
ADVES	873	1	SID/RIVER	Sahil Vinci	2	> 3,1
PROFESSOR TRONIN	679	2	SID/RIVER	Gemi Vinci	1	> 3,1

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 09.02.1977

Doğum yeri Michigan, ABD

Lise 1988 - 1995 Beşiktaş Atatürk Anadolu Lisesi

Lisans 1995 - 1999 Yıldız Teknik Üniversitesi – Makine Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1999 - 2001 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Programı

Doktora 2001 - 2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Programı

Çalıştığı kurum(lar)

1999 - 2000 Yıldız Teknik Üniversitesi
Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
Araştırma Görevlisi

2000 - Borusan Lojistik
Depolar Operasyon Müdürü