



YA/EM 2007

Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi



2-4 Temmuz 2007
www.yaem2007.org

Rekabet, Sürdürülebilirlik ve Teknoloji

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi **Endüstri Mühendisliği Bölümü** ve
Yöneylem Araştırması Derneği'nin İşbirliğiyle

KONGRE KURULLARI

ONUR KURULU

Cahit KIRIÇ
İzmir Valisi

Prof.Dr. Emin ALICI
DEÜ Rektörü

Aziz KOCAOĞLU
İzmir Büyükşehir
Belediyesi Başkanı

Prof.Dr. İrem ÖZKARAHAN
DEÜ Rektör Yardımcısı

**Prof.Dr. Cüneyt
GÜZELİŞ**
DEÜ Mühendislik Fakültesi
Dekani

Tamer TAŞKIN
EBSO Yönetim Kurulu
Başkanı

Ekrem DEMİRTAŞ
İTO Yönetim Kurulu
Başkanı

Mehmet ÖZSAKARYA
MMO İzmir Şubesi Yönetim
Kurulu Başkanı

DÜZENLEME KURULU

Prof.Dr. Hasan Eski (DEÜ End. Müh. Böl. Bşk.)
Prof.Dr. İrem Özkarahan
Prof.Dr. Mahmut Bayhan
Prof.Dr. G. Miraç Bayhan
Prof.Dr. Nihat Badem
Prof.Dr. Semra Tunalı
Yrd.Doç.Dr. Latif Salum
Yrd.Doç.Dr. Mehmet Çakmakçı
Yrd.Doç.Dr. A.Şeyda Topaloğlu
Yrd.Doç.Dr. Özcan Kılınççı
Öğr.Gör.Dr. Feyyaz Ertürk
Öğr.Gör.Dr. Gökalp Yıldız
Öğr.Gör.Dr. Bilge Bilgen
Öğr.Gör. Özgür Eski
Araş.Gör.Dr. Gonca Tunçel
Araş.Gör.Dr. Hasan Selim
Araş.Gör.Dr. Derya Eren Akyol
Araş.Gör.Dr. Ceyhan Araz
Araş.Gör. A. Serdar Taşan

Araş.Gör. Seren Özmehmet Taşan
Araş.Gör. Özlem Uzun Araz
Araş.Gör. Özgür Armaneri
Araş.Gör. Rahime Sancar Edis
Araş.Gör. Pınar Mızrak Özırat
Araş.Gör. Özgür Yalçınkaya
Araş.Gör. Emrah B. Edis
Araş.Gör. Asil Alkaya
Araş.Gör. Mehmet Ali İlgın
Araş.Gör. Aliye Ayça Supçiller
Araş.Gör. Banu Yetkin Ekren
Araş.Gör. Leyla Demir
Araş.Gör. Eren Yeşilyaprak
Araş.Gör. Burcu Felekoğlu
Araş.Gör. Hacer Güner
Araş.Gör. Şener Akpınar
Araş.Gör. Şebnem Demirkol
Araş.Gör. Alper Hamzadayı
Nazan Güney

DANIŞMA KURULU

- Prof.Dr. Hasan Eski (DEÜ End. Müh. Böl. Bşk.)
Prof.Dr. Ahmet Akdeniz (DEÜ)
Prof.Dr. Ahmet Peker (Selçuk Ü.)
Prof.Dr. Akif Eylar (Marmara Ü.)
Prof.Dr. Ali Rıza Karacan (Ege Ü.)
Prof.Dr. Alim Işık (Dumlupınar Ü.)
Prof.Dr. Alpaslan Fiğlalı (Kocaeli Ü.)
Prof.Dr. Ataç Soysal (Doğuş Ü.)
Prof.Dr. Barbaros Tansel (Bilkent Ü.)
Prof.Dr. Barış Tan (Koç Ü., YAD)
Prof.Dr. Berna Dengiz (Başkent Ü.)
Prof.Dr. Bilal Toklu (Kırıkkale Ü.)
Prof.Dr. İ. Burhan Türksen (TOBB ETÜ)
Prof.Dr. Bülent Durmuşoğlu (İTÜ)
Prof.Dr. Cafer Çelik (Atatürk Ü.)
Prof.Dr. M. Cemali Dincer (İzmir Ekonomi Ü.)
Prof.Dr. Cevdet Öğüt (Okan Ü.)
Prof.Dr. Çağlar Güven (ODTÜ)
Prof.Dr. Demir Aslan (DEÜ)
Prof.Dr. Edip Teker (Yaşar Ü.)
Prof.Dr. Ekrem Manisalı (İstanbul Ü.)
Prof.Dr. Erdal Emel (Uludağ Ü.)
Prof.Dr. Ertuğrul Karsak (Galatasaray Ü.)
Prof.Dr. Fetih Yıldırım (Çankaya Ü.)
Prof.Dr. Fikret İkiz (Ege Ü.)
Prof.Dr. Gönül Yenersoy Erdoğan (Doğuş Ü.)
Prof.Dr. Gündüz Balkan (DEÜ)
Prof.Dr. Gündüz Ulusoy (Sabancı Ü.)
Prof.Dr. Harun Taşkın (Sakarya Ü.)
Prof.Dr. Hülya Tütek (İzmir Ekonomi Ü.)
Prof.Dr. İhsan Sabuncuoğlu (Bilkent Ü.)
Prof.Dr. İlhan Or (Boğaziçi Ü.)
Prof.Dr. İlker Tunail (CBÜ)
Prof.Dr. İmdat Kara (Başkent Ü.)
Prof.Dr. Kutlu Y. Zoral (Yaşar Ü.)
Prof.Dr. Levent Tunçel (Univ. of Waterloo)
Prof.Dr. Mazhar Ünsal (Fatih Ü.)
Prof.Dr. Mehmet Okur (Yaşar Ü.)
Prof.Dr. Mesut Özgürler (YTÜ)
Prof.Dr. Musa Şenel (Anadolu Ü.)
Prof.Dr. M. Selim Aktürk (Bilkent Ü.)
Prof.Dr. Nesim Erkip (Bilkent Ü.)
Prof.Dr. Nihat Yüzügüllü (Osmangazi Ü.)
Prof.Dr. Nimetullah Burnak (Osmangazi Ü.)
Prof.Dr. Ömer Saatçioğlu (ODTÜ)
Prof.Dr. Refik Güllü (Boğaziçi Ü., YAD Bşk.)
Prof.Dr. Rızvan Erol (Çukurova Ü.)
Prof.Dr. Ruhi Kaykayoğlu (Bahçeşehir Ü.)
Prof.Dr. Sedat Şarman (Yaşar Ü.)
Prof.Dr. Semra Birgün (İstanbul Ticaret Ü.)
Prof.Dr. Sitki Gözlü (İTÜ)
Prof.Dr. Süleyman Özekici (Koç Ü.)
Prof.Dr. Şevkinaz Gümüşoğlu (DEÜ)
Prof.Dr. Tülin Aktin (İstanbul Kültür Ü.)
Prof.Dr. Turay Gökçen (YTÜ)
Prof.Dr. Ümit Oktay Fırat (Marmara Ü.)
Prof.Dr. Zerrin Aladağ (Kocaeli Ü.)
Prof.Dr. Zülal Güngör (Gazi Ü.)
Doç.Dr. Adil Baykasoğlu (Gaziantep Ü.)
Doç.Dr. Ali E. Akgün (Gebze YTE)
Doç.Dr. Gülçin Büyükközkcan (Galatasaray Ü.)
Doç.Dr. Haldun Süral (ODTÜ)
Doç.Dr. Halit Keskin (Gebze YTE)
Doç.Dr. Melek Demirhan (Yeditepe Ü.)
Doç.Dr. Nureddin Kırkavak (Doğu Akdeniz Ü.)
Doç.Dr. Ramazan Yaman (Balıkesir Ü.)
Doç.Dr. Seyhun Altunbay (Işık Ü.)
Doç.Dr. Taner Bilgiç (Boğaziçi Ü., YAD)
Doç.Dr. Tijen Ertay (İTÜ)
Yrd.Doç.Dr. Adem Göleç (Erciyes Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Ali Gülçubuk (CBÜ)
Yrd.Doç.Dr. Arslan Örnek (İzmir Ekonomi Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Aşkiner Güngör (Pamukkale Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Azer Önel (Atılım Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Bayram Ali Su (Atılım Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Erkan Bayraktar (Bahçeşehir Ü.)
Yrd.Doç.Dr. M. Ali Gökçe (İzmir Ekonomi Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Osman Alp (Bilkent Ü., YAD)
Yrd.Doç.Dr. Özcan Mutlu (Pamukkale Ü.)
Yrd.Doç.Dr. Pelin Bayındır (ODTÜ, YAD)
Yrd.Doç.Dr. Zeki Ayağ (Kadir Has Ü.)
Dr. Mehmet Demirel (TÜBİTAK MAM)
Turgay Şirvan (MMO İzmir Şb. Müdürü)



Dokuz Eylül Üniversitesi



Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
35100, Bornova / İzmir TÜRKİYE

<http://www.yaem2007.org>
Tel: + 90.232.3881047
Fax: + 90.232.388 78 69 / 11
e-posta: yaem2007@yaem2007.org



YA/EM 2007 Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi



Sayın

Soner ESMER, Gökalp YILDIZ, Okan TUNA

2-4 Temmuz 2007 tarihleri arasında, Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü tarafından İzmir Tepekule Kongre Merkezi'nde düzenlenecek olan Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi (YA/EM 2007)'ne göndermiş olduğunuz

“KONTEYNER TERMİNALLERİNDE GEMİ-RIHTIM BAĞLANTISININ BENZETİM YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ” (REF.137)

başlıklı bildiri özetiniz Bilimsel Komitemiz tarafından incelenmiş ve YA/EM 2007 Kongresi'nde sunulmak üzere kabul edilmiştir.

Sizleri kongremizde aramızda görmekten mutluluk duyar, çalışmalarınızda başarılar dileriz.

24.04.2007

Prof. Dr. Hasan ESKİ

Düzenleme Kurulu Başkanı

Endüstri Mühendisliği Bölümü Başkanı

KONTEYNER TERMİNALLERİNDE GEMİ-RIHTIM BAĞLANTISININ BENZETİM YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

Soner ESMER

DEÜ Deniz İşletmeciliği ve
Yönetimi Yükseokulu,
Tınaztepe Buca İzmir
soner.esmer@deu.edu.tr

Gökalp YILDIZ

DEÜ Mühendislik Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü,
Bornova İzmir
gokalp.yildiz@deu.edu.tr

Okan TUNA

DEÜ Deniz İşletmeciliği ve
Yönetimi Yükseokulu,
Tınaztepe Buca İzmir
otuna@deu.edu.tr

ÖZET

Uluslararası tedarik zinciri ve lojistik sistemi içinde limanlar, ulaştırma ana faaliyetinin önemli bir halkası olarak yerini almaktadır. Liman süreçlerinin düzensizliği tüm lojistik sistemini etkilemekte, ürünlerin zamanında teslimini geciktirmektedir. Ticari limanların öngörülen kapasiteyle ve minimum maliyetle faaliyet göstermesi, liman süreçlerinin optimal işlemlerini gerektirir. Konteyner terminallerindeki süreçler yükün denizden ya da karadan liman sahasına ulaşmasıyla başlamaktadır. Bu süreçler liman içi taşıma, depolama, konteynerlerin içinin doldurulup boşaltıldığı konteyner istif sahası işlemleri (CFS), yük elleçleme süreci ve konteynerin giriş-çıkış ve kayıt işlemlerinin yapıldığı kapı sürecinden oluşmaktadır. Çalışmada, terminal süreçleri içinde önemli bir yere sahip olan gemi-rihtim bağlantısı süreci modellenmektedir. Elde edilen benzetim modeli ile gemi bekleme zamanı ve ortalama rihtim kullanım oranı gibi performans göstergeleri ölçülecektir.

Anahtar Kelimeler: Benzetim, Liman, Konteyner Terminali, Gemi, Rihtim

1. GİRİŞ

Konteyner taşımacılığı, sağladığı pek çok avantajın da etkisiyle çok miktarda yük çeşidinin, hızla konteynerizasyon sürecine dâhil olması ve konteyner içinde taşınması ile önemi son yıllarda hızla artan bir taşımacılık şeklidir. Bunun doğal uzantısı olarak konteyner taşıyan gemiler ve konteyner elleçleyen limanlar dünya konteyner taşımacılığının önemli unsurları haline gelmiştir. Son yıllarda, özellikle ana ticari limanları bağlayan rotalar arasında 8.000 TEU'nun üzerinde konteyner taşıyan gemiler faaliyet göstermektedir. Gemi taşıma kapasiteleri ve terminal elleçleme kapasitelerindeki bu artışın kökeninde, kapıdan kapıya taşımaya olanak sağlayan konteyner taşımacılığındaki bu hızlı gelişim yatmaktadır.

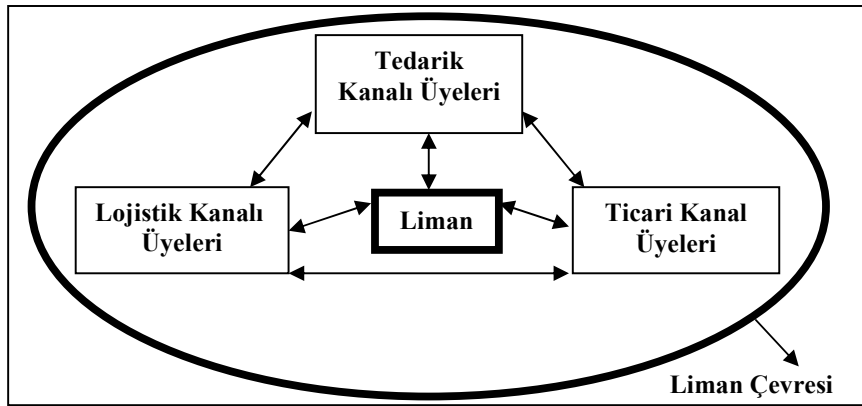
Konteyner terminalleri bazı temel süreçlerden oluşmaktadır. Bu süreçler konteynerin denizden ya da karadan liman sahasına ulaşmasıyla başlamaktadır. Temelde bu süreçler; konteynerin liman içindeki hareketlerinden oluşan liman içi taşıma operasyonları, depolama operasyonları, konteynerin içine yükün yüklenip boşaltıldığı konteyner istif sahası operasyonları (CFS), konteynerin giriş-çıkış-kayıt işlemlerinin yapıldığı kapı operasyonlarından oluşmaktadır.

Bu çalışmada, terminal süreçleri içinde önemli bir yere sahip olan gemi-rihtim bağlantısı süreci modellenecektir. Çalışmada kullanılan veriler, TCDD İzmir Alsancak Limanı ve Denizcilik Müsteşarlığı İzmir Liman Başkanlığı 2005 yılı istatistiklerinden elde edilmiştir. Yapılan benzetim modellemesinde mevcut literatürden farklı bir takım modelleme yaklaşımları geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Benzetim modelleme için kullanılan yazılım ARENA'dır. Çalışmada öncelikle limanların uluslararası ticaretteki yeri vurgulanmakta, daha sonra limanlarda verimlilik ve performans ölçümünde benzetim modellemesinin literatürdeki önemi incelenmektedir. Çalışmanın uygulaması ise İzmir Alsancak Limanı gemi-rihtim bağlantısının benzetim yöntemi ile modellemesini içermektedir.

2. ULUSLARARASI TEDARİK ZİNCİRİ İÇİNDE LİMANLARIN ÖNEMİ

Tedarik zinciri temel olarak tedarikçileri, üreticileri ve müşterileri birbirine bağlayan bir iş sürecidir [10]. Tedarik zincirinin amacı, ürün tedarikçileri de dâhil olmak üzere üretim bandından müşterinin ürünü satın almasına kadar olan süreçteki tüm ürün hareketlerinde bir fayda sağlamaktır. Tedarik zinciri boyunca birçok işletme kendine has görevleri icra etmektedir. Müşterinin ürünü sipariş etmesi ve satın alması arasında geçen sürenin asgari düzeye indirilmesi ancak tüm tedarik sisteminin planlı bir uygulama sunmasıyla gerçekleşebilir. Dünyanın dörtte üçünün sularla kaplı olmasının da önemli bir etkisiyle, sahip olduğu yüksek taşıma kapasitesi ve güvenlik avantajlarıyla deniz taşımacılığı ve bu taşımacılık türünün en önemli alt yapısı olan limanlar, uluslararası tedarik zincirinin önemli bir halkası konumundadır.

Limanların rolü, yüke ve gemiye hizmet vermek gibi yalın bir fonksiyonla tanımlanamaz. Geleneksel olarak tanımlanan deniz/kara ara yüzü rolünden farklı olarak limanlar, tedarik zincirinde yer alan üyelerin etkileşim halinde olduğu ve katma değer lojistik faaliyetlerin yapıldığı bir tesistir. Bundan başka limanlar, sadece ulaştırma sisteminin bütünleşik bir unsuru değil aynı zamanda üretim ve lojistik sisteminin bir alt sistemidir. Entegre lojistik kanalları (gemi sahipleri, araçlar, kara taşıyıcıları, nakliye müteahhitleri, liman acenteleri vb.), ticari kanallar (ihracat, ithalatçılar) ve tedarik kanalları (yükü taşıyanlar) açısından limanlar farklı rol ve boyutlarda algılanmaktadır. Lojistik hizmeti sunanlar açısından limanlar, intermodal taşımacılığa hizmet eden bir kesişim noktası ve yükün hareketi için gerekli “lojistik merkezi” hizmetini veren çok önemli bir düğüm noktası olarak algılanmaktadır. Ticari kanallar açısından ise limanlar, tedarik kanal kontrolü ve sahipliğinin tanımlandığı, ticaretin yapıldığı kilit merkezler olarak algılanmaktadır [1].



Şekil 1. Uluslararası tedarik zincirinde limanların önemi

Şekil 1.'de de gösterildiği gibi, limanlar, tedarik zincirinin birçok üyesinin çok az bu denli bir araya geldiği önemli bir noktadır. Tüm bu üyeler liman bölgesinde birbirleriyle etkileşim halindedir.

3. LİMAN VERİMLİLİK VE PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

Limanlar, yukarıda da bahsedildiği gibi zamanla birçok tarafa hizmet verir hale gelmesi ve limanlarda verilen hizmetin niteliğinin artması sonucu, birçok faaliyetin icra edildiği karmaşık bir yapıya bürünmüşlerdir. Bir liman yönetim sistemi; gemi operasyonları, liman içi yük taşıma, depolama, kapı operasyonları gibi alt sistemlerden oluşmaktadır. Tüm bu sistemlerin amacı liman kullanıcılarına verilebilecek en iyi hizmeti sunmaktır. Liman yöneticileri, bazı istatistikleri tutarak ve analiz ederek liman performansını ölçebilmekte ve verilen hizmetin kalitesi artırılabilir. Liman performansını ölçen çok fazla performans göstergesi olmasına rağmen, dünyada üzerinde fikir birliği yapılmış bir ölçekten bahsedemeyiz. Dünyadaki her limanın benzersiz oluşu performans göstergelerinin standartlaştırılmasını güçleştirmektedir.

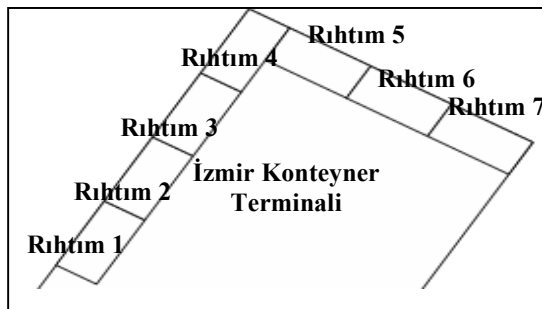
Limanların tedarik zinciri içinde önemli bir yere sahip olmasından dolayı liman verimlilik ve performansının ölçümü konusu önemli bir rekabet unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır [17, 2]. Liman yönetimi açısından, liman kaynaklarının en yüksek faydada kullanılması ve liman operasyonlarının verimli yönetilmesi en önemli amaçlardır. Bu iki temel amaç bünyesinde, limanlarda elleçlemenin artırılması, rıhtım-vinç-saha gibi kaynakların faydalı kullanılması, elleçleme zamanının azaltılması, liman sıklığına gidilmesi, taşıma sözleşmesi gereği tanımlanmış olan yükleme/boşaltma süresinin aşılması sonucu taşıyanın taşıyana ödediği sürastarya'nın ve operasyon maliyetlerinin en aza indirilmesi gerekmektedir [18].

Liman operasyonlarının karmaşıklığı, analitik yöntemlerin liman optimizasyonu için kullanılmasında zorluklara neden olmaktadır. Bu tür durumlarda benzetim, limanların analizinde, anlaşılmasında ve tasarlanmasında güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Benzetim modellemesi, ekonomi, üretim, ulaştırma ve denizcilik alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır [7]. Özellikle denizcilik alanında benzetim yöntemi terminal çıktılarının analizinde ve liman ekipman yatırımlarının optimize edilmesinde tercih edilmektedir [8]. Liman süreçlerinin benzetiminden; liman tasarımı, liman planlaması, limanlarda kapasite ve verimlilik artırma gibi farklı amaçlar doğrultusunda yararlanılabilmektedir [3]. Liman operasyonlarının en önemli süreçlerinden birisi olan gemi-rıhtım bağlantısının analizi ve planlanması konusunda benzetim modelleri yaygın olarak tercih edilmektedir [4]. Bunun yanında liman operasyonlarıyla ilgili farklı yapıda modellere Gambardella [5,6], Legato ve Mazza [11], Tahar ve Hussain [16], Nam ve Ha [12], Shabayek ve Yeung [15], Kia ve diğerleri [9], Pachakis ve Kiremidjian [13], ve Sgouridies ve diğerleri [14] gibi yazarların çalışmalarında değinilmektedir. Benzetim modellerinin, limanda karar vericiler için çok elverişli ve güvenilir bir karar destek aracı olduğu artık ispatlanmış durumdadır [8]. Bu çalışmada; yapılan benzetim modellemesinde mevcut literatürden farklı bir takım modelleme yaklaşımları geliştirilmekte ve uygulanmaktadır.

4. GEMİ-RIHTIM BAĞLANTISI BENZETİM MODELİ

4.1 İzmir limanı konteyner terminali

Bu çalışmada, gemi-rıhtım bağlantısı benzetim modeli için İzmir Limanı Konteyner Terminali ele alınmıştır. 2006 yılında İzmir Alsancak Limanı verilerine göre 847.926 *TEU* konteyner elleçlemesi gerçekleştirilmiştir. İzmir Limanı Konteyner Terminali, birbirine dik iki ana bölümden oluşmaktadır. İlk ana bölümde 4 rıhtım ve 3 rıhtım vinci, ikinci ana bölümde ise 3 rıhtım ve 2 rıhtım vinci bulunmaktadır. Rıhtımlar ve yerleşimleri Şekil 2.'de görülmektedir.



Şekil 2. İzmir Limanı Konteyner Terminali Rıhtım Yerleşimi

Rıhtımların uzunlukları 150 metre olup rıhtımlar arasında fiziksel bir ayırım bulunmamaktadır. Örneğin, 150 metreden daha uzun bir konteyner gemisi 1. rıhtımla birlikte 2. rıhtıma da taşma yapabilmektedir. Ancak, konteyner terminalinin birinci ana bölümünde yer alan 4. rıhtımla, ikinci ana bölümün ilk rıhtımını (5. rıhtım) arasında dik açı olduğundan dolayı bu iki rıhtım arasında taşma mümkün olmamaktadır. Gemi

emniyet ve güvenliğinin sağlanması ayrıca yükleme ve boşaltmanın mümkün olmaması gibi sebeplerden dolayı gemiler 4. ve 7. rıhtımlardan taşmayacak şekilde yanaştırılmaktadır.

4.2 Veriler

Bu çalışmada kullanılan veriler İzmir Liman Başkanlığı ve İzmir Alsancak Limanı 2005 yılı kayıtları esas alınarak elde edilmiştir. Bu veriler üç ana başlıkta toplanabilir. Bunlar; gelişler arası süreler, gemi uzunlukları ve gemilerin rıhtımda kalma süreleridir (*RKS*). Gelişler arası sürelerin tespitinde, İzmir Liman Başkanlığı arşivinde yer alan 2005 yılı ekim, kasım ve aralık aylarında gelen konteyner gemilerine ait "Gemi Denet Raporları"ndaki tarih ve saatler kullanılmıştır. Bu şekilde, üç aylık 375 adet gelişler arası süre elde edilmiş ve ARENA benzetim yazılımının girdi analizi modülü kullanılarak en uygun gelişler arası süre dağılımı olarak *GAMMA*(440,0.744) dakika elde edilmiştir. İzmir Alsancak Limanı istatistik departmanından elde edilen verilere göre 2005 yılında konteyner terminalinde 1333 gemiye hizmet verilmiştir. Bu gemiler, içinde İzmir Limanının da yer aldığı düzenli bir hat üzerinde çalışan ve belirli periyotlarla İzmir limanına gelen toplam 186 gemiden oluşmaktadır. Yapılan pilot çalışmalarda, 2005 yılında konteyner terminalinde hizmet verilen gemilerin uzunlukları ve *RKS*'leri arasında bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Tespit edilen bu ilişki, gemilerin uzunluklarına göre sınıflandırılması gereğini doğurmuştur. Yapılan bu sınıflandırma, *RKS*'ler için de uygulanmış ve her sınıf gemiye ilişkin *RKS* dağılımları ARENA girdi analizi modülü kullanılarak belirlenmiştir. Tablo 1.'de uzunluğa göre oluşturulan gemi tipleri ve bu gemilere ait *RKS* dağılımları görülmektedir.

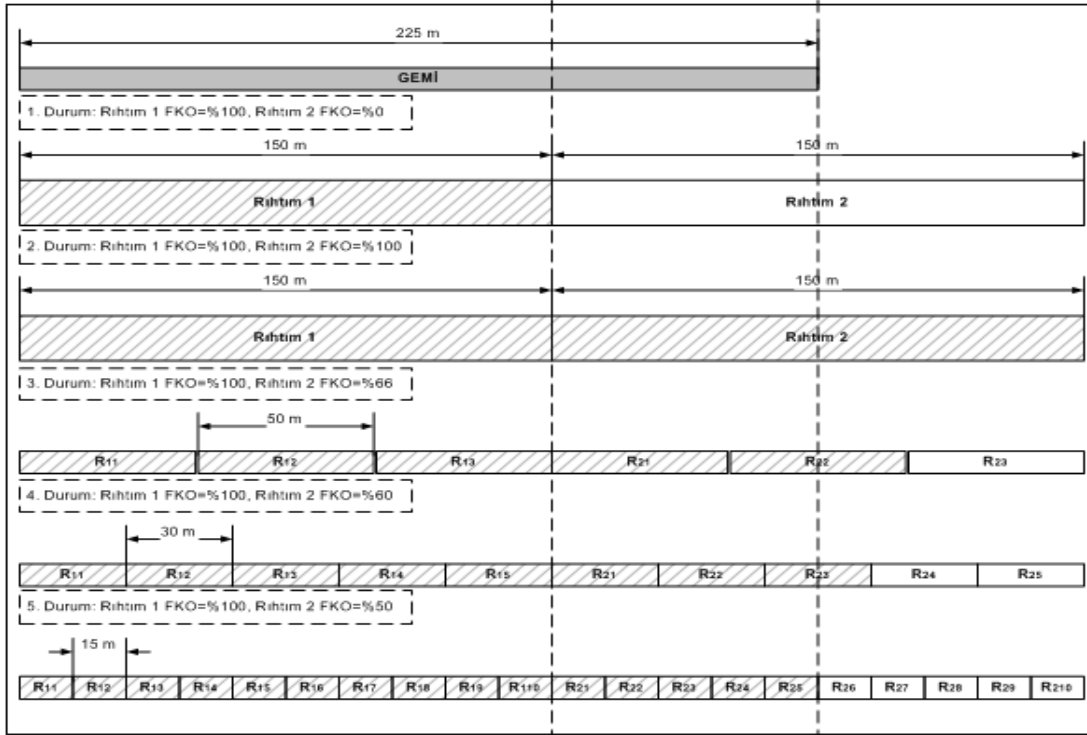
Tablo 1. Gemi sınıfları ve sınıflara ilişkin rıhtımda kalma süresi dağılımları

Gemi Tipi	Gemi Uzunluğu (<i>U</i>) (metre)	Gemi Sayısı	Oran	<i>RKS</i> Dağılımı (saat)
1	$50 < U \leq 100$	185	%13.88	<i>RKS1</i> , $1.5 + \text{ERLANG}(5.73, 2)$
2	$100 < U \leq 150$	528	%39.61	<i>RKS2</i> , $-0.5 + \text{ERLANG}(3.27, 5)$
3	$150 < U \leq 200$	460	%34.51	<i>RKS3</i> , $-0.5 + \text{ERLANG}(4.06, 5)$
4	$200 < U \leq 250$	111	%8.33	<i>RKS4</i> , $6.5 + \text{ERLANG}(7.26, 3)$
5	$250 < U \leq 300$	49	%3.67	<i>RKS5</i> , $29.5 + 52 * \text{BETA}(1.17, 1.68)$

4.3 Modelleme yaklaşımı

Literatürde yer alan gemi-rıhtım süreci benzetim çalışmaları incelendiğinde, gelen her geminin bir rıhtıma yerleştiği varsayımı göze çarpmaktadır. Bu varsayım, ancak fiziksel yapı ve uzunluk itibarıyla sadece bir geminin yaşayabileceği rıhtımlar için geçerlidir. Başka bir deyişle bu varsayım ile limanlar, tek kuyruk, tek makine/çok makineli bir sistem olarak düşünülüp benzetim modeli kolaylıkla oluşturularak gerekli performans ölçütleri hesaplanabilmektedir. Ancak İzmir Limanı Konteyner Terminali gibi rıhtımlar arasında fiziksel sınırların olmadığı ve boyundan dolayı bir geminin birden fazla rıhtıma yaşayabildiği durumlarda yukarıda bahsi geçen varsayım ile elde edilen sonuçlar geçerli olmayacaktır. Diğer yandan bu varsayımın reddiyle ARENA gibi bir benzetim yazılımıyla İzmir konteyner terminalinin modellemesi bazı güçlükler içerecektir. Bu çalışmada, İzmir Limanı Konteyner Terminali'ne benzer yapıda bulunan, yukarıda bahsi geçen varsayımın uygulanmadığı terminallere ilişkin bir modelleme yaklaşımı geliştirilip uygulanmıştır. Çalışmadaki modelleme yaklaşımı, rıhtımların daha küçük olan rıhtım parçalarına bölünüp performansın daha doğru şekilde ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bu modelleme yaklaşımının daha iyi anlaşılabilmesi ve doğruluğunun gösterebilmesi amacıyla Şekil 3. oluşturulmuştur.

Şekil 3.'de, İzmir Limanı Konteyner Terminali'nin ilk iki rıhtımına (Şekil 2.) geldiği varsayılan 225 metrelik (gemi tipi no=4) bir geminin, benzetim modelleme açısından rıhtımlara yerleşiminin 5 farklı durumdaki görünümü verilmiştir.



Şekil 3. Modelleme yaklaşımı

Şekil3.'te gösterilen durumların ilk ikisi literatürde karşılaşılan durumları gösterirken, son üçü önerilen modelleme yaklaşımına karşılık gelmektedir. Bu durumlar sırasıyla aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir;

- 1. Durum: Terminale gelen her gemi, uzunluğundan bağımsız olarak sadece 1 rıhtıma yerleşmektedir. Bu durum literatürde sıklıkla yer alan her gemi sadece bir rıhtıma yanaşır varsayımına karşılık gelmektedir. Bu durumdaki 1. ve 2. rıhtıma ilişkin Faydalı Kullanım Oranları (*FKO*), sırasıyla, %100 ve %0'dır.
- 2. Durum: Terminale gelen her gemi uzunluğu ölçüsünde 1 veya 2 rıhtıma yanaşmaktadır. Burada gemi tipi 1 ve 2 olanlar 1. rıhtıma, gemi tipi 3, 4 veya 5 olanlar ise 1. ve 2. rıhtıma yerleşmektedir. Bu durumdaki 1. ve 2. rıhtıma ilişkin *FKO*'ları %100'dür.
- 3. Durum: Her rıhtım 50 metrelik 3 eşit parçaya bölünmüş olup (R_{11}, R_{12}, R_{13} ve R_{21}, R_{22}, R_{23}) gelen her gemi, uzunluğu ölçüsünde rıhtım parçalarına yerleşmektedir. Bu durumdaki 1. ve 2. rıhtıma ilişkin *FKO*'ları sırasıyla, %100 ve %66'dır.
- 4. Durum: Her rıhtım 30 metrelik 5 eşit parçaya bölünmüş olup (R_{11}, \dots, R_{15} ve R_{21}, \dots, R_{25}) gelen her gemi, uzunluğu ölçüsünde rıhtım parçalarına yerleşmektedir. Bu durumdaki 1. ve 2. rıhtıma ilişkin *FKO*'ları sırasıyla, %100 ve %60'dır.
- 5. Durum: Her rıhtım 15 metrelik 10 eşit parçaya bölünmüş olup (R_{11}, \dots, R_{110} ve R_{21}, \dots, R_{210}) gelen her gemi, uzunluğu ölçüsünde rıhtım parçalarına yerleşmektedir. Bu durumdaki 1. ve 2. rıhtıma ilişkin *FKO*'ları sırasıyla, %100 ve %50'dir.

Yukarıda verilen açıklamalarda da görüldüğü üzere, 5 farklı modelleme yaklaşımında, 2. rıhtımın *FKO*'su %0 ile %100 arasında çıkmaktadır. Ancak, en doğru yaklaşımın 5. durum olduğu açıktır. Buna ek olarak, örneğin, 1. durumda yeni bir gemi geldiği anda 2. rıhtım boş görüldüğünden bu rıhtıma bir gemi yerleştirilmesi mümkün olmadığı halde bu yerleştirme yapılabilecektir ve bu da gemilerin kuyrukta bekleme süresini ve kuyrukta bekleyen gemi sayılarını aşağıya çekecektir. Sonuç olarak, rıhtımlar ne kadar daha küçük eşit parçalara ayrılıp modellenirse, elde edilen performans ölçüleri o kadar daha doğru olacaktır.

4.4 Deneysel çalışmalar

Önerilen modelleme yaklaşımının farkını ortaya koyabilmek için İzmir Limanı Konteyner Terminali verileri kullanılarak, bir önceki bölümde bahsi geçen durumlara ilişkin benzetim modelleri oluşturulmuştur. Performans ölçütleri, 7 rıhtıma ilişkin *FKO*'ları, gemilerin kuyrukta ortalama bekleme süreleri ve kuyrukta bekleyen ortalama gemi adetleridir. Kullanılan benzetim yazılımı ARENA'dır. Her durum, 50,000 gemi gelişi ve 2,500 saat ısınma süresi için çalıştırılmış ve 20 tekrar yapılmıştır. Performans ölçütlerine ilişkin değerler Tablo 2.'de verilmiştir. Tablodaki değerler 20 tekrarın ortalamasıdır.

Tablo 2. Deneysel sonuçlar

Performans Ölçütü	1. Durum	2. Durum	3. Durum	4. Durum	5. Durum	
<i>FKO</i>	Rıhtım 1	0.777	0.885	0.793	0.767	0.746
	Rıhtım 2	0.713	0.900	0.761	0.735	0.716
	Rıhtım 3	0.635	0.907	0.766	0.733	0.710
	Rıhtım 4	0.543	0.791	0.518	0.471	0.438
	Rıhtım 5	0.443	0.858	0.704	0.669	0.643
	Rıhtım 6	0.341	0.890	0.693	0.648	0.617
	Rıhtım 7	0.246	0.586	0.432	0.378	0.347
Kuyrukta Bekleme Süresi (saat)	0.71	63.00	16.50	13.30	11.40	
Kuyrukta Bekleyen Gemi Sayısı	0.06	10.80	2.52	1.99	1.68	

Tablo 2.'den de anlaşılacağı üzere, 1. durum, kuyrukta bekleme süresini olduğundan daha az gösterirken, 2. durum olduğundan daha fazla göstermektedir. Aynı ilişki kuyrukta bekleyen gemi sayıları için de geçerlidir. Bu ölçülerin doğru olamayacağı İzmir Pilot ile yapılan görüşmelerde de teyit edilmiştir. Her iki durum için *FKO*'larına bakıldığında ise, ilk durum için, *FKO*'ların 1. rıhtımdan 7. rıhtıma doğru gittikçe azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi, rıhtımlara gemi yanaştırma işinin, 1 numaralı rıhtımdan 7 numaralı rıhtıma doğru yapılmasıdır. İkinci durum için ise, *FKO*'larının genel olarak aynı sırada azalış gösterdiği, fakat 4. rıhtımdan 5. rıhtıma geçerken bir artışın olduğu gözlenmektedir. Bu artışın sebebi, Şekil 2.'de gösterilmiş olan 4. ve 5. rıhtım arasında yer alan köşedir. İki rıhtımı da kaplayacak büyüklükte bir gemi geldiğinde, 4. ve 5. rıhtımlara yanaşamayacağından, yanaşma işi 5. rıhtımdan itibaren yapılmaktadır. Bu da 5. rıhtımın 4. rıhtımdan daha fazla kullanılmasına sebep olmaktadır. Bu ilişkiler, önerilen modelleme yaklaşımında da aynı biçimde görülmektedir. Ayrıca, rıhtımlar daha küçük parçalara ayrıldıkça, daha doğru performans ölçüleri elde edilmektedir. Sonuç olarak, bütün rıhtımlar için ortalama *FKO* %60.24 olarak elde edilmiştir. Bekleyen gemilerin sayısı ortalama olarak 1.68 adettir ve her gemi ortalama olarak 11.40 saat İzmir Körfezinde beklemektedir.

5. SONUÇLAR

Uluslararası tedarik zinciri içerisinde yer alan ulaştırma ana faaliyetinin en önemli halkalarından biri limanlardır. Konteyner taşımacılığı, sağladığı pek çok avantajın da etkisiyle önemi son yıllarda hızla artan bir taşımacılık şeklidir. Bu açıdan bakıldığında, konteyner terminali süreçlerindeki düzensizlik, bütün tedarik zincirini de etkileyeceğinden, terminal süreçlerinin iyi işlemesi gerekmektedir. Bu iyileştirmeler, ancak ve ancak bu süreçlerin performansları ölçülebilirse gerçekleştirilebilmektedir. En önemli terminal süreçlerinden biri olan gemi-rıhtım bağlantısı sürecine ilişkin performansları ölçmenin en etkin yollarından biri benzetim modellemesidir. Bu çalışmada, İzmir Limanı Konteyner Terminali'ne ilişkin veriler kullanılarak, rıhtım faydalı kullanım oranları, gemilerin kuyrukta ortalama bekleme süreleri ve kuyrukta bekleyen ortalama gemi sayıları gibi bazı performans ölçütlerine ilişkin tahminler elde edilmiştir. Bu tahminleri yapabilmek için oluşturulan benzetim modelleri, mevcut rıhtımların daha küçük rıhtım parçalarından oluştuğu varsayımına dayanan bir modelleme yaklaşımına dayanılarak geliştirilmiştir. Bunlara ek olarak, bu yaklaşım, literatürdeki mevcut yaklaşımlarla karşılaştırılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Bichou, K., Gray, R. (2004), *A logistic and supply chain management approach to port performance measurement*, Maritime Policy and Management, 31(1), 47–67.
- [2] Chin, A., Tongzon, J. (1998), *Maintaining Singapore As A Major Shipping And Air Transport Hub*, In: Toh, T. (Ed.) *Competitiveness of the Singapore Economy*, Singapore University Press, Singapore, 83-114.
- [3] Demirci, E., (2003), *Simulation modelling and analysis of a port investment*, Simulation, 79(2), 94-105.
- [4] Dragovic, B., Park, N.K., Maras, V. (2005), *Simulation Modeling of Ship Berth Link in Container Port*. IAME2005, Cyprus.
- [5] Gambardella, L.M., Rizzoli, A.E., Zaffalon, M. (1998), *Simulation and planning of an intermodal container terminal*, Special Issue of Simulation Journal in Harbour and Maritime, Simulation, 71(2), 107-116.
- [6] Gambardella, L.M, Rizzoli, A.E., Zaffalon, M. (1998), *Simulation and planning of an intermodal container terminal*, Simulation, 71(2), 107-116.
- [7] Hassan, S.A. (1993), *Port Activity Simulation; an Overview*, ACM SIGSIM Simulation Digest 23(2), 17-36.
- [8] Hayuth, Y., Pollatschek, M.A., Roll, Y. (1994), *Building a port, simulator*, Simulation 63(3), 179-189.
- [9] Kia, M., Shayan, E., Ghotb, F. (2002), *Investigation of port capacity under a new approach by computer simulation*, Computers & Industrial Engineering, 42(2-4), 533-540.
- [10] 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*, Maritime Policy and Management, 30(3), 243–254.
- [11] Legato, P., Mazza, R.M. (2001), *Berth planning and resources optimization at a container terminal via discrete event simulation*, European Journal of Operational Research, 133(3), 537-547.
- [12] Nam, K.C., Ha, W.I. (2001), *Evaluation of handling systems for container terminals*, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE 127(3), 171-175.
- [13] Pachakis, D., Kiremidjian, A.S. (2003), *Ship traffic modeling methodology for ports*, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE 129(5), 193-202.
- [14] Sgouridis, S.P., Makris, D., Angelides, D.C. (2003), *Simulation analysis for midterm yard planning in container terminal*, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE 129(4), 178-187.
- [15] Shabayek, A.A., Yeung, W.W. (2002), *A simulation model for the Kwai Chung container terminal in Hong Kong*, European Journal of Operational Research, 140(1), 1-11.
- [16] Tahar, R.M., Hussain, K. (2000), *Simulation and Analysis for the Kelang Container Terminal Operations*, Logistics Information Management, 13(1), 14-20.
- [17] Tongzon, J. (1989), *The Impact of Wharfage Costs On Victoria's Export-Oriented Industries*, Economic Papers, 8, 58-64.
- [18] Tu-Cheng, K. (1992), *Development of a container terminal simulation model and its application in an analysis of terminal 18 Port of Seattle*, Ph.D. Thesis, University of Washington.