

II. ULUSAL LOJİSTİK VE TEDARİK ZİNCİRİ KONGRESİ

KONTEYNER TERMİNALİ PROJELERİNDE YÜK OPERASYONLARININ SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bayram Bilge SAĞLAM¹ ve Soner ESMER²

¹Araş.Gör. Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz. İşl. Yön. Bölümü, bayram.saglam@deu.edu.tr

²Doç.Dr. Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümü, soner.esmer@deu.edu.tr

ÖZET

Konteyner terminalleri, günümüzde konteynerizasyonun etkisiyle uluslararası tedarik zincirinde kritik bir role sahip olmuş ve bu doğrultuda hızlı bir gelişim süreci içine girmiştir. Bu durum konteyner terminallerine yönelik yatırımlarda büyük bir artışa yol açmıştır. Liman yatırımları geri dönüşü güç, sermaye yoğun yatırımlardır. Bu noktada yatırım sürecinin her aşamasında alınan kararların doğruluğunu ölçen karar destek sistemlerine gereksinim duyulmaktadır. Bu kararlar liman fırsat analizinden başlamakta, yer seçimi, ekonomik katkı, finansal analizler, liman tasarımı ve operasyon yapısı gibi konuları kapsamaktadır. Bu çalışmada proje aşamasındaki konteyner terminallerinde yük operasyonlarını değerlendirmek ve oluşabilecek darboğazları belirleyebilmek için simülasyon yönteminin karar destek sistemi olarak kullanılabilirliği bir vaka üzerinden değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Karar Destek, Konteyner Terminali, Simülasyon

ABSTRACT

EVALUATING CARGO OPERATIONS OF THE CONTAINER TERMINAL PROJECTS BY USING SIMULATION METHOD

With the effect of containerization container terminals have gained an important role in the supply chain and entered a rapid development process. This situation has caused a great increase in container terminal investments Port investments are capital intensive investments with slow returns. At this point investors feel the need for measuring the accuracy of their decisions in each level of the investment process. These decisions start with port opportunity analysis and also include selection of construction area, economical additive, financial analysis, port design and operational structure. In this article simulation method will be analyzed through a case in terms of analyzing the cargo operations of container terminal projects and determining the possible bottlenecks.

Keywords: Decision Support, Container Terminal, Simulation

1. GİRİŞ

Konteyner terminalleri lojistiğin alt bileşeni olan deniz ulaştırmasının en önemli altyapılarıdır. Tedarik zinciri kavramının gelişmesine bağlı olarak kullanıcıların konteyner terminallerinden beklentileri bu lojistik merkezlerin geleneksel anlayıştan sıyrılmalarına sebep olmuştur. Günümüzde konteyner terminalleri yalnızca yükleme/boşaltma faaliyetinin gerçekleştirildiği ve gemilerin barınma ihtiyaçlarının karşılandığı yapılar olmaktan çıkıp taşıma modları arasında aktarmaların gerçekleştirilebildiği, yükün terminal sahasında depolandığı ve yüke katma değer hizmetlerin verildiği lojistik merkezler haline almıştır.

Dünya ticaretindeki sürekli ve hızlı artış konteyner terminallerinin de sürekli gelişimine sebep olmaktadır. Konteyner taşımacılığındaki artışla birlikte konteyner gemilerinin ve bu gemilere hizmet verecek olan rıhtım vinçlerinin boyutları devamlı olarak büyümektedir. Gemi boyutlarında yaşanan bu büyüme aynı zamanda konteyner terminallerinin rıhtım tasarımında da belirleyici rol oynamaktadır.

Karmaşıklaşan operasyon süreçlerine rağmen bu süreçleri darboğazların oluşmasına izin vermeden, en kısa zamanda ve en verimli şekilde tamamlayabilmek konteyner terminallerinin müşteri memnuniyetini sağlayabilmeleri için tek yoldur. Bu yüzden limancılık sektöründeki artan rekabete de bağlı olarak performans kavramı önemini artırmış ve performans ölçümünün gerekliliği ortaya çıkmıştır. Performans ölçümü yük elleçleme, depolama ve liman içi taşıma süreçlerinin optimize edilebilmesi için temeli oluşturmaktadır.

Liman işletmelerinde karar destek sistemleri kalitatif yöntemler olabildiği gibi objektif yönü güçlü olan kantitatif yöntemler de olabilir. Liman performans ölçüm yöntemleri ile ilgili literatür incelendiğinde karşımıza bir çok yöntem çıkmaktadır. Ancak simülasyon yöntemi kullanılan yöntemler arasında en yaygın olanıdır.

Bu anlamda çalışmanın amacı geri dönüşü güç sermaye yoğun yatırımlar olan konteyner terminali projelerinde simülasyon yönteminin karar destek sistemi olarak kullanılabilirliğini bir vaka üzerinden değerlendirmektir.

2.KONTEYNER TERMİNALLERİNDE PERFORMANS ÖLÇÜMÜ VE SİMÜLASYON YÖNTEMİ

Günümüzde simülasyon yöntemi hem proje halindeki konteyner terminallerinin planlama aşamasında hem de var olan terminallerin geliştirilmesine yönelik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem ile yer seçimi, saha tasarımı, ekipman seçimi veya programlamasında yapılabilecek değişikliklerin terminal performansına olası katkısı gözlemlenebilmektedir. Ayrıca yöntem belirli senaryolar üzerinden sistemin eksikliklerini ve kısıtlarını ortaya çıkarmak için de kullanılabilir.

Hartmann(2004) konteyner terminallerinde ritim atama ve ekipman programlama gibi problemleri belirli senaryolar üzerinden modelleyerek çözmenin etkili bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Çalışmanın amacı simülasyon yöntemine uygun gerçekçi senaryolar üretmede önemli olan parametreleri belirlemektir. Sonuç olarak bu parametreler doğrultusunda senaryolar oluşturan bir üreteç ortaya çıkarılmıştır.

Ottjes ve diğerleri (2006) genişleme sürecinde olan Rotterdam Limanı için tasarlanan yeni terminalleri simülasyon yöntemi aracılığıyla intermodal gereksinimler, ekipman yeterliliği ve güvenlik önlemleri gibi alt başlıklarda analiz etmiştir.

Kozan ve Casey (2007) çalışmalarında multimodal konteyner terminallerinde geminin harcadığı vakti en aza indirmek amacıyla sistemin darboğazlarını tespit etmeye yönelik bir model ortaya koymuştur. Bu model terminalin elleçleme teknolojisi, yerleşim alanı ve hizmet çeşitlendirme seçimlerine yönelik bir karar destek sistemi niteliğindedir. Oluşturulmuş olan simülasyon modelinde belirlenen 16 darboğaza yönelik çözümlerin uygulanmasında genetik ve tabu search algoritmalarından faydalanılmıştır.

Martinez ve diğerleri(2010) İspanya ve Fransa sınırında yer alan Port-Bou terminalinde var olan demiryolu bağlantısındaki darboğaza çözüm bulmak için simülasyon yönteminden faydalanmışlardır. Çalışmanın bir diğer amacı aktarma operasyonlarında geliştirme çalışmalarının simülasyon yöntemiyle uygulanabilirliğini test etmek olarak belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda intermodal terminalde gerçekleştirilen vinç operasyonlarının farklı stratejilerle çalışmaları test edilmiş ve verimliliği en yüksek olan strateji belirtilmiştir.

Briskorn ve Hartmann (2010) simülasyon yöntemini Rotterdam Limanının Delta Terminali ve Hamburg Limanının Altenwerder Terminalinde kullanılmakta olan insansız otomatik çekicilerin programlama stratejilerini test etmek amacıyla kullanmışlardır. Oluşturulan modelde 2 farklı strateji 5 farklı senaryo dahilinde gözden geçirilmiştir.

Kulak ve diğerleri (2011) simülasyon yöntemini sistemin performansını düşürecek olası darboğazları belirlemek ve gelecekte uygulanabilecek geliştirme çalışmalarını ortaya koymak amacıyla kullanmışlardır. Bu çalışmada İstanbul'da yer alan bir konteyner terminali modellenmiş ve farklı iş yoğunluğu senaryoları üzerinden terminalin performansı test edilmiştir.

Lee ve diğerleri (2011)'nin gerçekleştirmiş olduğu çalışmanın çerçevesini üç temel modül oluşturmaktadır. Bu modüller otomatik terminal planı üretici, bütçe paylaşım algoritması ve genetik algoritmadır. Modüllerin bir arada çalışmasıyla belirlenen parametreler doğrultusunda alternatif terminal tasarımları elde edilmekte ve optimizasyonu elde etmek için devamlı olarak yeni tasarım parametreleri oluşturulmaktadır.

Çizelge 1: 2000-2012 Yılları Arasında Yayımlanan Liman Simülasyon Literatürü Özeti

Modellemeye Konu Olan Konu Kapsamı									
Yazar(lar)	Yer Seçimi	Yük Elleçleme /Ekipman Verimliliği	Gemi Manevra ve Operasyonları	Rıhtım Atama /Planlama	Kuyruk Modeli	Liman Planlama	Literatür Taraması	Darboğaz Belirleme	Senaryo Oluşturma
Hartmann (2004)						+			+
Hoshino ve diğerleri (2006)						+		+	
Ottjes ve diğerleri (2006)						+			
Kozan ve Casey (2007)						+		+	
Zanen ve diğerleri (2008)						+			
Beskovnik ve Trdy (2009)		+				+			
Monacco ve diğerleri (2009)				+		+			
Legato ve diğerleri (2009)			+			+		+	
Sacone ve Siri(2009)						+			+
Li ve Xiadong (2010)		+				+			
Briskorn ve Hartmann (2010)		+				+			
Huang ve diğerleri (2010)					+	+			
Martinez ve diğerleri (2010)		+				+			+
Lee ve diğerleri (2011)	+					+			
Schütt (2011)						+			
Kulak ve diğerleri (2011)						+		+	

3. ÖRNEK SİMÜLASYON UYGULAMASI

Konteyner terminallerinde simülasyon yönteminin daha net anlaşılması için örnek bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Kurgulanan konteyner terminali sade bir yapıda tasarlanmıştır. Modelde kullanılan konteyner terminalinin tasarımı yapılırken, Türkiye'deki konteyner terminallerindeki elleçleme sistemleri göz önüne alınmıştır. Türkiye'de hizmet veren konteyner terminallerinde genellikle karma elleçleme sistemi kullanılmaktadır. Kolaylık olması açısından ekipmanlar için aşağıdaki gibi kısaltmalar kullanılacaktır:

- SSG-ShiptoShoreGantry-Rıhtım Vinci
- RTG-RubberTyredGantry-Köprü vinci
- MTT- Terminal Tractor- Terminal Traktörü

Türkiye'deki konteyner terminallerinde genel olarak terminallerde sahaların dar olması nedeni ile en fazla istif yoğunluğu elde edilen elleçleme sistemlerinden birisi olan RTG sistemi tercih edilmektedir. Bu nedenle örnek olarak RTG sistemi tercih edilmiştir.

Terminal Tasarım özellikleri:

- Bir simülasyon modelinde rıhtımın açısı, uzunluğu, kıvrımları, iskele ise genişliği kısaca her türlü tasarımı yapılabilmektedir.
- SSG'nin yer aldığı apron ile bloklar arasında yaklaşık 50 metre mesafe koyulabilir. Bu 50 metrenin yaklaşık 30 metresi SSG'ye, geri kalan 20 metresi ilk blok ile SSG arasında yer alan yola verilebilir.
- Her blok arasında MTT geçişi olmayabilir. Bu gereksiz bir alan kaybı yaratır. Öyle ki terminal sahasında her metre karenin ekonomik değeri vardır. Genelde iki blok birbirine yaslanmakta, aradan sadece RTG'nin geçişi için alan bırakılmaktadır.

Rıhtım özellikleri:

- Terminal 500 metre uzunluğunda tek rıhtımdan oluşacaktır.
- Rıhtımda 2 rıhtım vinci (SSG) çalışacaktır.
- Rıhtım derinliği büyük gemilerin yanaşabilmesi için -16 m kabul edilecektir.

İç taşıma kabulleri:

- Apron ile konteyner depolama sahası arasındaki iç taşımaları terminal traktörleri (MTT) yapacak, her SSG'ye 5 MTT atanacaktır.
- 2 SSG için toplam 10 MTT kullanılacaktır.
- Her SSG için atanan MTT'ler ayrı bir grup oluşturacaktır. Bu şekilde oluşturulan 2 MTT grubu ayrı ayrı değerlendirilecektir.

Saha özellikleri:

- Sahada ithal, ihraç, boş ve transit konteyner olmak üzere 4 konteyner istif bloğu olacaktır.
- İthal, ihraç ve transit konteyner bloklarında istifi RTG'ler yapacak, her bloğa 2 RTG tahsis edilecektir.
- RTG'ler 7 yan 6 üst üste, bu anlamda bir bloğa 42 TEU istif yapılabilecektir. Bloklar 40 TEU uzunluğunda istif yapacak şekilde kabul edilecektir. Bu durumda her bloğa (7 X 6 X 40) 1,680 TEU konteyner istiflenebilecektir.
- İthal, ihraç ve transit bloklarına toplam (1,680 X 3) 5,040 TEU konteyner istiflenebilecektir.
- Boş konteyner sahasında istifi boş konteyner forkliftleri yapacak, bu bloğa toplam 2 forklift ataması yapılacaktır. Boş konteyner bloğuna (4 X 10 X 30) 1,200 TEU boş konteyner istifi yapılabilecektir.
- Sahanın toplam konteyner kapasitesi (1,680 + 1,680 + 1,680 + 1,200) 6,240 TEU olacaktır.

Ekipmanlar:

- Rıhtımda toplam 2 SSG kullanılacaktır. SSG'lerin her ikisi de rıhtıma yanaşan gemiye birlikte hizmet verecektir.
- SSG'ler saatte 30 hareket yapacak şekilde programlanacaktır.
- Her blokta 2 RTG eşit yoğunlukta çalışacak, RTG'lerin saatte 15 hareket yapabilecek şekilde programlanacaktır.
- Her bir SSG'ye 5 MTT atanacaktır. 2 SSG olduğu için 2 grup MTT olacak ve toplam MTT sayısı 10 olacaktır. MTT'lerin saha içindeki hızları 18 km/s olarak (300 m/dk) olarak programlanacaktır.

Gemi ve konteyner geliş düzeni:

- Liman gelen gemilerin geliş zamanları, boy, uzunluk ve draftları, konteyner kapasiteleri, geliş sıklıkları simülasyon modeli içinde tanımlanabilmektedir. Bu nedenle gerçek dünyada olduğu gibi haftanın her hangi bir saatinde, herhangi bir gemi tipi, istenilen hareket sayısı ile istenilen karmaşıklıkta modele dâhil edilebilir. Ancak bu modelin sade olması gayreti ile haftada bir gemi gelişi planlanmıştır.
- 2,400 TEU kapasiteli 12 m su çekimi olan 5 ambarlı bir konteyner gemisinin terminale yanaştığı kabul edilmiştir.
- Gemi haftada bir her pazartesi sabah 08:00'da rıhtıma yanaşmaktadır.
- Gemi her yanaştığında ortalama toplam 1,200 hareket yapmaktadır. Bu 1,200 hareketin 300'ü dolu tahliye, 300'ü dolu yükleme, 150'si transit tahliye, 150'si transit yükleme, 150'si boş tahliye ve son 150'si ise boş yükleme konteyner olacak şekilde senaryolandırılmıştır. Bu senaryoya ait tablo aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 2.Simülasyonda kullanılan konteyner tipi ve hareket senaryosu

Konteyner Tipi	Hareket sayısı (kutu)
Dolu tahliye	300
Dolu yükleme	300
Transit tahliye	150
Transit yükleme	150
Boş tahliye	150
Dolu yükleme	150
Toplam hareket	1,200

• Bu senaryoya göre gemi her gelişinde 600 hareket tahliye, 600 hareket yükleme olmak üzere toplam 1,200 hareket yapmaktadır. Normal şartlarda bu kadar oranlı yükleme tahliye operasyonlarına limanlarda rastlanmaz. Bu noktada vurgulanmak istenen durum, istenilen detayda gemi tahliye ve yükleme operasyonlarının simüle edilebildiğidir.

Kapı düzeni:

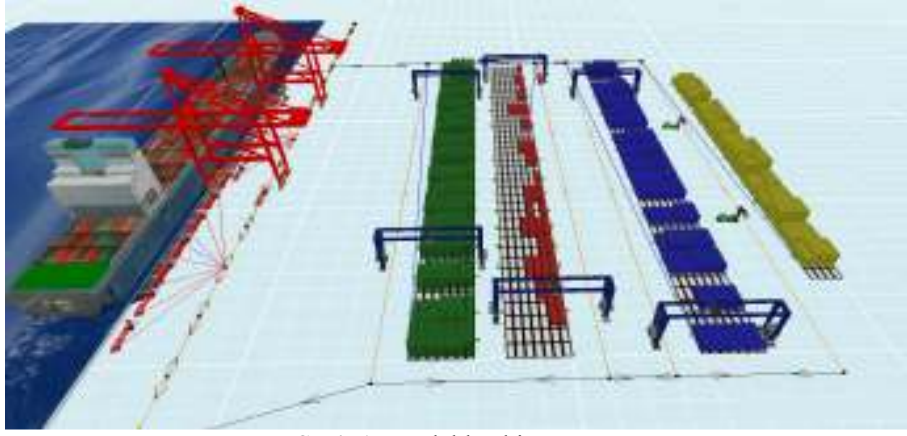
• Hafta boyunca yüklenen ve tahliye edilen konteyner göz önüne alınarak konteynerler belirli bir düzende kapıdan giriş ve çıkış yapmaktadır.

Operasyonlara yönelik detaylar:

Simülasyon modelinde operasyona ilişkin pek çok detay modellenebilmektedir. Bu örnekte kullanılan tüm girdiler belirli bir düzen içinde modellenebilmektedir. Özellikle vurgulanması düşünülen unsurlar aşağıdaki gibidir:

- Haftada bir gemi ve her gemide 1,200 hareket olduğu göz önüne alındığında limanda yılda yaklaşık 62,000 TEU hareket olması beklenebilir.
- Tahliye edilen dolu konteyner ithal konteyner bloğuna, tahliye edilen transit konteyner transit konteyner bloğuna ve tahliye edilen boş konteyner boş konteyner sahasına yönlendirilmektedir.
- Yüklenen dolu konteyner ihraç konteyner bloğundan, yüklenen transit konteyner transit konteyner bloğundan ve yüklenen boş konteyner ise boş konteyner sahasından alınmaktadır.
- Her konteyner cinsi farklı renklerle gösterilebilmekte (örneğin tahliye dolu konteyner kırmızı, tahliye boş konteyner yeşil gibi.) bu sayede konteyner tiplerinin doğru bloklara götürülüp götürülmediği animasyonlarda görsel olarak takip edilebilmektedir.
- MTT'lerSSG'nin altına geldiğinde önünde başka bir MTT var ise sıraya girmekte, benzer durum RTG önünde de yaşanmaktadır. Bu noktada ilk gelen MTT, ilk işlem gören MTT olmaktadır (FIFO).
- Hangi ambardaki ve tipteki (dolu, boş, transit) konteynerin öncelikle gemiden tahliye edileceği ve yükleneceği simülasyon modelinde belirlenebilmektedir. Ancak genel kabul önce gemiden yüklerin tahliye edilmesi daha sonra da yüklenmesidir. Bu modelde önce tahliye edilecek konteynerler gemiden indirilmiş sonra yüklenecek tüm konteynerler yüklenmiştir.
- Geminin rıhtıma yanaşır yanaşmaz operasyona başlaması herkes tarafından istenen bir durumdur. Ancak SSG'nin belirli bir hazırlık süresi olmasından dolayı bu mümkün değildir. Pek çok durumda olduğu gibi modelde SSG hazırlık süresini belirlemek modeli kuran kişinin kontrolündedir. Bu modelde SSG hazırlık süresi 10 dk olarak kabul edilmiştir. Bu durumda gemi rıhtıma yanaştıktan 10 dk sonra operasyona başlamaktadır.
- Her terminalde olduğu gibi bir simülasyon modelinde de emniyet ve operasyon düzeninin sağlanması, kaza riskinin azaltılması, operasyon hızının artırılması gibi nedenlerle terminal sahasında hareket eden MTT'ler için belirli bir trafik düzeni sağlanabilir. Bu modelde de belirli bir trafik düzeni kurgulanmış, MTT'lerin hiçbir noktada karşı karşıya gelmemeleri sağlanmıştır. Bu nedenle belirli bir çevrime giren MTT'nin yükünü bıraktıktan sonra geri dönmesi, kısa yolu tercih etmesi gibi bir durum söz konusu değildir. MTT girdiği çevrimi tamamlamak zorundadır.
- Son yıllarda SSG Spreaderları aynı anda birden fazla konteyneri yükleme/tahliye yapabilmektedir. Örneğin twin konteyner spreaderi ile gemiden tek bir hareketle 2 konteyner alınıp sahadaki MTT'lere yüklenebilmekte ve böylece operasyon hızlanabilmektedir. Bu modellenebilen bir durumdur, ancak bu modelde kullanılmamıştır.
- Bu modelde uygulanmamıştır ancak istenirse bloklar arası konteyner transfer operasyonları da yapılabilir. Özellikle gelen geminin yükleme planına göre konteynerlerin kolay ulaşılabiliirliğinin sağlanması için saha içinde konteyner transferi ya da altta kalan konteynerin üste çıkarılması gibi operasyonlar yapılabilmektedir. Bu modelde her bir yük rejimi için bir blok ayrıldığı için teknik olarak böyle bir operasyona ihtiyaç duyulmamıştır.

Tüm bu senaryo göz önüne alınarak bir simülasyon modeli oluşturulmuş ve modellemede Flexsim CT programı kullanılmıştır.



Şekil 1: Modelden bir görüntü

4. MODEL BULGULARI

Simülasyon modeli sonucunda elde edilen çıktılar değerlendirildiğinde, çalıştırılan senaryo ve liman hakkında birçok yorum yapılabilmekte, sistem hakkında bu yorumlara dayanarak iyileştirmeler yapılabilir. Simülasyon modelinden elde edilen çıktılar aşağıda gösterilmektedir. Bu sayede bir konteyner terminal simülasyonu ile ne tür çıktılara ulaşılabileceği hakkında bir fikir verilecektir.

Oluşan bu sonuçların geliştirilen senaryonun değişmesi ile tamamen farklılaşacağı mutlaka göz önüne alınmalıdır. Her ne kadar gerçeğe yakın bir senaryo oluşturulmaya çalışılsa da liman alt yapısı ve modelde kabul edilen ekipman çalışma süreleri değiştiğinde tüm istatistikler değişecektir.

Sahaya ilişkin çıktılar:

Sahaya ilişkin istatistikler hem sahanın toplamı hem de her bir istif bloğu için ayrı ayrı görülebilmektedir. Bir konteyner terminali simülasyon modeli ile sahaya ilişkin:

- Ortalama saha doluluğu,
- Sahadaki en düşük doluluk miktarı,
- Sahadaki en fazla doluluk miktarı,
- Konteynerin ortalama sahada kalma süresi (Dwell time),
- Konteynerin sahada kalma süresinin varyansı,

gibi veriler elde edilebilmektedir. Konteynerin sahada kalma süresi ortalamasını tek başına değerlendirmektense varyansı (ya da standart sapması) ile değerlendirmek daha doğru yorumların yapılmasını sağlamaktadır. Bu nedenle gerekli varyans istatistikleri de ayrıca hesaplanmıştır. Örnek olarak geliştirilen modele ilişkin saha istatistikleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3: Sahaya ilişkin simülasyon çıktıları

	Ortalama saha doluluğu (kutu)	En düşük doluluk (kutu)	En fazla doluluk (kutu)	Ortalama sahada kalma süresi (Gün)	Sahada kalma süresinin varyansı (Gün)
Toplam Saha	905	636	1031	3,4	11,5
İthalat sahası	220	27	302	0,9	3,6
İhracat sahası	267	46	342	3,8	10,0
Transit sahası	205	154	325	3,3	10,4
Boş sahası	219	172	332	3,8	15,7

Saha istatistiklerine göre ortalama saha doluluğu geminin kaldığı süre boyunca 905 konteyner olarak gerçekleşmiş, en düşük konteyner sayısı 636 olurken bu rakam en fazla 1031 olmuştur. Haftalık istatistiklere bakıldığında ise yine tüm saha göz önüne alındığında sahada ortalama bir konteyner 3,4 gün kalmıştır. Bu verinin varyansı 11,5 gün olarak hesaplanmıştır. Bu rakamlar tabloda görüldüğü gibi her bir bloğa göre ayrı ayrı da incelenebilmektedir.

Saha ekipmanlarına ilişkin çıktılar:

Modelde sahada kullanılan ekipmanlar göz önüne alındığında bu ekipmanlara ilişkin istatistiklere ulaşılabilmektedir. Modelde ithalat, ihracat ve transit istif bloğu için 2’şer toplam 6 RTG kullanılmış, ayrıca boş konteyner sahasında da 2 adet boş konteyner forklifti kullanılmıştır. Kullanılan bu ekipmanlar modellenen limana göre azaltılabilir ya da artırılabilir.

Bir simülasyon modeli ile sahadaki ekipmanlara yönelik olarak:

- Ortalama oluşan kuyruk,
- Ortalama ekipman bekleme zamanları,
- Bekleme zamanlarının varyansı,
- Ekipmanın meşgul olma oranı (%),
- Saatlik toplam hareket,
- Saatlik net hareket,

gibi istatistiklere ulaşılabilmektedir.

İthalat, ihracat ve transit bloklarına atanan RTG’ler, atama yapılma sırasında belirli kurallar ile modellenmiştir. Bu modelde olduğu gibi bir blokta 2 (veya daha fazla) RTG çalıştırılması durumunda bu RTG’lerin birbirlerinin çalışma düzenlerini etkilememeleri, birbirlerine belirli bir güvenlik mesafesinden daha fazla yaklaşmaları (bu mesafe bu modelde yaklaşık 2 metre alınmıştır), bloğun belirli alanlarında hizmet vermeleri gibi konuların düzenlenmesi gereklidir. Her ne kadar bahsedilen düzenlemeler yapılabilse de istatistikler her bir ekipman için ayrı ayrı elde edilebildiği gibi, grup halinde çalışan ekipmanlar için toplam olarak da elde edilebilir.

Çizelge 4: Sahada çalışan ekipmanlar ilişkin elde edilen istatistikler

Ekipmanlar	Ortalama Oluşan Kuyruk (adet)	Ortalama Bekleme Zamanı (dakika)	Bekleme Zamanı Varyansı (dakika)	Ekipmanın Meşgul Olma (%)	Saatlik Gros Hareket (adet)	Saatlik Net Hareket (adet)
RTG1	0,000	0,000	0,000	0,0	0	0
RTG2	0,000	0,000	0,000	26,8	15	57
RTG3	0,000	0,000	0,000	35,9	15	43
RTG4	0,000	0,000	0,000	0,0	0	0
RTG5	0,000	0,000	0,000	28,9	15	51
RTG6	0,000	0,000	0,000	0,7	0	53
TopLoader1	0,000	0,000	0,000	18,7	9	46
TopLoader2	0,000	0,000	0,000	14,2	7	47
RG1	0,021	4,726	0,000	0,0	15	0
RG2	0,007	1,573	0,000	0,0	15	0
RG3	0,032	3,811	0,000	0,0	15	0
RG4	0,014	1,637	0,000	0,0	15	0

Çizelge 4’te gösterilen RTG 1 ve RTG 2 ithal, RTG 3 ve RTG 4 ihraç, RTG 5 ve RTG 6 transit konteyner bloğuna atanan RTG’leri ifade etmektedir. Boş konteyner forkliftleri ise “Toploader” olarak tabloda yerini almıştır.

Yine çizelgede RG1 (Resource Group 1) ifadesi, ithal konteyner bloğunda hizmet veren RTG 1 ve RTG 2 ekipmanlarının oluşturduğu grubu belirtmektedir. Bu şekilde grup olarak istatistikler de tablo da sunulmuştur. Benzer şekilde RG 2 ihraç, RG 3 transit ve RG 4 boş konteyner sahasında kullanılan ekipmanların grubunu ifade etmektedir.

Tablodaki istatistikler incelendiğinde RTG 1’in hiçbir hareket yapmadığı anlaşılmaktadır. İthal bloğunda RTG 2 tek başına tüm elleçlemeyi gerçekleştirmiştir. Bu tür sonuçlar ekipmanın bu noktada gerekli olup olmadığı konusunda sorgulamalarının yapılması için değerlendirilebilir. RTG 2’nin önünde bir kuyruk oluşmadığı, ortalama % 26,8 meşgul olduğu ve saatte ortalama 15 hareket yaptığı görülmektedir. Tekrar etmek gerekirse oluşan bu sonuçların geliştirilen senaryonun değişmesi ile tamamen farklılaşacağı mutlaka göz önüne alınmalıdır. Grup olarak incelendiğinde ise

örneğin boş konteyner bloğundaki iki boş konteyner forkliftini ifade eden RG4'te az da olsa bir MTT kuyruğunun oluştuğu (0,014), ortalama MTT'lerin 1,6 dakika beklediği, forkliftlerin saatte ortalama 15 boş konteyner elleçledikleri görülmektedir.

- **Rıhtıma ve Rıhtımdaki SSG'lere ilişkin model çıktıları**

Rıhtım ve rıhtımda kullanılan ekipmanlar limanın en önemli kaynakları olarak değerlendirilir. Modelleme sonucunda rıhtıma ve rıhtımda çalışan rıhtım vinçlerine ilişkin (SSG) istatistikler ayrı ayrı tutulabilir.

Rıhtıma ilişkin istatistikler aşağıdaki gibidir:

- Ortalama demirde bekleyen gemi sayısı,
- En az bekleyen gemi sayısı,
- En fazla bekleyen gemi sayısı,
- Ortalama gemi bekleme zamanı,
- Bekleme zamanı varyansı,
- Ortalama rıhtım yoğunluğu,
- Rıhtım yoğunluğunun yüzdesi,

Örnek model üzerinden elde edilen rıhtım ve rıhtım ekipmanlarına ilişkin istatistikler aşağıdaki gibidir.

- Senaryo haftada bir geminin gelmesi üzerine kurulduğu için gemi kuyruğu oluşmamıştır. Bu nedenle bekleyen gemi sayısı ve zamanlarına ilişkin bir istatistik elde edilmemiştir. Ancak gelen gemi trafiği yoğunlaştırılabilir ve bu istatistiklere ulaşılabilir.
- Bu örnekte ortalama rıhtım yoğunluğu, % 66.8 olarak hesaplanmıştır.
- SSG'nin gemi rıhtımda iken çalışma yüzdesi % 92,7 ve ortalama saatteki hareket sayısı 30,5 olarak hesaplanmıştır. 2. SSG ise % 93,3 yoğunlukta çalışmış ve saatte ortalama yine 30,5 hareket yapmıştır.

Benzer şekilde kapı operasyonlarına ilişkin aşağıdaki gibi istatistiklere de ulaşılabilir:

- Her bir vincin faydalı kullanım yüzdesi,
- Saatteki toplam (gros) hareketi,
- Saatteki net hareketi.

Operasyon yaklaşık 18 saat sürmüş, pazartesi sabah 8:00'da yanaşan gemi bir sonraki gün sabah 02:00 sularında limandan ayrılmıştır.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada, konteyner terminallerinin performans ölçümünde kullanılan yöntemlerden biri olan simülasyon yöntemi bir senaryo üzerinden anlatılmıştır. Simülasyon yöntemi bir karar destek sistemi olarak, sistemlerin analizinde kullanılan bir yöntemdir. Dünyada bütün limanların birbirinden farklı yapıda oluşu, liman performansı ölçümünün ve analizinin çoğu zaman karmaşıklığı, alınan kararlara destek olacak bir mekanizmaya duyulan gereksinim gibi nedenlerle limanlarda bir performans ölçüm aracına ihtiyaç olduğu açıktır. Bu noktada simülasyon yöntemi bu gereksinimi en iyi karşılayan araçlardan birisidir.

Limanların karmaşık dinamik bir yapıya sahip olması ve liman faaliyetlerinin içi içe geçmesi bu yöntemin liman performans ölçümünde yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Simülasyon ile modelleme tekniğinin bu kadar yaygın kullanılması, kuşkusuz konu hakkında önemli bir literatürün de oluşmasına katkı sağlamıştır. Limanlarda simülasyon modellerinin kullanılmasının geçmişi son 1970'li yıllara kadar uzanmaktadır.

Bu bildiride sunulan örnek simülasyon modeli, sadece liman yönetimine karar destek aracı olarak limanın lojistik yapısını ve liman performans göstergelerini anlama, analiz etme ve değerlendirme, liman kapasitesini planlama, liman verimliliğini artırma, liman geliştirme ve limanın gelecekteki ihtiyaçlarını tahmin etme konularına yardımcı, kesikli-olay simülasyon metodunu kullanan bir karar destek modeli değil aynı zamanda terminal lojistik süreç performansını ölçen tüm terminallere uygulanabilir esnek bir simülasyon modelidir.

Simülasyon modelleri ile liman işletmecileri, liman içi lojistik süreçler iyileştirebilmekte, yükleme/tahliye planlamaları yapabilmekte ve limanın çıktıları hakkında istatistikî veri elde edebilmektedir. Model sonucunda ekipmanların faydalı kullanımı, optimal taşıyıcı sayısı, istifleme verimliliği, operasyon zamanları, liman içi ulaştırma hizmetinin verimliliği gibi konular incelenebilmektedir.

Dünyanın gelişmiş limanlarında yoğun olarak kullanılan simülasyon yöntemi Türkiye'de çok fazla tercih edilmemektedir. Bunun en önemli nedeni ülkemizde bu konuda yetişmiş elemanın çok az olmasıdır. Liman işletmeleri özellikle endüstri mühendisliği bölümlerinden istihdam edecekleri mezunlarla bu konu üzerine eğilmelidir. Uzun

dönemli bir öneri olarak ilgili eğitim kurumlarının, özellikle liman operasyon kapsamında verilen dersleri temel simülasyon bilgisi ile desteklemesi ve simülasyon uygulamaları ile bu dersleri zenginleştirmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Briskorn, D. AndHartmann, S., “Simulatingdispatchingstrategiesforautomatedcontainerterminals”, Operations ResearchProceedings, p. 97-102, 2010

Hartmann, S., “Generatingscenariosforsimulationandoptimization ofcontainer terminal logistics”, OR Spectrumvol 26. 171-182, 2004

Hoshino, S., Ota, J., Shinozaki, A. andHashimoto, H., “Improveddesignmethodologyfor an existingautomatedtransportationsystemwithautomatedguidedvehicles in a seaport terminal”, Advanced Robotics, vol. 21, no.34, 371-394, 2007

Huang, W.,Kuo, T. AndWu, S., “A comparison of analyticalmethodsandsimulationforcontainer terminal planning”, Journal of theChineseInstitute of IndustrialEngineers, vol.24:3, 200-209

Kozan, E. andCasey, B., “Alternativealgorithmsfortheoptimization of a simulation model of a multimodalcontainer terminal”, Journal of theOperationalResearchSociety, vol.58, p.1203-1213, 2007

Kulak, O., Polat, O., Rico, G. andGünther, H., “ Strategiesforimproving a long-establishedterminal’sperformance: a simulationstudyforTurkishcontainer terminal” , Flexible Services andManufacturingJournal, 2011

Lee, L.H.,Chew, E.P., Chua, K.H., andZhen. L., “ A simulationoptimisationframeworkforcontainer terminal layoutdesign”, Multi-objectiveEvolutionaryOptimisationfor Product Design andManufacturing, p.385-400, 2011

Legato, P.,Mazza, R.M. andTrunfio, R., “Simulation-basedoptimizationfordischarge/loadingoperations at a maritimecontainer terminal”, OR Spectrum vol.32, p.543-567, 2010

Li, L. andXiaodong, W., “ Study on modellingandsimulation of container terminal logisticssystem” , Advancing Computing, Communication, Control and Management LectureNotes in ElectricalEngineering, vol.56, p. 222-230, 2010

Martinez, F.M.,Gurierrez, I.G., Alberto, O.O. and Bedia, L.M.A., “Gantrycraneoperationsto transfer containersbetweentrains: a simulationstudy of Spanish terminal”, Transportation Planning andTechnology, vol 27:4, p. 261-284, 2010

Monacco, M.F.,Moccia, L. andSammara, M., “Operations researchforthemangement of a transshipmentcontainer terminal: theGioiaTaurocase”, MaritimeEconomicsandLogistics, vol:11, no.1, p.7-35, 2009

Ottjes, J. A.,Veeke, H.P.M, Duinkerken, M.B., Rijsenbrij J.C. andLodewijks, G., “Simulation of a multiterminalssystemforcontainerhandling” OR Spectrum vol.28, 447-468, 2006

Sacone, S. AndSiri, S., “An integratedsimulation-optimizationframeworkfort he operationalplanning of seaportcontainerterminals”, Mathematical andComputerModelling of DynamicalSystems, vol.15, p.275-293, 2009

Schütt, H., “Simulationtechnology in planning, implementationandoperation of containerterminals”, OperationResearch: ComputerScienceInterfaces Series 49, 103-116, 2011