

LİMAN İŞLETMECİLİĞİNDE BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ OLARAK SİMÜLASYON YÖNTEMİNİN ANALİZİ

Öğr. Gör. Soner Esmer^(*), Doç. Dr. Okan Tuna^(**)

^(*) Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz İşletmeciliği ve Yönetimi
Yüksekokulu, E-posta: soner.esmer@deu.edu.tr

^(**) Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz İşletmeciliği ve Yönetimi
Yüksekokulu, E-posta: otuna@deu.edu.tr

ÖZET

Deniz ulaştırması, ulusal ve uluslararası ticarete ve ekonomik gelişimde temel bir rol oynamaktadır. Liman verimliliği konusu, deniz ulaştırması konusu içinde önemli bir yere sahiptir. Limanların sahip oldukları alt ve üst yapı elemanlarının satın alınması, inşa edilmesi ve işletilmesi yüksek maliyetli ve zordur. Limanın verimsiz kullanılması liman işletim maliyetlerinin artmasına ve sermaye kaybına sebep olmaktadır. Limanlar karmaşık dinamik sistemlerdir ve limanlarda birçok faaliyetin iç içe geçmiştir. Liman yönetimi ise çok sayıda karar almayı gerektiren bu karmaşık sistemleri içerdiğinden bilgisayar simülasyonu, liman operasyonlarının analizinde, anlaşılmasında ve tasarımılanmasında güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada bir karar destek sistemi olarak kullanılan simülasyon yöntemi ve bu yöntemin limanlarda uygulanması konusu ele alınacak ve ülkemiz limanlarında henüz yaygın olarak kullanılmayan simülasyon yönteminin, uluslararası literatürdeki tarihçesine değinilecektir.

Anahtar Sözcükler: Denizcilik, Liman, Simülasyon

GİRİŞ

Deniz taşımacılığı sektörü, yöneylem araştırması tekniklerinin kullanılması için çok uygun bir sahadır. Limanlar, denizcilik alanında yapılan yatırımlarda en önemli paya sahiptir. Bilgisayar simülasyonları ile liman operasyonlarının, liman teknolojilerinin ve liman altyapılarının incelenmesi, analiz edilmesi ve performanslarının ölçülmesi mümkün olmaktadır.

Limanları karmaşık dinamik sistemler olarak incelediğimizde, birçok faaliyetin iç içe geçtiği görülebilir. Bu faaliyetlere ilişkin fiziksel varlıkların içinde; liman sahası, rıhtımlar, yaklaşım kanalları, demirleme alanı, gemiler, yükler, ekipmanlar, depolar, ulaştırma elemanları ve giriş/çıkış kapısı sayılabilir. Farklı liman operasyonlarının bu karmaşıklığı, analitik yöntemlerin liman optimizasyonu için kullanılmasında zorluklara neden olmaktadır. Diğer yandan karmaşık yapıların matematiksel modellemesi zahmetli, hatta bazı durumlarda imkânsızdır. Bu tür durumlarda bilgisayar simülasyonu, limanların analizinde, anlaşılmasında ve tasarlanmasında güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yüzden simülasyon yöntemi dünyada liman verimliliğinin ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Literatürde limanlarda simülasyon modellerinin geçmişi son 30 yıla kadar uzanmaktadır. Literatürdeki yayınlar incelendiğinde başlangıcından günümüze değin, liman simülasyon modellemesi hakkındaki tüm çalışmaların 5 ana başlıkta toplandığı görülmektedir. Bu ana başlıklar; liman operasyonları simülasyon modelleri, liman planlaması simülasyon modelleri, liman tasarımı ve liman genişlemesi simülasyon modelleri, konteynır terminaleri simülasyon modelleri ve limanlar için matematiksel modellerdir. Çalışma, yukarıda bahsedilen bu beş konu ile ele alınarak hem limanlar için yapılan simülasyon türleri sınıflandırılmakta hem de her bir ana başlığa ait literatür incelenmektedir.

1. LİMAN OPERASYONLARI SİMÜLASYON MODELLERİ

Collier (1980) liman sistemini karayolu veya demir yolu ile gelen yükün uygun koşullarda depolandığı ve rıhtımdan gemiye yük elleçleme işleminin yapıldığı alanlar olarak tanımlamıştır. Collier liman sisteminin içinde mühendislik, iş gücü, ulaştırma ve dokümantasyon ve kaynak dağılımı işlemlerini olduğunu ve tüm bu işlemlerinin birbiriyle uyumlu olması gerektiğini belirtmektedir.

Liman sistemini liman varlıklarına göre tanımlayan Francisco'ya (1984) göre bu varlıklar bazı niteliklere sahiptir. Francisco'nun liman sistemi tanımında 6 varlık mevcuttur, bu varlıklar yük, gemi, rıhtım ve iskeleler, depolama alanları, kara taşıması ve elleçleme ekipmanlarıdır.

Esa (1986) limanların gelecekteki gelişimini tahminlemek için bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Esa'nın geliştirdiği bu model limanlar için geliştirilen simülasyon modellerinin ilk kuşağı olan PORTSIM'dir. PORTSIM Kanada'daki Thunder Körfezi limanındaki tahıl terminali operasyonlarını kapsamaktadır. Program 5 temel performans göstergesini ölçmektedir, bunlar: geminin ortalama bekleme zamanı, ortalama kuyruk uzunluğu, rıhtım faydalı kullanım oranı, rıhtım elleçleme oranı ve azami rıhtım uzunluğu

Sheikh ve diğerleri (1987) bir mikro bilgisayar tabanlı simülasyon modeli geliştirerek bu modelli 3.dünya limanları için en uygun rıhtım sayısını hesaplamada kullanmışlardır. Çalışmaya göre rıhtım sayısı 3 faktöre bağlı olarak belirlenebilmektedir, bunlar; Limana olan talep, limanda elleçlenen farklı yüklerin elleçleme oranı ve geminin limanı faydalı kullanabilmesi için kabul edilebilecek hizmet seviyesine göre rıhtım sayısıdır.

MeCali (1989) petrol terminali ve liman faaliyetleri için kesikli olay simülasyon modeli geliştirmiştir. Simüle edilen faaliyetler; Tanker planlaması, rıhtım tayini, rıhtım yaklaşım kanalındaki gemi trafiği, kiralanan tanker alanlarının kullanımı, gemi operasyon süreçlerinin çeşitli aşamalarındaki gecikmeler, gece, hava, kanal sınırlandırılmasıdır.

Hassan ve diğerleri (1993) ve Hassan (1993), liman simülasyon modelleri için yeni bir görüş önermişlerdir. Bu çalışmalara göre karmaşık liman operasyonları dört bölümde incelenmektedir: Gemi operasyonları, Yük elleçleme operasyonları, Depolama operasyonları ve İç taşıma operasyonları. Bu model liman gelişim analizlerini yapmak, liman genişleme olanaklarını incelemek ve limanın gelecekteki ekonomik katkısını değerlendirmek gibi farklı performans kriterlerini değerlendirebilmektedir.

Nevins ve diğerleri (1995), askeri konularda seçilmiş iki sürecin kesin tanımlaması ile bir nesne yönelimli liman simülasyon modeli geliştirmişlerdir (PORTSIM). PORTSIM'in çıktıları liman planlamacılarına geminin ve askeri ekipmanların detaylı analizini yapabilme olanağını vermektedir. İstatistiksel raporlar üç ana başlık altında incelenebilir.

Nevin ve diğerleri (1998), kritik kaynakların faydalı kullanımı, liman elleçleme kapasitesinin tanımlanması ve liman seçimi/karşılaştırması konularında planlayıcıya yardım eden bir kesikli

olay simülasyon modeli geliştirmiştir. Geliştirilen bu simülasyon modeli kullanıcıya çok gerçekçi simülasyon olanağı sağlamada, liman kaynaklarının önceliğini ve ulaşılabilirliğini tanımlamada yeni açılımlar vermektedir.

Thiers ve Janssens (1998), Antwerp limanının deniz yönlü ulaşımına yönelik bir matematiksel trafik simülasyon modeli geliştirmiştir. Bu çalışmanın amaçları Antwerp limanında planlanan kuzey rıhtımı hizmete sunulduğunda, gemilerin dönüş manevralarındaki sorunların tahmin edilebilmesi ve Antwerp limanı yaklaşım kanalının üzerindeki deniz trafiğinin simülasyon modellemesidir.

Nevins ve diğerleri (1998), PORTSIM'e iki boyutlu animasyon ve üç boyutlu canlandırma yeteneği eklemişler ve bu programın kapasitesindeki bu artışın faydalarını çalışmalarında tartışmışlardır. Eklenen animasyon, liman simülasyonu tarafından türetilen objelerin ve olayların iki boyutlu düzlem içinde görselleşmesini sağlamıştır.

Asperen ve diğerleri (2003) limanlarda gemilerin yüklerini yükleme ve boşaltmaları için iskele olanaklarını sağlayan, farklı gemi geliş biçimlerinin etkilerini çalışmışlardır. Üç gemi geliş dağılımı ele alınmıştır, bu dağılımlar: Stok kontrolü, Her bir gemi tipinin eşit uzaklıkta olması ve Poisson süreci olarak incelenmiştir.

Franzese ve diğerleri (2004), ARENA yazılımı ile bir simülasyon modeli geliştirmişler ve bu modeli: Panama kanalının kapasitesinin tayin edilmesi, Müşteri hizmet düzeyinin farklı Pazar stratejileri ile tespit edilmesi,

Sermaye yatırım opsiyonlarının tespit edilmesi, Operasyon kurallarının düzenlenmesi gibi unsurlar tespit etmek için kullanmışlardır. Bu simülasyon projesi, Panama kanal otoritesine, kanal kaynaklarının bir çok davranışını 2025 yılına kadar inceleyebilme ve yönetebilmesine izin vermiştir.

2. LİMAN PLANLAMASI SİMÜLASYON MODELLERİ

Macknight ve Mackay (1986) liman planlaması için iki tür simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Bunlar sürekli simülasyon modelleri ve kesikli olay simülasyon modelleridir. Kesikli olay modelleri kuyruk ve ulaştırma modelleri ile ilgilidir ve bu modeller olayların sıralarına göre tanımlanmasını içerir.

Örneğin bir liman örneğinde geminin gelmesi, yükleme/boşaltmanın başlaması, daha sonra bitmesi, geminin rıhtımdan ayrılması gibi süreçlerin modellenmesi kesikli olay simülasyon yapısını temsil edebilir. Sürekli modeller ise tek bir süreçtir ve olaylar sürekli dir. Sistem bir denklemler serisi olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışma, Gladstore limanı için tasarlanmıştır. Çalışmada liman trafiği için kesikli olay simülasyon modeli uygulanmış, gemi manevraları içinse sürekli olay modeli uygun görülmüştür.

Park ve Chiu (1989), özellikle liman operasyonları için analiz ve planlama aracı olarak bir grafik simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Bu simülatör, bilgisayar ekranında elle hareket ettirilebilen grafik semboller ile modellerin kolayca kullanılmasına izin vermektedir. Beş temel unsura sahiptir: Grafiks el modelleme, Mantıksal modelleme, Kesikli olay süreci, Grafik animasyon ve İstatistiklerin toplamı.

Gibson ve diğerleri (1992), Kaliforniya'daki Long Beach limanı için, gelecekteki gelişim planlamasına yardımcı olacak, kapsamlı bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Model, kamyon, otomobil ve tren trafiğinin tek bir model içinde SIMAN dilini kullanarak simüle etmektedir. Model aynı zamanda limandaki trafik ile ilgili performans göstergelerini üretmektedir.

Bruzzone ve Signorile (1998) adlı yazarların liman simülasyonu konusuna iki katkısı vardır. Birinci katkı iki tür genetik algoritmanın kullanılmasıyla ilgilidir; Gelen geminin oluşturduğu akıntının elden geçmesi ve Tersane planlaması. İkinci katkı ise daha çok felsefi olarak desteklenmiştir. Çalışmada iyi bir planlamanın limanlarda verimli operasyona olan katkısı vurgulamaktadır.

3. LİMAN TASARIMI VE LİMAN GENİŞLEMESİ SİMÜLASYON MODELLERİ

McCallum (1986) seyir işaretlerinin, gemi yanaşma planlamalarının, romörkaj operasyonlarının da içeren bir liman tasarımı simülasyon modeli geliştirmiştir. Çalışmada farklı tip gemi rüzgâr aralıklarında, azami med cezir seviyelerinde rıhtımlama manevraları incelenmektedir.

Teo (1993) konteynerleri hareket ettirmek için otomatik kılavuzlar kullanan tam otomatik kara operasyonlu bir konteyner

terminalini temsil eden bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Çalışmaya göre liman operasyonları iki temel aktiviteye ayrılmaktadır, bunlar kara ve deniz operasyonlarıdır. Yazar kara operasyonlarına yoğunlaşarak özellikle animasyonları modelin kabul edilebilirliğini desteklemek ve kullanıcıların algulamalarını kolaylaştırmak için kullanmıştır. Animasyon aynı zamanda simülasyon çalışması için simülasyon çalışması için kapsamlı bir kullanıcı ara yüzü sağlamaktadır.

Dagget (1995) deniz simülatörlerinin nasıl anlaşılacağını ve seyir tasarımlarının nasıl olacağını ayrıca bu simülatör tekniklerinin nasıl kullanılacağı hakkında kapsamlı bir araştırma yapmıştır. Bir navigasyon kanalının dizaynının hazırlanmasında temel fonksiyonlardan biri, kanalın taslak ve boyutlarının hazırlanmasıdır.

Kia ve diğerleri (2002) limanların elleçleme teknikleri ve bu tekniklerin terminal kapasitesi üzerine etkilerinin ölçülmesiyle ilgili olarak bir konteyner terminali performansının değerlendirilmesi ve bilgisayar simülasyonlarının rolü üzerine incelemelerde bulunmuştur.

Çalışmada simülasyon ile iki farklı operasyon sistemi (mevcut operasyon ve önerilen operasyon) istatistiksel olarak araştırılmaktadır. Bu simülasyon modeline göre incelenen gemilerin doğrudan demiryoluna yüklemenin rıhtımda bekleme süresini % 8 oranında azalttığı ve yaklaşık olarak 2.7 milyon dolarlık tasarruf sağladığı ispatlanmaktadır. Yapılan istatistiksel analiz ile gelişler arası sürenin üssel, saat başı limana gelen gemi sayısının ise poisson dağılımıyla uygunluk gösterdiği tespit edilmiştir. Hizmet zamanı ise K-erlang dağılımıyla ifade edilmektedir.

4. KONTEYNER TERMİNALLERİ SİMÜLASYON MODELLERİ

Silberholz ve diğerleri (1991) liman personeli çalışma programının konteyner terminallerinin verimliliği üzerine etkilerini araştırmak için bir konteyner terminali simülasyon modeli geliştirmiştir. Analiz sonuçlarına göre, çalışma düzen ve programının liman verimliliği analizinde önemli bir unsur olduğu görülmektedir.

Düzensiz personel hareketlerinin ve verilen çalışma aralarındaki tertipsizliğin, farklı terminaller arasında önemli maliyet farklılıklarına sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Bu durum özellikle az sayıda vince sahip olan limanlar için geçerli olurken, çok fazla vince olan limanlar

içinde doğruluğu az da olsa kanıtlanmıştır.

Koh ve diğerleri (1994a, 1994b) konteyner terminalleri operasyonlarında öncelikli planların tespiti ve uygulanması için bir karar destek sistemi tanımlamışlardır. Bir nesne yönelimli simülasyon modeli, önceki planları tanımlayabilmek ve terminaldeki faaliyetleri simüle etmek için geliştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre, gemi döngü zamanları, vinç ve ana taşıyıcıların faydalı kullanım oranları ve terminalde meydana gelen sıkışıklıklar gibi göstergelerin incelenmesine bu karar destek sistemi olanak sağlamaktadır.

Hutehins (1995), terminal operasyonlarını geliştirmek ve daha düşük maliyetlerle operasyonları gerçekleştirmek amacıyla liman olanaklarının analiz edilmesi ve liman sahasının tanımlanmasına yönelik bir kesikli olay simülasyon metodu geliştirmiştir. Model planlayıcıya, konteyner terminalinin tüm operasyonlarını planlamasına ve sermaye gelişimi için yeni fikirlerin geliştirilmesine, politika değişiklikleri, ekipman yenileme, fiziksel yapının değişimi gibi konularda yardımcı olmaktadır.

Ramani (1996) konteyner terminallerinin lojistik planlamasını destekleyen interaktif bir simülasyon model tasarlamıştır. Bu model, konteyner operasyonlarının lojistik planlamasındaki çeşitli operasyon stratejileri için, rıhtım işgaliyesi, gemi hareketleri ve gemi bekleme zamanı gibi liman performans göstergelerini tahminlemektedir. Bu simülasyon modeli bir menü ile çalıştırılmakta v, bu menü veri girdi menüsü, simülasyon çalıştırma menüsü, çıktı istatistik menüsü ve çıkış menüsünden oluşmaktadır.

Gambardella ve diğerleri (1998) intermodal taşımacılığıyla uyumlu konteyner terminallerinin yönetimine yönelik bir karar destek sistemi modellemiştir. Karar destek sistemi her ne kadar üç modülden oluşsa da aslında bu modüller birbiriyle tam anlamda etkileşim halindedir. Bu modüller Terminal simülasyon modülü, Tahmin etme modülü ve Planlama sistemi modülüdür.

Merkuryev ve diğerleri (1998) Riga limanı konteyner terminaline yönelik modelleme ve simülasyonun yönelik çalışmalarda bulunmuşlardır. Çalışmada simülasyon modeli makro ve mikro seviye olarak iki seviyede incelenmektedir.

Bahsedilen bu simülasyon modeli konteyner terminallerinde operasyonların geliştirilmesine yönelik kullanılmakta, bu amaçla verilen kararların verimliliğini ölçmede, analiz etmede ve başka ihtimalleri değerlendirmede bir karar destek sistemi olarak değerlendirilmektedir. Modelde ARENA programlama dili kullanılmıştır.

Kulich ve Sawyer (1999), simülasyon tabanlı kapasite analiz platformunu (SIMCAP) detaylı olarak tanımlamıştır. SIMCAP sadece bir simülasyon modeli değildir, aynı zamanda iç içe geçmiş bir çok unsuru birleştiren bir model sistemidir. Bu modüler sürecin faydaları, projelerin tekrar kullanılabilirliği, model unsurlarının kolayca değiştirilebilirliği, verimliliğin maliyeti, uygulama çevresini seçebilme yeteneği, gelişme çabasının dağılımı gibi konuları incelemeye olanak vermesidir.

Tahar ve Hussein (2000) limanlardaki lojistik süreçlerin geliştirilmesi ve incelenmesine yönelik ARENA dilinde bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. İncelemede Kelang konteyner terminali ele alınmıştır. Model limanın verimli yönetilmesi için gerekli tüm süreçleri simüle etmekte ve liman hareketleri ve karakteri hakkındaki istatistikleri yüksek bir doğruluk oranıyla tutturmaktadır. Rıhtım vinci tahsisi, kaynak tahsisi ve farklı operasyonların programlanması, liman performansını azami hale getirmek için modellenmiştir. Bu simülasyon modeli Kelang konteyner terminal operasyonlarının yönetimine yardımcı olması amacıyla geliştirilmiş başarılı bir uygulamadır.

Nam ve diğerleri (2000) liman ekipmanlarının ve sahasının farklı modlarda verimlilik değişikliklerinin araştırılması amacıyla bir simülasyon modeli tasarlamışlardır. Simülasyon modeli şu unsurları içermektedir. Model AweSim programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir.

Shabayek ve Yeung (2002), Kwai Chung konteyner terminalini simüle etmek amacıyla WITNESS yazılımını kullanmıştır. Çalışmanın amacı, yüksek doğruluk oranıyla, gerçek bir konteyner terminalinin operasyonlarını önceden tahmin edebilmek için ne boyutta bir simülasyon modeline ihtiyaç duyulduğunun araştırılmasıdır. Bu model, ihtiyaç duyulabilecek ek bir rıhtımı talep edebilecek niteliktedir. Bunun yanında model maliyet analizi ve terminal operatörlerinin performans geliştirme tahminlerini de yapabilmektedir. Bu çalışmada gemi gelişler arası süre negatif üssel dağılım olarak tespit edilmiştir. Model % 5 hata payıyla gerçek zaman yaklaşmıştır.

Sgouridis ve Angelides (2002) terminal içindeki konteynerleri inceleyen bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmanın amacı, konteyner terminali sahasının çalışma günlerinin güvenilir bir modelde incelenmesidir.

Bu model, seçilen konteyner terminalinin ithal sahası fonksiyonlarının dinamiklerini anlamaya yardımcı olmaktadır. Bu model sayesinde kamyon döngü zamanı ve ekipman faydası faktörleri gibi performans göstergelerini ölçmek mümkündür. Ayrıca model, konteyner terminallerinde kabul edilebilir hizmet seviyesini ölçmek için straddle taşıyıcıların talep sayısı ve trafik limitlerinin tahminlenmesini de gerçekleştirmektedir. EXTEND yazılımı programlama dili olarak kullanılmıştır.

Sgouridis (2003) konteyner terminallerinin orta dönemli planlaması için bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Model günlük detaylarla iç içe girmiş bir planlama aracıdır. Model; straddle taşıyıcı sayısının farklı yükleme senaryoları için optimize edilmesini, yer değiştirme tekniklerinin değerlendirilmesini, kuyruk uzunluğunun tahmin edilmesini, ekipman-sistem yatırımlarının araştırılmasını amaçlamaktadır.

5. LİMANLAR İÇİN MATEMATİKSEL MODELLER

Bronzi ve Stammer (1980), iç su yolu liman olanaklarının operasyon özelliklerini araştırmak amacıyla matematiksel bir model geliştirmiştir. Farklı olarak model yük elleçlemesinin değişik seviyelerinde liman operasyonlarının maliyet ve zamanını ve liman kapasitesini tahmin etmeye yöneliktir. Modelde operasyonlarda yapılan değişikliklerin liman kapasite ve gecikmeleri üzerine etkileri de araştırılmaktadır. Hizmet zamanı üssel dağılım olarak bulunurken, gemi geliş düzeni poisson dağılımıyla uygunluk göstermektedir.

Notritake ve Kimura (1983) genel yükün optimal kapasitesini bulmaya yönelik bir metodoloji önermektedir. Bu metodolojide yükler belli sayıdaki rıhtımlarda ve optimal rıhtım kapasitesinde elleçlenmektedir. Çalışmada ele alınan liman sisteminin analizinde kuyruk teorisi kullanılmaktadır.

Poiyamozi ve Somasundaram (1984) Hindistan'daki Madras limanı yağ rıhtımını yine kuyruk modeliyle analiz etmiştir. Öncelikle, gemilerin gelişler arası süresi poisson dağılımına göre tespit edilmiş,

aralıklar 10 ve 15 saat olarak tespit edilmiştir. İkinci olarak hizmet zamanı negatif üssel dağılım olarak bulunurken yine aralıklar 10 ve 24 saat olarak tespit edilmiştir. Limanlarda kuyruk teorisinin kullanılmasındaki önemli zorluklardan birisi gemi geliş düzeni ve hizmet zamanının birlikte poisson ve negatif üssel dağılımdan gelmiş olmasıdır.

Roach (1999) konteyner istifleme problemine otomatikleştirilmiş çözümler üretmiştir. Bu yöntem, birleştirilmiş optimizasyon prensiplerini ve Tabu araştırma algoritmasını kullanmaktadır.

Yöntem tabu araştırma unsurunu kullanarak konteynerleri yerleştirmekte, gemi boşalana kadar her bir konteynere bir istif alanı tespit etmektedir.

Bruzzone (2002) kimyasal sektöründe deniz taşımacılığının lojistik yönetimine yönelik otomatik ve interaktif bir karar destek sistemini genetik algoritma tabanlı optimizasyon modülüyle önermektedir. Çalışmada optimizasyon modülü ve genetik algoritma arasındaki etkileşim, optimizasyon sürecini hızlandırmak amacıyla incelenmektedir. Genetik algoritma, problemlerin optimizasyonunda birçok avantaj sunmaktadır.

Kim ve diğerleri (2003) liman kamyon gelişleri gibi statik ardışık problemler için dinamik bir programlama modeli önermektedir. Bu çalışma, konteyner sahası nakil operasyonları için kamyonların optimal bir şekilde sıralanmasının sıklıkla azalttığını vurgulamaktadır.

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Liman performansının ölçümü son yıllarda önemi artan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Simülasyon yöntemi performans değerlendirme tekniklerinden sadece bir tanesidir ancak limanların karmaşık dinamik bir yapıya sahip olması ve liman faaliyetlerinin içi içe geçmesi bu yöntemin liman performans ölçümünde yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır.

Yapılan bir simülasyon modeli liman yöneticilerinin verdikleri kararlara destek olacak, farklı işlevsel alternatifleri değerlendirilmekte, en iyi çözümü sunabilecek esnek bir araca duydukları ihtiyacı

karşılmaktadır. Bu sayede liman içi lojistik süreçler iyileştirilmekte, verimsiz çalışan ekipmanlar tespit edilmekte, optimal iş gücü ve ekipman sayısı tespit edilebilmektedir. Ayrıca oluşturulan simülasyon modelleri sayesinde limanın hizmet çıktıları hakkında istatistik elde tutulmakta bu sayede rihtim vinci dağılımı, sahanın verimli kullanılması, istifleme verimliliği, liman içi ulaştırma hizmetinin verimliliği gibi liman performansına ilişkin konular incelenmektedir. Yine simülasyon modeli sayesinde limanların geleceğe ilişkin planlaması yapılabilmekte ve optimum liman yatırım stratejileri tespit edilebilmektedir.

Simülasyon ile modelleme tekniğinin bu kadar yaygın kullanılması, kuşkusuz konu hakkında önemli bir literatürün de oluşmasına katkı sağlamıştır. İlgili literatür incelendiğinde, liman simülasyon modellemesi hakkındaki tüm çalışmaları 5 ana başlıkta toplamak mümkündür bunlar, Liman operasyonları simülasyon modelleri, Liman planlaması simülasyon modelleri, Liman tasarımı ve liman genişlemesi simülasyon modelleri, Konteyner terminalleri simülasyon modelleri ve Limanlar için matematiksel modelleridir.

Tüm bu sınıflandırmalar dahilinde yapılan çalışmalarda kullanılan simülasyon teknikleri incelenmiş, simülasyon yapılarının detayları sunulmuş ve ayrıca çalışmada yapılan deneylerin tasarımı, performans ölçümleri ve girdi/çıkı analizlerine değinilmiştir.

KAYNAKLAR

Asperen, E. V., Dekker, R., Ploman, M., Arons, S., (2003) "Modeling Ship

Arrivals in Ports." *Proceedings of Winter Simulation Conference*,: 1737- 1744.

Bronzini, M.S. ve Stammer, R., (1980): "Mathematical Model of Inland Waterway Port Operations." *Transportation Research Record*, 880 16-21.

Bruzzone A., ve Singonle, K., (1998):Simulation and Genetic Algorithms for Ship Planning and Shipyard Layout." *Simulation*, 71(2) 74-83.

Bruzzone A., Mosca, R., Orsoni, A. ve Revetria, R., (2002) "Ai-Based

- Optimization for Fleet Management in Maritime Logistics.”
Proceedings of Winter Simulation Conference,: 1174-1182.
- Collier, P.I., (1980) “Simulation as an Aid to the Study of Port as a System,
 Ship Operation Automation 111.” *Proceedings of the Third IFIP/IFA C Symposium*, Netherlands, 51-56.
- Daggett, L.L., (1995): “Maritime Simulation Capabilities for Channel Design.”
Ports '95, 1 617-628.
- Esa, S.M., (1986): “Development of Simulation Model for the Port of Thunder Bay,Canada”. *Journal of CivilEngineering*, 13 59-65.
- Francisco, L., Vierra, M. ve Mora-Camino, F., (1984): “Port Operations: Some New Considerations for Modeling and Simulation.” *Modeling, Simulation Control*,1(2)29-38.
- Franzese, G., Botter, R., Starks, D., Cano, A., (2004)“Simulating the Panama Canal: Present and Future.” *Proceedings of Winter Simulation Conference*, 2004: 1835-1838.
- Gambardella, L.M., Rizzoli, A. E. and Zaffalon, M., (1998): “Simulation and Planning of an International Container Terminal.” *Simulation*, 71(2) 107- 116.
- Gibson, R., Carpenter, C., and Seeburger, P. (1992) “A Flexible Port Traffic Planning Model.”*Proceeding of Winter Simulation Conference*, 1992: 1296- 1306.
- Hassan, S. A., Saber, M. M, and Ragheb, M. A. (1993) *Port Simulation Report: Initial Study*.Maritime Research and Consultation Center, Arab Academy for Science and Technology, Alexandria, Egypt 1993.
- Hutehins, J.L., Aicap, P.E. and Akalin, M.T., (1995) “Use of Simulation Modeis at Container and Bulk Liquid Terminal Faecilites.” *Ports Conference*,: 665-676.
- Kia, M., Shayan, E., and Ghotb, F., (2002) “Investigation of Port Capacity under a New Approach by Computer Simulation.” *Computers*

and

Industrial Engineering, 42(4): 533-540.

Kim K.H., Lee, K.M. Hwang, H., (2003): "Sequencing Delivery and Receiving

Operations for Yard Cranes in Port Container Terminals." *International Journal of Production Economics*, 84 283-292.

Koh, P.H., Ng, H.S., Goh, J.K. ve Ng, H.C. (1994) "Using Simulation to

Preview Plans of Container Port Operations." *Proceedings of Winter*

Simulation Conference, 1994: 1109-1115.

Koh, P.H., Tan, S.L., Goh, L.K. ve Ng, K.L. (1994) "A Decision Support

System for Container Port Operations." *New Directions in Simulation*

For Manufacturing and Communications Conference, 1994: 451-457.

Kulick B.C., ve Sawyer, J.T., (1999): "A flexible Interface and Architecture for

Container and Intermodal Freight Simulations." *Proceedings of Winter Simulation Conference*, 1238-1242.

Macknight, A., Mackay, P., "Simulation Models and Port Planning." (1986)

First Australasian Port, Harbour Offshore Engineering Conference.

McCallum. (1986) "Port Design and Ship Operational Studies Using Microcomputer Based Simulation Aids." *The Dock and Harbour Authority*, 1986: 34- 36.

McCali, D.C. (1989) "Discrete Event Simulation of Oil Terminal and Port

Activity." *Society for Computer Simulation International*, 1989: 40-45.

Merkuryev, Y., Tolujew, T., Blumel, E., Novitsky, L., Ginters, E., Viktorova,

E., Merkuryeva, G. ve Pronins J., (1998). "A modeling and Simulation

Methodology for Managing the Riga Harbour Container Terminal."

Simulation.

Nam, K.C., Kwak, K.S. ve Yu, M.S., (2002): "Simulation Study of Container

Terminal Performance." *Journal of Waterway, Port, Coastal and*

Ocean

Engineering, 128 (3) 126-132.

Nevins, M.R., Macal, C.M, Love, R.J. ve Bragen, M.J., (1998):
“Simulation,

Animation and Visualization of Seaport Operation.” *Simulation*,
72 (2)

96-106.

Noritake, M. ve Kimura, S., (1983). “Optimum Number and Capacity
of

Seaport Berths.” *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean
Engineering*, 109 (3)

Park, C.S. and Chiu, C. (1989) “The Graphic Simulator for Port
Planning.”

Coastal Zone.1989: 4498-4507.

Poiyamozi, B. ve Somasundaram, M.V. (1984) “Queue Model for Oil
Berth of

Madras Port.” *IE (1) Journal-CI*, 64 (May 1984): 377-382.

Ramani, K. V. (1996) “An Interactive Simulation Model for the
Logistic

Planning of Container Operations in Seaports.” *Simulation* 66 (5)
(1996):

291-300.

Roach, P.A., and Wilson, I.D. (1999) “Principle of Combinatorial
Optimization

Applied to Container-Ship Stowage Planning.” *Journal of
Heuristics*, 5

(1999): 403-418.

Sgouridis, S.P, Makris, D. and Angelides, D.C. (2003): “Simulation
Analysis

for Midterm Yard Planning Container Terminal.” *Journal of
Waterway,*

Port, Coastal and Ocean Engineering, 129 (4) 178-187.

Sgouridis, S.P., Angelides, D.C. (2002) “Simulation-Based Analysis of
Handling Inbound Containers in a Terminal.” *Proceedings of*

Winter

Simulation Conference, 2002: 1716-1724.

Shabayek, A.A. ve Yeung, W.W., (2002): “A Simulation Model for the
Kwai

Chung Container Terminal: Case Study.” *European Journal of
Operational Research*.

- Sheikh, A.R., Paul, R.J., Harding, A.S. ve Balmer, D.W., (1987): "A Microcomputer Based Simulation Study of A Port." *Operational Research Society*, 38 (8) 673.
- Silberholz, M.B., Golden, B.L. ve Baker, E.K. (1991) "Using Simulation to Study the Impact of Work Rules on Productivity at Marine Container Terminals." *Computers and Operations Research*, 18 (5) (1991): 433-452.
- Tahar, R. M. ve Hussain, K. (2000) "Simulation and Analysis for the Kelang Container Terminal Operations." *Logistic Information Management*, 13 (1) : 14-20.
- Teo, Y. M. (1993) "Simulation ve Graphics Animation in Port Design." Modelling and Simulation; *Proceeding of the 1993 European Conference*, 1993: 520-524.
- Thiers, G.F. ve Janssens, G.K., (1998): "A Port Simulation Model as a Permanent Decision Instrument." *Simulation* 71(2) 117-125.