

Yayın Geliş Tarihi: 19.03.2019
Yayına Kabul Tarihi: 07.08.2019
Online Yayın Tarihi:13.09.2019
DOI: 10.18613/deudfd.614860
Derleme Makale (Review Article)

Dokuz Eylül Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi Dergisi
Cilt:11 Sayı:1 Yıl:2019 Sayfa: 87-116
ISSN:1309-4246
E-ISSN: 2458-9942

BOŞ KONTEYNER KONUMLAMASI PLANLAMA DÜZEYİ VE MODEL TÜRLERİ SINIFLANDIRMASI

Ahmet Selçuk BAŞARICI¹
Tanzer SATIR²

ÖZ

Literatürde boş konteyner konumlamasına dair pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların sınıflandırılması, gelecek çalışmalara dair hangi alanlarda araştırma yapılabilecek bir derinlik olduğunu belirlemede kritiktir. Bu çalışma, literatürde mevcut çalışmaları stratejik, taktik ve operasyonel planlama düzeyleri bağlamında sınıflandırmıştır. Sınıflandırma yapılırken planlama düzeyi belirleme kriterleri ile 2010-2018 seneleri arasında yayınlanan çalışma içerikleri karşılaştırılmıştır. Çalışma, önerilen çözümlere dair yararlanılan matematiksel modelleri de incelemektedir. İlgili dönemde literatür çalışmalarının pek çoğu taktik planlama düzeyindedir. Operasyonel düzeydeki çalışmalar ise nispeten seyreklerdir. Stratejik planlamaya yönelik çalışma sayısı ise son derece kısırdır. Politik ve ekonomik gelişmelerden hızla etkilenen, belirsizliğin yüksek olduğu küresel taşımacılığa ilişkin akademik çalışmalarda stokastik modeller beklenildiği düzeyde kullanılmamaktadır. Kısa dönem konteyner kiralama uygulamalarının, boş konteyner hareket sayılarının azaltılabilmesi üzerine etkileri gelecekte araştırma yapılabilecek önde gelen bakir alanlar içinde öne çıkmaktadır. Dolu/boş konteyner bekleme sürelerinin azaltılması, gemi liman uğraklarına dair sabit günlük zaman çizelgesi oluşturulması, demirbaş ve kiralık konteynerlerin birlikte kullanımı konuları son senelerde kısıtlı çalışmaya konu olmasına rağmen sektör pratiğine hitap etme potansiyeli taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: *Konteyner Taşımacılığı, Boş Konteyner, Planlama Düzeyi, Makale Sınıflandırma, Model Türleri.*

¹ Dr. Öğr. Görevlisi, Piri Reis Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Tuzla/İstanbul. *İletişim kurulacak yazar.* ahmetselcuk01@gmail.com

² Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tuzla/İstanbul. tsatir@itu.edu.tr

TAXONOMY OF PLANNING LEVELS AND MODELS IN EMPTY CONTAINER POSITIONING

ABSTRACT

There are several studies in the literature about empty container problems. Taxonomy of them is crucial to define the solution areas that can be deeply researched in future. In this study the solution, areas of empty container problems have been categorised in terms of planning level defined as strategic, tactical and operational. When categorising them, the criteria determining planning level have been compared with the contents of the relevant studies issued between 2010 and 2018. The mathematical models in these studies have been reviewed as well. The majority of the reviewed studies are at tactical level. The number of studies at operational level is relatively scarce. At strategic level, the number of studies is awfully poor. Utilization of stochastic modelling is quite poor in an environment where uncertainty is rather high in terms of political and economic developments. Particularly, the effects of short term container leasing practices decreasing empty container movements may be prominent for future studies. Some areas are promising to suggest practical solutions for the maritime sector. These are, decreasing dwell time for both full and empty containers, fixed-day scheduling, common operation of containers in assets and leased.

Keywords: *Container Transportation, Empty Container, Planning Level, Paper Taxonomy, Model Types.*

1. GİRİŞ

Konteyner ekipmanı, gemi, tren, kamyon taşımacılığına adaptasyonu ile 1980’li yıllardan itibaren intermodal taşımacılığın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Konteyner taşımacılığı, tank, ağır yüke elverişli (*heavy tested*), soğutuculu (*reefer*) gibi özel konteynerlerin varlığı; dakiklik, güvenilirlik gibi avantajları sayesinde başta genel kargo taşımacılığı olmak üzere dökme, sıvı dökme, Ro-Ro gibi birçok deniz taşımacılığı türüne alternatif olmuştur. Konteyner taşımacılığının büyüklüğü, küresel kargo taşımacılığının yaklaşık olarak üçte birine denk gelmektedir (Rathnayake ve Wijeratne, 2012: 363). Türkiye’de 20 kadar konteyner terminali faaliyet göstermekte olup zaman içinde listeye yeni terminaller girmektedir. Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü verilerine göre 2018 senesinde Türkiye’de ithalat/ihracata konu toplam 8,4 milyon TEU elleçlenmiştir.

Konteyner kullanımının artışı dünyanın birçok noktasında boş konteyner birikimi problemine de zemin hazırlanmıştır (Boile vd. 2004 : 3). Lojistik sektöründe faaliyet gösteren oyuncular sıklıkla boş konteyner

taşımalarını önde gelen sorunlardan biri olarak dile getirmektedir (Verstrepen vd. 2009 : 229). Bölgeler arası ticaret dengesizlikleri (Hilmola vd. 2010 : 209) ve ticaret dengesizliği harici diğer nedenler, Boş konteyner hareketi (BKH) kaynaklı taşıma masraflarını arttırmaktadır. Boş konteynerler terminal elleçleme ve ardiye masraflarının yanı sıra kara ve/veya deniz yolu ile transfer maliyeti de oluştururlar. Drewry Shipping Consultants of London verilerine göre 2006 senesinde toplam konteyner hareketinin %20'sini BKH oluşturmuştur (Boile, 2006: 13). Benzer şekilde 2013 senesinde küresel olarak terminalerde elleçlenen konteynerlerin %20,5'i boş konteynerlerdir ve BKH dolayısıyla senelik olarak yaklaşık USD 16 milyar kayıp oluşmaktadır (Rodrigue, 2017). Boş hareketler, ek taşımacılık maliyetinin yanısıra terminal sıkışıklıklarına (Rathnayake ve Wijeratne, 2012: 360; Çağlar ve Esmer, 2015: 252) ve zehirli gaz salınımına katkıda bulunmakta (Song ve Carter, 2009: 293), gemi taşımacılığının deniz hayatına olumsuz etkilerini arttırmaktadır. Deniz taşımacılığı, artan yük hacmi ile birlikte ister istemez zehirli gaz salınımına daha fazla katkıda bulunmuş ve yer yer yerel deniz yaşamında tahribatlara yol açmıştır. Gemi operatörlerinin konteyner envanter yönetiminde yaşadığı verimsizlik sonucu oluşan boş hareketler, karbon ayak izinde artışa sebebiyet vermektedir (Edirisinghe vd. 2016: 612). Balast suyu kaynaklı çevresel tahribat BKH konusunun bir başka yönüdür. Farklı habitatlardan alınan balast suyu bir başkasına bırakıldığında bu habitat istilacı deniz organizamalarının akınına maruz kalmakta, yerel habitat tahribata uğramaktadır (Van der Meer vd. 2016: 547). Boş hareketlerin mümkün olduğunca azaltılması bahsi geçen problemlerin boyutunun azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Konteynerler amacına hizmet eder şekilde kargo ile dolu halde bulundurulmalı, boş halde geçen sürenin kısaltılması amaçlanmalı, konteyner ekipmanları üst düzeyde bir verimlilikle kullanılmalıdır (Song ve Carter, 2009: 292).

Boş konteyner dolaşımından kaynaklanan operasyonel maliyetler ve çevre tahribatı sorunlarına çözüm olarak pek çok araştırma yapılmış ve çözüm önerileri getirilmiştir. Boş konteyner dolaşımında temel sorun büyük oranda ticaret dengesizliği üzerine şekillenmiştir. Bu noktadan yola çıkarak BKH'yi enazlama amacıyla planlama problemlerine yönelik muhtelif çözüm önerileri, muhtelif modeller eşliğinde ileri sürülmüştür. Konteyner taşımacılığına dair planlama problemlerinin önde gelenleri filo büyüklüğü ve yönetimi, demirbaş konteyner yatırımı veya kiralama kararı ve boş konteyner konumlandırma (BKK) ihtiyacı üzerinedir (Braekers vd. 2011). Bu çerçevede planlama problemlerine dair çözüm önerilerine örnek olarak: Gemi operatörlerinin ortak konteyner havuzu oluşturması (Song ve Carter, 2009; Vojdani vd. 2013; Monios ve Wang, 2014); konteyner kiralama sisteminin yaygınlaştırılması (Moon vd. 2010;

Varshavets vd. 2013); 20' ve 40' konteynerlerin birbirlerinin yerine kullanımı (Chang vd. 2008); bölgesel konteyner stoklama alanlarının yerleşiminde optimizasyon tekniklerinin kullanımı (Lei ve Church, 2011; Mittal vd. 2013); konteyner hareketleri dikkate alınarak uygun gemi sefer planlaması (Christiansen vd. 2013; Braekers vd. 2013; Meng vd. 2015); gemi üzeri çözüm önerisi sunan boş konteyner yer tahsisi üzerine maliyet minimizasyonu çalışmaları (Cheung ve Chen, 1998; Song ve Dong, 2011; Long vd. 2012) gösterilerilebilir. Bu çalışma literatürde karşılaşılan küresel seviyedeki niceliksel planlama problemlerine dair yapılmış çalışmaları tarayarak büyük resmi ortaya koyma gayretini göstermektedir.

Literatürün BKH konusunu hangi açılardan ve hangi yöntemlerle incelemiş olduğu gelecek çalışmalara yönelik bakir sahalardan tespiti açısından önemlidir. Braekers vd. (2011) çalışması ile tespit edilen BKK'ya dair verimliliğin arttırılabileceği sahalardan ve başvuru alanları model türleri bu çalışmada geliştirilmiş, ilgi alanları ve bunlara ilişkin çözüm önerileri sınıflandırılmıştır. Literatürde 2010 – 2018 arasında hangi çalışmaların yapılmış olduğuna Elsevier Science Direct, Springer Nature ve Taylor & Francis veri tabanlarından ulaşılarak hangi sahalardan yeni çalışmalar yapılabileceği tespit edilmiştir. Veri tabanları taranırken “boş konteyner hareketleri”, “boş konteyner konumlama” ve “boş konteyner optimizasyon” kelimeleri İngilizce olarak kullanılmıştır. 2. Bölüm ‘Literatür Taraması’ ile çözüm sahalardan sınıflandırılmış ve literatüre katkıda bulunularak planlama düzeyi alt başlıkları belirlenmiştir. Nihai olarak çalışmanın sonuçları ve gelecek çalışmalara dair öneriler, 3. Bölüm ‘Sonuç ve Tartışma’ bünyesinde sunulmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Braekers vd. (2011) çalışması çözüm sahalardan sınıflandırılmasını içermesi bakımından bu bölüme temel teşkil etmiştir. İlgi çalışma hernekadar bölgesel seviyedeki problem çözüm sahalardan eğilmeyi hedeflemiş olsa da konteyner ekipmanına olan ihtiyacın bir bölgenin sınırları dahilinde verimli şekilde karşılanmasının güçlüğü ve pratikte operasyonel imkansızlığı sebebiyle küresel seviyede çözüm sahalardan da değinmiştir. İlgi çalışmada değinilen soğutuculu konteyner pazarına yönelik filo büyüklüğü (Imai ve Rivera, 2001), BKK göz önüne alınan servis ağı tasarımı (Shintani vd. 2007) gibi çözüm sahalardan, boş konteyner planlamasının bölgesel seviyede sınırlandırılmasını mümkün kılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışma küresel seviyedeki problem çözüm sahalardan odaklanmakla birlikte yer yer bölgesel seviyedeki çalışmalardan da muhtemel küresel etkileri sebebiyle yer vermektedir. Braekers vd. (2011) çalışması literatürde hangi çözüm sahalardan üzerine eğildiğini

taramış ve belirlemiştir. Çalışma, çözüm sahalarını *boş konteyner konumlandırma kararları* adı altında sınıflandırmaktadır. Literatürde BKK'ya ilişkin çözüm önerileri büyük oranda optimizasyon temellidir. Konumlama kararları stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere üç düzeyde planlanmaktadır.

2.1. Konteyner konumlama kararları planlama düzeyleri

2.1.1. Stratejik planlama

Stratejik planlama, tipik olarak büyük sermaye yatırımları gibi uzun dönemli planlama kararlarını içerir. Bu düzeydeki kararlar, hinterlanda yer alan depo ve tesislerin, filo büyüklüklerinin ve gümrük sahalarının yerleşiminin seçimine ilişkin fiziki ağların tasarımını içerir. Kaynakların temini ve geniş kapsamlı servis politikalarının belirlenmesi de bu kapsama dahildir. Stratejik planlamanın önde gelen kullanım alanları (çözüm sahaları): (a) depo konumu seçimi; (b) depo ve filo büyüklüğü belirleme; (c) müşteri-depo atamaları; (d) dolu konteyner dengesizliği kaynaklı BKH'nin azaltılması; (e) uzun dönem konteyner kiralamasıdır.

2.1.2. Taktik planlama

Taktik planlama, mevcut kaynakların orta vadede etkin ve rasyonel tahsisini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu düzeydeki kararların birçoğu servis ağ tasarımı problemiyle ilgilidir. Servis ağ tasarımı problemleri, 1) Servis seçimi: Serviste kullanılacak rota seçiminin yapılması ve bu servislerin frekanslarının belirlenmesi; 2) Trafik dağıtımı: Çıkış ve varış noktaları arasındaki rotanın tanımlanması; kullanılan servisler, terminaller, terminallerdeki operasyonlar; 3) Terminal politikaları: Terminallerde gerçekleştirilen konsolidasyon çalışmaları; 4) Boş konteyner dengeleme stratejileri: Boş araçların ve konteynerlerin talepleri nasıl karşılayacağını belirlemek için tanımlanmışlardır. Servis ağ tasarımında kargo ve konteyner transferleri, gümrük bölgeleri ve ilgi bölgelerdeki depolarla ilişkilendirilir. Boş konteyner eksikliği yaşanmaması için konteyner konumlaması ve gerektiğinde uzun dönemli konteyner kiralama çalışmaları da taktik planlama içerisinde değerlendirilmektedir.

Birçok araştırmacı problemin karmaşıklığı dolayısıyla boş ve dolu konteyner akışlarını ayrı ayrı ele almışlardır. Tek bir seyir rotası, uygun bir set uğrak limanı ve diziminin seçimiyle belirlenir. Boş konteynerler

gibi dolu konteynerlerin akışı da optimize edilir. Problem, bir sırt çantası problemi olarak ele alınır.

Bu çerçevede taktik planlamanın önde gelen kullanım alanları:

a) Terminal operasyonları: Depo konumu seçimi, müşteri-depo ataması, vb.; b) Depo ve filo büyüklüğü; c) Servis sıklığı ve rota seçimi çalışmaları; d) Boş konteyner dengeleme stratejileri (talepleri karşılamak üzere konteynerlerin nasıl konumlandırılması gerektiği); e) Uzun dönem konteyner kiralama düzenlemeleridir.

2.1.3. Operasyonel planlama

Operasyonel planlama düzeyini yüksek derecede dinamik bir çevre karakterize etmektedir. Zaman faktörü önemli bir rol oynar. Sistemdeki rastgelelik dinamik karakteri desteklemektedir. Operasyonel planlama iki ana model üzerine şekillenmiştir. Bunlar konteyner ataması ve rota modelleridir. Bu iki model çözüm sahalarına işaret etmektedir.

(1) Konteyner atama modeli

- (a) Boş konteyner ataması ve sevkiyatı: Bölgesel/küresel
- (b) Kısa dönem konteyner kiralama düzenlemeleri

(2) Rota modeli

- (a) Konteyner sevkiyat planlaması (*scheduling*)
- (b) Gemi/servis zaman planlaması

Optimizasyon tekniklerinin eş zamanlı iki problemi çözümü mükün olmadığından konteyner ataması ve gemi rotalama modelleri ayrı ayrı yapılmıştır. Konteyner atamasında amaç, boş konteynerlerin mevcut ve yakın gelecekteki talebi karşılarken en iyi dağıtım performansını belirlemektir. Geminin rotalama modeli ise hem dolu hem boş konteynerlere ilişkin taşıma maliyetinin enazlanmasını hedeflemektedir.

2.2. Model türleri

Akademik çalışmalarda başvurulan analiz yöntemlerinde çeşitli model türleri kullanılmaktadır. Model türlerinin sınıflandırmasına ilişkin literatürde tespit edilen en eski çalışmalardan birisi Dejax ve Crainic (1987: 229) çalışmasıdır. İlgi çalışmada ortaya konulan model çeşitleri:

- Matematiksel programlama teknikleri ile optimizasyon amaçlı cebirsel formülasyon
- Kuyruk modeli gibi stokastik modeller
- Simulasyon modelleri (Örneğin: Monte Carlo)

Çözüm teknikleri ise:

- Matematiksel programlama (doğrusal, doğrusal olmayan, tamsayı vb.) optimizasyonu
- Ağ algoritmaları
- Stokastik optimizasyon
- Simulasyon

olarak ifade edilmiştir. Bu çerçevede Braekers vd. (2011) çalışması BKK'ya ilişkin çalışmaları deterministik, stokastik ve simulasyon modelleri altında sınıflandırmıştır. Konumlama kararları ve model türleri matris bir yapıda ele alınarak literatür çalışmalarının yoğunlaştığı saha ve model türleri tespit edilmiştir (Tablo 1). Bu çalışmada ise model türleri genişletilmiş, yayınlanmış makaleler beş farklı model türü altında incelenmiştir. Bunlar, deterministik, stokastik, simulasyon, karar destek sistemleri (*decision support system* – DSS) ve bu modellerden en az ikisinin kullanımını ifade eden melez model türleridir. Deterministik modellerin gelecekteki arz – talep belirsizlikleri noktasında yetersiz kalması stokastik yaklaşımlarla ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Stokastik yaklaşımda belirsiz parametreler olasılık kuralları çerçevesinde tahminlenmektedir. Olasılık kurallarının geçmiş veriler çerçevesinde işlenmesi ve gelecekteki olayların geçmişle ilintisi olmayabileceği varsayımı dolayısıyla bir kısım çalışmalar deterministik yaklaşımlı çoklu senaryo çözümlenmeleriyle de yapılmışlardır. Stokastik model kullanan çalışmalar taktik ve operasyonel düzeydedir. Bunlara ilaveten simulasyon teknikleri ve karar destek sistemlerine de literatür araştırmalarında rastlanmaktadır. Bilgisayar bazlı bilgi sistemleri özellikle 1990'ların sonundan itibaren lojistik karar alım sürecini desteklemeye başlamıştır. Melez model kullanan çalışmalar ise oldukça sınırlı sayıdadır.

2.3. BKK çözüm sahaları ve bu sahalara ilişkin literatürdeki çalışmalar

Bu çalışmada Braekers vd. (2011) çalışması 2010 – 2018 dönemi için güncellenmiş ve içerik itibarıyla geliştirilmiştir. İlgili çalışma bir adım ileri götürülerek BKK çözüm sahaları, konumlama kararları altında detaylandırılmıştır (Tablo 2).

Tablo 1: 1991-2010 Dönemi Makale Sınıflandırması

	Deterministik	Stokastik	Simulasyon
<i>Stratejik</i>	Boile vd. (2008)	Facanha vd. (2003)	Imai ve Rivera (2001)
<i>Taktik</i>	Choong vd. (2001); Shintani vd. (2007); Song ve Carter (2009)		
<i>Operasyonel</i>	Jula vd. (2006); Jansen vd. (2004); Olivo vd. (2005); Wang ve Wang (2007); Le-Griffin ve Griffin (2010)	Crainic vd. (1993b); Chu (1995); Chang vd. (2008)	
Bölgesel konteyner alakasyonu			
Global konteyner alakasyonu	Shen ve Khoong (1995); Feng ve Chang (2008); Di Francesco vd. (2009); Erera vd. (2009); Moon vd. (2010)	Cheung ve Chen (1998); Li vd. (2004); Song (2007); Chou vd. (2010); Song ve Dong (2011); Yun vd. (2011)	Lai vd. (1995); Lam vd. (2007)
Entegre konteyner alakasyonu ve rotalaması	Erera vd. (2005); Smilowitz (2006); Deidda vd. (2008); Bandeira vd. (2009); Zhang vd. (2009); Huth ve Matfield (2009)		
<i>Stratejik ve taktik</i>	Crainic vd. (1989)		Gao (1997)
<i>Stratejik ve operasyonel</i>		Beaujon ve Turnquist (1991); Du ve Hall (1997); Song ve Earl (2008)	Köchel vd (2003); Dong ve Song (2009)

Kaynak: Braekers vd., 2011

2.3.1. Stratejik planlama düzeyindeki çözüm sahaları

Bu düzeydeki çalışmalar dolu konteyner dengesizliği kaynaklı BKH'nin azaltılması üzerine yapılmıştır. Azaltım için iki öneri mevcuttur: Tam ya da kısmi ortak konteyner havuzu oluşturulması ve katlanabilir ekipman kullanımı.

Tam ya da kısmi ortak konteyner havuzu oluşturulması

Bir liman ya da bölgeye tahliye edilen ve bu bölgeden yüklenen dolu konteyner ekipmanı miktarındaki dengesizlik, BKK'yı gerektirmektedir. Herbir gemi operatörü kendi konteyner filosunu işletmektedir. Tüm bu konteynerlerin tek bir havuzda kullanılmasının mevcut verimsizliği azaltacağı düşünülmektedir. Jahn ve Schlingmeier (2014), ortak konteyner havuzu üzerine kapsamlı bir çalışma ortaya koymuşlardır. Çalışmaları göstermiştir ki ortak konteyner havuzu kullanımı BKH'yi %5-10 oranında düşürme potansiyeline sahiptir. Araştırmacılar gemi operatörlerinin birbirlerinin konteynerlerini kullanarak maliyet tasarrufu edinmelerine yönelik fikri, deneysel bir yöntemle test etmişlerdir. Ağ modellemesi yöntemini kullanmışlar, dokuz küresel konteyner gemi operatöründen sağladıkları 2012 yılı verilerinden yararlanmışlardır. Her bir BKH aylık olarak yükleme/tahliye noktaları ve konteyner tipi bazlı kaydedilmiştir. Eğer bir gemi operatörü ihtiyacı ötesinde fazla konteynere sahipse bu konteynerlerin eksiklik yaşayan gemi operatörüne kaydırılması yöntemi öngörülmüştür. Boş konteyner geliş-gidişinin önüne geçen her bir konteyner değişimi eşleşme (*match*) olarak adlandırılmıştır. Ele alınan 308 coğrafi küme dahilinde 95 adedi potansiyel eşleşme sağlamamış, diğer kümelere ilişkin ise %3-13 arasında eşleşme sağlanabilmiştir. Küresel servis veren gemi operatörleri için eşleşme oranının %5-10 seviyelerinde olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma durum tespiti açısından önemlidir ancak soruna çözüm üretme noktasında zayıf kalmaktadır. Gemi operatörlerinin kendi inisiyatifleri ile mevcut motivasyonlarıyla davranış kalıplarını değiştirmelerini beklemek iyimserlik olacaktır.

Benzer şekilde Zheng vd. (2015), gemi operatörlerinin birbirlerinin boş konteynerlerini kullanmalarına imkan sağlayacak ortak konteyner havuzu oluşturulması düşüncesini incelemişlerdir. Çalışmada boş konteynerin algılanan değeri ölçülmektedir. Boş konteynerin bir başka gemi operatörüne devri ile boş hareket sayıları azalmakta ve bu yol ile oluşan kar, konteyner fazlası olan terminallerde algılanan değeri ifade etmektedir. İki aşamalı bir optimizasyon yöntemi önerilmiştir. İlk

aşamada havuza dahil gemi operatörleri, boş konteyner hareket merkezi tarafınca optimizasyon çözümü odaklı olarak yönlendirilmektedirler. İkinci aşamada ters optimizasyon tekniği ile boş konteyner değişim maliyeti hesaplanmaktadır. Bu maliyet, gemi operatörlerine ödenmektedir. Ekipman fazlası bulunan limanlardaki kar seviyesi, eksik ekipman bulunan limanlardaki boş ekipman değişim maliyetinin dikkate alınmasıyla hesaplanmaktadır. İlgi çalışma iş pratiğine yönelik önerdiği yöntem ile Jahn ve Schlingmeier (2014) çalışmasından ayrılmaktadır. Bu önerinin pratikte karşılaşılabileceği direnç *boş konteyner hareket merkezi* yaklaşımıdır. Her bir gemi operatörü kendi konteyner takip departmanına (boş konteyner hareket merkezi) sahiptir. BKH'nin operasyonel verimliliği, benzer konteyner ekipmanlarına sahip, benzer ve çoğunlukla aynı gemileri kullanan gemi operatörlerini birbirlerinden farklılaştıran ender sahalardan birisidir. Ortak konteyner havuzunun üyesi olacak gemi operatörlerinin motivasyon kaynaklarının neler olabileceği çalışmanın kapsamında değildir. Ortak konteyner havuzunun getirebileceği avantajlar esasen uygulamada bilinmektedir. Bunun en somut örneği üç Japon gemi operatörünün tek bir çatı altında birleşmeleridir. NYK, MOL ve K Line birleşmesi Ekim 2016'da açıklandı. Temmuz 2017'de kendi markalarını devam ettirerek birleşmelerine rağmen Nisan 2018'den itibaren Ocean Network Express (ONE) adı altında yepyeni bir organizasyon olarak faaliyetlerine devam ediyorlar. Uygulamada görünen odur ki, ortak konteyner havuzu oluşturma amacı güden işbirlikleri, servis noktasında hemen her açıdan birbirine benzeyen gemi operatörlerinin ayrı çatılar altında faaliyet göstermelerini anlamsız kılmakta, hızla tek çatı altında faaliyet gösteren bir organizasyona dönüşmektedir.

Katlanabilir ekipman kullanımı

Dolu konteyner dengesizliği kaynaklı BKH'nin azaltılmasının bir diğer çözüm sahası Moon vd. (2012) tarafınca ele alınmıştır. Katlanabilir konteyner ve standart konteyner kullanımı maliyet enazlaması açısından karşılaştırılmıştır. Bir matematiksel model marifetiyle konteyner katlama/açma, envanter stoklama, konteyner satınalım ve konumlama maliyetleri dahil toplam maliyet enazlaması hedeflenmiştir. Problem çözümünde sezgisel algoritmalarından faydalanılmıştır. Duyarlılık analizi, katlanabilir konteyner maliyetinin satın alım ve nakliye masraflarından etkilendiğini ortaya koymaktadır. Yüksek ilk alım maliyeti, hasarlanmaya karşı hassasiyeti, tamirata yönelik yetkin personel gereksinimi gibi hususlar küresel seviyede bu ekipmanların kullanımında engel teşkil etmekte ve yaygınlaşmasını önlemektedir. Bu hususlarda kayda değer iyileşmeler olmadan katlanabilir ekipman kullanımının yaygınlaşması beklenmemelidir.

Tablo 2: 2010 – 2018 Dönemi Makale Sınıflandırması

Poz. Kar./Model	Deterministik	Stokastik	Simulasyon	DSS	Melez
<i>Stratejik</i>					
Dolu konteyner dengesizliği	Moon vd. (2012); Zheng vd. (2015)		Jahn ve Schlingmeier (2014)		
<i>Taktik</i>					
Depo konumu vb. seçimi		Shi ve Xu (2011)	Dang vd. (2013)		
Depo ve filo büyüklüğü	Liu vd. (2011); Wang (2013); Drozhzhyn (2016); Monemi ve Gelareh (2017)	Meng vd. (2011); Meng vd. (2015); Bohner vd. (2018)			
Servis sıklığı ve rota seçimi	Meng ve Wang (2011); Braekers vd. (2013); Alfandari vd. (2019)	Song ve Zhang (2010); Song ve Dong (2012)			
Konteyner dengeleme stratejileri	Vojdani vd. (2013); Feng ve Chang (2008); Westarp ve Schinas (2016)		Yun vd. (2011)	Epstein vd. (2012)	
Uzun dönemli konteyner kiralama	Liu vd. (2012)	Jiao vd. (2016)			
<i>Operasyonel</i>					
Konteyner atama modeli	Bell vd. (2011); Chen ve Yahalom (2013); Bell vd. (2013); Zheng vd. (2016)	Long vd. (2012)		Varshavets vd. (2013)	
Rota modeli	Løfstedt vd. (2010); Akyuz ve Lee (2016)				Song ve Dong (2010)
<i>Stratejik ve operasyonel</i>	Dong vd. (2013)				

Stratejik planlama düzeyinde depo seçimi çalışmalarının bölgesel seviyede yapıldığı gözlenmektedir. Depo-filo büyüklüğü belirleme, müşteri depo atamaları ve uzun dönem konteyner kiralama düzenlemelerine yönelik çalışmalara ise rastlanılmamıştır.

2.3.2. Taktik planlama düzeyindeki çözüm sahaları

İlgi çözüm sahaları, depo konumu, müşteri-depo ataması, kaynak seçimi gibi terminal operasyonlarını; depo ve filo büyüklüğü/tasarımını; servis sıklığı ve rota seçimini; konteyner dengeleme stratejilerini ve uzun dönemli konteyner kiralama düzenlemelerini içermektedir.

Depo konumu, müşteri-depo ataması, kaynak vb. seçimi (Terminal operasyonları)

Terminal operasyonlarına yönelik tespit edilen çalışmalar, konteyner kaynaklarının seçimi ve emniyet stoğu konularını barındırmaktadır.

Konteyner kaynaklarının (demirbaş-kiralık; denizaşırı-depolar arası transfer vb.) seçimi

Shi ve Xu (2011), sabit bir rotada iki liman arası BKH problemini incelemişlerdir. Çalışmanın amacı, konteyner kiralama ve kiralık ya da demirbaş konteynerleri elde tutma kararları bağlamında taşıma maliyetlerini enazlamaktır. BKK kararları üzerine ideal politikaların yapısını analiz amacıyla stokastik dinamik programlama modeline başvurulmuştur. Çalışma, *Markov karar modeli süreci* yöntemini benimsemiştir. İki farklı durum incelenir. İlki *çevrim dışı* olarak adlandırılan, talep bilgisinin bilinen bir dağılımda rastgele bir değişken kabul edildiği durumdur. İkinci durum, *çevrim içi* olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda talep kısmen bilinmektedir. İkinci durum gerçek zaman bilgisi avantajıyla çevrim içi optimizasyon sağlanmasını mümkün kılmaktadır. Esasen çalışma pratikte gemi operatörü-müşteri iletişiminin operasyon açısından önemini vurgulaması bakımından kayda değerdir. Gemi operatörünün müşterinin yakın dönem planlı sevkiyatlarına dair düzenli bilgi sahibi olması verimli konteyner ekipmanı yönetimi açısından elzemdir.

Dang vd. (2013), birden fazla deponun bulunduğu bir limanda boş ekipman konumlaması politikalarını ele almaktadır. İzlenebilecek üç farklı envanter politikası belirlenmiştir. Bunlar: Bir denizaşırı limandan

konumlama, depolar arası konumlama ve konteyner kiralama. İç taşıma politikası olarak depolar arası konumlamaya ilişkin dört farklı yöntem önerilmektedir. Amaç toplam maliyeti enazlayacak ideal politikanın belirlenmesidir. Bu amaçla simülasyon bazlı bir genetik algoritma geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Dang vd. (2013) çalışması iş dünyasının gerçekleri ve ihtiyaçları doğrultusunda şekillenmiştir. Bu konudaki başarılı algoritmaların pratiğe geçerek ticarileşmesi beklenebilir.

Emniyet stoğu

Emniyet stoğu, talepteki standart sapma dikkate alınarak hesaplanan, depoda bulundurulması gereken ek konteyner miktarını ifade etmektedir. İdeal envanter politikası oluşturmak ve emniyet stoğu miktarını belirleyebilmek üzere muhtelif çalışmalar yapılmıştır.

Feng ve Chang (2008), emniyet stoğu yönetimini ve coğrafi bölge ihtiyaçlarını gözönüne alarak ne miktarda BKK yapılması gerektiği hususunu tamsayı programlama vasıtasıyla belirlemeyi hedeflemiştir. Boş konteynerler gemi üzerinde yer işgal ettiğinden navlun kazancını düşürmektedir. Problem iki aşamalı olarak ele alınmıştır. Üst problem modeli, her bir terminaldeki boş konteyner stoğunu, alt problem modeli ise gemi servis ağı ile BKK planlamasını tahminlemektedir. Model, Taiwan Liner Shipping şirketinin vaka uygulamalarında kullanılmıştır.

Yun vd. (2011), terminal sahasıyla müşteri depoları arasındaki BKH'ye ilişkin bir çalışma yapmışlardır. Stokastik koşullar altında boş konteyner envanter problemi *OptQuest* programı marifetiyle simüle edilerek terminalin ideal envanter politikası bulunmaya çalışılmıştır. Muhtelif ilgi maliyet kalemleri optimizasyon kriterleri olarak alınmıştır. İdeal envanter politikası, emniyet stoğunu dikkate almaktadır.

Song ve Zhang (2010) çalışması dinamik bir çevrede konteyner kiralama, konumlama ve diğer operasyonel maliyetleri enazlamayı hedeflerken emniyet stoğu miktarının belirlenmesini de amaçlamaktadır. İdeal kontrol probleminin çözümüne yönelik olarak dinamik programlama kullanılmıştır.

Yeterli konteyner ekipmanının limanda bulunmaması kaybedilen navlun anlamına gelir. *Kaybedilen navlun maliyetinden (stockout cost)* kaçınılabilmesi amacıyla Epstein vd. (2012) yeterli emniyet stoğu tutulmasını amaçlayan bir program hazırlamıştır. Program ile boş konteyner envanteri ve kargo akışı tahminlenmektedir. Bu sayede

emniyet stoğu konteyner miktarı belirlenir. Programa gerçek zamanlı veri girişi yapılabilmektedir. Çalışma bir gemi operatörü olan CSAV'ın katılımı ile gerçek vaka problemine çözüm olarak ortaya konulmuş ve başarıyla uygulanmıştır.

Emniyet stoğu miktarının belirlenmesi gibi operasyonel maliyeti düşürecek uygulamaların sektörde talep görebileceğini vurgulamak gerekir.

Depo ve filo büyüklüğü/tasarımı

Liu vd. (2011) çalışması, hem konteyner akış yönetimi hem de düzenli hat taşımacılığı servisine gemi ataması üzerine yapılmıştır. Farklı pratikler temsil edilmek üzere sırasal ve birleşik adı altında iki farklı model olarak formülize edilmiştir. Çalışma göstermiştir ki bahsi geçen her iki problemi eş zamanlı olarak ele almak, kapasite kullanımı ve karlılığı olumlu etkilemektedir.

Meng ve Wang (2011), konteyner hat taşımacılığı ağ tasarım problemine ilişkin olarak aktarmalı veya çok sayıda liman uğraklı modellerde boş konteyner taşıma maliyetlerinin enazlanmasını amaçlayan, karışık tamsayı doğrusal programlama geliştirilmişlerdir. Bilahare Wang (2013), ağ tasarımı ve filo yapılanmasında maliyetin enazlanması ya da karın ençoklanması ilişkin taktik planlama modellerinde gemi uygunluğu, servis sıklığı, gemi kapasitesi ve aktarma gibi literatürde sıkça kullanılan kısıtlarla birlikte gemi üzerinde konteyner yeri (*slot*) kiralama, farklı tipte konteynerler, BKK, gemi konumlaması sürekli değişkenlerini de gözönüne alan gene karışık tamsayı doğrusal programlama ile çözüm üretmek üzerine çalışmıştır. Aynı iki yazarı barındıran Meng vd. (2015) çalışması bir sonraki adımda, stokastik konteyner talebi altında çok dönemli gemi filosu planlama problemini ele alarak deterministik yaklaşımı stokastik modele taşımıştır. Bu model, ardıl olarak birbiri ile ilişkili iki aşamalı programlama ile formüllendirilmiştir. Modelin çözümlenmesinde *dual composition* ve *lagrangian relaxation* yöntem entegrasyonundan yararlanılmıştır. Amaç, filodaki farklı tip gemilerden kaç adedinin hangi döngülerde hangi limanlara uğrak yapması gerektiğinin tespitidir. Sayısal çalışmaların sonuçları, talep rastgeleliğinin filo planlamasındaki önemini altını çizmektedir.

Bu probleme ilişkin bir diğer çalışma Drozhzhyn (2016) çalışmasıdır. İlgili çalışma feeder servis optimizasyonu üzerine şekillenmiştir. Çalışma ağ tasarımı ve dolu-bos konteyner akış miktarının

belirlenmesi üzerine doğrusal programlama üzerinden bir model önermektedir. Çalışma talep dinamikleri noktasında eksik kalmaktadır.

Monemi ve Gelareh (2017) ağ tasarımı ve filo yapısı üzerine entegre bir model önermişlerdir. Hat taşımacılığına ilişkin olarak ağ tasarımı, filo oluşturma ve BKK problemleri eş zamanlı çözümlenmektedir. Çözümlemede doğrusal programlama kullanılmış, *Benders* yaklaşımından yararlanılmıştır. Yazarlar, sayısal örneklemeler üzerinden modelin oldukça etkin olduğunu ifade etmektedirler.

Bohner vd. (2018) filo tasarımı problemini stokastik programlama yaklaşımıyla ele almışlardır. Filo tasarımını etkileyen çevresel faktörlerin sabit olmaması, değişkenlikler göstermesi, çalışma yöntemini değerli kılmaktadır. Çalışma, düşük hız seyri (*slow steaming*), aktarma ve boş konteyner konumlama hususlarını entegre etmiştir. Çalışma sonuçları filodaki gemilerin hız ayarlamalarının önemini vurgulamaktadır. İlgili çalışmada BKK problem çözüm elemanlarından sadece birisi olmakla birlikte, uygun filo yapısının bu problemin çözümüne katkısı vurgulanmaktadır.

Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda hem konteyner akışı hem de gemi servisi eş zamanlı ele alınmaktadır. Bu yaklaşım teorik olarak olumlu sonuçlar verse de farklı konteyner filolarına ve işletme anlayışlarına sahip gemi operatörlerinin alyans adı altında ya da *slot* kiralarak aynı gemi servislerini kullanıyor olmaları bu çalışmaların uygulama sahasını daraltmaktadır.

Servis sıklığı ve rota seçimi

Düzenli bir hattın liman uğrak sıralaması, BKH'nin azaltılmasına yönelik önde gelen çözüm sahalarından birisidir. Song ve Dong (2012), BKK probleminin yanısıra kargo rotalama problemini de operasyonel düzeyde ele almaktadır. Çalışma bir taşıma ağı dahilinde çoklu servis rotası, çok sayıda gemi ve sefer kabulü ile gerçekleştirilmiştir. Amaç, terminal, taşıma, demuraj vb. ilgi maliyet kalemlerini enazlamaktır. İki çözüm yöntemi önerilmiştir. İkisi de iki aşamalı tamsayı programlama modelini kullanmakta olup biri sezgisel kural bazlıdır. Otuz farklı senaryoda vaka çalışması yapılmış, sonuçlar pratikte kullanılan uygulamayla karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre önerilen çözüm yöntemleri sektör pratiğinden daha iyi sonuçlar vermektedir.

Braekers vd. (2013), intermodal taşımacılığın bir ayağını teşkil eden *barge* üzerinde boş konteyner taşımacılığına dair ideal rotalama ve

BKK konusuna eğilmektedir. İlgi çalışmada servis ağ tasarımına ilişkin bir karar destek modeli sunulmuştur. Model, ana terminaller ile bölgesel terminaller ve su yolları üzerindeki limanları bağlayan döngüde optimum rotalamayı belirlemektedir. Amaç her bir gidiş geliş seferinde karı ençoklamaktır. Antwerp limanı ve çevre limanları üzerine bir vaka çalışması yapılmıştır.

Alfandari vd. (2019), yeni bir doğrusal programlamı modeli üzerinden hat taşımacılığı rota tasarımı üzerine çalışmışlardır. Bu çalışma da barge taşımacılığını ele almış ancak oluşturdukları modeli deniz taşımacılığının genel prensipleri üzerine oturtmuşlardır. Çalışmanın amacı uğrak limanlarının dizimi ve liman çiftleri bazlı sevke tabi konteyner sayılarının belirlenmesi üzerinden bir denizcilik firmasının kararının ençoklanması üzerinedir. Rota, kargo ve sefer süresi optimizasyonu eş zamanlı olarak önerilmektedir.

Sektörün bu konudaki kıymetli çalışmalardan yararlanması maliyeti ve dolayısıyla navlun seviyelerini aşağıya çekmekte etkili olacaktır. Servis sıklığı konusu çalışma sahası olarak kabul edilmesine rağmen bu sahada çalışmaya rastlanmamaktadır. Uzun senelerdir ana rotalarda herbir konteyner servisi haftalıktır Sektör pratiği bu noktada hassas bir çalışmayı anlamsız kılmaktadır.

Konteyner dengeleme stratejileri

Dengeleme stratejilerine yönelik çözüm sahaları üç başlık altında değerlendirilebilir. Bunlar: Ortak konteyner havuzu oluşturulması, farklı tip konteyner ekipmanlarının birbirlerinin yerine ikamesi ve dolu/boş konteyner taşımalarının eş zamanlı değerlendirilmesidir.

Ortak konteyner havuzu oluşturulması

Vojdani vd. (2013), maliyet enazlaması amacıyla konteyner havuzu oluşturulmasını önermektedir. Çalışmada matematiksel programlama kullanılmış olup çözüm yaklaşımı ağ optimizasyonudur. Potansiyel tasarruf noktaları öngörülmüştür. Konteyner havuzunun kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlar karşılaştırılmıştır. Görülmüştür ki, gemi operatörleri arasında bu yönde iş birliği yapılması BKH'yi, depolama operasyonlarını ve toplam maliyeti düşürmektedir. Konteyner havuzu oluşturulması konusu bu çalışmada stratejik planlama düzeyinde "dolu konteyner dengesizliği kaynaklı BKH'nin azaltılması" başlığı altında da incelenmiştir.

Farklı tip konteyner ekipmanlarının birbirlerinin yerine ikamesi

Hernekadar 20' ve 40' gibi farklı tipte ekipmanların birbirlerinin yerine ikamesi mantıklı bir seçenek gibi görünse de esasen uygulamada farklı ekipmanların farklı lokal masraflara sahip olması, bu seçeneği genel itibarıyla anlamsız kılmaktadır. Bu konuda göze çarpan tek çalışma Chang vd. (2008) çalışmasıdır. İnceleme dönemi içinde bu konuyu kapsayan bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Dolu ve boş konteyner taşımalarının eş zamanlı değerlendirilmesi

Graf von Westarp ve Schinas (2016) çalışmalarında salt boş konteyner operasyonlarını değil dolu konteyner operasyonlarını da eş zamanlı ele almışlardır. Çalışmanın amacı doğrusal programlama kullanarak gemi operatörü karını ençoklamaktır. Çalışma bazı durumlarda dolu konteyner yerine boş konteynerleri gemi üzerine almanın daha karlı olduğunu göstermektedir. Esasen bu sonuç, ağırlıklı olarak konteynerlerini dolu tutmaya gayret gösteren gemi operatörlerinin ekipman birikmelerinde bir noktadan sonra boş konteyner operasyonlarına ağırlık vermesi gerektiğini salık vermektedir. Çalışmanın önemi doğrusal programlama ile birlikte bulanık mantık temelli bulanık doğrusal programlama yöntemini kullanmış olmasıdır. Navlun, konteyner sayıları ve herbir konteynerde taşınan kargo ağırlıklarının maruz kalacağı dalgalanmalar bu yöntemle dikkate alınmak istenmiştir. Mevsimsellik ve pazar koşulları kaynaklı ilgi parametrelerdeki rastsal değişimleri gözardı eden deterministik modelin zaafiyeti, bulanık mantık yaklaşımıyla aşılacak istenmiştir.

Uzun dönemli konteyner kiralama düzenlemeleri

Liu vd. (2012), kapasite planlaması üzerine yoğunlaşmaktadır. Çözüm noktası olarak konteyner kiralama seçeneği öne çıkmaktadır. Çalışmada model, bir gemi operatörü ve bir konteyner kiralama şirketini kapsayan konteyner servis zinciri üzerine kurulmuştur. Opsiyonları barındıran esnek bir kontrat yaklaşımı düşünülmüş olup kiralama şirketi gemi operatörünün vaatte bulunmasını ya da peşinen siparişini beklemektedir. Opsiyon hakkı, gemi operatörüne talebe göre ihtiyacını revize edebilme hakkı tanımaktadır. Gemi operatörünün ek konteyner alabilmesi mümkün olduğu gibi, ihtiyaç fazlası ekipmanları geri teslimi de mümkündür. Karar modeli, kısıtlı doğrusal olmayan (*constrained non-*

linear) program vasıtasıyla formülize edilmiştir. Sayısal örnekler, önerilen karar stratejilerinin, sadece kiralayan ve kiracı arasındaki ticarete konu konteyner miktarını etkin bir şekilde arttırdığını değil aynı zamanda gemi operatörünün konteyner kapasite riskini azaltıp karını arttırmasını sağladığını göstermiştir. Çalışma uygulama bağlamında bir öneri sunması açısından önemlidir. Küresel gemi operatörlerinin tamamı filolarında demirbaş ve kiralık konteynerleri birarada kullanmaktadırlar. Dünya konteyner ekipmanı filosunun yaklaşık yarısını kiralık ekipmanlar oluşturmaktadır (Alphaliner-Top 100, January 2017). Kiralama maliyetinin boyutu, demirbaş konteyner yatırım miktarını etkilemektedir. Değişken kiralık konteyner sayısı ve kiralama süresi bağlamında kira fiyatının ne olması gerektiği, kiralama firmaları kadar gemi operatörleri için de önem arz eder. Hem durağan hem de dinamik çevre koşullarında kira fiyatlarının hem kiralayan hem de kiracı için cazip olması filoya demirbaş konteyner katmak yerine kiralama seçeneğini öne çıkartabilecektir. Bu çerçevede Jiao vd. (2016) çalışması kiracıların tercihlerini kiralama seçeneğinde ençoklamasını hedeflerken kiralayanın karını ençoklamasını amaçlamaktadır. Bu doğrultuda çalışmada alternatifli kiralama sürelerine ilişkin ideal sonuçlara varılmıştır.

2.3.3. Operasyonel planlama düzeyindeki çözüm sahaları

Operasyonel planlama düzeyindeki çalışmalar konteyner atama modeli veya rota modeli altında incelenmektedir.

Konteyner atama modeli

Model literatürde, boş konteyner ataması/sevkiyatı ve kısa dönem konteyner kiralama düzenlemeleri bağlamında çalışmalara konu olmuştur.

Boş konteyner ataması ve sevkiyatı

Konteynerlerin limanlardaki bekleme sürelerinin düşürülmesi, gemi üzeri konteyner atamalarının optimize edilmesi ve gemi kapasitesi kısıtı altında BKK maliyetinin enazlanması boş konteyner atamalarına yönelik çözüm sahalarını oluşturmaktadır.

Konteynerlerin yükleme limanı ve aktarma limanlarında bekleme sürelerinin düşürülmesi

Bell vd. (2011), klasik frekans bazlı transit atama yönteminden yola çıkarak konteyner atama modeli ortaya koymuştur. Gemi sefer süresinin ve konteyner ekipmanlarının yükleme limanında ve aktarma limanlarında bekleme sürelerinin enazlanması amaçlanmıştır. Çalışmada doğrusal programlamadan faydalanılmıştır. Konteynerlerin birim zamanda daha fazla sayıda yükleme yapmaları ve boş olarak atıl kalma sürelerinin düşürülmesi, dolu kaldıkları sürenin arttırılması envanter yönetiminin öncelikli hedefi olmalıdır. Konteyner boş kaldığında ciddi bir maliyet kalemine dönüşmektedir. Boş bir konteynerin demirbaş olsun kiralık olsun tüm operasyonel maliyet kalemleri gemi operatörünce karşılanır. Bu maliyet doğal olarak dolu konteyner navlunlarına yansıtılır. Dolu/boş konteyner bekleme sürelerinin azaltılması uygulamada son derece değerlidir.

Gemi üzeri konteyner atamalarının optimize edilmesi

Konteyner taşımacılığına ilişkin problemler büyük oranda optimizasyon ile çözüme kavuşturulmaktadır. Chen ve Yahalom (2013) ortak servis oluşturan gemi operatörlerinin gemileri üzerinde *slot* tahsisi konusunu incelemişlerdir. Ortak filo ve *slot* tahsis yönetimi bazlı kavramsal bir model geliştirilmiştir. Tam sayı programlama modeli ile ideal bir *slot* tahsis takibi formülize edilmiştir. Amaç, farklı konteyner tiplerinden elde edilmesi beklenen kazancın ençoklanmasıdır.

Benzer bir çalışma Bell vd. (2013) tarafınca da yapılmıştır. İlgili çalışma Chen ve Yahalom (2013) çalışmasındaki gibi konteynerlerin gemi üzeri yerleştirilmesi değil hangi gemilere atanması gerektiği üzerinedir. Çalışma kabulüne göre, rota ve servis frekansları belirli olup gemi operasyon maliyetleri sabittir. Amaç, konteynerleri ilgili rotada elleçlerken, kiralama ve envanter maliyetlerini enazlayacak şekilde gemi seferlerine atamaktır. Problem, doğrusal programlama kullanılarak çözümlenmiştir. Gemi üzeri konteyner ataması konusu gemi operatörlerinin günlük rutinlerinin bir parçasıdır. Uygulamada DSS bazlı çözümlerin ortaya konulması sektöre ciddi katkı sağlayacaktır.

Gemi kapasitesi kısıtı altında BKK maliyetinin enazlanması

Long vd. (2012), müşteri talebini gemi kapasitesi kısıtı altında karşılarlarken boş konteyner operasyon maliyetini enazlamayı amaçlayan

stokastik bir model ortaya koymaktadır. İki etaplı stokastik programlama modeli değişken arz, talep ve gemi kapasitesine bağlı olarak formüle edilmiştir. Çok sayıda senaryoyu çözme amaçlı olarak *sample average approximation* yöntemine başvurulmuştur. Konteyner taşımacılığında genelde uygulamada karşılaşılan durum, gemi kapasitesi kısıtı değil konteyner yetersizliğidir. Long vd. (2012) genelde karşılaşılan durumun daha zorlu bir halini ele almışlar ve çözümlerini sunmuşlardır.

Kısa dönem konteyner kiralama düzenlemeleri

Varshavets vd. (2013), bir gemi operatörünün konteyner envanteri yönetim problemine ilişkin kısa dönemli konteyner kiralama opsiyonu üzerine çalışmışlardır. Çalışmanın amacı, kısa dönemli konteyner kiralama stratejisinin analizini yapabilmek ve karı en çoklayan taktik bir model geliştirmektir. Farklı parametreler ışığında konteyner tahsisinin, demirbaş konteyner envanterinden veya kiralık konteyner opsiyonu arasından seçimi hususu incelenmiştir. Modelin uygulanmasında *AMPL* modelleme dili kullanılmış ve senaryo çözümlenmeleri *CPLEX 12.2* programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre, demirbaş konteynerler için sadece BKK maliyeti söz konusu olduğunda kiralama seçeneği cazip olmaktan uzaklaşabilmektedir. Bunun ötesinde demirbaş konteynerlerin lokal maliyetlerini gözönüne almak gerekir. Her terminaldeki maliyet kalem ve miktarı farklıdır. Kısa dönem konteyner kiralamanın avantajı, gemi operatörünün dolduramadığı konteynerleri hızla elden çıkartıp lokal maliyetlerden sakınabilmesidir.

Zheng vd. (2016) çalışması farklı limanlardaki algılanan konteyner kiralama fiyatlarını ölçmeyi amaçlamaktadır. Problem iki aşamalı optimizasyon yöntemiyle ele alınmıştır. İlk aşamada ağ tasarımı problemi ele alınmakta, ikinci aşamada algılanan kiralama fiyatları belirlenmektedir. Konteyner ihtiyacı ya demirbaş ekipmanın boş konumlamasıyla ya da ihtiyaç limanında kiralınmasıyla karşılanacaktır. Kiralama maliyetinin seviyesi demirbaş ekipman konumlamasından düşük ise algılanan fiyat düşük olacaktır. Varshavets vd. (2013) çalışmasınca da desteklediği üzere uygun durumlarda konteyner kiralamanın avantajları mutlaka olacaktır. Kısa dönem konteyner kiralama opsiyonunu cesaretlendiren çalışmalar literatürde kısıtlıdır.

Konteyner atama modeline ek olarak rota modeli bağlamında da çalışmalar mevcuttur.

Rota modeli

Rota modeli, konteyner sevkiyat planlaması ve gemi zaman planlaması çalışmalarını içermektedir.

Konteyner sevkiyat planlaması (scheduling)

Sevkiyat planlamasına yönelik çalışmalar iki başlık altında değerlendirilmiştir. Bu başlıklar: Dinamik konteyner rotalaması ve dolu konteyner rotalamasıdır.

Dinamik konteyner rotalaması

Song ve Dong (2010) çalışmalarını, dinamik ve stokastik bir çevrede boş konteyner yükleme ve tahliye kararları üzerine şekillendirmiştir. Çalışma, boş konteynerlerin ihtiyaç fazlası veren terminallerden alınması, herhangi bir önceden belirlenmiş terminale bırakılmaksızın gemi üzerinde tutulması ve zaman içinde ihtiyaç duyan terminallere tahliye edilmesi üzerinedir. Amaç, terminal ardiye maliyetinin düşürülmesidir. Bu yolla aynı zamanda boş konteynere ihtiyaç duyan terminallere hızlı bir akış sağlanacaktır. Stokastik matematiksel bir model geliştirilmiş ve etkinliği simülasyon ile değerlendirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre konteyner dengesizliği olan bölgelerde esnek varış limanı önerisi konvansiyonel yöntemle göre %22'ye kadar daha iyi sonuçlar vermiştir. Böylesi bir öneri, uygulamaya bakıldığında oldukça radikal görünmesine rağmen gemi kapasite sorunu yaşanmayan bir çevrede uygulanabilir görünmektedir. Esasen bu yaklaşım ekipman eksikliği dolayısıyla yaşanan yük kaybının da önemli ölçüde azaltılmasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte ek boş konteyner ağırlığının neden olacağı yakıt harcaması ve gemi dengesine (*trim*) yönelik ekipman yer değiştirme (*shifting*) operasyon maliyeti gibi unsurların göz önüne alınması gerekir.

Dong vd. (2013), birleşik *servis kapasite planlaması* ve *belirsiz talep* altında deniz taşımacılığı ağında *dinamik konteyner rotalaması* üzerine çalışmışlardır. Servis kapasitesinin planlanması konteyner taşımacılığında taktik açıdan anahtar karardır. Talebin karşılanması ve rotalama gibi operasyonel kararlar özellikle talep belirsizliği hallerinde servis kapasite kullanımını etkileyecektir. Çalışma, iki aşamalı stokastik programlama modeli önermektedir. İlk aşamada ideal servis kapasitesi, ikinci aşama ise belli bir kapasite planıyla stokastik ve dinamik ortamda

ideal rotalamaya odaklanılmaktadır. Çalışma operasyonel olduğu kadar stratejik planlama düzeyi kapsamına da girmektedir.

Dolu konteyner rotalaması

Akyuz ve Lee (2016) çalışması boş konteyner konumlaması ve transit süre hususlarını dikkate alarak kargo rotalaması ve gemi hızına ilişkin bir karar aracı geliştirmeyi hedeflemiştir. Etkin dolu konteyner rotalamasının BKK'ya yönelik operasyonları daha verimli kılacağı dikkate alınmaktadır. Doğrusal programlamadan yararlanılmıştır. Gerçek operasyonları taklit eden testler kar marjlarının arttırılabileceğine dair iyimser sonuçlar vermiştir. Çalışma dolu konteyner hareketlerinin, BKH verimsizliğini vurgulaması açısından ayrı bir değere sahiptir.

Gemi (Servis) zaman planlaması

Løfstedt vd. (2010) çalışması, tamsayı programlama marifetiyle ağ tasarımı üzerine olup hat bazlı gemi operatörünün sabit zaman çizelgesi oluşturmasına katkıda bulunmaktadır. Bu çalışma sahası mesafe, yük miktarı gibi çeşitli değişkenleri göz önüne alarak servisteki gemilerin planlanan tarihlerde ilgi limanlarda operasyona hazır hale getirilmesini amaçladığından gemi operatörlerinin günümüzde vazgeçilmez bir söz olarak müşterilerine verdikleri sabit günlük çizelge (*fixed day schedule*) uygulamasına destek olmaktadır. Uygulamada ilgi uyandıran bir çalışma sahası olduğunu vurgulamak gerekir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Literatürde BKK'ya ilişkin çözüm sahaları, konumlama kararları adı altında ele alınmış, stratejik, taktik, operasyonel planlama düzeylerinde sınıflandırılmıştır. Literatür çalışmaları, çözüm sahalarını çeşitli modelleme türleri ile incelemektedir. Bunlar deterministik, stokastik, simülasyon, karar destek sistemleri ve melez modellerdir. Bu çalışmada daha önce yapılmış bir sınıflandırma çalışması geliştirilerek, 2010 – 2018 dönemine ilişkin literatür çalışmaları planlama düzeyleri ve model türleri bağlamında sınıflandırılmıştır. Özgün bir yaklaşımla her bir çalışma alt konu başlığı altında ifade edilerek ilgi planlama düzeyinde değerlendirilmektedir. Bu sayede literatürde hangi çözüm sahalarına hangi modelleme yaklaşımlarıyla ağırlık verildiği ve hangi çözüm sahalarının gelecek çalışmaları beklediği tespit edilebilmektedir.

Literatürde rastlanılan çalışmaların pek çoğu taktik planlama düzeyindedir. Esasen bu durum beklenen bir sonuç olup akademik

dünyanın sektörün göz önünde bulunan problemlerine çözüm önerileri oluşturmaya yönelik bir eğilimde olduğu söylenebilir. Çalışmalar ağırlıklı olarak ağ tasarımı ve filo yapısı; servis sıklığı ve rota seçimi ile konteyner dengelemesi üzerinedir. Bu çalışmada incelenen literatür çalışmalarının yaklaşık yarısı bu konuları incelemektedir. Operasyonel düzeydeki çalışmalar ise nispeten daha seyreklerdir. Hem stratejik hem de taktik planlama düzeyinde konteyner dengeleme stratejileri üzerine geçmişten günümüze pek çok çalışma yayınlanmıştır. Bunların önemli bir kısmı *ortak konteyner havuzu* oluşturulmasına yöneliktir (Boile vd. 2004; Song ve Carter, 2009; Vojdani vd. 2013; Monios ve Wang, 2014). Ancak bu çalışmaların pratikte gemi operatörlerinin davranış kalıbı üzerinde pek bir etkisi olmamış, bu öneriye sıcak bakmamışlardır. Diğer taraftan konteyner kiralama pratiği son derece yaygındır. Liu vd. (2012), esnek konteyner kiralama imkanının gemi operatörlerinin kapasite riskini azalttığını vurgulamıştır. Küresel bazda servisteki konteynerlerin yarısından fazlasının kiralık olması konteyner dengeleme stratejilerinde dikkate alınması gereken bir husustur. Başarıcı ve Satır (2018), kısa dönem/seferlik konteyner kiralama düzenlemelerinin gemi operatörleri arasında konteyner değişimini teşvik ederek denizaşırı ve lokal BKH'nin azaltılabileceğine dikkat çekmektedir. Kiralık konteynerlerin herbir sefer sonrası gemi operatörleri arası el değiştirerek paylaşımı, doğal bir ortak konteyner havuzunun oluşmasını sağlayarak stratejik planlama düzeyinde gerçekleşen bir çözüm önerisini operasyonel düzeye indirgemektedir.

Literatürde stratejik planlamaya yönelik çalışma sayısı oldukça kısırır. Stratejik konumlama kararları büyük kapital yatırımlarına ilişkindir. 2010-2018 döneminde ortaya konulmuş olan küresel seviyedeki stratejik planlama düzeyindeki çalışmalar *ortak konteyner havuzu* oluşturulması ve *katlanabilir konteyner* gibi sektör pratiği ile pek bağdaşmayan sahaları içermektedir. Stratejik planlama düzeyinde depo seçimi çalışmalarının küreselden ziyade bölgesel seviyede yapıldığı gözlenmektedir. Müşteri-depo atamaları, depo-filo büyüklüğü belirleme ve uzun dönem konteyner kiralama düzenlemelerine yönelik çalışmalara ise rastlanılmamıştır.

Bunlara ilaveten stratejik-taktik ve stratejik-operasyonel planlama olarak ifade edilen bileşik sınıflandırmalara ilişkin çalışmalar da ilgi dönem zarfında yok denecek seviyededir. Bu gibi çalışmalar 1990'lar ve 2000'ler de kısmen yapılmış olsa da 2010'lu yıllarda sadece tek bir çalışma göze çarpmaktadır. Stratejik planlama vizyoner bir yaklaşım gerektirmektedir. Geniş perspektiften bakıldığında stratejik planlama, kapsamlı bir çalışma ve büyük sermaye yatırımlarının harekete geçirilmesini gerektirdiğinden iş dünyasından bu hususta talep gelmesi

kolay kolay beklenemez. Akademik dünyanın sektörü bir bütün olarak ele alabilecek konumda bulunuyor olması, iş dünyasını yönlendirme imkan ve sorumluluğunu birlikte getirmektedir. Araştırmacıların iş dünyasına, kamu otoritelerine ve küresel denizcilik örgütlerine ilham verecek çalışmalara imza atması sektörün daha verimli çalışmasına katkıda bulunabilecektir.

Literatür incelemesi göstermektedir ki çalışmalarda ağırlıklı olarak deterministik modellerden faydalanılmıştır. Talebin ve diğer etmenlerin değişkenliği dolayısıyla pek çok sahada stokastik modellerin kullanımı daha uygun görünmektedir. Bununla birlikte 21 çalışma deterministik modellerden faydalanırken sadece 8 çalışma stokastik modellere başvurmuştur. Bu tespite ek olarak simulasyon, DSS ve melez modelleme yöntemlerinde de çalışma sayısının nispeten kısıtlı olduğu söylenebilir. Dünyadaki siyasi ve ekonomik pek çok gelişmeden hızla etkilenen konteyner taşımacılığı gibi değişkenliğin dolayısıyla belirsizliğin yüksek olduğu bir sahada bulanık mantıktan yararlanmak tercih edilen yöntemlerden olabilir. Deterministik çalışmalardan sadece biri bulanık mantıktan yararlanmıştır. Bulanık mantık geçmiş verileri değil, muhtemel gelecek öngörülerini kapsayan temel yaklaşımıyla konteyner piyasasının incelenmesinde uygun yöntemlerden birisidir.

Yukarıdaki tespitler doğrultusunda gelecek çalışmalara konu olabilecek bakir çalışma sahalarının başında konteyner kiralama düzenlemeleri gelmektedir. Kısa dönem hatta seferlik konteyner kiralama ve kiralık konteynerlerin gemi operatörleri arası değişimi hususunun sektöre muhtemel katkıları incelenmelidir. Etkin filo yönetimi kapsamında depo/filo büyüklüğünün belirlenmesi hususu başta olmak üzere stratejik planlama düzeyindeki iş dünyasına yol gösterici çalışmalara da ağırlık verilmelidir.

Dolu/boş konteyner bekleme sürelerinin azaltılması, gemi liman uğraklarına dair sabit günlük zaman çizelgesi oluşturulması, demirbaş ve kiralık konteynerlerin birlikte kullanımı konuları son senelerde kısıtlı çalışmaya konu olmasına rağmen sektör pratiğine hitap etme potansiyeli taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Akyuz, M.H. ve Lee, C.Y. (2016). Service type assignment and container routing with transit time constraints and empty container repositioning for liner shipping service networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, 88, 46-71.

Alfandari, L., Davidovic, T., Furini, F., Ljubic, I., Maras, V. ve Sebastien, M. (2019). Tighter MIP models for Barge Container Ship Routing. *Omega. The International Journal of Management Science*, 82, 38-54.

Basarici, A.S. ve Satir, T. (2019). Empty container movements beyond the effect of trade imbalance: Turkish terminals. *International Journal of Logistics Systems and Management*. 33(2), 141-166.

Bell, M.G.H., Liu, X., Angeloudis, P., Fonzone, A. ve Hosseinloo, S.H. (2011). A frequency-based maritime container assignment model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(8), 1152-1161.

Bell, M.G.H., Liu, X., Rioult J. ve Angeloudis, P. (2013). A cost-based maritime container assignment model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 58, 58-70.

Boile, M., Theofanis, S., ve Mittal, N. (2004). Empty Intermodal Containers A Global Issue, *Annual Forum of the Transportation Research Forum*, Northwestern University, Transportation Center, Evanston, Illinois, March 21 – 24.

Boile, M. (2006). *Empty Intermodal Container Management* (Final Report FHWA NJ-2006-005). Piscataway, NJ: Department of Civil and Environmental Engineering, The State University of New Jersey in cooperation with New Jersey Department of Transportation Bureau of Research and U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, New Jersey.

Braekers, K., Janssens, G. K. ve Caris, A. (2011). Challenges in managing empty container movements at multiple planning levels. *Transport Reviews*, 31(6), 681–708.

Braekers, K., Caris, A., ve Janssens, G.K. (2013). Optimal shipping routes and vessel size for intermodal barge transport with empty container repositioning. *Computers in Industry*, 64 (2), 155-164.

Caglar, T. ve Esmer, S. (2015). Repositioning of empty containers problem in Turkey: A qualitative approach. *Mustafa Kemal University Journal of Social Sciences Institute*, 12(31), 242-256.

Chang, H., Jula, H., Chassiakos, A., ve Ioannou, P. (2008). A heuristic solution for the empty container substitution problem, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(2), 203–216.

Chen, J. ve Yahalom, S. (2013). Container slot co-allocation planning with joint fleet agreement in a round voyage for liner shipping. *The Journal of Navigation*, 66(4), 589–603.

Cheung, R. K. ve Chen, C. Y. (1998). A two-stage stochastic network model and solution methods for the dynamic empty container allocation problem. *Transportation Science*, 32(2), 142–162.

Cimino, A., Diaz, R., Longo, F. ve Mirabeli, G. (2010). Empty containers repositioning: A state of the art overview, *SpringSim'10 Proceedings of the 2010 Spring Simulation Multiconference*, Article No: 72, Orlando-Florida, April 11-15.

Dang, Q.V., Nielsen, I.E. ve Yun, W.Y. (2013). Replenishment policies for empty containers in an inland multi-depot system. *Maritime Economics & Logistics*, 15 (1), 120-149.

Dejax, P.J., ve Crainic, T. G. (1987). Survey Paper - A Review of Empty Flows and Fleet Management Models in Freight Transportation. *Transportation Science*, 21(4), 227-248.

Dong, J.X., Xu, J., ve Song, D.P. (2013). Assessment of empty container repositioning policies in maritime transport. *The International Journal of Logistics Management*, 24(1), 49-72.

Drozhdyn, O. (2016). Container Traffic Optimization on Feeder Shipping Line. *Transport and Telecommunication*, 17(4), 314–321.

Edirisinghe, L., Zhihong, J. ve Wijeratne, A.W. (2016). The global impact of container inventory imbalance and the factors that influence container inventory management strategies. *Proceedings of the 13th International Conference on Business Management (ICBM) 2016*, (pp.593-621). Sri Lanka: University of Sri Jayewardenepura.

Epstein, E., Neely, A. ve Weintraub, A. (2012). A Strategic Empty Container Logistics Optimization in a Major Shipping Company. *Interfaces*, 42(1), 5–16.

- Feng, C.M. ve Chang, C.H. (2008). Empty container reposition planning for intra-Asia liner shipping. *Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research*, 35(5), 469-489.
- Graf von Westarp, A. ve Schinas, O. (2016). A fuzzy approach for container positioning considering sustainable profit optimization. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 92, 56-66.
- Hilmola, O.P., Ujvari, S., Torkkeli, M., Lorentz, H. ve Andersson, T. (2010). From Northern Europe to Russia and Asia, and vice versa: traffic flow analysis – current situation and development trends. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 6(2), 205-217.
- Jahn, C., ve Schlingmeier, J. (2014). Innovative Methods in Logistics and Supply Chain Management. In T. Blecker, W. Kersten, C.M. Ringle (Eds.), *Cooperation in Empty Container Logistics*, pp.499-51). <https://hiel.org/publications/2014/19/499.pdf>, Erişim Tarihi: 21.08.2018.
- Jiao, W., Yan, H. ve Pang K.W. (2016). Nonlinear pricing for stochastic container leasing system. *Transportation Research Part B*, 89, 1-18.
- Jula, H., Chassiakos, A. ve Ioannou, P. (2006). Port dynamic empty container reuse. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 42(1), 43–60.
- Liu, C., Jiang, Z., Liu, L. ve Geng, N. (2012). Solutions for flexible container leasing contracts with options under capacity and order constraints. *International Journal of Production Economics*, 141(1), 403-413.
- Liu, X., Ye, H.Q. ve Yuan, X.M. (2011). Tactical planning models for managing container flow and ship deployment. *Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research*, 38(5), 487-508.
- Løfstedt, B., Alvarez, J.F., Plum, C.E.M, Pisinger, D. ve Sigurd, M.M. (2010). *An integer programming model and benchmark suite for liner shipping network design* (Report No: 19). Technical University of Denmark: DTU Management Engineering.

Long, Y., Lee, L.H., ve Chew, E.P. (2012). The sample average approximation method for empty container repositioning with uncertainties. *European Journal of Operational Research*, 222(1), 65-75.

Meng, Q. ve Wang, S. (2011). Liner shipping service network design with empty container repositioning. *Transport Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(5), 695-708.

Meng, Q., Wang, T., ve Wang, S. (2015). Multi-period liner ship fleet planning with dependent uncertain container shipment demand. *Maritime Policy & Management*, 42(1), 43-67.

Monemi, R.N. ve Gelareh, S. (2017). Network design, fleet deployment and empty repositioning in liner shipping. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 108, 60-79.

Monios, J. ve Wang, Y. (2014). Regional stakeholder solutions to empty container repositioning costs in peripheral regions, *Scottish Transport Applications & Research (STAR) Conference*, Glasgow.

Moon, I.K., Ngoc, A.D.D. ve Hur, Y.S. (2010). Positioning empty containers among multiple ports with leasing and purchasing considerations. *OR Spectrum*, 32(3), 765-786.

Moon, I.K., Ngoc, A.D.D., ve Konings, R. (2012). Foldable and standard containers in empty container repositioning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49(1), 107-124.

Rathnayake, J. ve Wijeratne, A.W. (2012). Second container port in Sri Lanka; Hambantota or Trincomalee: an analysis using the game theory. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 13(3), 358-378.

Rodrigue, J.P. (2017). The Geography of Transport Systems. *Repositioning size and cost of empty containers*. <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch5en/app15en/ch5a3en.html>, Erişim Tarihi: 10.10.2018.

Shi, N. ve Xu, D. (2011). A Markov Decision Process Model for an Online Empty Container Repositioning Problem in a Two-port Fixed Route. *International Journal of Operations Research*, 8(2), 8-17.

Song, D. P. ve Carter, J. (2009). Empty container repositioning in liner Shipping. *Maritime Policy and Management*, 36(4), 291–307.

Song, D.P. ve Dong, J.X. (2010). Effectiveness of an empty container repositioning policy with flexible destination ports. *Transport Policy*, 18(1), 92-101.

Song, D.P. ve Dong, J.X. (2011). Flow balancing-based empty container repositioning in typical shipping service routes. *Maritime Economics and Logistics*, 13(1), 61–77.

Song, D.P., ve Dong, J.X. (2012). Cargo routing and empty container positioning in multiple shipping service routes. *Transportation Research Part B*, 46(2012), 1556-1575.

Song, D.P., ve Zhang, Q. (2010). A fluid flow model for empty container repositioning policy with a single port and stochastic demand. *SIAM Journal on Control and Optimization*, 48(5), 3623-3642.

Van der Meer, R., De Boer, M.K., Liebich, V., Hallers, C.T., Veldhuis, M. ve Ree, K. (2016). Ballast Water Risk Indication for the North Sea. *Coastal Management*, 44(6), 547-568.

Varshavets, A., Voß, S. ve Pawellek, G. (2013). *Empty container repositioning and short term leasing option in global container management*. http://www.isci.cl/tristan/data/Maritime%20Transport/TRISTAN8_paper_116.pdf, Erişim Tarihi: 05.09.2015.

Verstrepen, S., Cools, M., Cruijssen, F. ve Dullaert, W. (2009). A dynamic framework for managing horizontal cooperation in logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 5(3/4), 228-248.

Vojdani, N., Lootz, F. ve Rosner, R. (2013). Optimizing empty container logistics based on a collaborative network approach. *Maritime Economics and Logistics*, 15(4), 467–493.

Wang, S. (2013). Essential elements in tactical planning models for container liner shipping. *Transportation Research Part B*, 54, 84–99.

Yun, W.Y., Lee, Y.M. ve Choi, Y.S. (2011). Optimal inventory control of empty containers in inland transportation system. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 451-457.

Zheng, J., Sun, Z. ve Gao, Z. (2015). Empty container exchange among liner carriers. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 83, 158-169.

Zheng, J., Sun, Z. ve Zhang, F. (2016). Measuring the perceived container leasing prices in liner shipping network design with empty container repositioning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 94, 123-140.