

Yayın Geliş Tarihi: 20.05.2019

Yayına Kabul Tarihi: 09.09.2019

Online Yayın Tarihi: 20.12.2019

DOI: 10.18613/deudfd.659801

Araştırma Makalesi

Dokuz Eylül Üniversitesi

Denizcilik Fakültesi Dergisi

Cilt: 11 Sayı: 2 Yıl: 2019 Sayfa:151-175

ISSN:1309-4246

E-ISSN: 2458-9942

DENİZ ULAŞTIRMASINDA ETMEN TABANLI MODELLEME VE BENZETİM İNCELEMESİ*

Burcu ÇELİK¹

Yusuf ZORBA²

ÖZ

Deniz yoluyla ulaşımı, yük ve yolcu taşımacılığında, son yıllarda değişimler yaşanmaktadır. Deniz taşımacılığındaki önemli konular; güvenlik, deniz ortamının korunması, optimal zaman ve minimum maliyet ile bir denge noktası yakalanmasıdır. Simülasyon, kazaların önlenmesi ve güvenlik zayıflıklarının tespiti gibi problem çözme için etkili yöntemlerden biridir. Benzetimler ayrıca mevcut durumların analizi, tasarım veya modellerin test edilmesi için de yaygın şekilde kullanılmaktadır. Benzetim çalışmaları temel olarak Kesikli Olay (Discrete Event) Benzetim, Sistem Dinamikleri (System Dynamics) yaklaşımları ve Etmen Tabanlı (Agent-based) Modelleme ve Benzetim yaklaşımı olarak yazında yer almaktadır. Bunlardan Etmen tabanlı benzetim modelleri, belirli tanımlanmış kuralları uygulayan etmenlerin birbirleriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerinden oluşur. Yöntem; fizik, biyoloji, sosyal bilimler, mühendislik ve yönetim bilimlerini kapsayan çok çeşitli disiplinlerde kullanılmaktadır. Deniz ulaştırmasına yönelik etmen tabanlı modelleme/benzetim çalışmalarının tespit edilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla özellikle deniz ulaştırmasında kullanılan etmen tabanlı modelleme ve benzetim modelleme çalışmalarına odaklanılmış, çalışılan konu ve içeriklerin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Gerçekleştirilen yazın taramasının sonucunda deniz ulaştırmasına yönelik modelleme/benzetim çalışmalarının çoğunlukla deniz trafiğinin analizi, deniz haydutluğu ve güvenlik, liman ekipmanlarının verimliliği, arama kurtarma operasyonları başlıklarında yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Etmen Tabanlı Benzetim (Simülasyon), Modelleme, Deniz Ulaştırması.*

¹ Arş., Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Müh. Bölümü, İzmir, burcu.celik@deu.edu.tr

² Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Müh. Bölümü, İzmir, yusuf.zorba@deu.edu.tr

* Bu çalışmanın önceki versiyonu, 'Global Conference on Innovation in Marine Technology and the Future of Maritime Transportation' Konferansı'nda Nisan 2019'da serbest bildiri olarak sunulmuştur.

A REVIEW OF AGENT BASED SIMULATION AND MODELING IN MARITIME TRANSPORTATION

ABSTRACT

Maritime transportation, cargo and passenger transportation have been changing in recent years. Important issues in maritime transport are mainly: safety, security, protection of the marine environment, capture a balance point by optimal timing and minimum costs. Simulation is one of the effective methods for problem solving such as prevention of accidents and detection of security weaknesses. Simulations are also widely used to analyze existing conditions, to understand behavior, to design, to evaluate system through models. The simulation studies take place in the literature as Discrete Event Simulation, System Dynamics and Agent-based Modeling and Simulation. Agent-based Simulation models consist of the agents that implement defined rules, agent-agent relationships and interactions between agent and its environment. Agent-based Simulation is used in a wide variety of disciplines including physics, biology, social sciences, engineering and management sciences. The aim of this study is to determine the simulation studies especially for the agent-based modeling in maritime transportation. For this purpose, the simulation/modeling studies used in maritime transportation have been reviewed and the subjects and contents that are focused on the agent-based models have been revealed. As a result of the literature review, it has been determined that the modeling/simulation studies for maritime transportation are mostly concentrated in the analysis of maritime traffic, piracy and maritime security, efficiency of port equipment and search and rescue operations.

Keywords: *Agent-based Simulation, Modeling, Maritime Transportation.*

1. GİRİŞ

Benzetim, deniz ulaştırmasında karşılaşılan problemleri çözmek için kullanılan araçlardandır ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Benzetim, karmaşık süreçlerin ya da sistemlerin işletilmesinde en etkili analiz araçlarından biridir. Sistemin davranışını anlamak veya sistemin işlemesi için göz önüne alınan değişik stratejileri değerlendirmek amacıyla yönelik olarak, gerçek sistem modelinin tasarlanması ve bu model ile deneylerin yürütülmesi süreci olarak tanımlanabilir (Shannon, 1992: 65). Sistemin gelecekteki davranışını, modeldeki ya da sistem çevresinde olan değişiklikleri gözlemlene, farklı senaryolarla sistemin geleceği hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Modelleme ve Benzetim disiplininde Kesikli Olay Benzetimi (KOB), Sistem Dinamikleri (SD), Etmen Temelli Modelleme ve Benzetim (ETMB) 3 temel yaklaşım olarak belirtilmiştir (Pidd, 2004: 27; Maidstone, 2012).

Genel olarak modern benzetim araçlarının çoğu kesikli olay benzetimi paradigması uygular (Altiok ve Melamed, 2007: 11). Varlıklar sisteme girer ve sistemden ayrılmadan bazı durumlara uğrar, genel olarak kesikli olay benzetimlerinin çoğu, bir tür kuyruk sistemini içerir. Varlıklar, Nitelikler, Aktiviteler, Olaylar, Durumlar, Benzetim zamanı modelinde kullanılan terimlerdir (Pidd, 2004: 80-81).

Diğer sık kullanılan yaklaşımlardan biri Sistem Dinamikleri, modelde stoklar, akışlar ve birbiri ile bağlantılı olan yardımcı değişkenleri içerir. Sistemi oluşturan değişkenler arasında geri bildirim döngüleri ve gecikmeler, bu paradigmayı diğerlerinden ayıran özelliklerdir (Sterman, 2000: 12).

Etmen Tabanlı Modellemenin ana fikri, dünyadaki birçok olayın, etmenler, çevre ve etmen-etmen ve etmen-çevre etkileşimlerinin tanımı ile etkin bir şekilde modellenebileceğidir (Wilensky ve Rand, 2015: 32). Etmenler kendi amaç ve davranışları, hafızası, öğrenme yeteneği olan varlıklardır (Macal ve North, 2007: 97). Bir Etmen tabanlı modelleme 3 yapıyı içermektedir (Macal ve North, 2006: 78):

- (i) . Etmen, nitelikleri ve davranışları;
- (ii) .Etmenlerin ilişkileri;
- (iii).Etmenlerin davranışı ve etkileşiminin benzetimi için bir platform.

Bazı araştırmacılar Etmen tabanlı modelleme geçmişinin 1940lara uzandığını belirtse de bilgisayarlı Etmen Tabanlı Modelleme, Santa Fe Enstitüsü'nün 1990ların ortasında SWARM dilinin tanıtımı ile başlamıştır. 1990ların sonunda RePAST ile biraz genişledi ve 2000lerin başında NetLogo ile çok daha yaygınlaşmıştır (Allen, 2011: 180). MASON, NetLogo, Swarm gibi popüler olan platformların dışında, AnyLogic, GAMA, RePast Symphony gibi birçok Etmen Tabanlı benzetim aracı; MATLAB, Mathematica gibi hesaplama ve C++, Java, Python gibi genel benzetim araçları vardır (Macal ve North, 2006: 79; Abar vd 2017: 29). Etmen tabanlı benzetim modellerinin kullanımı veya birey tabanlı benzetim modelleri (IBM) araştırma ve yönetimde kullanımı artmaktadır (Railsback vd. 2006: 609). Benzetim araçları sosyal bilimler, doğa bilimleri ve insan bilimleri gibi geniş bir alanda yapılan çalışmaları desteklenmektedir: İşletme, pazarlama, sosyoloji, psikoloji, ekoloji, havacılık, üretim planlama, örgütsel davranış, sağlık, ulaştırma /trafik (Abar vd 2017: 32; Wilensky ve Rand, 2015: 15).

2. YÖNTEM

Araştırmada, deniz ulaştırmasında etmen tabanlı benzetim kullanılan çalışmaları konu alan yazın taraması, içerik analizi yöntemi ile yapılmıştır.

İçerik analizinde temel amaç, toplanan verileri açıklayabilecek kavramlara ve ilişkilere ulaşmaktır. İçerik analizi ile verileri tanımlamaya, verilerin içinde saklı olabilen gerçeklere ulaşmaya çalışırız (Yıldırım ve Şimşek, 2013: 259). Bu amaçla mantıklı bir düzen içerisinde, veriyi açıklayan temaların saptanması gerekmektedir. İçerik analizi yoluyla elimizdeki verilerin içinde saklı olabilecek gerçekleri ortaya çıkartabiliriz (Yıldırım ve Şimşek, 2016: 242).

Araştırmacının kullanacağı iki yöntem mevcuttur: Tümevarım ve tümden gelim. Tümevarım yöntemi bir konu hakkında yeni bir kanıya varmak için kullanılır. Bu yöntem ile açık kodlama, kategoriler yaratma ve özetleme yapılmaktadır. Kategoriler oluşturulduktan sonra, grup sayısı azalsın diye kategoriler daha geniş başlıklar halinde toparlanır. Bu gruplandırma yapılırken başlıkları doğru yere koymaya özen gösterilmelidir (Kızıltepe, 2015: 258).

İçerik analizi; bir alanda var olan alanyazının değerlendirilmesine yardımcı olmak için ek bir yöntemdir. Araştırma kimler tarafından yapılmış, hangi yöntemler tercih edilmiş, hangi paradigmlar takip ediliyor ve hangi tür çıktıların ortaya çıktığı gibi, belirli bir alanda tüm araştırma faaliyetlerinin bütünü hakkında ölçülebilir açıklamalar yapılmasını sağlar (Falkingham ve Reeves, 1998: 97).

Araştırmada, evrenin sınırlanması/belirlenmesi gereklidir. İçerik analizi yönteminde evren dört şekilde sınırlandırılabilir: Nerede, ne zaman, hangi aracıyla ve hangi konuda (Koçak ve Arun, 2006: 24).

Yapılan bu çalışmada, “Web of Science, Science Direct ve Proquest veri tabanlarında, YÖK Tez Merkezi’nde, 2010- 2019 yılları arasında “deniz ulaştırması” ve “etmen tabanlı” başlıkları kullanılarak yapılan araştırmalar” olarak sınırlandırılmıştır. Veri tabanlarından elde edilen bu çalışmalar incelenerek deniz ulaştırması çerçevesinde olan çalışmalar araştırmaya dâhil edilmiştir. Yayınlanan araştırmaların toplam sayısı 43’tür. Bu araştırmalar içerik olarak şu şekildedir: 17 makale, 19 bildiri, 2 yüksek lisans tezi ve 5 doktora tezi olmak üzere 7 lisansüstü tez.

Çalışmanın odaklandığı “deniz ulaştırması” ve “etmen tabanlı” anahtar sözcüklerini içeren yayınlara baktığımızda; genellikle aynı ülkenin farklı üniversite veya kurumlarından üretilen ulusal yayımlar çıkarılmıştır. Tablo 1’de ülkelere göre yapılan yayın sayısı gösterilmektedir. En çok yayın Çek Cumhuriyeti Çek Teknik Üniversitesinde Bilgisayar Bilimleri ve Siberetik bölümlerinde yapılmıştır (Hrstka vd 2015, Vanek vd 2013, Jakob vd 2011, Vanek vd 2011, Jakob vd 2010).

Tablo 1. Ükelere göre yapılan yayın sayısı

Ülkeler	Tek Uluslu Yayınlar (36)	Çok Uluslu Yayınlar (7)
Çek Cumhuriyeti	6	*
Amerika Birleşik Devletleri	5	*
Hollanda	5	*
Birleşik Krallık	4	1
Çin	4	*
Türkiye	4	*
Singapur	3	*
İsveç	*	2
Kanada	2	*
Almanya	1	*
Brezilya	1	*
İtalya	1	*
Avustralya	*	1
Danimarka	*	1
Fransa	*	1
Meksika	*	1

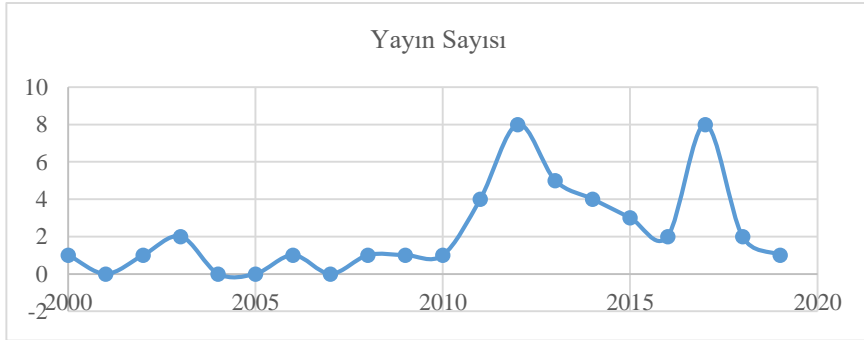
Tablo 1’de çalışmada incelenen 43 yayının 2000-2019 yılları arasındaki dağılımı gösterilmektedir.

Yayınlarda kullanılan araçlar makale-bildiri ve lisansüstü tezler olarak kaynaklarına göre belirtilerek ayrılmıştır. Makale-bildirilerde ve lisansüstü tezlerde en çok tercih edilen benzetim aracının NetLogo platformu olduğu görülmüştür. Açık kaynaklı yazılım olması, nispeten öğrenilmesinin kolay olması, eklentilerle diğer sistemlerle bütünleştirilebilir olması tercih nedenlerindedir (Wilensky ve Rand, 2015: 13-14, Allan, 2010: 14). NetLogo, basit ancak güçlü bir programlama dili ve platformudur. Karmaşık modeller için dahi şiddetle tavsiye edilmektedir (Railsback vd., 2006: 609). Kullanım sıklıklarına göre genel programlama dillerinden Java, Matlab, C#, C++ ile oluşturulan modeller takip etmiştir. Tablo 2’de çalışmalarda kullanılan benzetim araçları gösterilmiştir.

Tablo 2. Yayınların Kullanılan Benzetim Araçlarına Göre Dağılımı

Yazılımlar, Programlama D.	Makaleler- Bildiriler	Lisansüstü Tezler
AnyLogic	Fang vd 2014; Zhao vd. 2019	
NetLogo	Bas vd. 2007; Xiao vd. 2012; Wasesa vd. 2012; Baber vd. 2013; Xiao vd. 2013	Chion 2011; Sharif 2013; Xiao 2014, Fish 2017
Repast	Garro vd. 2015; Onngo ve Karataş, 2016	
StarLogo	Farias ve Leite 2006	
Swarm	Sinha-Ray vd. 2003; Farias ve Leite 2006	
C++	Wu vd. 2014; Ni vd. 2017	
C #	Varol ve Günal 2015	
Java	Thurston ve Hu, 2002; Henesey vd. 2009; Vanek vd. 2011	Varol 2012
Matlab	Cheng vd. 2017	
Diğer	Jakob vd. 2010; Parrot vd. 2011; Decrane vd. 2012; Harris vd. 2012; Hansen vd. 2015, Hrstka vd. 2015, Stuer-Lauridsen vd. 2018, Dağkiran 2018	Öztanrıseven 2016

2011 yılından itibaren yayın sayısında ciddi bir artış görülmektedir. 2008 yılından itibaren deniz haydutluğu saldırılarının güncelliğini koruması, deniz haydutluğuna karşı alınması gereken tedbirler ve benzer çözümlerin; yayın sayısının artmasına, makale, bildiri ve lisansüstü tezlerin üretilmesinde etken olduğu düşünülmektedir. Bir diğer en çok yayın üretilen konu; deniz trafiğinde gemi trafik sistemi, çatışmadan kaçınma, liman giriş-çıkışlarında emniyeti artırmaya yönelik yayınlardır. Bu çalışmaların % 80'i 2011 yılından sonra üretilmiştir.

**Şekil 1.** Yıllara göre Yayın Sayısı

Çalışmada, “deniz ulaştırması” ve “etmen tabanlı” kelimeleri kullanılarak, 2010-2019 yılları arasında yapılan çalışmalar içerik analizi yöntemiyle incelenmiştir. Konu ile ilgili araştırmacıların eğilimlerini tespit etmek, güncel araştırma konularını ortaya çıkarmak ve deniz

ulaştırması için etmen tabanlı benzetim kullanımının hangi alanlara katkı sağladığı ile ilgili tespitlerde bulunmaktadır.

3. BULGULAR

Deniz ulaştırmasında Etmen Tabanlı Benzetim ve Modelleme kullanılan çalışmaları içerik analiz yöntemi ile 4 ana kategori altında toplanmıştır: Deniz trafiği; deniz haydutluğu ve güvenlik ile ilgili çalışmalar; liman ekipmanları, verimlilik ve arama kurtarma operasyonları. Bu çalışmalar dört ana başlıkta sırasıyla incelenmiştir.

3.1. Deniz Trafiği ile İlgili Çalışmaların Analizi

Deniz trafiği ile ilgili çalışmalarda gemi hareketleri, trafik sıkışıklığı yaratan şişe boynu problem, deniz koruma alanı için politika üretilmesi, çatışmadan kaçınma, rota belirlenmesi, deniz trafiğinin yönlendirilmesi konularında etmen tabanlı modellerin kullanıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların odaklandıkları konular, sırasıyla ifade edilmiştir.

Huet vd. (2003) etmen teknolojisi ve dağıtık sistemlere dayanan bu çalışmada, gemi davranışlarını modellenmiş ve deniz trafiği benzetimi yapmışlardır. Bu çalışma gerçek ve benzetimi yapılmış gemi izlerini karşılaştırma fırsatı veriyor ve Gemi Trafik Sistemlerine katkı sunuyor.

Zhang vd. (2009) çalışmalarında gemi rota belirlemesi için etmen tabanlı benzetim çerçevesi önermiştir. Trafik politikalarını değerlendirmek için gerçek veriler girdi olarak kullanılmıştır. Doğru atanmış önlem alanı ile gemilerin için daha kısa bekleme süresi olacağını belirtmişlerdir.

Chion (2011: 21-34), doktora çalışmasında, deniz koruma alanında yöneticilerin izlemesi gereken politikalar konusunda destek olmak ve çatışma riskini azaltmalarını için 3MTSim Simülatörü tasarlamıştır. Bu masaüstü simülatör, coğrafi olarak tanımlanmış veri tabanı içermektedir, “Java 1.5+Eclipse+Repast” programları kullanılarak oluşturulmuştur. Seyir hareketleri için 3 ay süreli AIS verisi alınmıştır. Alt modelleri ile geçerlilik sağlanmıştır.

Çalışmada, Haliç bölgesinde, St. Lawrence Deniz Parkı'nın yönetimi ve Önerilen Deniz Koruma Alanı için karar destek sistemi hazırlanmıştır (Parrot vd. 2011: 1403-1415). Bu haliç bölgesinde, farklı gemilerden oluşan deniz trafiğini düzenlemek için sıkışıklığın önlenmesi,

emniyetli geçişleri sağlamak ve deniz ekosistemini korumak zorluğunu içermektedir. Yük gemileri de dâhil olmak üzere, farklı gemi tipleri ve ticari balina gözlemci tekneleri etmen tabanlı yaklaşım kullanılarak 3MTSim Simülatöründe ayrı ayrı modellenmiştir. Kompleks, sosyal-ekolojik sistemlerin çok paydaşlı yönetimleri için etmen tabanlı modellemenin uygun olduğu belirtilmiştir.

Xiao vd. (2012) sınırlandırılmış su yollarında deniz trafiğinin benzetimi için yapay güç alanlarının kavramı ve uygulamasını açıkladıkları çalışmada Yangtze Nehri gemi trafiği AIS verileri kullanmışlardır. Xiao vd. (2013), bir otonom dinamik gemi manevra modeli ile benzetimi yapmıştır. AIS Verileri, modeli kalibre etmek ve modelin geçerliliği için kullanılmıştır. Bu çalışma, farklı yerel çevre koşullarıyla karşılaşma durumlarında gelecekte trafik benzetimi için çatışmadan kaçınmanın mümkün olduğunu göstermektedir Xiao (2014) doktora çalışmasında, mikro ve makro olarak gemi trafiği seviyelerinde emniyet analizi, karar verme, liman ve suyollarının planlanması ve risk azaltma önlemlerinin tasarımı için benzetim aracı geliştirmeyi amaçlamıştır. Gerçek gemi davranışını sağlamak için etmen tabanlı benzetim ve yapay etki alanı kullanılmıştır. Etmen tabanlı benzetim NetLogo platformunda gerçekleştirilmiştir. AIS verileri modelin kalibrasyonunda kullanılmıştır.

Xiao vd. (2017) deniz trafiği emniyet yönetimi geliştirmek için kara istasyonu-gemi, gemi-gemi, arasındaki dinamik etkileşimleri veri güdümlü çok etmenli bir prototip sistem geliştirilerek incelemişlerdir.

Cheng vd. (2017) gemiler karşılaştığında otomatik çatışmadan kaçınmayı gerçekleştirmek için potansiyel enerji tabanlı çatışma modeli oluşturmak amaçlanmıştır. Model Matlab 2014' te kurulmuştur. Önerilen yaklaşımın geçerliliği (Çin) Yangtze Nehri'nde test edilmiştir.

Teng vd. (2017) çalışmalarında, çevresel, yasal ve kaynak kısıntılarının liman giriş ve çıkışlarında gemilerin emniyetini azalttığını belirtmiştir. Emniyet ve verimliliği artırmak amacıyla gemi hareketlerinin koordine edilmesi, Eşgüdümlü Rota Bulma algoritması ile çözümlenmiştir. Gemi koordinasyon modülü, Singapur sularında 2 farklı bölgede 10 dan fazla geminin koordine edilmiştir ve görsel olarak sunulmuştur.

Sang vd. (2017) deniz trafiği açısından şişe boynu problemi olan Yangtze Nehri bölgesinde, problemin çözümü için etmen tabanlı model önermiştir. Model, bölgesel deniz trafiği hacmi verileriyle geçerliliği

doğrulanmıştır. Benzetim süresi, 24 saattir. Geçerlilik için 31 kez benzetim tekrarlanmıştır.

Dağkiran (2018) çalışmasında, sosyo-teknik sistem olan gemi trafik hizmetlerinde, olabilecek acil durumlar için senaryolar üretmiş ve benzetimini yapmıştır. Denizcilik endüstrisinde zaman ve insan yönetimi gibi dinamikleri analiz etmek amacı ile yapılan bu çalışmada, Dinamik süreçlerin benzetiminde kullanılan LEADSTO Dili ve yazılım çerçevesi ve programa tanımlanan TTL dili ile etmen tabanlı modelleme yaklaşımı gemi trafik hizmetlerine uygulanmıştır.

Zhang vd. (2019) gemilerin hareketleri etmen olarak AnyLogic yazılımı ile modellenmiş ve etmenlerin etkileşimleri (karşılaşmaları) coğrafi bilgi sistemi tabanlı akıllı algoritmalar ile tespit edilmiştir. Tasarlanan simülasyon tabanlı metod, işlevselliğini ve faydasını göstermek için Çin Bohai Denizi'nde uygulanmıştır. Çalışma, gelecekte deniz ulaştırması planlaması rehberi karar desteği sağlama potansiyeli olduğu belirtilmiştir.

3.2. Deniz Haydutluğu, Güvenlik ile İlgili Çalışmaların Analizi

Deniz Haydutluğu, güvenlik ile ilgili hazırlanan çalışmalarda etmen tabanlı modeller ile coğrafi bilgi sistemleri birlikte kullanılmıştır. Deniz haydutluğunun önlenmesi, kaçakçılıkla mücadele, deniz kuvvetlerinin hangi bölgelerde devriye gezmesi ile haydutluk amacıyla hareket eden gemilerle etkileşimi, liman güvenliği, olası saldırı riskinin azaltılması konularına değinilmiştir. Diğer çalışmalardan Uluslararası ilişkiler disiplini yapılan doktora tezinde deniz haydutluğunun önlenmesi için sosyoekonomik ve politik koşullara dikkat çekilmiştir.

Farias ve Leite (2006) çalışmada coğrafi bilgi sistemleri ile etmen tabanlı benzetim sistemleri arasından tam bir bütünleşme sağlayan yazılım uygulamasına ihtiyaç olduğunu savunmuşlardır. Bu amaçla, Sistem Borland Delphi derleyicisinde uygulanmıştır. Deniz Alanının Kontrolü olarak bilinen deniz kuvvetleri operasyonlarının benzetimi amaçlamıştır.

Jakob vd. (2010) çalışmalarında, denizcilik alanında deniz haydutluğu gibi yasadışı faaliyetlerin tespit edilmesi, öngörülmesi ve önlenmesi için AgentC platformunda binlerce farklı geminin benzetim çalışmasıyla birleştiren, veri güdümlü bir etmen tabanlı sistem oluşturulmuştur. Vanek vd. (2011a) tarafından hazırlanan çalışmada, Aden Körfezi'nde deniz haydutluğu riskini en aza indirmek, caydırıcılığı

artırmak için AgentC platformunda model oluşturulmuşlardır. Google Earth ile bütünleştirilmiştir, AIS verileri kullanılmıştır. Geçerlilik gerçekleşen deniz haydutluğu saldırıları ile gözlemlenenlerle karşılaştırılması olarak belirtilmiştir. Jakob vd. (2012) etmen tabanlı tekniklerin açık denizlerde deniz güvenliğinde ilk bütünleşmiş uygulaması AgentC dir. Daha sonraki araştırma ve geliştirmeler için geniş bir yelpazesi açmıştır. Hint Okyanusu koridor sistemlerinin üç olası düzenini incelemek için kullanılmıştır. Ticari gemi modelleri geçerliliği AIS verileriyle kalibre edilmiştir. Çalışma, çoklu etmen benzetimi ve optimizasyonun beraber kullanışı olduğunu kanıtlamıştır. Model senaryolarda, deniz haydutluğuna karşı tedbirlerin performansının değerlendirilmesi ve optimize edilmesine imkân verir.

Vanek vd. (2011:44-58) deniz haydutluğunun küresel deniz taşımacılığı üzerindeki etkilerini açıkladıkları modelde, etmenler ticaret gemisi, haydutların gemisi ve deniz kuvvetleri etkileşimlerini temsil eder. Model, Aden Körfezi grup geçişinin optimize edilmesi problemine uygulanır. Çoklu etmen modeli Java’da uygulanmıştır. Uygulanan model geçerliliği verilerin mevcut olduğu alanlarla uygunluk göstermektedir Bir diğer çalışmada, Aden Körfezi’nde transit koridorda daha önce gerçekleştirilen çalışmaların, güvenli koridor tasarlanırken Hint Okyanusu’nda açık sulara doğrudan uyarlanamayacağı belirtilmiştir (Vanek vd 2013:157–176). Benzetim geliştirme ve kalibrasyon süreci, deniz ulaştırmasında yapılan benzetim çalışmalar için uygulanabileceği ifade edilmiştir.

Harris vd. çalışmada, ABD’nin kitle imha silahları ile saldırı tehdidine karşı hazırlıklı olmak gerektiğini belirtmiştir (Harris vd. 2012: 193-199). Olası saldırı riskini azaltmak amaçlanmış, var olan deniz güçlerinin intikali, yeni kuvvetlerin intikali ve coğrafi bölgenin optimal kullanımını geliştirmek için modelleme yapılmıştır. Terörizm Riskleri için Otomatik Güvenlik Açığı Değerlendirmesi (AVERT) ticari yazılımı aracılığı ile Etmen Tabanlı Modelleme uygulanmıştır. Bu paradigmanın her bir varlığın davranışlarını ve sonuçlarını inceleme imkânı vermesi, bu çalışmada özellikle devriye gemisi gibi az sayıda etmene sahip modeller için önemli olduğu ifade etmiştir. Modelde trafik akışı arttıkça, güvenlik güçleri gezinti teknelerini denetlemekle meşgul olduğunda muhalif tekne ile karşılaşma olasılığı düşmüştür. Ancak ilave devriyeler olduğunda muhalif teknelerle karşılaşma olasılığının arttığı belirtilmiştir. Modelin, Amerika Birleşik Devletleri’ndeki tüm limanlara, burada sunulanlara benzer genel modeller kullanılarak, boyutlarına ve şekillerine göre genişletilebileceği belirtilmiştir.

Varol (2012), yüksek lisans çalışmasında, Etmen Tabanlı Modelleme ve Benzetim bağlamına Kesikli Olay Benzetimi (KOB) yaklaşımının kullanımını araştırmıştır. Kullanılan melez modelde SharpSim, GreatMap adlı bir Coğrafi Bilgi Sistemi birbirine bütünleşik hale getirilerek kullanılmıştır. Kurgusal bir deniz güvenlik operasyonunda kaynak tahsisi ve operasyon politikaları analiz edilmiştir. Varol ve Günel (2015), deniz haydutluğu paydaşları (haydutlar, deniz ulaştırmacılar, deniz kuvvetleri) için ayrı ayrı Kesikli Olay Benzetimi ve Etmen Tabanlı Benzetim yaklaşımları birlikte kullanılmıştır. Deniz haydutluğunu önlemek amaçlı yapılan operasyonların etkinliğini ölçmek amacıyla hazırlanan çalışmada, Aden Körfezi'nde deniz kuvvetleri kaynaklarının tahsisi ve haydutluğun önlenmesinde neden sonuç ilişkisi varsayımsal senaryolarla benzetimi yapılmıştır. Hibrit Kesikli Olay Benzetimi ve Etmen Tabanlı Benzetim modeli C# tabanlı SharpSim, coğrafi bilgi sistemi olarak GreatMap GIS yazılımı kullanılmıştır (Varol ve Günel, 2015: 2037-2049). Bir başka çalışmada, silahlı güvenlik personeli bulunduran yük gemilerindeki olası etkiler, göz ardı edilerek kullanılmıştır (Varol ve Günel, 2013).

Farklı yasadışı denizcilik faaliyetleri (soygun, deniz haydutluğu, kaçakçılıkla mücadele) davranış türlerinin ve etmenler arasındaki etkileşimin modellenmesi için senaryoları değerlendirmek üzere Etmen tabanlı bir hesaplama platformu olan BANDIT, tasarlanmıştır. Platform etmen davranış modelleme sistemi ve çok etmenli deniz simülatörü içermektedir. Orta Amerika çevreleyen denizlerde, uyuşturucu kaçakçılığı problemi senaryolarında platformun kullanılabilirliği gösterilmiştir. Afrika Boynuzu çevresindeki deniz haydutluğu ile ilgili benzetimlere odaklanan AgentC, BANDIT'in öncülüdür (Hrstka vd 2015: 101–111).

Wang vd. (2017) çalışmalarında, etmen tabanlı modelleme yönteminin deniz haydutluğu faaliyetlerinin benzetimi için mükemmel olduğu belirtilmiş, deniz haydutluğu hareketliliği için Etmen tabanlı dinamik veriye dayalı benzetim önermiştir. Ayrıca, sensörler ve gemi etmenleri için, Random Sonlu Küme (RFS) tabanlı ölçüm modeli ve benzetim modeli tasarlanmıştır. RFS tabanlı veri azaltma algoritması, deneylerle etkinliği kanıtlanmıştır. Ortalama performansı yakalamak için her bir deneyde 1000 Monte Carlo denemesi yapılmıştır.

Fish (2017), uluslararası ilişkiler alanında hazırladığı doktora tezinde diğer çalışmalardan farklı deniz haydutluğuna teşvik eden sosyoekonomik ve politik değişkenlere odaklanmıştır. NetLogo

platformunda hazırladığı modelde karadaki sosyolojik koşullar ile deniz haydutluğu arasındaki temel dinamikleri aydınlatmak amaçlanmıştır.

3.3. Liman Ekipmanları, Verimlilik ile İlgili Çalışmaların Analizi

Yapılan çalışmalar liman elleçleme ekipmanlarının etkin kullanılması, planlanması, bir geminin, barçın elleçleme süresinin azaltılması, depo tahsisi, konteyner tahsisi, depolama kapasitesinin artırılması, liman içi trafiğin azaltılması, konteyner alma protokolleri konuları üzerine yoğunlaşmıştır.

Rebollo vd. (2000) var olan bir konteyner limanının bütünleşik yönetimi için yapılan projenin bir parçası olan çalışmalarında, karmaşık olan otomatik konteyner tahsisi problemini çözmek için uygun olan çok etmenli sistem yaklaşımı uygulamışlardır.. Etmenler arasındaki iletişim, radyo frekansı (RF) kullanılarak, FIPA Etmen İletişim Dili (ACL) standardına dayanan asenkron mesajlarla yapılmıştır. Kurdukları protipte 5 farklı etmen sınıfı kurmuşlardır: Gemi, yükleme boşaltma, servis, konteyner taşıyıcı (Transtainer), kapı etmenleri. Hazırlanan bu mimari, gemilerin konteyner terminalindeki zamanlarını en aza indirmek için gerekli işbirliğinin korunmasını sağlamıştır. Gerçek bir limanın konteyner terminali işlevini modelleyen sistemin ön sürümü hâlihazırda uygulanmaktadır.

Thurston ve Hu (2002) yaptıkları çalışmada, Dünya ticaretinin hızla arttığını ancak konteyner limanlarının çevresini genişletmek artık mümkün olmadığını nedeniyle bir geminin elleçlenmesi için gerekli olan sürenin azaltılmasını çözüm olarak önemiştir. Rıhtım operasyonları için dağıtık çok etmenli sistemin prototipi Java'da yapılmıştır. Simülatöre AVG hız kontrolü eklenerek Straddle taşıyıcıların sürekli hareket halinde olmasıyla verimliliğin artacağını belirtmişlerdir.

Sinha-Ray vd. (2003) Swarm platformunda kurulmuş modellerden oluşan büyük ölçekli bir benzetim projesi "Konteyner Dünyası" hazırlamışlardır. Proje, bir limanın depolama kapasitesinin artması, belirli bir rotadaki gemi sayısını değiştirmenin etkisi gibi makroskopik gözlemlerle ilgilidir.

Geleneksel ve kaset tabanlı AVG (Automated Guided Vehicle-İnsansız araçlar) sistemlerini değerlendirmek ve karşılaştırmak için etmen tabanlı bir simülatör geliştirilmiştir, Java programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Benzetim sonuçları Kaset tabanlı sistemin geleneksel AVGlere oranla maliyet etkin yapılandırmalar olduğunu, ayrıca çoklu

etmen tabanlı benzetim bu tür uygulamalar için ümit verici bir yaklaşım olduğunu göstermiştir (Henese, 2009: 85-96).

Wasesa vd. çalışmada, konteyner alma sürecinde var olan ön bildirim onay protokolünü, konteyner terminali ve terminale gelen kamyonlarının birleştirme prosedürünü geliştirmek için gerekli önlemleri analiz edilmişlerdir (Wasesa vd 2012: 190-196). Netlogo platformunda etmen tabanlı konteyner terminali benzetim modeli geliştirmişlerdir.

Douma vd. (2012) çalışmada Rotterdam Limanı'ndaki barç elleçleme sorunu için çok etmenli, çoklu kullanıcı benzetim oyunu geliştirilmiştir. Barç elleçleme sorunu, bir limanda barçın yanaşma ve terminal operasyonlarının nasıl optimize edileceği sorunu olarak belirtilmiştir. Barç ve terminal işletmecileri bağımsız şirketleri ve konteynerleri yüklemek ve boşaltmak için operasyonlarını ayarlamak zorundadırlar. Barç işletmecileri, bir barçın terminallere geliş sıklığına karar vermeli ve sırayla terminaller, gelen barçların zaman planlarına belirlemelidir. İşletmeler rekabetçi ilişkiler nedeniyle fırsatçı davranırlar ve her birinin kendi amaçları vardır. Tasarladıkları oyunla, sunulan çözümü uygulayıcılara iletmek, çok etmenli sistemin uygulamalı olarak doğrulamak, kullanıcı ara yüzü prototipini yapmak ve oyuncuların farklı etkileşim protokollerini nasıl algıladıklarını değerlendirebilmek amacıyla iki çalıştay düzenlemişler, 5 büyük barç işletme müdürleri ve planlayıcıları ile bir araya gelmişlerdir.

Sharif (2013) tez çalışmasında terminal operasyonlarındaki 3 kritik operasyon karar problemini ele almıştır: kamyon kuyruğu sorunu, saha vinci planlama, depo tahsisi. Kamyon yoğunluğu problemi, El Farol Bar probleminin oyun teorisindeki yaklaşımını, depo tahsisinde karınca kolonilerinin iz bırakma davranışını kullanmıştır. Kurduğu modellerde, NetLogo platformunu kullanmıştır.

Garro vd. (2015:181-202), straddle taşıyıcılar, saha ile rıhtım arasında yükleme/boşaltma işlemleri sırasında bir dizi konteyner hareketi dizisi belirleyerek yönlendirmek, performansı artırmak amacıyla yaptıkları çalışmada matematiksel modelleme ile etmen tabanlı teknikleri (Repast Yazılımı) birlikte kullanmışlardır.

Çalışmada, LNG gemilerinin limana girişi limandan çıkışın olumsuz etkileri olduğu ve bu etkileri iyileştirmek için gerekli önlemler analizlerle sağlanmıştır (Fang vd. 2015: 131-144). Modelle AnyLogic yazılımı kullanılmıştır. Çin'de liman alanında gerçek bir vaka çalışmada incelenmiştir. Modelin geçerliliği sağlanmıştır. Mevcut etmen tabanlı

modelin, farklı gemilerin karmaşık ilişkilerinin benzetimde uygunluğunu göstermiş ve diğer ulaşım sistemlerinde de kullanılabileceğini belirtmiştir.

3.4. Diğer Çalışmaların Analizi

Etmen Tabanlı Modelleme ve Benzetim kullanılarak yapılan diğer çalışmalar geniş bir yelpazededir. Bunlar: Demirleme alanı koruma, arama kurtarma operasyonlarında bilgi paylaşımının etkisi, arama kurtarma zabıtlarının acil durum müdahale becerilerini geliştirmek için yapılan modelleme, model geçerliliğinin çalışmalarda nasıl kullanılacağı, balast suyu ile yayılan türler için risk değerlendirmesi, işsu taşımacılığının gelecek ekonomik tahminleri arama kurtarma verimliliği ve ağır yakıt kullanımından uzaklaşılmasının deniz çevresine etkileri ile çalışmalarla karşılaşılmıştır.

Demirleme Alanı Koruma Senaryo modeli etmen tabanlı benzetim platformu MANA (Map Aware Non-uniform Automata)'da gerçekleştirilmiştir. Deneyler askeri bir vakadan alınan veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Decraene vd. 2012: 76-83).

COP-Common Operational Picture (Ortak harekât resmi) kavramı, genel bir arama kurtarma operasyonu senaryosunda sosyal ağ analizi ve etmen tabanlı modelleme uygulaması aracılığıyla araştırılmıştır. Farklı COP biçimleriyle bilgi paylaşımının etkisini incelemek için etmen tabanlı bir model geliştirilmiştir. Model NetLogo platformunda kurulmuştur (Baber vd. 2013: 889-905). Arama-kurtarma zabıtlarının acil müdahale becerilerini geliştirmek için öncü bir çalışmadır. Denizcilik Acil Durum Benzetim Sistemi (MESS) kurulmuştur. Çoğunlukla C++yazılımı kullanılmıştır Arama Kurtarma Gemileri Kurtarma koordinasyon merkezi için bilgisayarlar ve 3 server ile donanımı oluşturulmuştur, görsel olarak da yansıtılmıştır. Deniz trafiği akış benzetimi kısmında çok etmenli benzetim yaklaşımı kullanılmıştır Acil durumlarda, arama kurtarma faaliyetlerinde etmen tabanlı benzetim sosyal etki modeli, sosyal ağ modeli gibi yöntemlerle birlikte kullanılmıştır (Wu vd. 2014: 155).

Onggo ve Karataş (2016) çalışmalarında, Etmen Tabanlı Benzetimin deniz arama faaliyetlerini analiz etmek için alternatif, uygun bir modelleme yaklaşımı olduğu ve bu paradigmada geçerlilik testinin zor olduğu özellikle belirtilmişlerdir. Modelin geçerliliği için test-odaklı benzetim modellemesinin (TDSM) nasıl kullanılabileceği göstermek amaçlanmıştır.

Hansen vd. (2015) çalışmalarında, yabancı türlerin balast suyuyla yayılma risklerinin modellenmesi için bir prototip Karar Destek Aracı geliştirmişlerdir. İlk olarak hidrodinamik model ile Kuzey Denizi ve Danimarka Boğazlarındaki akıntılar hesaplanmış ve sonrasında etmen tabanlı 3B model ile organizmaların dağılımı tahmin edilmiştir. Uygulanan ABM çerçevesi, su sistemlerin biyolojik ve ekolojik modellerini oluşturmak ve uygulamak için açık bir denklem çözücü olan ekolojik modelleme yazılımı ECO Lab'ın bir parçasıdır.

Öztanrıseven (2016) çalışmasında kullandığı, MarTranS (Deniz Ulaştırması Simülatörü) ile etmen tabanlı model, kesikli olay benzetimi ve sistem dinamikleri yaklaşımlarını kullanmış ve bütünleştirmiştir. Simülatör, iç su taşımacılığı sistemi bileşenlerini ve bölgesel ekonomik etki faktörleri arasındaki ilişkiyi daha iyi anlayabilmek, sisteminin davranışını ve uzun dönemli ekonomik tahminleri keşfetmek için geliştirilmiştir.

Ni vd. (2017) kurtarma verimliliği ile ilgili yapılan çalışmalarda yolcu gemilerinde kamaraların boş alan olarak değerlendirildiği, ancak bu durumun gerçeği yansıtmadığını belirtmiştir. Kamaralarda bulunan eşyaları göz önünde bulundurarak yolcu gemilerindeki ileri kurtarma analizi için etmen tabanlı sosyal etki modeli C++ kullanarak Microsoft Visual 2013'te kurulmuştur.

Bas vd. (2007) çalışmada, deniz yakıt sistemi ve etmen tabanlı modelin (MarPEM), denizde kullanılan yakıt politika araçlarının HFO' dan uzaklaşma sürecindeki etkilerini incelemek için kullanılabilen kapsamlı bir sistem perspektifi sunmuştur. Model, NetLogo platformunda kurulmuştur. Deneylerin sonuçları, önceki çalışmalarla ve endüstriyel uzmanların görüşleriyle uyumlu olduğu için model deniz yakıt sisteminin geçerli bir temsili olduğu belirtilmiştir.

Stuer-Lauridsen vd. (2018) çalışmalarında, Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün, Gemi Balast Suyu ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Sözleşmesi'nin altında risk değerlendirme kılavuzuna coğrafi alan bazlı bir yaklaşım olan Aynı Risk Alanını (SRA) dâhil ettiğini; ancak bu tür çalışmalar için kullanılacak metodolojinin açıklamasının sınırlı olduğunu belirtmiştir. Çalışma etmen tabanlı modelleme ile istilacı türlerin daha güçlü risk değerlendirmesini desteklenmiş, modelin hedef türlerin biyolojik davranışları içermesi gerektiğini tavsiye etmiştir. Çalışmada, su kalitesi ve hidrodinamik özelliklerle etmen tabanlı modellemenin yapılabildiği modül MIKE 21/3 ABM Lab ile ve planktonların biyolojik

ve fizyolojik davranışlarını modellemek için Java tabanlı bir araç kullanılmıştır.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yapılan yazın taraması sonucunda deniz ulaştırmasında etmen tabanlı benzetim özelinde yapılan çalışmalar deniz haydutluğu, güvenlik, deniz trafiği, liman elleçleme ekipmanları, arama kurtarma çalışmaları üzerinde yoğunlaşmıştır. Deniz trafiğinde sıkışıklık, çatışmadan kaçınma, rota belirlenmesi, trafiğin yönlendirilmesi, emniyet konularından; deniz yollarının güvenliği, deniz haydutluğunun önlenmesi; liman ekipmanları ve liman içi trafiğin düzenlenerek verimliliğin ve maliyetin minimize edilmesi; acil durum, arama kurtarma faaliyetlerinde zabıtların acil müdahale becerilerinin geliştirilmesi konularında, oldukça geniş bir alanda etmen tabanlı modeller kullanılmıştır. Bu modellerde coğrafi bilgi sistemleri, sosyal etki modeli, sosyal ağ modeli gibi yöntemlerle birlikte kullanılmıştır. Problem çözme yöntemlerinden biri olan Modelleme ve Benzetim disiplini farklı yaklaşımların bir arada kullanıldığı hibrit modeller ile karşılaşılmıştır. Sistem davranışının modellenmesinde kullanılan paradigmlar sistem dinamikleri ve etmen tabanlı benzetim, zaman içinde belirli noktalarda durum değişkenlerinin değiştiği sistemlerde kesikli olay benzetimi yapılmıştır.

Etmen Tabanlı Modelleme, geçmişi 1940'lara uzansa da 1990'lardan sonra yaygın olarak kullanılmaktadır. Alanyazın incelemesi sürecinde, deniz ulaştırmasında etmen tabanlı benzetim ve modelleme ile ilgili yapılan ve bütünsel bakışı yansıtan başka bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Çalışmanın alanyazına katkısı, deniz ulaştırmasında etmen tabanlı benzetim ve modelleme çalışmalarına bütünsel bir bakış sağlaması hedeflenmiştir. Deniz ulaştırması ile ilgili etmen tabanlı benzetim ve modelleme çalışmalarının 2000 yılından sonra başladığı, özellikle 2010 yılından sonra daha fazla kullanıldığı görülmüştür. Çalışmada bu modelleme yaklaşımı deniz haydutluğu ve güvenlik çalışmalarında sık tercih edilmesi, deniz haydutluğunun 2008 yılından sonra artış göstermesiyle ilişkilendirilebilir. Sık tercih edildiği diğer bir alan ise deniz trafiğidir, çalışmaların neredeyse hepsinin 2010 yılından sonra yapıldığı görülmüştür.

Deniz ulaştırması alanyazınında 2000 yılından itibaren yer bulan etmen tabanlı modelleme ve benzetim yaklaşımı, bildiri ve makalelerde, en çok tercih edileni Netlogo platformu olmuştur. AnyLogic, Swarm, RePast, Starlogo platformları ve yazarların problemlerin çözümü için

Java, Matlab, C#, C++ genel programlama dillerinden oluşturdukları modeller ve ayrıca AVERT yazılımı, MIKE 21/3 ABM Lab modülü kullanılmıştır. Netlogo platformunun basit ancak güçlü bir programlama dili olması, öğrenilmesinin nispeten kolay olması, açık kaynak kodlu ve ücretsiz olması nedenleriyle tercih edildiği düşünülmektedir.

Deniz trafiği ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmaların kara- gemi ve gemi-gemi iletişimi; sosyo-teknik yapının olduğu Gemi Trafik Hizmetleri; deniz trafiğinin koordine edilmesi, deniz trafiğinde emniyet yönetimi ve riskin azaltılması; deniz trafiğinin olduğu ve deniz ekosistemi ve deniz canlılarının korunması için tüm paydaşları ilgilendiren alanlara katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Deniz haydutluğu, güvenlik ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmaların, deniz kuvvetlerinin deniz haydutluğu faaliyetlerinin olduğu bölgelerde, deniz haydutluğu ile mücadele için kaynakların tahsis edilmesi; arama-kurtarma operasyon politikalarının belirlenmesi; yasadışı denizcilik faaliyetlerinin senaryolarla değerlendirilmesi; limanlara olası saldırılara karşı deniz kuvvetlerinin en hızlı şekilde ulaşması için hazırlanan modelden yola çıkarak tüm limanlara uygulanabilir bir modelin geliştirilmesi, ayrıca deniz haydutluğunun önlenmesinde karadaki sosyolojik koşullar ile deniz haydutluğu arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak gibi, etmen tabanlı modelleme ve benzetim paradigmasının katkı sağlayabileceği alanlar, öngörülmektedir.

Liman ekipmanları, verimlilik ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmaların konteyner terminallerinde gemilerin geçirdiği servis süresini en aza indirmek amacıyla yükleme-boşaltma, limanda kamyon kuyruğu, depo tahsisi, saha ile rıhtım taşıyıcıların planlanması, terminallere geliş sıklıklarının planlanması, operasyonlar sırasında gerekli işbirliğini sağlayan eğitimli personelin verimliliğe etkisi, ayrıca kuru yük ve genel kargo terminallerinde gemilerin servis süresinin azaltılması gibi alanlara katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Deniz arama faaliyetleri ile ilgili gelecekte yapılması öngörülen çalışmaların, ticari ve yolcu gemilerinin arama- kurtarma faaliyetlerinde, acil durum eylem planlarında zabıtların, personelin eğitimde, yaşam mahallinde, kamaralarda yer alan eşyaların arama-kurtarma faaliyetlerinde zamanlamayı nasıl etkilediği; kabotaj taşımacılığının bölgesel ekonomik faktörler nasıl değiştiği gibi katkı sağlayabileceği alanlar, öngörülmektedir.

Bazı çalışmalarda yazarların, etmen tabanlı modelleme ve benzetimin, deniz arama kurtarma faaliyetlerini analiz etmek için alternatif, uygun bir modelleme olduğunu; başka bir çalışmada diğer ulaşım sistemlerinde de kullanılabileceğini; benzetim geliştirme ve kalibrasyon sürecinin, deniz ulaştırmasında yapılan benzetim çalışmalar için uygulanabileceği; etmen tabanlı modelleme yönteminin deniz haydutluğu faaliyetlerinin benzetimi için mükemmel olduğunu, ifade edilmiştir (Vanek vd. 2013:157; Fang vd. 2014: 131; Onngo ve Karataş, 2016: 31; Wang vd. 2017: 10). Etmen tabanlı modellemenin, deniz ulaştırmasında farklı konu başlıkları için uygun, alternatif hatta mükemmel bir paradigma olduğu özetlenebilir.

KAYNAKLAR

Abar, S., Theodoropoulos G., Lemarinier P. ve Hare G.M.P (2017). Agent based modelling and simulation tools: A review of the state-of-art software. *Computer Science Review*, 24:13–33. DOI:10.1016/j.cosrev.2017.03.001.

Allan, R. (2010). *Survey of agent based modelling and simulation tools*. Warrington: 2010 Science and Technology Facilities Council. DOI: 10.1007/978-0-85729-139-4.

Allen, T. (2011). *Introduction to discrete event simulation and agent-based modeling voting systems, health care, military, and manufacturing*. Springer-Verlag London Limited 2011.

Altiok, T. ve Melamed, B. (2007). *Simulation modeling and analysis with ARENA*, Amsterdam: Elsevier Academic Press.

Bas G., De Boo K., Vaes-Van de Hulsbeek A.M. ve Nikolic I. (2007). MarPEM: An agent based model to explore the effects of policy instruments on the transition of the maritime fuel system away from HFO. *Transportation Research Part D*. 55:162–174. DOI: 10.1016/j.trd.2017.06.017.

Baber, C., Stanton, N.A., Atkinson, J. McMaster, R. ve Houghton, R.J. (2013). Using social network analysis and agent-based modelling to explore information flow using common operational pictures for maritime search and rescue operations, *Ergonomics*, 56(6): 889-905. DOI: 10.1080/00140139.2013.788216.

Cheng, T-T., Qing W. ve Feng M. (2017). An artificial potential field-based simulation approach for maritime traffic flow. *Proceedings of 4th International Conference on Transportation Information Safety (ICTIS)*. City of Edmonton, Canada.

Chion, C. (2011). *An agent-based model for the sustainable management of navigation activities in the saint lawrence estuary* (Order No. NR78333). Doktora Tezi, Ecole de technologie supérieure, Montreal. Available from ProQuest Dissertations ve Theses Global. (930932188).

Dağkiran, B. (2018). *Etmen Tabanlı Modelleme ve Simülasyon Yaklaşımı İle Gemi Trafik Hizmetleri Sosyo Teknik Sisteminin Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Decraene, J., Zeng, F., Low, M.Y.H., Cai, W., Cheng, Y.Y. ve Choo, C.S.. (2012). Evolutionary design of experiments using the mapreduce framework. *In Proceedings of the 2011 Summer Computer Simulation Conference (SCSC '11)*. CA. USA.

Douma, A. M., J. Van Hillegersberg, and P. C. Schuur. 2012. Design and Evaluation of a Simulation Game to Introduce a Multi-Agent System for Barge Handling in a Seaport. *Decision Support Systems* 53:465–472. DOI: 10.1016/j.dss.2012.02.013.

Falkingham, L.T. ve Reeves, R. (1998). A technique for analysing research in a field, applied to literature on the Management of R&D at the section level. *Scientometrics*, 42(2): 97-120.

Farias, Monteiro de ve Leite, L. T. (2006). Simulation and Control of Maritime Area through Multi-Agent Systems and Geographical Information Systems, *in Proceedings of International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06)*, Vienna, 2005, pp.734-738. doi: 10.1109/CIMCA.2005.1631351.

Fang, Z., Qi, Y., Hao, J., Huang, J., ve Dong, M. (2014). Agent-Based Simulation Analysis on the Effect of an LNG Terminal on a Port Transport System. In: *Proceedings of 14th COTA International Conference of Transportation Professionals*. Changsha, China.

Fish, J.M. (2017). *A cross-disciplinary approach to the maritime security risk of piracy and lessons learned from agent-based modeling*. Doctor of Philosophy, Old Dominion University, International Studies. USA-Virginia. DOI: 10.25777/spk1-5d03.

Garro, A., Monaco, M.F., Russo, W., Sammarra, M. ve Sorrentino, G. (2015). Agent-based simulation for the evaluation of a new dispatching model for the straddle carrier pooling problem. *Journal Simulation*, 91 (2), 181-202. DOI: 10.1177/0037549714566699.

Hansen, F.T., Potthoff, M., Uhrenholdt, T., Vo, H.D., Linden, O. ve Andersen, J.H. (2015). Development of a prototype tool for ballast water risk management using a combination of hydrodynamic models and agent-based modeling. *The WMU Journal of Maritime Affairs (JoMA)* (2015) 14: 219–245. DOI: 10.1007/s13437-014-0067-8.

Harris, S.P., Dixon, D.S., Dunn, D.L. ve Romich, A.N. (2012). Simulation modeling for maritime port security. *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, 10 (2), 193–201. DOI: 10.1177/1548512917751964.

Henesey, L., Davidsson, P. ve Persson, J.A. Evaluation of Automated Guided Vehicle Systems for Container Terminals Using Multi Agent Based Simulation. In: *Proceedings of MABS 2008: Multi-agent-based simulation IX*. Budapest, Hungary. DOI: 10.1007/978-3-642-01991-3_7.

Hrstka O, Vaňek O, Kopřiva Š, Jiří, Z., Jan, F. ve Pěchouček M. (2015). Agent-based approach to illegal maritime behavior modeling *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*. 2015, 42 (114): 101-111. DOI: 10.17402/026.

Huet T., Osman T, ve Ray C. (2003). Modelling Traffic Navigation Network With A Multi-Agent Platform. In: *Proceedings of 17th European Simulation Multiconference*. Nottingham, United Kingdom.

Jakob, M., Vanek, O., Urban, S., Benda, P. ve Pechoucek, M. (2010). AgentC: Agent-based Testbed for Adversarial Modeling and Reasoning in the Maritime Domain. In: *Proc. of 9th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2010)*. Toronto, Canada.

Jakob, M., Vanek, O., Hrstka, O. ve Pechoucek, M.(2012). "Agents vs. Pirates: Multi-Agent Simulation and Optimization to Fight Maritime Piracy. In: Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems – Innovative Applications Track (AAMAS 2012), Valencia, Spain.

Koçak, A. ve Arun, Ö. (2006). İçerik Analizi Çalışmalarında Örneklem Sorunu, *Selçuk İletişim*, Cilt:4, Sayı: 3, 21-28.

Kızıltepe, Z. (2015). İçerik Analizi. Seggie, F.G. ve Bayyurt, Y. (Ed.) *Nitel araştırma: yöntem, teknik, analiz ve yaklaşımları* (s.253-266). Ankara: Anı Yayıncılık.

M., Vaněk O., Pěchouček M. (2011). Using Agents to Improve International Maritime Transport Security. *IEEE Intelligent Systems*, 26 (1), 90-96.

Macal, C.M. ve North, M.J. (2007). Agent-based modeling and simulation: Desktop ABMS. In: *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference*. Washington. USA. DOI: 10.1109/WSC.2007.4419592

Monteiro de Farias, O.L. ve Leite, LT. (2006). Simulation and control of maritime area through multi-agent systems and geographical information systems. In: *Proceedings of the 2005 International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-LAWTIC'05)*. Vienna, Austria. DOI: 10.1109/CIMCA.2005.1631351.

Ni, B., Li, Z., Zhang, P. ve Li, X. (2017). An evacuation model for passenger ships that includes the influence of obstacles in cabins. *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2017, 1-21. DOI: 10.1155/2017/5907876.

Onggo, B.S. ve Karatas, M. (2016). "Test-Driven Simulation Modelling: A Case Study Using Agent-Based Maritime Search-Operation Simulation. *European Journal Of Operational Research*, 254 (2): 517-531. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.03.050.

Öztanrıseven, F. (2016). *Modeling economic impacts of the inland waterway transportation system*. Doktora Tezi. University of Arkansas, Industrial Engineering, Arkansas.

Parrott, L., Chion, C., Martins, C.A. , Lamontagne, P., Turgeon, S., Landry, J.A., Zhens, B., Marceau, D.J., Michaud, R., Cantin, G., Ménard, N. ve Dionne, S. (2011). A decision support system to assist the sustainable management of navigation activities in the St. Lawrence River Estuary, Canada .*Environmental Modelling & Software*, 26 (2011): 1403-1418. DOI:10.1016/j.envsoft.2011.08.009.

Pidd, M. (2004). *Computer simulation in management science 5th edition*. Chichster: John Wiley ve Sons Ltd.

Railsback, S.F., Lytinen, S.L. ve Jackson, S.K. (2006). Agent-based Simulation Platforms: Review and Development Recommendations. *Simulation*, 82(9). 609-623. DOI: 10.1177/0037549706073695.

Rebollo, M., Julián, V., Carrascosa, C. ve Botti, V.J. (2000). In A Multi-Agent System for the Automation of a Port Container Terminal. In: *Proceeding of Workshop i n Agents in Industry*. Barcelona, İspanya.

Shannon, R.E. (1992). Introduction to simulation. In: *Proceedings of the 24th conference on Winter simulation (WSC '92)*. New York. USA. DOI: 10.1145/167293.167302.

Sang L.Z., Tong, X.P., Xu W.X., Mao,Z. ve Yan, X.P. (2017). An agent-based simulation on navigational capacity of multi-bridge waterways. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 231(1):200–211. DOI: 10.1177/1475090216635681.

Sharif, O. (2013). *Application of agent-based approaches to enhance container terminal Operations*. Doktora Tezi, College of Engineering and Computing, University of South Carolina, Columbia.

Sinha-Ray,P., Carter, J., Field,T., Marshall, J., Polak,P., Schumacher,K., Song,D., Woods,J., ve Zhang, J.P (2003). Container world: Global agent-based modelling of the container transport business. In: *Proceedings 4th Workshop on Agent-Based Simulation*. Montpellier, France.

Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking And Modelling For A Complex World*. New York: Mcgraw-Hill.

Stuer-Lauridsen, F., Drillet,G., Hansen, F.T., Saunders, J. (2018). Same Risk Area: An area-based approach for the management of bioinvasion risks from ships' ballast water. *Marine Policy*, 97:147-155.

Teng T-H, Lau H.C. ve Kumar, A. (2017). A Multi-Agent System for Coordinating Vessel Traffic (Demonstration). In: *Proceedings of the 16th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2017)*. Sao Paulo, Brazil.

Thurston, T. ve Hu, H. (2002). Distributed agent architecture for port automation. In: *Proceeding of Twenty-Sixth International Computer Software and Applications Conference*. Oxford, UK. DOI:10.1109/CMPSAC.2002.1044537.

Vanek, O., Jakob, M. ve Hrstka,O. (2011). Using multi-agent simulation for security of maritime transit. In: *Proceedings of Multi-Agent-Based Simulation XII InternationalWorkshop, MABS 2011*. Taipei, Taiwan.

Vanek, O., Jakob M., Hrstka O. ve Pechoucek, M. (2013). Agent-based model of maritime traffic in piracy-affected waters. *Transportation Research Part C*, 36 (2013): 157–176.

Varol, A.E. (2012). *Simulation modeling of maritime piracy using hybrid agent based and discrete event simulation*, Yüksek Lisans Tezi, Deniz Harp Okulu Komutanlığı, Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, İstanbul.

Varol, A. E. ve Günal, M. M. (2013). Simulation Modeling of Maritime Piracy Using Hybrid Agent Based And Discrete Event Simulation. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SIMULTECH-2013)*. Reykjavik. Iceland. DOI: 10.5220/0004431004380445.

Varol, A. E. ve Günal, M. M. (2015). Simulating prevention operations at sea against maritime piracy. *The Journal of the Operational Research Society*, 66(12), 2037-2049.

Xiao F., Ligteringen H., Gulijk C.V. ve Ale B. (2012). Artificial force fields for multi-agent simulations of maritime traffic and risk estimation. In: *Proceeding of 11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference ve ESREL 2012*. Helsinki. Finland.

Xiao, F., Ligteringen, H., Gulijk, C. ve Alevd, B. (2013) Nautical traffic simulation with multi-agent system for safety. *In Proceedings of the 16th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013)*, The Hague, The Netherlands, DOI: 10.1109/ITSC.2013.6728402.

Xiao, F. (2014). *Ships in an artificial force field: A multi-agent system for nautical traffic and safety*. Doktora Tezi. Delft University of Technology- Faculty of Technology, Policy and Management, Netherlands.

Xiao Z., Fu X., Zhang L., Ponnambalam L. ve Mong Goh R. S. (2017). Data-driven Multi-Agent System for Maritime Traffic Safety Management. In: *Proceeding of 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*. Yokohama. Japan.

Wang, P., Li, G., Ju, R., ve Peng, Y. (2017). Random finite set based data assimilation for dynamic data driven simulation of maritime pirate activity. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017: 1-18.

Wasesa, M., Nijdam, P., Muhammad, I.H. ve Heck, E. (2012). Improving the pre-notification protocol of the containers pick-up procedure: An agent-based approach. In: *Proceeding of International Conference on Agents and Artificial Intelligence ICAART (2)*. Algarve, Portugal. DOI: 10.5220/0003742401900196.

Wilensky, U. ve Rand, W. (2015). *An Introduction to Agent-Based Modeling- Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo*. London: The MIT Press.

Wu, Bing, W., Xinping, Y., Wang, Y. ve Xiaoyang W. (2014). Maritime emergency simulation system (MESS) - a virtual decision support platform for emergency response of maritime accidents. In: *Proceeding of 2014 4th International Conference On Simulation ve Modeling Methodologies, Technologies ve Applications (SIMULTECH)*, Vienna. Austria. DOI: 10.5220/0005039401550162.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*, Ankara: Seçkin Yayıncılık. 9.Baskı.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*, Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Zhang, H., Xiao Y.J. ve Li S. (2009). Agent based simulation architecture for ships' routeing. *In: Proceeding of International Conference on Computer and Automation Engineering*. Bangkok. Thailand. DOI: 10.1109/ICCAE.2009.24.

Zhao, M., Yao, X., Sun, J., Zhang, S. ve Bai, J. (2019). GIS-based simulation methodology for evaluating ship encounters probability to improve maritime traffic safety. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(1): 323-337.

İnternet Kaynakları

Macal, C.M. ve North, M.J. 2006. Introduction to agent-based modeling and Simulation. MCS LANS Informal Seminar November 29, 2006. <https://www.mcs.anl.gov/~leyffer/listn/slides-06/MacalNorth.pdf>, Eriřim Tarihi: 04.02.2019.

Maidstone, R. (2012). Discrete event simulation, system dynamics and agent based simulation: discussion and comparison. System 1 (6) Poster. <https://personalpages.manchester.ac.uk/staff/robert.maidstone/poster1.pdf> Eriřim Tarihi: 06.02.2019.