

TEHLİKELİ MADDE KONTEYNERLERİNİN DEPOLAMA ALANI İÇİNDEKİ YERLEŞİMİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE BELİRLENMESİ

Ural Gökay ÇİÇEKLİ¹ ve Yunus KAYMAZ²

ÖZET

Ülkeler arası ticaret hacminin artması ve buna bağlı olarak artan konteyner döngüsü limanlarda, depolama alanlarında ve terminallerde hem alan hem de trafik sıkışıklıklarına yol açmakta ve iş kazalarına da neden olmaktadır. Bu anlamda her ne kadar tehlikeli madde taşımayan konteynerlerle ilgili ve bunların alan içinde yerleşimlerinin incelendiği pek çok çalışma ile karşılaşılrsa da, tehlikeli madde taşıyan konteynerlerin depolama alanı içindeki yerleşiminin incelendiği çalışma çok azdır. Özellikle yakın zamanda Tianjin Endüstriyel Limanı'nda meydana gelen ve tehlikeli maddelerin karışımından kaynaklı olduğu düşünülen patlama, depolama alanlarında tehlikeli maddelerin istiflenmesi ve depolanmasının daha özenli ve dikkatli yapılması gerektiğini ortaya koymuştur. Çalışma tehlikeli madde konteynerlerinin depolama alanı içindeki optimizasyonu ile ve depolama alanı geniş olmayan alanlarda alan verimliliğini sağlamakla ilgilenmektedir. Konu incelenirken, tehlikeli madde ayırım tablosunda belirtilen gereklilikler de esas alınmıştır.

Anahtar Sözcükler: Tehlikeli Madde, Konteyner, Genetik Algoritma

1. GİRİŞ

Taşıma maliyetlerinin minimizasyonunun işletmeler için kritik bir noktada olduğu günümüzde deniz taşımacılığının ve dolayısıyla konteyner taşımacılığının önemi büyüktür. Özellikle konteynerlerin yoğunlukla kullanıldığı deniz taşımacılığında, tehlikeli madde kapsamında olan ürünlerin birbirleri ile etkileşiminin çeşitli kurallar çerçevesinde ayırımının yapılması hem gemi içinde yerleşiminin dikkate alınması hem de depolama alanlarında bunun dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmesini gerektirmektedir. Tehlikeli maddelerin taşınmasında

¹ Yrd. Doç. Dr., Ege Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, gokaycicekli@gmail.com

² Arş. Gör., Ege Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, kymzyns@gmail.com

ortaya çıkan veya çıkabilecek eksiklikler ya da ihmallerden dolayı dünyada ve ülkemizde meydana gelen kazalar, can ve mal kayıplarına aynı zamanda çevresel zararlara da yol açmaktadır. Özellikle yakın zamanda Tianjin Endüstriyel Limanı'nda meydana gelen ve tehlikeli maddelerin karışımından kaynaklı olduğu düşünülen patlama, depolama alanlarında tehlikeli maddelerin istiflenmesi ve depolanmasının daha özenli ve dikkatli yapılması gerektiğini bir kere daha ortaya koymuştur.

2. KONTEYNER TAŞIMACILIĞI

Küreselleşme ile başlayan ticaret yoğunluğunun artan bir şekilde devam ettiği günümüzde ürünlerin güvenli ve kayıpsız bir şekilde varış noktasına ulaştırılması, tedarik zincirinde yer alan taraflar için büyük önem taşımaktadır. Bu noktada konteyner taşımacılığı taşınan ürünlerin daha hızlı ve hasarsız bir şekilde ulaşması gereken noktaya erişimini sağlamaktadır.

Malcolm P. McLean'in standart yükleme işlevini yerine getirecek bir taşıma yöntemi geliştirme fikri konteyner taşımacılığının başlangıcı sayılmaktadır (Ateş vd. 2010: 85). Cudahy (2006: 6), Ideal X isimli geminin ilk kez konteyner taşımacılığında kullanıldığını belirtmiştir.

Konteyner kelimesi İngilizce "to contain" fiilinden türemiş ve yapısı itibarı ile kapalı, standart boyutlu, bir nakil aracından diğerine aktarılabilen, büyüklük ve teçhizat bakımından mekanik yüklemeye uygun, tekrar kullanılabilir taşıma kapları olarak literatürde ve sahada yerini almıştır (MEB, 2011: 32).

Çalışmada tehlikeli maddelerin konteyner içinde muhafazası ve taşınması ele alınmış olup bu noktada konteyner tipleri kullanım şekilleri ve ölçülerine göre aşağıda belirtilmiştir (MEB, 2011: 41) :

- Parça (kuru) yük konteynerleri
- Dökme yük (bulk) konteynerleri
- İzole (insulated) konteynerler
- Özel amaçlı konteynerler

Çalışmada taşınması yapılan tehlikeli maddeler için kullanılan konteynerler 20' ve 40' olarak ayrılmaktadır ve bu konteyner çeşitlerinin ölçüleri aşağıda belirtilmiştir:

Tablo 1: 20' Konteynerin iç ve dış ölçüleri

20' Çelik Kuru Yük Konteyneri					
Dış Ölçüler			İç Ölçüler		
Uzunluk	Genişlik	Yükseklik	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik
19'101/2"	8'0"	8'6"	19'41/5"	7'81/2"	7'97/8"
6.06m	2.44m	2.59m	5.90m	2.35m	2.39m
Ağırlık			Kapı Genişliği		
Topl. Ağırlık	Dara	Net	Genişlik	Yükseklik	
52,910lb	5,140lb	47,770lb	7'-81/8"	7'-53/4"	
24,000kg	2,330kg	21,670kg	2.343m	2.280m	

Kaynak: <http://www.mardas.com.tr/LimanIsletme/mardas.aspx?id=32&lang=tr>

Tablo 2: 40' Konteynerin iç ve dış ölçüleri

40' Çelik Kuru Yük Konteyneri					
Dış Ölçüler			İç Ölçüler		
Uzunluk	Genişlik	Yükseklik	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik
40'0"	8'0"	8'6"	39'53/4"	7'85/8"	7'97/8"
12.19m	2.44m	2.59m	12.03m	2.35m	2.38m
Ağırlık			Kapı Genişliği		
Topl. Ağırlık	Dara	Net	Genişlik	Yükseklik	
67,200lb	8,820lb	58,380lb	7'-81/8"	7'-53/4"	
30,480kg	4,000kg	26,480kg	2.343m	2.280m	

Kaynak: <http://www.mardas.com.tr/LimanIsletme/mardas.aspx?id=32&lang=tr>

3. KONTEYNERLERİN DEPOLAMA ALANI İÇİNDE YERLEŞİMİ İLE İLGİLİ GEÇMİŞ ÇALIŞMALAR

Han vd. (2008: 698), konteynerlerin çok katmanlı olarak belli bir alanda toplanmasının hem konteyner trafiğinin yoğun olduğu hem de alan darlığının olduğu alanlarda genel olarak gerçekleştirildiğini belirtmiş ve bu durumun alanda kullanılan araçlar bakımından trafik sıkışıklığına yol açtığını belirtmişlerdir. Bu anlamda yazarlar çalışmalarında, aktarma konteynerlerin elleçlendiği depolama alanında minimum araç kullanarak taşımanın yapılması için karışık tamsayı programlaması kullanarak depolama alanı şablonu ortaya çıkarmışlardır.

Kim ve Kim (2002: 821-822), çalışmalarında konteyner terminallerine odaklanan çalışmaların azlığından bahsederek konteynerler için gerekli minimum yer ve vinçler ile ilgili oluşabilecek ilgili maliyetlerin minimizasyonu ile ilgilenmişlerdir.

Zhang vd. (2003: 887) ise konteyner terminallerindeki depolama alanlarında yaşanan depolama problemi ile ilgilenmişler ve bu problemin

alan içinde kullanılan bütün kaynaklar ile (konteyner vinçleri, açık alan vinçleri, bilgi teknolojileri vs.) ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar bu problemi dönen planlama metodu ile ele almışlar ve her planlama ufku kendi içinde iki seviyeye ayrılarak matematiksel programlama modeli ile formülize etmişlerdir.

Kozan ve Preston (2006: 520), konteynerlerin depolama alanı içinde yerlerinin optimize edilmesi ve elleçleme planlamasının yapılmasını aynı anda gerçekleştiren bir model ortaya koymuşlardır. Yazarlar modellerinde ihraç konteynerlerinin transferi için depolama alanından gemiye kadar olan noktada minimum elleçleme imkanı veren ve hangi konteynerin ne zaman yükleneceği sorusuna cevap veren bir model oluşturmuşlardır.

Bazzazi vd. (2009: 45), depolama yeri yerleşim problemi için genetik algoritma ile geliştirdikleri modelde normal, boş ve soğutmalı konteynerlerin bulunduğu bir ortamın modelini, konteynerlerin depoya yerleştirme ve depodan çıkarma zamanlarını minimize etme amacı ile değerlendirmişlerdir.

Depolama alanı içinde depolanan dolu konteynerlerin yanı sıra literatürde incelenen ve ilgi çeken konulardan bir diğeri ise boş konteynerlerin depolanması ve uygun şekilde kullanıma hazır tutulmasıdır.

Bu anlamda Lai vd (1995: 687), Orta Doğu'dan Uzak Doğu'ya gidecek boş konteynerlerin yerleşiminin uygun bir şekilde yapılmasının ilgili maliyetleri düşürdüğünü ayrıca boş konteyner ihtiyacı olan müşterilere uygun boş konteynerlerin temin edilmesinin ise müşteri memnuniyetini sağladığı belirtilmiştir. Yazarlar, bu problem için sezgisel bir araştırma yaparak ilgili maliyetleri ortaya koymuşlardır.

Konteyner yerleşimi için üzerinde durulan diğeri bir nokta ise konteynerlerin ithal ya da ihraç konteynerler (import- export containers) olup olmamasıdır. İthal konteynerlerin depolama alanları içinde ne şekilde yerleştirileceği Kim ve Kim (1999: 822) tarafından incelenmiş ve ithal konteynerlerinin varış hızının sabit, devirli ve dinamik olarak alınarak bu konteynerlerin yeniden elleçlenmesinin en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

Kim vd. (2000: 90) ihraç konteynerlerini ağırlıklarına göre depolama içinde yerleşiminin sağlanacağı bir model oluşturmuşlardır. Yazarlar geliştirdikleri dinamik programlama modeli ile yükleme için gerekli relokasyon hareketlerini minimize eden depolama alanı ortaya çıkarmaya çalışmışlardır.

Konteynerlerin liman içindeki depolama alanlarında ya da liman dışındaki depolama alanlarında yerleşimi, çoğunlukla araçların hareketlerini azaltma ve maliyet minimizasyonuna yoğunlaşırken tehlikeli madde taşıyan konteynerlerin depolama alanı içinde yerleşiminin optimizasyonu literatürde çok işlenmemiştir. Çalışma, konteyner ile

taşınan tehlikeli maddelerin depolama alanı içinde yerleşiminin optimizasyonunu, IMO (International Maritime Organization)'nun tanımladığı IMDG CODE içinde belirtilen ayırma şekillerine uygun ve alan verimliliğini arttırmayı amaçlayan bir şekilde yapmaya çalışmaktadır.

4. TEHLİKELİ MADDELERİN KONTEYNER İLE TAŞINMASI

Tehlikeli maddelerin taşınmasında ortaya çıkabilecek ve çıkan eksiklikler ya da ihmallerden dolayı dünyada ve ülkemizde meydana gelen kazalar can ve mal kayıplarına ayrıca çevresel zararlara da yol açmaktadır. Özellikle yakın zamanda Çin'in Tianjin kentinde endüstriyel limanda yaşanan patlamanın 50 'den fazla insanın hayatını kaybetmesine ve yüksek miktarda maddi kayıplara yol açtığı görülmüştür (<http://www.bbc.com/news/world-asia-china-33844084>, Erişim Tarihi: 26/08/2015).

Tehlikeli maddelerin taşınması ve depolanması sırasında yaşanan sorunlar altyapı, insan faktörü, çevresel faktörler nedeni ile meydana gelebilirken ortaya çıkan sonuçların geri çevrilmesinin zorluğu, ülkelerin ve çeşitli karar organlarının bu konu hakkında çeşitli düzenlemeler ortaya koymasına sebep olmuştur.

Tehlikeli maddelerin taşınmasına yönelik sorumlu kuruluşlar ve konvansiyonlar ise Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Tehlikeli maddelerin taşınması için yürürlükteki konvansiyonlar

Taşıma Modu	Sorumlu Kuruluş	Konvansiyon
Denizyolu Taşımacılığı	IMO (International Maritime Organisation)	IMDG-CODE
Demiryolu Taşımacılığı	OCTI (Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail)	RID
Havayolu Taşımacılığı	ICAO (International Civil Aviation Organisation)	ICAO-TI
Havayolu Taşımacılığı	IATA (International Air Transport Organisation)	IATA-DGR
Kanal Taşımacılığı	ZRK (Zentralkommission fuer die Rhein Schifffahrt)	ADNR-ADN
Karayolu Taşımacılığı	UNECE (United Nations Economic Comission for Europe)	ADR

Kaynak: <http://www.utikad.org.tr/db/files/itometetirman.pdf>

Tehlikeli maddelerin konteyner terminallerinde yönetimini inceleyen Hamidou vd. (2014:2), bir konteyner terminalinde pek çok operasyonun gerçekleştiğini ve bu operasyonların güvenlik gibi önemli

koşulları sağlaması için belli kurallara göre yapılması gerektiği belirterek, hücrel otomasyon ve çoklu ajan sistemi modellerini birleştirerek konteyner terminal konfigürasyonunda güvenliği ön plana alarak bir model ortaya çıkarmışlardır. Tehlikeli maddelerin IMDG sınıflandırması ve ayırım tablosu Tablo 4’de gösterilmektedir. Tabloda 1: 3 metre, 2: 6 metre, 3: 12 metre, 4: 24 metre ve X: 0 metre olarak belirtilmiştir (ASEAN – German Technical Cooperation Sustainable Port development in the ASEAN Region, 2011:34).

Tablo 4: IMDG sınıfları ve ayırıştırma tablosu

SINIF		2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	8	9
Yanıcı gazlar	2.1	x	x	x	2	1	2	x	2	2	x	1	x
Zehirli ve yanıcı olmayan gazlar	2.2	x	x	x	1	x	1	x	x	1	x	x	x
Zehirli gazlar	2.3	x	x	x	2	x	2	x	x	2	x	x	x
Yanıcı sıvılar	3	2	1	2	x	x	2	1	2	2	x	x	x
Yanıcı katılar (kendinden tepkimeli maddeler ve duyarsızlaştırılmış katı patlayıcılar dahil)	4.1	1	x	x	x	x	1	x	1	2	x	1	x
Aniden patlamaya eğilimli maddeler	4.2	2	1	2	2	1	x	1	2	2	1	1	x
Suyla temas ettiğinde yanıcı gazlar çıkartan maddeler	4.3	x	x	x	1	x	1	x	2	2	x	1	x
Oksitlenmeye neden olan maddeler (etkin maddeler)	5.1	2	x	x	2	1	2	2	x	2	1	2	x
Organik peroksitler	5.2	2	1	2	2	2	2	2	2	x	1	2	x
Zehirli maddeler	6.1	x	x	x	x	x	1	x	1	1	x	x	x
Aşındırıcı maddeler	8	1	x	x	x	1	1	1	2	2	x	x	x
Çeşitli tehlikeli maddeler ve kalemler	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Kaynak: Deniz Emniyet Komitesi 90. Oturum, 2012: 497

“Tehlikeli Maddelerin Deniz Yoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik” 2. Bölüm 11. Madde ve n bendinde aşağıdaki süreç

geçerlidir (http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/03/20150303-6.htm, Erişim:27/08/2015):

“Tehlikeli madde taşınan konteynerler için ayırım ve istif kurallarına uygun bir depolama sahası oluşturur ve bu sahada gerekli olan yangın, çevre ve diğler emniyet tedbirlerini alır. Tehlikeli maddelerin gemi ve deniz araçlarına yüklenmesi, boşaltılması veya limbo edilmesinde, gemi ilgilileri ile yükleme, boşaltma veya limbo yapanlar, özellikle sıcak mevsimlerde ısıya ve diğler tehlikelere karşı gerekli emniyet tedbirlerini alır. Yanıcı maddeler, kıvılcım oluşturucu işlemlerden uzak tutulur ve tehlikeli yük elleçleme sahasında kıvılcım oluşturan araç veya alet çalıştırılmaz.”

Mersin International Port, Tehlikeli Maddelerin Liman İçerisinde Yükletilmesi, Boşaltılması ve Taşınması Prosedürü 'nde ise tehlikeli eşya taşıyan konteynerlerin, Uluslararası Güvenli Konteynerler Konvansiyonu (International Convention For Safe Containers CSC, 1972) kurallarına uygun olmasından ya da ambalajı/kapların sağlam, hasarsız, gerekli bilgileri taşıyan etiketlerin bulunmasından, etiketlerin okunaklı durumda ve hasarsız olmasından acenteleri ve eşya sahiplerini sorumlu tutmuştur (MIP A.Ş., 2007:5).

Tehlikeli maddelerin konteynerler ile taşınması ve depolanması noktasında mevzuatta yer alan maddede belirtildiği gibi ayırım ve istif kurallarına uygun bir sahanın oluşturulması özellikle depolama alanı kısıtlı liman ve depolama noktalarını alanları verimli kullanma noktasına itmektedir. Bu anlamda hem güvenliği sağlama hem de depolama alanını verimli kullanmak önemli hale gelmiştir.

5. GENETİK ALGORİTMA

Çalışma kapsamında, tehlikeli madde IMDG uzaklık ve çıkış tarihi kısıtları doğrultusunda tehlikeli madde konteynerlerinin depolama alanı içinde en az yer kaplayacak şekilde yerleştirilmesini sağlayacak bir modelin oluşturulması ele alınmaktadır. Müşteri ihtiyacına göre aktarımı yapılacak konteynerlerin sırası ve yukarıda belirtilen tabloda yer alan ayırım tablosunu karşılayacak bir yerleştirme planının oluşturulması amaçlanmaktadır. Ele alınan problem yapısında, 15 adet konteynere kadar kesin yöntemler ile optimal çözümler etkin çözüm zamanlarında elde edilirken, konteyner sayısı arttıkça problem NP-zor olduğundan etkin zamanlarda optimal çözümler elde edilememektedir. Bu yüzden konteyner sayısı arttıkça sezgisel yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

Bu anlamda hem alanı en verimli şekilde kullanmak hem de diğler amaçların sağlanması için genetik algoritma yönteminden yararlanılmıştır.

Genetik algoritma fikri ilk olarak 1975 yılında Holland ve öğrencileri tarafından ortaya atılmıştır. Genetik algoritmaların temelindeki ana prensip ise “en güçlünün hayatta kalmasıdır”. Whitley (1994:1) ise genetik algoritmanın araştırma alanı için yeni örneklem noktalarının seleksiyon ve rekombinasyon ile ortaya çıkartıldığı bütün popülasyon tabanlı modeller olduğunu belirtmiştir. Meta sezgisel metotlardan birisi olan GA karmaşık arama uzayında en iyi çözümü bulmayı amaçlayan rastgele arama tekniğidir (Mori ve Tseng, 1997:135).

Popülasyondaki her bireyin olası çözümü gösteren kromozomlara kodlandığı genetik algoritma tekniğinde verilen amaç fonksiyonu her bireyin uyumunu gösterir ve bu uyum çözümün ne derece iyi olduğunu göstermektedir (Kulluk ve Türkbey, 2004:2).

Xiao (2008: 798), genel olarak GA'nın işleme prosedürünü aşağıdaki gibi özetlemiştir:

Adım 1: $t=0$

Adım 2: $P(t)$ popülasyonunu oluştur.

Adım 3: **repeat until** {bir durdurma kriterinin gerçekleşmesi}

Adım 4: $P(t)$ 'deki tüm bireyleri değerlendir.

Adım 5: $P(t)$ 'den yeni bireyler oluştur.

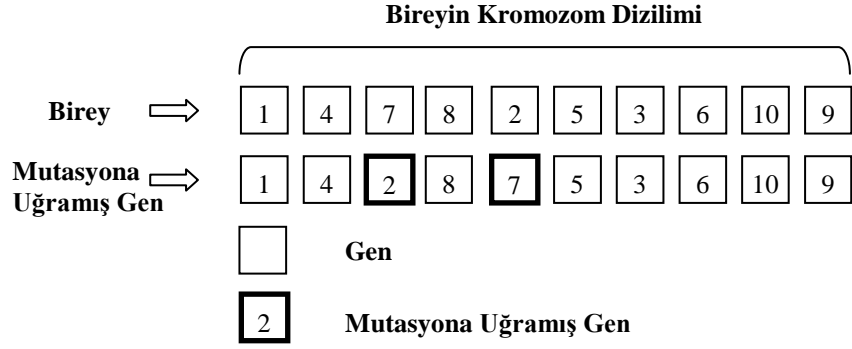
Adım 6: Yeni bireyi $P(t)$ 'ye taşı

Adım 7: $t = t+1$

Mitchell (1998:124), GA'ların gerçek yaşamda karşılaşılan kombinatoriyal optimizasyon problemlerinin çözümü için önerildiğini ifade etmektedir. GA'lar bu çalışma kapsamında incelenen tehlikeli madde konteynerlerinin depolama alanı içindeki yerleşiminin belirlenmesi problemi gibi NP-Zor problemlere uygun çözümler sunmaktadır.

GA'lar optimal sonucu garanti etmezler, fakat genellikle optimal sonuca yakın değerler elde edilmektedir. Bunun yanında, tüm uzayı taramadıklarından dolayı etkin arama yaparak geleneksel yöntemlere göre çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşmaktadırlar (Goldberg, 1989:3). GA, zor ve büyük bir çözüm uzayında optimuma yakın bir çözümü hızlı bir şekilde bulabilmektedir. Günümüzde, rekabetin yoğun bir şekilde yaşandığı iş ortamı, işletmeleri optimum fakat yavaş olan bir çözüm yerine, hızlı ve kabul edilebilir bir çözüm bulmaya yönlendirmektedir (Kocamaz ve Çiçekli, 2010: 200).

GA'larda kendi başına anlamlı bilgi taşıyan en küçük birim genlerdir. Genler birleşerek kromozomları oluşturmaktadır. Genlerin birleşerek oluşturdukları kromozomların her biri problemin çözümünü kodlayan bir yapıya sahiptir. GA'lar seçim, üreme ve mutasyon olmak üzere 3 operatör kullanmaktadır. Şekil 1'de, örnek bir bireydeki kromozom, gen ve mutasyon gösterimi verilmektedir.



Şekil 1: Örnek bir bireyde kromozom, gen ve mutasyonun gösterimi

6. UYGULAMA

Liman hizmetleri veren bir firmada gerçekleştirilen çalışmada, tehlikeli madde konteynerlerinin depolama alanı içindeki yerleşimi optimize edilmeye çalışılmıştır. Firmanın isteği üzerine firmanın ismi açıklanmamıştır. Çalışma kapsamında ele alınan problemde, seçilen bir günde farklı çıkış tarihlerine sahip tehlikeli madde taşıyan 78 adet 20'lik konteyner yer almaktadır. Konteynerlerin çıkış tarihleri dikkate alınarak tarih öncelikleri belirlenmiştir. Konteynerlerin çıkış tarihleri erken çıkıştan geç çıkışa doğru sıralanarak, tarih öncelikleri artan sıra ile belirtilmiştir. Konteynerlere ait IMDG ve tarih öncelik bilgileri Tablo 5'te yer almaktadır. Tarih önceliği erken olmayan konteynerler, diğer konteynerlerin elleçlenmesini engellemeyecek şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında; tehlikeli madde IMDG uzaklık ve çıkış tarihi kısıtları doğrultusunda tehlikeli madde konteynerlerinin yerleşim alanının minimize edilmesi amaçlanmaktadır.

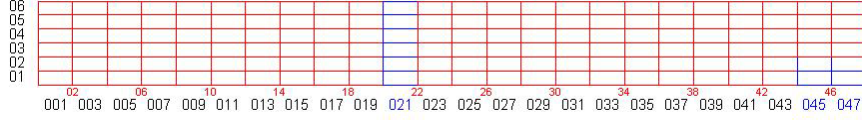
Tablo 5: Konteynerlere ait bilgiler

Konteyner No	Imdg	Tarih önceliği	Konteyner No	Imdg	Tarih önceliği	Konteyner No	Imdg	Tarih önceliği
1	2.1	2	27	6.1	5	53	9	5
2	2.1	2	28	8	3	54	4.3	2
3	9	3	29	9	2	55	9	4
4	9	3	30	3	4	56	9	1
5	3	3	31	3	4	57	4.1	2
6	3	2	32	3	2	58	9	1
7	9	4	33	9	5	59	2.3	3
8	4.3	3	34	5.1	4	60	9	3
9	9	4	35	3	1	61	9	3
10	3	2	36	3	1	62	3	2
11	3	1	37	3	2	63	3	2
12	2.2	4	38	3	2	64	9	3
13	3	1	39	2.3	4	65	9	3
14	9	5	40	5.2	1	66	9	5
15	9	5	41	9	5	67	2.2	3
16	3	3	42	9	4	68	9	5
17	8	3	43	9	6	69	9	3
18	3	3	44	8	2	70	9	5
19	3	3	45	9	2	71	5.2	1
20	3	1	46	9	2	72	9	6
21	3	1	47	4.3	3	73	9	3
22	9	5	48	9	4	74	4.2	2
23	4.3	3	49	9	3	75	9	3
24	4.2	5	50	9	3	76	9	2
25	9	4	51	4.2	3	77	9	5
26	9	4	52	9	5	78	6.1	4

Tehlikeli madde konteynerleri için belli bir alan ayrılmaktadır. Fakat günümüze kadar bu alanda herhangi bir optimizasyon işlemi yapılmamış ve sadece IMDG uzaklıklarına göre konteynerler yerleştirilmiştir. Tablo 6'da tehlikeli maddelerin yerleşiminde kullanılan saha görülmektedir. Bu sahada RTG iş makinesi kullanılmaktadır. Hatlar arasında beşer metre kamyon trafiği için ayrılmış mesafe yer almaktadır. RTG iş makineleri hatlarda 6 yan olarak 5 kat istifleme yapmaktadır. Bu sahada tehlikeli madde taşıyan konteynerler yerleştirildikten sonra aralarına yerleştirilmeden ve belli ayrımlar yapılarak tehlikeli madde

taşımayan konteynerler yerleştirebilmektedir. Bu nedenle tehlikeli madde taşıyan konteynerlerin kapladığı alanın minimize edilmesi önemli hale gelmektedir.

Tablo 6: Tehlikeli madde konteynerleri depolama sahası



Tehlikeli madde IMDG uzaklık ve çıkış tarihi kısıtları doğrultusunda tehlikeli madde konteynerlerinin yerleşim alanını minimize edebilmek için permütatif yapıya sahip bir genetik algoritma modeli kullanılmıştır. Sahada konteyner yerleşebilecek her yere bir gen gelecek şekilde bir kromozom oluşturulmuştur. Problem kapsamında $6 \times 5 \times 14 = 420$ konteyner yerleşebilecek şekilde kromozom oluşturulmuştur. Amaç fonksiyonunda ise belirlenen kısıtlar doğrultusunda, uçlarda bulunan konteynerlerin köşelerini oluşturduğu dikdörtgenin alanını minimize etmek amaçlanmıştır.

Geliştirilen model kapsamında amaç fonksiyonunu etkileyen kısıtlar, tarih önceliği ve IMDG uzaklıklara uygunluktur. GA alt optimizasyona odaklanmak yerine, amaç fonksiyonu için optimum değer bulmayı hedeflemektedir. Bu nedenle, bu kısıtlar amaç fonksiyona minimizasyon olarak eklenmiştir. Geliştirilen model, depolama sahasına gelecek tehlike madde konteynerleri ile tekrardan çalıştırılması mümkündür. Burada dikkat edilmesi gereken nokta depo alanında bulunan konteynerlerin sisteme tanıtılmasıdır. Böylece o konumlara konteyner yerleştirilmesi yapılamayacaktır.

GA ile geliştirilen model 100 kez çalıştırılmış ve çeşitli çözümlere ulaşılmıştır. Modelin ortalama çözüm süresi 612 saniyedir. Çözümler yetersiz bulunduğu takdirde bu süre arttırılabilir. Bu veri setinde süre yeterli olduğundan süre arttırma işlemine gerek duyulmamıştır. Elde edilen çözümler incelendiğinde, konteynerlerin ortalama 38,7 konteynerlik alana yerleştirildiği görülmektedir. En iyi çözümde tüm IMDG uzaklıklarına ve tarih önceliklerine uygun olarak 78 konteyner alansal olarak 6×6 olmak üzere 36 konteynerlik bir alana yerleştirilmiştir. Elde edilen çözüm firma tarafından da uygun bulunmuştur. Tablo 7’de çözüme ait konteyner yerleşim planı, Tablo 8’de ise çözüme ait konteyner yerleşim planının tarih öncelikleri gösterilmektedir. Tablolarda “(boş)” olarak belirtilen konumlarda konteyner bulunmamaktadır.

Tablo 7: Çözümüne ait konteyner yerleşim planı

	1	3	5	7	9	11
6	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	40	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	58	(boş)	2	(boş)	(boş)	(boş)
	71	56	45	67	69	(boş)
	72	3	1	12	34	(boş)
5	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	54	(boş)	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	47	41	(boş)	(boş)
	60	61	23	15	59	(boş)
	7	9	8	14	39	(boş)
4	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	26	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	25	29	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	22	33	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
3	(boş)	(boş)	46	(boş)	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	73	70	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	65	68	(boş)	(boş)
	78	76	64	66	(boş)	(boş)
	27	49	42	43	(boş)	(boş)
2	21	13	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	20	11	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	19	10	75	44	(boş)	(boş)
	18	6	50	28	(boş)	(boş)
	16	5	48	17	(boş)	(boş)
1	36	57	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	35	63	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	32	62	(boş)	(boş)	(boş)	74
	31	38	77	4	(boş)	51
	30	37	52	53	55	24

Tablo 8: Çözüme ait konteyner yerleşim planının tarih öncelikleri

	1	3	5	7	9	11
6	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	1	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	1	(boş)	2	(boş)	(boş)	(boş)
	1	1	2	3	3	(boş)
	6	3	2	4	4	(boş)
5	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	2	(boş)	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	3	5	(boş)	(boş)
	3	3	3	5	3	(boş)
	4	4	3	5	4	(boş)
4	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	4	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	4	2	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	5	5	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
3	(boş)	(boş)	2	(boş)	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	3	5	(boş)	(boş)
	(boş)	(boş)	3	5	(boş)	(boş)
	4	2	3	5	(boş)	(boş)
	5	3	4	6	(boş)	(boş)
2	1	1	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	1	1	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	3	2	3	2	(boş)	(boş)
	3	2	3	3	(boş)	(boş)
	3	3	4	3	(boş)	(boş)
1	1	2	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	1	2	(boş)	(boş)	(boş)	(boş)
	2	2	(boş)	(boş)	(boş)	2
	4	2	5	3	(boş)	3
	4	2	5	5	4	5

7. SONUÇ

Tehlikeli madde taşıyan konteynerlerin depolama alanlarında kısıtlara uygun olarak yerleştirilmesinin öncelikle can güvenliği, ardından çevre ve ürün güvenliği açısından ne kadar önemli olduğu son zamanlarda yaşanan olaylar neticesinde daha da dikkat çekici bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Çalışma kapsamında; tehlikeli madde IMDG uzaklık tablosu ve konteyner çıkış tarihi kısıtları doğrultusunda tehlikeli madde konteynerlerinin yerleşim alanının minimizasyonu amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında ele alınan problemde, seçilen bir gündeki farklı çıkış tarihlerine sahip tehlikeli madde taşıyan 78 adet 20'lik konteyner yer

almaktadır. İlerleyen çalışmalarda 40'lık konteynerlerde modele ilave edilecektir.

Firmanın belirttiği alan içinde araç trafiğini engellemek (kamyon ve elleçleme ekipmanlar) adına verilen kısıtlar doğrultusunda tehlikeli madde taşıyan konteynerlerin verilen uzaklık tablosuna göre alan minimizasyonu yapılmıştır. En iyi çözümde tüm IMDG uzaklıklarına ve tarih önceliklerine uygun olarak 78 konteyner alansal olarak 6x6 olmak üzere 36 konteynerlik bir alana yerleştirilmiştir.

Geliştirilen model değişik veri kümeleri, değişik kısıtlar ve değişik amaçlar ile çalıştırılarak gelecek çalışmalarda yer alması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

ASEAN – German Technical Cooperation Sustainable Port development in the ASEAN Region (2011), *Handling Dangerous Goods in Ports Participants' Manual*.

Ateş A., Karadeniz, Ş., & Esmer, S. (2010). “*Dünya Konteyner Taşımacılığı Pazarında Türkiye'nin Yeri*”. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 2(2).

Bazzazi, M., Safaei, N. ve Javadian, N. (2009). “*A genetic algorithm to solve the storage space allocation problem in a container terminal*”. Computers & Industrial Engineering, 56(1), 44-52.

Cudahy, B. J. (2006). “*The containership revolution: Malcom McLean's 1956 innovation goes global*”. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C. (246)5-9.

Tırman, M. (t.y.) Tehlikeli Madde Taşımacılığı Ve Demiryolları, Sektör Sunumu, Erişim: http://www.utikad.org.tr/db/files/ito_metetirman.pdf.

Goldberg D.E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, USA.

Han, Y., Lee, L. H., Chew, E. P. ve Tan, K. C. (2008). “*A yard storage strategy for minimizing traffic congestion in a marine container transshipment hub*”. OR Spectrum, 30(4), 697-720.

- Hamidou, M., Fournier, D., Sanlaville, E. ve Serin, F. (2013). "*Management of dangerous goods in container terminal with MAS model*". The 15th International Conference on Harbor, Maritime & Multimodal Logistics. 25-27 September 2013. Athenes, Greece
- IMO (International Maritime Organization) (2012). Deniz Emniyet Komitesi 90. Oturum: 497.
- Kim, K. H. ve Kim, H. B. (2002). "*The optimal sizing of the storage space and handling facilities for import containers*". Transportation Research Part B: Methodological, 36(9), 821-835.
- Kim, K. H. ve Kim, H. B. (1999). "*Segregating space allocation models for container inventories in port container terminals*". International Journal of Production Economics, 59(1), 415-423.
- Kim, K. H., Park, Y. M. ve Ryu, K. R. (2000). "*Deriving decision rules to locate export containers in container yards*". European Journal of Operational Research, 124(1), 89-101.
- Kocamaz, M. ve Çiçekli, G. (2010). "*Paralel Makinaların Genetik Algoritma İle Çözülmesinde Mutasyon Oranının Etkinliği*", Ege Akademik Bakış, 10(1): 199-210.
- Kozan, E. ve Preston, P. (2006). "*Mathematical modelling of container transfers and storage locations at seaport terminals*". OR Spectrum, 28(4), 519-537.
- Kulluk, S. ve Türkbey, O. (2004). "*Tesis Yerleşimi Problemi İçin Bir Genetik Algoritma*". YA/EM, 15-18. Gaziantep, Adana.
- Lai, K. K., Lam, K. ve Chan, W. K. (1995). "*Shipping container logistics and allocation*". Journal of the Operational Research Society, 687-697.
- Mersin Uluslararası Liman İşletmeciliği A.Ş. (2012). *Tehlikeli Maddelerin Liman İçerisinde Yükletilmesi, Boşaltılması ve Taşınması Prosedürü*, Erişim: <http://www.mersinport.com.tr/images/pdf/imco.pdf>
- Milli Eğitim Bakanlığı (2011). *Ulaştırma Hizmetleri Alanı Tehlikeli Madde Taşımacılığı*. Ankara.

- Mitchell, M. (1998). *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT Press.
- Mori, M. ve Tseng, C.C. (1997). "A Genetic Algorithm For Multi-Mode Resource Constrained Project Scheduling Problem". *European Journal of Operational Research*, 100: 134-141.
- Whitley, D. (1994). "A genetic algorithm tutorial". *Statistics and computing*, 4(2), 65-85.
- Xiao, N. (2008). "A Unified Conceptual Framework for Geographical Optimization Using Evolutionary Algorithms". *Annals of the Association of American Geographers*, 98(4): 795-817.
- Zhang, C., Liu, J., Wan, Y. W., Murty, K. G. ve Linn, R. J. (2003). "Storage space allocation in container terminals". *Transportation Research Part B: Methodological*, 37(10), 883-903.
- Mardaş Marmara Deniz İşletmeciliği A.Ş., *Konteyner Ölçüleri*, <http://www.mardas.com.tr/LimanIsletme/mardas.aspx?id=32&lang=tr>, Erişim Tarihi: 30.08.2015
- The BBC News, *China explosions: What we know about what happened in Tianjin* <http://www.bbc.com/news/world-asia-china-33844084>, Erişim Tarihi: 28.08.2015
- Resmi Gazete, (2015) *Tehlikeli Maddelerin Deniz Yoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik*, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/03/20150303-6.htm>, Erişim Tarihi: 15.08.2015