



PAKET DÖNDÜRMEKSİZİN GENETİK ALGORİTMA KULLANARAK KONTEYNER YÜKLEME PROBLEMİ OPTİMİZASYONU

Tuncay YİĞİT, Merve AYDEMİR*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Optimizasyon,
Sezgisel Algoritmalar,
Genetik Algoritma,
Konteyner Yükleme
Problemi.

Öz

Günümüzde konteyner taşımacılığının önemi giderek artmaktadır. Bu sebeple ulusal ve uluslararası piyasalarda hava, kara ve deniz yoluyla yapılan taşımacılıklarda şirketler için daha düşük maliyetle taşıma büyük önem taşır. Maliyeti düşürmenin yollarından biri de konteyner hacmini en iyi şekilde kullanmaktır. Bu çalışmada, daha düşük maliyet ile konteyner yükleme probleminin çözümü için sezgisel algoritmalarından biri olan genetik algoritma kullanılmıştır. Genetik algoritma ile konteyner içerisine çeşitli boyutlardaki kutular en uygun şekilde yerleştirilmiştir fakat yerleştirme yaparken kutuların döndürülebilme özellikleri kullanılmamıştır. Böylece, konteyner içi boş alanın minimizasyonu ve yüklenen kutu sayısının maksimizasyonu amaçlanmıştır. Çalışma literatürdeki diğer sezgisel algoritmalarla karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

CONTAINER LOADING PROBLEM OPTIMIZATION BY USING GENETIC ALGORITHM WITHOUT ROTATING THE PACKAGE

Keywords

Optimization,
Heuristic Algorithms,
Genetic Algorithm,
Container Loading Problem.

Abstract

Nowadays the importance of container transport is gradually increasing. For this reason in air, land and sea transportation, lower cost transport has great importance for the companies in national and international markets. One way to reduce costs is to use the volume of container in the best way. In this study, genetic algorithm which is one of the heuristic algorithms is used to solve the container loading problem with lower cost. By means of genetic algorithm, boxes of various sizes are placed in the container in the most suitable way but the ability to rotate boxes was not used when placing. Thus, the minimization of the empty space of the container and the maximization of the number of loaded containers are aimed. The study is compared with other heuristic algorithms in the literature and the results obtained are presented.

Alıntı / Cite

Yiğit, T., Aydemir, M. (2018). Container Loading Problem Optimization By Using Genetic Algorithm Without Rotating The Package, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(1), 21-28.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Tuncay YİĞİT, 0000-0001-7397-7224

Merve AYDEMİR, 0000-0002-2655-0401

Başvuru Tarihi / Submission Date 05.06.2017

Revizyon Tarihi / Revision Date 25.12.2017

Kabul Tarihi / Accepted Date 25.01.2018

Yayın Tarihi / Published Date 23.03.2018

1. Giriş

Dünya çapında tüm kargoların yaklaşık olarak %90'ı konteynerler ile taşınır. Her yıl yaklaşık olarak 250

milyon konteyner sevk edilir. Konteynerlerin dünya etrafındaki bu büyük akışı, bazı bakımlardan dünya ekonomisi için önemlidir. Böylelikle, küresel taşıma sistemi küresel ekonomi için kritik bir altyapıdır

* İlgili yazar/ Corresponding author: merve.aydemir90@gmail.com

(van der Voort vd., 2003).

Ulusal ve uluslararası piyasada bu rekabet koşulları içerisinde her kuruluş ürününün en düşük maliyetle ulaştırılmasını hedefler. Maliyeti düşürmenin yollarından biri de konteyner hacmini en iyi şekilde doldurmaktan geçer.

Konteyner yükleme problemi, "Kesme ve Paketleme" problemleri kümesinde bulunan problemlerden bir tanesidir (Dereli ve Daş, 2010). Kesme ve paketleme problemleri, bu problemlere en iyi çözümün üretilmesinin zor olduğu için NP-Hard problemlerden biridir (Albayrak, 2013). Konteyner yükleme problemlerinin amacı; eni, boyu ve yüksekliği bilinen n adet kutunun, boyutları bilinen bir konteyner içerisinde yerleştirmek ve yerleşimin ardından konteyner içerisindeki boş alanı en aza indirmek ve konteyner hacmini maksimize etmektir (Moura ve Oliveira, 2005).

Konteyner hacmini en iyi şekilde doldurmanın yöntemlerinden biri sezgisel optimizasyon algoritmalarından biri olan genetik algoritmanın kullanılmasıdır. Genetik algoritma genel anlamda, dizilerden oluşan bir popülasyona seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinin uygulanmasını içerir. Bu işlemlerin uygulanmasından sonra yeni bir popülasyon oluşur. Yeni popülasyon eski popülasyon ile yer değiştirir. Her dizinin bir uyum değeri vardır. Yeni popülasyon bu uyum değerlerine göre seçilir. Her yeni üretilen popülasyonda daha uyumlu popülasyonlar üretilmeye çalışılır.

Bu çalışmada kutuların konteynere yerleştirilmesi için duvar örme tekniği kullanılmıştır (Pisinger, 2002). Bu tekniğe göre kutuların önce yerleşen kutunun yukarısına sonra yerleşen kutunun önüne en son ise yerleşen kutunun sağına yerleştirilmesi denenmiştir. Taşıma maliyetini düşürmek amacıyla konteyner içi boş alanın minimizasyonu ve yüklenen kutu sayısının maksimizasyonu amaçlandığı için sezgisel optimizasyon algoritmalarından biri olan genetik algoritma kullanılmıştır. Genetik algoritma ile yeni popülasyonlar oluşturulmuş ve her popülasyon için yerleştirme işlemi yapıp ardından uyum değerleri hesaplanmıştır. Belirlenen iterasyonun sonunda en yüksek uyum değerine sahip olan dizi çözüm olarak seçilmiştir.

Makalenin geri kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2'de konteyner yükleme problemleri ile ilgili bilimsel yazın taramaları yapılmıştır. Bölüm 3'de genetik algoritma ve konteyner yükleme problemi optimizasyonu için önerilen yöntem anlatılmıştır. Bölüm 4'de önerilen yöntemin performansı değerlendirilmiştir. Bölüm 5'de uygulanan yöntemin sonuçlarından bahsedilmiştir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Bu bölümde konteyner yükleme problemi ile ilgili literatürde bulunan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Sheng vd. (2017) yaptığı çalışmada birçok imalat sahasında oluşan çok sayıda kısıtlamayla konteyner yükleme problemini ele almıştır. Konteynerin içerisindeki paketlenen öğeleri standartlaştırmak için sezgisel bir algoritma önermiştir. Algoritma, süresi dolmayan siparişleri ele almadan önce süresi dolan siparişleri seçer. Algoritma önce benzetimli tavlama algoritması ile bir sipariş topluluğu seçer ve daha sonra ağaç grafiği arama algoritması ile seçilen siparişler konteynere yerleştirilir. Yapılan deneyler BR veri testleri ile denenmiştir.

Daş (2010) yaptığı çalışmada konteyner yükleme problemi optimizasyonu için karınca koloni algoritması ve arı algoritması ile çözüm yaklaşımı önermiştir. Bu yaklaşımlarla elde edilen sonuçlar mevcut diğer yaklaşımlarla karşılaştırılmıştır. Önerilen iki yaklaşım karşılaştırıldığında arı algoritmasının sonucunun daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Dereli ve Daş (2010) konteyner yükleme problemleri için karınca kolonisi optimizasyonu yaklaşımını temel alan iki yeni algoritma önermiştir. Parametreleri faktöriyel tasarım ile belirlenen bu algoritmaların performansları literatürde verilen standart problemler için test edilmiş ve sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Önerilen iki algortmadan biri olan KKS-2 algoritması, KKS-1 algoritmasından daha iyi sonuçlar vermiştir. Önerilen algoritmaların performanslarının, Loh ve Nee (LN) test problemlerinin çözümü için ortaya konan önceki çalışmaları performanslarına yakın olduğu gözlemlenmiştir fakat Bischoff ve Ratcliff (BR) test problemlerinin çözümü için ortaya konan önceki çalışmaların performanslarının altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Gehring ve Bortfeldt (1997) yaptığı çalışmada konteyner yükleme problemi için bir genetik algoritma sunmuştur. Yaklaşımın ana fikirleri ilk olarak bir dizi ayırıcı kutu kulesi üretmek ve ikinci olarak da kutu kulelerini verilen optimizasyon kriterlerine göre düzenlemektir. Konteyner yükleme problemi farklı uygulanabilir kısıtlar içerebilir. Sunulan genetik algoritmanın performansı, genetik algoritmayı ve konteyner yükleme problemi için birkaç diğer prosedürü karşılaştıran sayısal bir testle gösterilmiştir.

Gehring ve Bortfeldt (2002) yaptığı çalışmada tek bir konteynere sahip konteyner yükleme problemi için paralel genetik algoritma sunar. Paralel genetik algoritma bir göç modeli izler. Birkaç ayrı alt popülasyon birbirinden bağımsız olarak evrimsel bir

işleme tabi tutulur. Aynı zamanda en iyi bireyler alt popülasyonlar arasında değiş tokuş edilir. Paralel genetik algoritmanın kalitesi, iyi bilinen referans problemleri ve diğer yazarların yükleme prosedürleri dahil kapsamlı bir karşılaştırmalı test ile gösterilmiştir.

Bortfeldt ve Gehring (2001) yaptığı çalışmada tek bir konteyner ve farklı boyutlardaki kutulara sahip konteyner yükleme problemi için bir hibrit genetik algoritma sunar. Üretilen depolama planları, her biri birkaç kutu içeren birkaç dikey katman içerir. Yavruları oluşturmak için sezgiselliği temel alan belirli genetik operatörler kullanılmıştır. Problem bazı kısıtlamalara sahiptir. Karşılaştırmalı yöntemler için iyi performans gösterdiği uygulanan testler ile onaylanmıştır.

Albayrak (2013) yaptığı çalışmada iki boyutlu dikdörtgen elemanlı stok kesme problemleri hakkında bilgi verip, çözüm yollarından bahsetmiştir. Çözüm yolu olarak sezgisel ve meta sezgisel yazılım geliştirmiştir. Geliştirilen bu yazılım ile dikdörtgen ve kare parçalardan oluşan, parça sayıları farklı olan örnekler çözülmüş ve elde edilen sonuçlar ile geliştirilen yazılımın iyi çözümler ürettiği görülmüştür.

Erdem (2014) yaptığı çalışmada konteyner yükleme problemi alanında değerlendirilen bir uygulamayı genetik algoritma kullanarak çözmektedir. Yükleme kısıtları göz önüne alınarak, yüklenecek malların maksimizasyonunu sağlayacak uygun çözüm yolları araştırılmıştır. Çalışmada genetik algoritma kullanarak, "en iyi sağ kalanlar" ilkesine göre yeni nesiller üreterek ve üretilen nesillerin uyum değerleri dikkate alınarak en uygun çözüm araştırılmıştır.

Peng vd. (2009) yaptığı çalışmada tek bir konteyner ve farklı boyutlardaki kutular ile konteyner yükleme problemi için karma benzetimli tavlama algoritması sunmuşlardır. Özel bir yapıdan uygun bir çözüm üretmek için basit sezgisel bir algoritma geliştirilmiştir. Karma algoritma, uygulanabilir paketleme çözümünü kodlamak için temel sezgisel yöntemleri kullanmıştır ve yaklaşık bir optimal çözümü bulmak için kodlama alanı aranmıştır. 700 zayıf heterojen karşılaştırma üzerinde yapılan hesaplamalarla, algoritmanın önceki tüm yöntemlerden daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir.

George ve Robinson (1980) yaptığı çalışmada; konteynerin boyutu, her tip kutunun sayısı ve boyutları bilindiğinde konteyner içerisine kutuların yerleştirilmesi için en uygun pozisyonu tüm kutuları yerleştirecek şekilde bulmaya çalışmışlardır.

Özsüt (2015) konteyner yükleme problemleri için matematiksel modeller ve çözüm yöntemlerini ele

almıştır. Konteyner yükleme ve konteyner çeşit seçimi için iki amaçlı karma tam sayılı matematiksel modeller ve matematiksel model temelli bir sezgisel yöntem geliştirmiştir. Geliştirilen iki amaçlı matematiksel model ve matematiksel model temelli bir sezgisel yöntemin çözümünde "Ağırlıklandırılmış toplam yöntemi" ve "Konik skalerleştirme yöntemi" kullanılmıştır. Ayrıca konteyner yükleme problemi için yeni bir sıralama sezgiseli ve yerleştirme sezgiseli önermiş ve yeni bir tavlama benzetimi meta-sezgiseli geliştirmiştir. Geliştirilen yeni meta-sezgiselle daha iyi çözümlerin oluşturulduğu gözlemlenmiştir.

3. Materyal ve Yöntem

Bu bölümde kısaca genetik algoritma anlatılmış ve çalışmada uygulanan yöntem ayrıntılarıyla bahsedilmiştir.

3.1. Genetik Algoritma

Genetik algoritma yöntemi, 1970'li yıllarda John Holland tarafından geliştirilmiştir (Mitchell, 1998). 1989 yılında ise David E. Goldberg "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning" adlı klasik eser olarak kabul edilen kitabını yayınladı. Bu kitabında genetik algoritma ile ilgili 83 uygulamaya yer vererek genetik algoritmanın çeşitli konularda kullanıldığını gösterdi (Koyuncuoğlu, 2012). Genetik algoritma;

- Gezin Satıcı
- Karesel Atama
- Yerleşim
- Ulaştırma
- Atölye Çizelgeleme

gibi optimizasyon problemlerinde görülmektedir (Mitchell ve Forest, 1994).

Genetik algoritma bir arama ve optimizasyon tekniğidir. Popülasyon tabanlı ve stokastik bir algoritmadır. Her bir dizi problemin çözümü olmaya adaydır. Genetik algoritma aramaya tek bir noktadan değil, noktalar kümesinden başlar. Amaç fonksiyonunun türevini ve ek bilgileri değil, yalnızca amaç fonksiyonunun kendisine ihtiyaç duyar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece, etkin arama yaparak daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar (Goldberg, 1989).

Genetik algoritma genel anlamda, dizilerden oluşan bir popülasyona seçilme, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içerir. Bu operatörlerin uygulanmasından sonra yeni bir popülasyon oluşur. Yeni popülasyon eski popülasyon ile yer değiştirir. Her dizinin bir uyum değeri vardır. Yeni popülasyon bu uyum değerlerine göre seçilir. Her yeni üretilen popülasyonda daha uyumlu yeni popülasyonlar üretilmeye çalışılır.

Genetik algoritmalar, çözümlerin kodlanmasını,

uyum değeri hesaplanmasını, seçilme, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içerir (Jang, 1997).

Genetik algoritmanın uygulanmasında birinci adım, ilk popülasyonun oluşturulup uyum değerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra mevcut nesle seçilme, çaprazlama ve mutasyon operatörleri uygulanır. Her nesil için uyum değeri hesaplanır. Bu durum durdurma kriteri sağlanana kadar devam eder. Algoritmanın adımları;

1. Başlangıç popülasyonunu oluşturacak diziler rastgele oluşturulur.
2. Popülasyon içindeki her bir dizi için uyum değeri hesaplanır.
3. Yeni popülasyonlar için seçilme, çaprazlama ve mutasyon operatörlerini uygulanır.
4. Oluşturulan yeni popülasyonda her dizi için uyum değerleri hesaplanır.
5. Adım 3 ve 4, durdurma kriteri sağlanana dek tekrarlanır. En uygun olan dizi çözüm olarak seçilir (Coley, 1999).

Genetik algortmada kullanılan temel operatörler;

- Seçilme Operatörü
- Çaprazlama Operatörü
- Mutasyon Operatörüdür.

Seçim işlemi, bir sonraki kuşak için yavru üretmek amacıyla hangi dizilerin yer alması gerektiğine karar verir. Seçim operatörleri; rulet tekerleği yöntemi, turnuva yöntemi, sabit durum yöntemi ve sıralama yöntemidir. Rulet tekerleği yönteminde, her dizi uyum değeriyle orantılı bir olasılık değeri ile seçilmektedir. Daha iyi uyum değerine sahip olan dizilerin seçilme şansı daha yüksek olur. Turnuva yönteminde, rastgele seçilen iki diziden uyum değeri yüksek olan bir sonraki popülasyona aktarılır. Sabit durum yönteminde ana düşünce, dizilerin büyük bir kısmının bir sonraki kuşakta hayatta kalmasını sağlamaktır. Sıralama yönteminde, uygunluk değerine göre tersten sıralama yapılır. Yani en iyi dizi n adetlik bir popülasyonda n değerini alır ve seçim bu değerlere göre yapılır.

Çaprazlama, iki dizinin birbirleri arasında gen alışverişinde bulunup yeni diziler oluşturmasıdır. Çaprazlama işlemi, seçilen iki dizinin ortasından rastgele alınan bir noktadan karşılıklı olarak çaprazlama yapılarak gerçekleştirilir. Temel çaprazlama yöntemleri;

- Tek noktalı çaprazlama
- Çift noktalı çaprazlama
- PMX çaprazlama
- OX çaprazlama
- CX çaprazlama

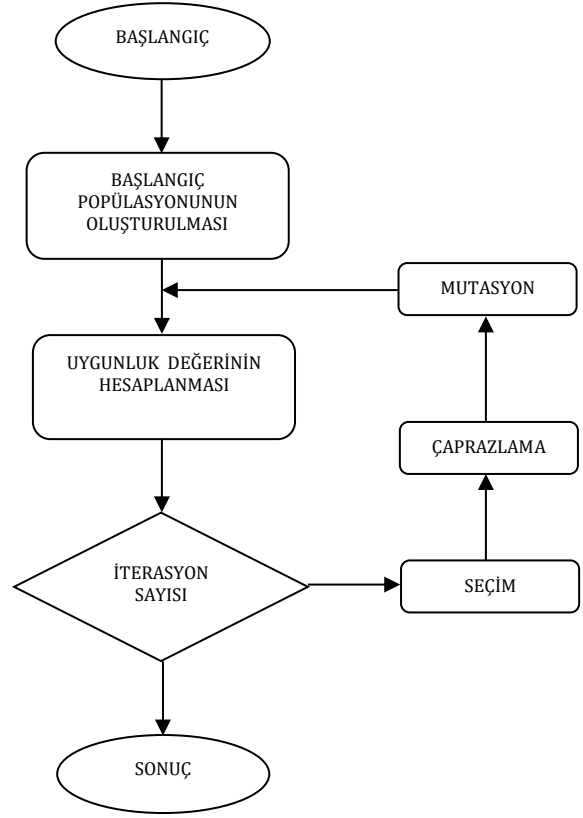
yöntemleridir.

Mutasyon, herhangi dizideki bir genin rastgele değiştirilmesidir. Mutasyonun amacı, mevcut dizinin genlerinin bir veya birkaçını değiştirerek yeni diziler

elde etmektir. Böylece mutasyon popülasyona çeşitlilik kazandırır. Temel mutasyon yöntemleri;

- Değer değiştirme,
- Kaydırma,
- Yerleştirme
- Karşılıklı değişim

yöntemleridir.



Şekil 1. Genetik Algoritma Akış Diyagramı

Genetik algoritmanın akış diyagramı Şekil 1' de gösterilmektedir.

Genetik algortmada seçilme, çaprazlama ve mutasyon işlemleri sonsuz döngü içerisinde yapılır. Süreci sonsuza kadar devam ettirmemek için bir durdurma kriteri gerekmektedir. Temel durdurma kriterleri;

1. Hesaplama Zamanı Kriteri: Bu yöntemde önceden bir iterasyon sayısı belirlenmektedir ve bu iterasyon sayısına ulaşıldığında algoritma durdurulmaktadır.
2. Optimizasyon Hedefi Kriteri: Bu yöntemde ulaşılması hedeflenen amaç fonksiyonu bilinmektedir. Uyum değeri amaç fonksiyonu değerini yakaladığında algoritma durdurulmaktadır.
3. Minimum İyileşme Kriteri: Bu yöntemde bulunan değerlerdeki iyileşme hızının azalması, daha fazla iyileşme beklenmemesi gerektiğini gösterebilir.

3.2. Önerilen Yöntem

3.2.1. Problemin Modellenmesi

Konteyner yükleme problemi; X, Y, Z eksenlerinden oluşan üç boyutlu bir ortamda çözülür. X eksenini sağ ve sol yön, Y eksenini arka ve ön yön, Z eksenini ise aşağı ve yukarı yön ile paraleldir. Üç noktanın kesiştiği $(0, 0, 0)$ noktası ise orjin noktasıdır. Eni W , boyu L ve yüksekliği H olan bir konteynerin içine yerleştirilmesi amaçlanan eni w_i , boyu l_i , yüksekliği h_i olan farklı boyutlarda n adet kutu bulunmaktadır.

3.2.2. Başlangıç Çözümü

Bu bölümde başlangıç popülasyonunun oluşturulmasından ve başlangıç popülasyonunun uyum değerlerinin hesaplanması için oluşturulan yerleştirme fonksiyonundan bahsedilmiştir.

Kutuların konteynerde oluşturduğu hacmi hesaplamak için kutuların konteynere yerleştirilmesi gerekmektedir. Popülasyondaki ilk kutu konteynerin $(0, 0, 0)$ noktasına yerleştirilir. İlk kutu yerleştikten sonra yerleşecek olan yeni kutunun nereye konulacağına karar vermek amacıyla duvar örme tekniği kullanılmıştır. Bu tekniğe göre;

1. İlk olarak yerleşen kutunun yukarisına yerleştirilmesi denir.
2. Kısıtların en az bir tanesinin sağlandığı takdirde yerleşen kutunun önüne yerleştirilmesi denir.
3. Kısıtlardan en az bir tanesi yine sağlanıyorsa yerleşen kutunun sağına yerleştirilmesi denir.

Yerleşecek olan kutular bitene kadar bu tekniğe göre yerleştirme işlemi yapılır.

İlk kutu yerleştirildikten sonra diğer kutularında yerleştirilebilmesi için bazı kısıtlar kontrol edilmelidir. Bu kısıtlardan en az bir tanesi sağlanıyorsa sıradaki kutu yerleşecek olan pozisyona yerleşemez. Konteyner yükleme problemi için üç adet kısıt belirlenmiştir. Bu kısıtlar taşma kısıtı, desteklememe kısıtı ve kesişme kısıtıdır (Küçük, 2010).

Taşma kısıtında, yerleşecek olan kutunun boyutlarının konteynerden taşıp taşmadığı kontrol edilir:

$$\begin{aligned} 0 &\leq x_i \leq W - w_i \\ 0 &\leq y_i \leq L - l_i \\ 0 &\leq z_i \leq H - h_i \end{aligned} \quad (1)$$

Denklem (1)'de ki eşitsizliklerden birinin sağlanmadığı takdirde taşma meydana gelir ve kutu yerleşemez.

Desteklememe kısıtında; yerleşecek olan kutunun, konteyner zemini veya diğer kutular tarafından desteklenip desteklenmediğini kontrol edilir:

$$\begin{aligned} &(x_j \leq x_i \leq x_j + w_j) \cap (y_j \leq y_i \leq y_j + l_j) \\ &(x_j \leq x_i + w_i \leq x_j + w_j) \cap (y_j \leq y_i \leq y_j + l_j) \\ &(x_j \leq x_i \leq x_j + w_j) \cap (y_j \leq y_i + l_i \leq y_j + l_j) \\ &(x_j \leq x_i + w_i \leq x_j + w_j) \cap (y_j \leq y_i + l_i \leq y_j + l_j) \\ &(x_j \leq (x_i + w_i) \div 2 \leq x_j + w_j) \cap (y_j \leq (y_i + l_i) \div 2 \leq y_j + l_j) \end{aligned} \quad (2)$$

Yerleşecek olan kutu konteyner zemininde ise kutu desteklenmektedir fakat yerleşecek olan kutu konteyner zemininde değilse Denklem (2)'de ki beş eşitsizliğin en az üç tanesinin sağlanması halinde kutu desteklenmektedir.

Kesişme kısıtında; yerleşecek olan kutunun yerleşmiş olan diğer kutularla kesişip kesişmediği kontrol edilir:

$$\begin{aligned} &(x_j - x_i \geq w_i \{eğer x_i \leq x_j\}) \cup (x_i - x_j \geq w_j \{eğer x_i > x_j\}) \\ &(y_j - y_i \geq l_i \{eğer y_i \leq y_j\}) \cup (y_i - y_j \geq l_j \{eğer y_i > y_j\}) \\ &(z_j - z_i \geq h_i \{eğer z_i \leq z_j\}) \cup (z_i - z_j \geq h_j \{eğer z_i > z_j\}) \end{aligned} \quad (3)$$

Denklem (3)'de verilen eşitsizliklerin, yerleşecek olan kutu ile yerleşmiş olan tüm kutular arasında sağlanıp sağlanmadığı sırayla kontrol edilir. Eşitsizliklerden en az bir tanesi sağlanmıyorsa eğer kutular arasında kesişme meydana gelmiştir ve kutu yerleşemez.

Popülasyonda bulunan tüm diziler için yerleştirme işlemi uygulanır. Yerleştirmenin ardından uyum değeri hesaplanır. Önerilen bu algoritma için uyum değeri Denklem (4)'de gösterilmektedir ve konteynere yerleştirilmiş kutuların hacimleri toplamının konteyner hacmine bölünmesiyle elde edilen sonuçtur. En yüksek uyum değeri bizi en iyi çözüme götürür.

$$f(x) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \times l_i \times h_i \times o_i}{W \times L \times H} \quad (4)$$

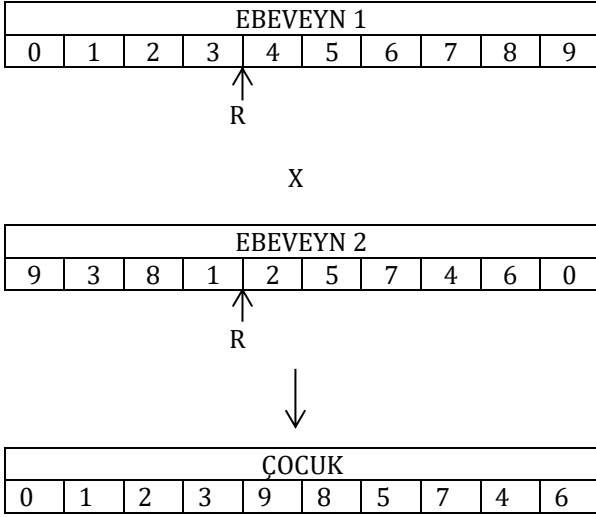
3.2.3. Genetik Algoritma

Bu kısımda uyum değerleri hesaplanan popülasyona genetik algoritma uygulamak için sırasıyla seçilme, çaprazlama ve mutasyon operatörleri kullanılmıştır.

Seçilme operatöründe popülasyon içinden iki adet dizi popülasyonun ilk %20'lik kısmından rastgele seçilmiştir.

Çaprazlama operatöründe seçilen iki adet dizinin n uzunluğundaki genleri için rastgele bir sayı seçilir.

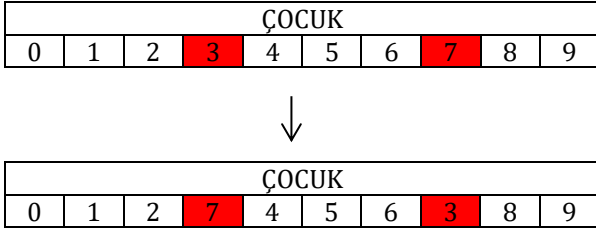
- R : 1 ile n arasından seçilen rastgele sayı



Şekil 2. Çaprazlama Operatörü

Şekil 2’de de görüldüğü üzere çaprazlama operatörü olarak PMX çaprazlama yöntemi kullanılmıştır. Seçilen iki dizinin ortasından seçilen rastgele sayıya karşılık gelen noktadan karşılıklı olarak çaprazlama yapılmıştır ve çocuk oluşturulmuştur.

Mutasyon operatöründe dizilerin yapısının bozulmaması için mutasyon oranı %10 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Mutasyon Operatörü

Şekil 3’de de görüldüğü üzere mutasyon operatörü olarak karşılıklı değişim yöntemi kullanılmıştır. Çaprazlama sonucu oluşan çocuktan rastgele seçilen iki gen birbirleriyle yer değiştirmiştir.

Başlangıç popülasyonun oluşturulup uyum değerinin hesaplanmasının ardından belirlenen iterasyon sayısı kadar genetik algoritma ile yeni popülasyonlar oluşturulur. Popülasyondaki her dizi için belirlenen kısıtlar göz önüne alınarak yerleştirme işlemi uygulanır ve ardından uyum değerleri hesaplanır. İterasyon sonunda en yüksek uyum değerine sahip olan dizi çözüm olarak kabul edilir.

4. Araştırma Bulguları

Bu bölümde önerilen yöntem ile yapılan deneyler ve bu deneylerin sonuçları açıklanmaktadır. Elde edilen sonuçlar ile literatürde bulunan sezgisel algoritmalar karşılaştırılmıştır.

4.1. Genetik Algoritma ile Yapılan Deneyler

Önerilen çözüm Java programlama diliyle yazılmıştır. Ayrıca veri setlerini tutmak için veri tabanı kullanılmıştır. Veri tabanından yararlanmak için MySQL Workbench 6.3 CE kullanılmıştır. Java ile programlama yapmak için NetBeans IDE 8.1 platformu kullanılmıştır.

Konteyner yükleme problemleri için Bischoff ve Ratcliff’in 1995 yılında yayınladıkları makalede ki BR test verileri (Beasley, 1990) kullanılmıştır. Konteyner yükleme problemleri için literatürde de çoğunlukla bu veri setleri kullanıldığı görülmüştür. BR test verileri 7 adet test verisinden oluşmaktadır. Bu veri setleri, az çeşitli kutu tiplerinden çok çeşitli kutu tiplerine doğru giden problemlerden oluşmaktadır.

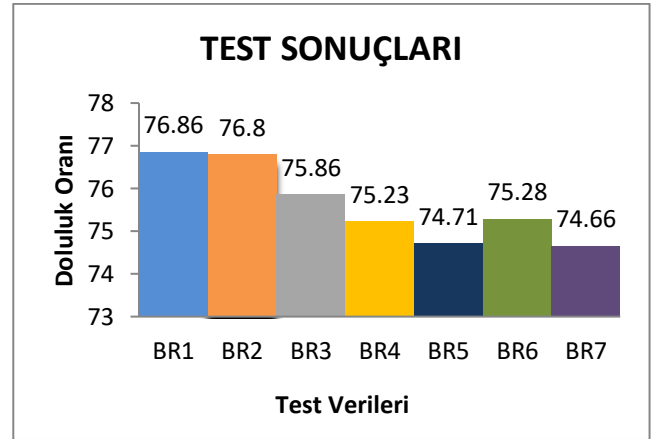
Konteyner yükleme problemi çözümünde kullanılan genetik algoritma için belirlenen parametrelere literatür çalışmalarında karşılaşılan parametreler baz alınarak karar verilmiştir. Bu belirlenen parametreler Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Genetik Algoritma Parametreleri

Amaç	Hacmin en büyüklenmesi
Popülasyon Sayısı	150
İterasyon Sayısı	400
Mutasyon Olasılığı	0.1

Önerilen yöntemin sonuçları, BR test verisinde bulunan her bir test verisi için ayrı ayrı ortalamalar alınarak hesaplanmış ve bu ortalamalara göre karşılaştırma yapılmıştır.

4.2. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması



Şekil 4. Önerilen Yöntemin Sonuçları

BR test verileri kullanılarak önerilen yöntemin performansı Şekil 4’de gösterilmektedir. En yüksek doluluk oranı %76,86 ile BR1 setinde, en düşük doluluk oranı ise %74,66 ile BR7 setinde görülmektedir.

Tablo 2. Önerilen yöntemin literatürdeki genetik algoritmalar ile karşılaştırılması

TESTLER	H_B	H_BR	GA_GB	ÖNERİLEN YÖNTEM
BR1	81.76	83.79	85.80	76.86
BR2	81.70	84.44	87.26	76.80
BR3	82.98	83.94	88.10	75.86
BR4	82.60	83.71	88.04	75.23
BR5	82.76	83.80	87.86	74.71
BR6	81.50	82.44	87.85	75.28
BR7	80.51	82.01	87.68	74.66
ORTALAMA	81.97	83.45	87.51	75.59

Tablo 2'de görüldüğü üzere uygulanan testler sonucunda yapılan karşılaştırmalarda ortalamalar göz önüne alındığında önerilen yöntemde; Bischoff vd.'nin sezgiseli (H_B) (Bischoff vd., 1995) ile %6,38'lik, Bischoff ve Ratcliff'in sezgiseli (H_BR) (Bischoff ve Ratcliff, 1995) ile %7,86'lık, Gehring ve Bortfeldt'in genetik algoritması (GA_GB) (Gehring ve Bortfeldt, 1997) ile %11,92'lik performans farkı tespit edilmiştir.

Tablo 3. Önerilen yöntemin literatürdeki diğer sezgisel algoritmalar ile karşılaştırılması

TESTLER	H_T	KKS-2	AA	ÖNERİLEN YÖNTEM
BR1	89.90	77.75	83.41	76.86
BR2	89.60	79.41	84.60	76.80
BR3	89.20	80.41	85.42	75.86
BR4	88.90	80.40	85.19	75.23
BR5	88.30	79.94	85.11	74.71
BR6	87.40	79.87	84.69	75.28
BR7	86.30	79.23	83.99	74.66
ORTALAMA	88.51	79.57	84.63	75.59

Tablo 3'de görüldüğü üzere uygulanan testler sonucunda yapılan karşılaştırmalarda ortalamalar göz önüne alındığında önerilen yöntemde; Terno vd.'nin sezgiseli (H_T) (Terno, 2000) ile %12,92'lik, Karınca koloni sistemi algoritması (KKS-2) (Dereli ve Daş, 2010) ile %3,98'lik, Arı algoritması (AA) (Daş, 2010) ile %9,04'lük performans farkı tespit edilmiştir.

Önerilen yöntemde yerleştirilecek olan kutuların döndürülebilme özellikleri kullanılmamıştır. Bu

sebeple önerilen yöntemin performansı diğer yöntemlerin altında kalmıştır. Kutulara döndürülebilme özellikleri eklendiğinde diğer sonuçlardan daha iyi bir performans beklenmektedir.

5. Sonuç ve Tartışma

Ulusal ve uluslararası piyasalarda hava, kara ve deniz yoluyla yapılan taşımalarda kuruluşlar için daha düşük maliyetle taşımacılık gerçekleştirmek önemlidir. Maliyetin düşmesi, müşteri ve kuruluşlar arasındaki memnuniyeti üst seviyelere çıkaracaktır.

Bu çalışmada maliyeti düşük tutmak amacıyla; konteyner yükleme problemlerinin çözümü için, birçok eniyileme problemlerinde kullanılan sezgisel algoritmalarından biri olan genetik algoritma ile çözüm önerilmiştir. Uyum değerini bulabilme için duvar örme tekniğine dayalı bir yerleştirme algoritması kullanılmıştır. Uyum değerinin hesaplanmasının ardından genetik algoritma uygulanmıştır. Genetik algoritma ile seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemi uygulanarak bir sonraki nesle daha başarılı genlerin aktarılması sağlanarak daha çok kutunun konteynere yerleştirilmesi amaçlanmıştır. Önerilen yöntemin performansı, BR test verileri ile test edilmiş ve alınan sonuçlar literatürde yer alan diğer genetik algoritmalar ve diğer sezgisel algoritmalar ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışma literatürdeki diğer genetik algoritmalar ve diğer sezgisel algoritmalarla karşılaştırıldığında önerilen yöntemin sonuçlarının diğer algoritmaların altında kaldığı gözlemlenmiştir. En az %3,98'lik, en çok ise %12,92'lik performans farkı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan genetik algoritmada; kutuların konteynere yerleştirilmesinde, kutunun nereye yerleştirileceğine öncelik verilmiştir. Kutuların döndürülebilme özellikleri kullanılmamıştır. Kutuların bu özelliklerinden de yararlanılarak yeni bir yerleştirme algoritması oluşturulabilir. Algoritmanın iyileştirilmesi amacıyla genetik algoritmada kullanılan seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleri değiştirilebilir. Konteyner yükleme problemi için oluşturulan yerleştirme algoritmasında duvar örme tekniği kullanılmıştır. Algoritmanın performansının iyileştirilmesi için duvar örme tekniği yerine kule oluşturma gibi benzer doldurma teknikleri kullanılabilir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

- Albayrak, E., 2013. İki Boyutlu Dikdörtgen Şekli Stok Kesme Problemleri için Sezgisel-Metasezgisel Algoritma ve Yazılım Geliştirme. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Balıkesir.
- Beasley, J.E., 1990. OR-Library. Erişim adresi: <http://people.brunel.ac.uk/~mastjib/jeb/info.html>.
- Coley, D., 1999. An Introduction to Genetic Algorithm for Scientist and Engineers. World Scientific Publishing.
- Bischoff, E.E., Janetz, F., Ratcliff, M.S.W., 1995. Loading Pallets with Non-identical Items. European Journal of Operational Research 84, 681-692.
- Bischoff, E.E., Ratcliff, M.S.W., 1995. Issues in the Development of Approaches to Container Loading. Omega, 23(4), 377-390.
- Daş, G.S., 2010. Solving the 3D Container Loading Problem with Metaheuristics. Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 121s, Gaziantep.
- Dereli, T., Daş, G.S., 2010. Konteyner Yükleme Problemleri için Karınca Koloni Optimizasyonu Yaklaşımı. Gazi Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(4), 881-894.
- Erdem, H.A., 2014. Solving Container Loading Problem with Genetic Algorithm. 15th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics, 19-21 Kasım, Budapest, 391-396.
- Gehring, H., Bortfeldt, A., 1997. A Genetic Algorithm for Solving the Container Loading Problem. International Transactions in Operational Research 4, 401-418.
- Gehring, H., Bortfeldt, A., 2001. A Hybrid Genetic Algorithm for the Container Loading Problem. European Journal of Operational Research 131, 143-161.
- Gehring, H., Bortfeldt, A., 2002. A Parallel Genetic Algorithm for Solving the Container Loading Problem. International Transactions in Operational Research 9, 497-511.
- George, J.A., Robinson, D.F., 1980. A Heuristic for Packing Boxes Into a Container. Computers & Operational Research 7, 147-156.
- Goldberg, D., 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Reading, Boston: MA: Addison-Wesley Professional.
- Jang, J.S.R., 1997. Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence, Chapter 7: Derivative-Free Optimization, (173-196). Prentice-Hall, USA.
- Koyuncuoğlu, M.U., 2012. Bir Konteyner Terminalinde İstif Vinçlerinin Meta Sezgisel Yöntemler Kullanarak Çizelgelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 132s, Denizli.
- Küçük, M., 2010. Konteyner Yükleme Probleminin Karma Evrimsel Algoritmalar ile Çözümü. Hava Harp Okulu, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, İstanbul.
- Mitchell, M., 1998. L.D. Davis, Handbook of Genetic Algorithms. Artificial Intelligence 100, 325-330.
- Mitchell, M., Forest, S., 1994. Genetic Algorithms and Artificial Life. Artificial Life, 1(3), MIT Press, Cambridge, 267-289.
- Moura, A., Oliveira, J.F., 2005. A Grasp Approach to the Container Loading Problem. IEEE Intelligent Systems, 50-57.
- Özsüt, Z., 2015. Konteyner Yükleme Problemleri için Matematiksel Modeller ve Çözüm Yöntemleri. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Eskişehir.
- Peng, Y., Zhang, D., Chin, F.Y.L., 2009. A Hybrid Simulated Annealing Algorithm for Container Loading Problem. GEC'09, June 12-14, Shanghai, China, 919-928.
- Pisinger, D., 2002. Heuristics for Container Loading Problem. European Journal of Operational Research 141, 382-392.
- Sheng, L., Xiuqin, S., Changjian, C., Hongxia, Z., Dayong, S., Feiyue, W., 2017. Heuristic Algorithm for the Container Loading Problem with Multiple Constraints. Computers & Industrial Engineering 108, 149-164.
- Terno, J., Scheithauer, G., Sommerweiß, U., Riehme, J., 2000. An Efficient Approach for the Multi-pallet Loading Problem. European Journal of Operational Research 123, 372-381.
- Van der Voort, M., O'Brien, K.A., Rahman, A., Valeri, L., 2003. Security: Improving the Security of the Global Sea-Container Shipping System. Rand.