

## SİLİNDİR TİPİ NESNELERİN KONTEYNERE YÜKLENMESİ PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ VE BİR İŞLETME UYGULAMASI

Timur KESKİNTÜRK

Şebnem ER

*İ.Ü. İşletme Fakültesi  
Sayısal Yöntemler ABD  
tkturk@istanbul.edu.tr*

*İ.Ü. İşletme Fakültesi  
Sayısal Yöntemler ABD  
sebnemer@istanbul.edu.tr*

### ÖZET

*Konteyner yükleme problemi, doğrusal olmayan ve çözümü zor problemlerdendir. Taşıma maliyetlerinin düşürülmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılması amacıyla işletmeler daha iyi çözümler üretmeye gayret etmektedirler. Bu çalışmada, farklı yarıçaplardaki silindirik tipi nesnelere bir konteynere yüklenmesi problemi ele alınmış ve genetik algoritma ile bir çözüm önerisinde bulunulmuştur. Örnek problem olarak plastik spiral hortum üreticisi bir işletme ele alınmıştır. Önerilen algoritma ile söz konusu işletmenin konteyner ile hortum sevkiyatının optimizasyonu amaçlanmıştır.*

**Anahtar Sözcükler:** *Konteyner yükleme, genetik algoritma.*

### 1. GİRİŞ

Paketleme problemi olarak da bilinen konteyner yükleme problemi birçok alanda çeşitli uygulamalarla karşımıza çıkmaktadır. Farklı şekillerde ve boyutlarda ürünlerin konteynere yüklenirken en iyi şekilde yerleştirilmesini hedefleyen paketleme problemleri literatürde NP-Zor problemler olarak adlandırılmakta olup oldukça geniş bir literatüre sahiptir. Bu konuyu özetleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Kare, dikdörtgen veya silindirik şeklindeki ürünlerin 2 boyutlu veya 3 boyutlu konteynere yüklenmesi olarak genelleştirilebilecek olan paketleme problemleri ürünlerin ve konteynerin özelliklerine göre çeşitli başlıklar altında ele alınmıştır. Bu problemlerden dikdörtgen şeklindeki ürünlerin 2 ve 3 boyutlu konteynere yüklenmesini ele alan çalışmalar, [12], [6], [8], [13], [1], [5], [2]; aynı boyutlardaki silindirlerin konteynere yüklenmesini ele alan çalışmalar [7], [9], [3], [4]; farklı boyutlardaki silindirlerin yüklenmesini ele alan çalışmalar [10], [17], [15], [14] olarak özetlenebilir. Daha ayrıntılı bilgi için bu kaynaklar incelenebilir.

Bu çalışmada temel amaç, farklı yarıçaplarda ve farklı uzunluklarda sarılmış hortum rulolarının dikdörtgenler prizması şeklindeki bir konteynere en etkin şekilde yerleştirilmesini sağlayacak sezgisel bir algoritma geliştirmektir. Literatürde silindirik tipi paketleme olarak adlandırılan bu problemler çeşitli açılardan ele alınmıştır. 2 boyutlu ve 3 boyutlu konteynere aynı yarıçaplarda farklı uzunluklarda ya da farklı yarıçaplarda aynı uzunluklarda silindirlerin yüklenmesini ele alan birçok çalışmayla karşılaşmaktadır.

### 2. KONTEYNER YÜKLEME

Literatürde konteyner yükleme probleminin çözümü için birçok çözüm algoritması geliştirilmiştir. Çoğu sezgisel olan bu algoritmalar konteyner dışına taşmaları ve kesişmeleri minimize ederken kullanılan alanı veya hacmi maksimum kılacak yerleştirmeyi hedeflemektedir. Bu çalışmada farklı yarıçap uzunluklarındaki hortum rulolarının bir konteynere yüklenmesi probleminin çözümü için sezgisel bir algoritma olan genetik algoritma geliştirilmiştir.

Hortum rulolarının kesişmeleri ve konteyner dışına taşmaları,

$$\text{Kesişmeler: } \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - r_i - r_j \geq 0, i \neq j,$$

$$\text{X ekseninde taşmalar: } x_i - r_i \geq 0, \text{ ve } a - x_i - r_i \geq 0,$$

Y ekseninde taşmalar:  $y_i - r_i \geq 0$ , ve  $b - y_i - r_i \geq 0$ , şeklinde hesaplanmış olup x, y silindirlerin konteyner tabanındaki konumunu, a ve b parametreleri ise konteyner tabanının sırasıyla boyunu ve enini göstermektedir.

Bu çalışmanın temel amacı tüm kesişme ve taşmaların toplamını minimize eden bir GA çözüm yaklaşımını ele almaktır.

### 3. GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma, popülasyon temelli sezgisel bir optimizasyon tekniğidir [11], [16]. Özellikle doğrusal olmayan çok değişkenli problemlerin çözümünde etkin olarak kullanılmaktadır. Çözüm alternatifleri kromozom denen yapılara kodlanmaktadır. Her bir kromozom bir çözüm alternatifini temsil etmektedir. Seçimle daha iyi çözümlerin elde tutulması sağlanırken, çaprazlama ve mutasyon denen operatörlerle kromozomlarda değişiklikler yapılmakta ve alternatif çözümler aranmaktadır. Amaç iterasyonlar boyunca yapılan değişikliklerle en uygun sonuca yaklaşılmaktadır. Aşağıda genetik algoritmaya ait adımlar görülmektedir:

- 1- Başlangıç popülasyonunun belirlenmesi
- 2- Uygunlukların hesaplanması
- 3- Seçim
- 4- Çaprazlama
- 5- Mutasyon
- 6- Durdurma kriteri sağlanmadıysa ikinci adıma dön
- 7- Algoritmayı durdur.

Konteyner yükleme probleminde, yüklenecek her hortum grubu için iki değişken belirlenmiştir. Bunlar konteyner tabanında bir köşe orijin olarak düşünüldüğünde, ilgili hortum grubunun merkezine ait x ve y koordinatlarıdır. Bu durumda kromozom uzunluğu, yüklenecek hortum sayısının iki katı kadar olacaktır (Şekil 1).

1.Hortum ( $x_1, y_1$ )	2.Hortum ( $x_2, y_2$ )	3.Hortum ( $x_3, y_3$ )	4.Hortum ( $x_4, y_4$ )	...				
620	180	985	175	145	89	1024	130	...

**Şekil 1. Konteyner yükleme probleminde kullanılan kromozom yapısı**

Uygulamamızda çaprazlama operatörü olarak tek nokta çaprazlama ve mutasyon operatörü olarak da konteyner yükleme problemine özgü oluşturulan bir mutasyon operatörü kullanılmıştır. Buna göre mutasyon yapılmasına karar verilen (algoritma içerisinde belli bir olasılıkla belirleniyor) hortuma ait koordinatlar belli kurallar dikkate alınarak değiştiriliyor. Bu kurallar hortumun konteyner taban alanının dışına çıkmasını engelleyen kurallar olarak uygun olmayan çözümlerin elenmesini sağlamaktadır. Koordinatlardaki değişikliklere, belirlenen değişim (cm cinsinden) ile gerçekleştirilebilecek değişimden minimum olanının seçilmesi ile karar verilmektedir. Örneğin hortum grubu x koordinatında sağa doğru 10 cm kaydırılabilecekse ve tesadüfi olarak belirlenen sağa kaydırma parametresi 15 ise değişiklik sağa doğru 10 cm olarak gerçekleştirilmektedir (Şekil 2).



**Şekil 2. Konteyner yükleme problemi için mutasyon operatörü**

Parametre seçimi için ayrı bir çalışma yapılmamış olup, belli denemeler sonucu karar verilmiştir. Mutasyon operatörünün lokal minimuma takılma dışında daha iyi sonuçlar üretme aşamasında da önemli bir rol oynadığı görülmüş ve bu sebeple olasılığı yükse tutulmuştur (%80). Çaprazlama operatöründe olasılık %90 olarak belirlenmiştir.

#### 4. UYGULAMA

Uygulamamızda Plahosan A.Ş. adlı plastik hortum şirketine ait konteyner yükleme problemi ele alınmıştır. Verilen bir siparişe ait plastik hortum boyutları ve miktarları problemin girdileri olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

**Tablo1. Sipariş bilgileri**

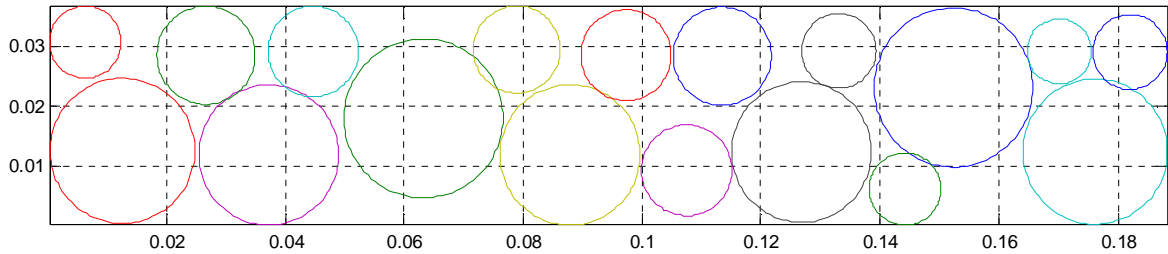
Plastik hortum	Sipariş sayısı	Dış çap (cm)	Yükseklik (cm)	İç çap (cm)
6"	8	170	50	110
5"	8	155	40	105
4"	60	150	30	100
3"	40	97	25	0
2 1/2 "	40	93	20	0
2"	30	91	28	0
1 1/2 "	20	80	22	0
1 1/4 "	20	77	18	0
1"	20	69	14	0

Buna göre problemimize ait kromozomlar 246 genden oluşmaktadır. Hortumlar öncelikle büyükten küçüğe ve konteynerin yüksekliği dikkate alınarak sıralanmaktadır. Böylelikle hortum grupları oluşturulmaktadır. Tüm hortum gruplarının en altındaki hortumlar (bunlar grubun çapı en büyük hortumlarıdır), konteynerin zemininde en uygun şekilde yerleştirilmeye çalışılmaktadır.

Amaç fonksiyon, zemindeki hortumların kesişmelerini ve konteyner dışına taşmalarını minimize etmektir. Deneme amaçlı olarak şirkette gerçekleştirilmiş bir sevkiyata ait yerleşim planı ile genetik algoritma sonucu karşılaştırılmıştır.

#### 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

GA'nın çalıştırılması sonucu oluşan plastik hortum gruplarının yerleşim planı Şekil 3'te görülmektedir. Tüm hortum gruplarının konteyner alanı dışına taşmadan ve birbirleriyle kabul edilebilir kesişmelerle dağıldıkları görülmektedir.



**Şekil 3. Konteyner Tabanının Yerleşimi**

Bu çalışmanın başlangıcında hedeflenen her bir hortumun bir problem değişkeni olarak belirlenerek 3 boyutlu konteyner içinde en uygun şekilde yerleştirilmesini sağlayan bir algoritma geliştirmektir. Buna göre her bir hortum 4 genden oluşan bir alt dizide temsil edilmelidir (Şekil 4). İlk iki gen bu çalışmadaki gibi ilgili hortumun konteyner tabanındaki koordinatlarını temsil ederken, üçüncü gen (id:iç-dış) hortumun daha geniş iç çaplı bir hortumun içinde olup olmadığını temsil etmektedir. Bu gen 1 veya 0 değerlerini alabilmektedir. 1 değeri hortumun dışarıda, 0 değeri ise hortumun bir başka

hortumun içinde olduğunu göstermektedir. Alt dizinin son geni (k:kat) ise hortumun üst üste konulan hortumlar içerisinde kaçınıcı katta olduğunu belirtmektedir.

1.Hortum ( $x_1, y_1, id_1, k_1$ )				2.Hortum ( $x_2, y_2, id_2, k_2$ )				...
620	180	1	3	145	89	0	5	...

**Şekil 1. Konteyner yükleme probleminde kullanılan kromozom yapısı**

Çalışmamızın bundan sonraki hedefi yukarıda anlatılan yapıda bir çözüm önerisi geliştirmektir. Bu konudaki çalışmalarımız devam etmektedir. Ayrıca oluşturulacak bir arayüzle algoritmanın adı geçen firmada kullanılması hedeflenmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] Bortfeldt A., Gehring H. (2001), *A Hybrid Genetic Algorithm for the Container Loading Problem*, European Journal of Operational Research, 131, s.143-161.
- [2] Bortfeldt A., Gehring H., Mack D. (2003), *A Parallel Tabu Search Algorithm for Solving the Container Loading Problem*, Parallel Computing, 29, s.641-662.
- [3] Correia M., Oliveira J., Ferreira J. (2000), *Cylinder Packing By Simulated Annealing*, Pesquisa Operacional, 20 (2), s.269-286.
- [4] Correia M., Oliveira J., Ferreira J. (2001), *A New Upper Bound for the Cylinder Packing Problem*, International Transactions In Operational Research, 8, s.571-583.
- [5] Dereli T., Daş S. (2006), *Üç Boyutlu Konteyner Yükleme Problemlerinin Çözümü için Sezgisel Bir Yaklaşım*, YAEM 2006, 26. Ulusal Kongresi, Bildiriler Kitabı, s.199-201.
- [6] Dowsland K., Dowsland W. (1990), *Optimal and Heuristic Solutions to Packing Problems – The State of the Art*, Working Paper EBMS/1990/21, University of Wales, Swansea.
- [7] Dowsland K. (1991), *Palletisation of Cylinders in Cases*, Operational Research Spectrum, 13, s.171-172.
- [8] Dowsland K., Dowsland W. (1992), *Packing Problems*, European Journal of Operational Research, 56 (1), s.2-14.
- [9] Fraser H., George J. (1994), *Integrated Container Loading Software for Pulp and Paper Industry*, European Journal of Operational Research, 77 (3), s.466-474.
- [10] George J., George J., Lamar B. (1995), *Packing Different-Sized Circles into a Rectangular Container*, European Journal of Operational Research, 84, s.693-712.
- [11] Goldberg, D. (1989), *Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning*. Addison Wesley Publishing Company, New York.
- [12] Haessler R., Sweeney P. (1991), *Cutting Stock Problems and Solution Procedures*, European Journal of Operational Research, 54, s.141-150.
- [13] Hopper E., Turton B. (2000), *An Empirical Investigation of Meta-Heuristic and Heuristic Algorithms for a 2D Packing Problem*, European Journal of Operational Research, 128 (1), s.34-57.
- [14] Huang W., Li Y., Li C., Xu R. (2004), *New Heuristics for Packing Unequal Circles into a Circular Container*, s.1-20.
- [15] Kubach T., Bortfeldt A., Gehring H. (2006), *Parallel Greedy Algorithms for Packing Unequal Circles into a Strip or a Rectangle*, Diskussionsbeitrag, 396, s.1-23.
- [16] Michalewicz, Z (1992), *Genetic Algorithms + Data Structure = Evolution Programs*. Springer-Verlag, Berlin.

- [17] Zhang D., Liu Y., Shengda C. (2004), *Packing Different-sized Circles into a Rectangular Container Using Simulated Annealing Algorithm*, International Journal of Computational Intelligence, 1 (2), s.124-127.