



# Application of Storage Location Assignment Problem Using Rolling Horizon Approach and Hybrid Sequence Stacking Algorithm

Ercan Şenyiğit<sup>1\*</sup>, Murat Suat Arsav<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9388-2633)

<sup>2</sup> Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0087-7956)

(Bu yayın HORA 2019 kongresinde sözlü olarak sunulmuştur.)

(First received 1 August 2019 and in final form 24 October 2019)

(DOI: 10.31590/ejosat.637541)

**ATIF/REFERENCE:** Şenyiğit, E. & Arsav, M. S. (2019). Application of Storage Location Assignment Problem Using Rolling Horizon Approach and Hybrid Sequence Stacking Algorithm. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 102-108.

## Abstract

This study focuses on the problem of operational decision making for stacking of outgoing containers. A container station has multiple interfaces in the global transport network. Containers are temporarily stored in ports to explain differences in the arrival time of sea and land carriers. Incoming and outgoing container operations are different. The incoming containers arrive at the shipyard in large batches but depart from the shipyard in unpredictable rows one by one when requested. This leads to unforeseen time losses. Containers leaving the port depart as expected but arrive in a random order. They must be loaded according to a strict storage plan to ensure stability of the ships and meet the loading requirement - this is indicated by the destination and the size of the containers. The storage location assignment for incoming containers is very important in terms of improving the efficiency of container transport and reducing the turnaround time of a ship. For this reason, this problem should be examined in detail and effective solution methods should be found. There are many planning periods horizon. This leads to uncertainty. To overcome this uncertainty, the rolling horizon approach is used. In this study, 13 planning period horizons are taken into account. Each day was divided into 4 periods of 6 hours each. Therefore, a storage location plan is created for the next 12 periods in each period. Only the first period of the plan is executed and at the end of the first period a new plan is created based on the latest information. Hybrid Sequence Stacking Algorithm was used to solve these plans. The performance of the method used in the solution of the problem considered in this study is evaluated according to the number of rehandle operation. The less this number, the more successful the method. As a result of the application, only 3 of 13 periods needed to be rehandle operation.

**Keywords:** Storage Management, Storage Location Assignment, Rolling Horizon Approach, Heuristics, Hybrid Sequence Stacking Algorithm, Container Placement.

## Katman Kaydırma Yaklaşımı ve Hibrit Dizi İstifleme Algoritması Kullanarak Depolama Konumu Atama Probleminin Uygulanması

### Öz

Bu çalışma giden konteynerlerin istiflenmesinde operasyonel karar verme problemine odaklanmaktadır. Bir konteyner istasyonu küresel ulaşım ağında birden fazla ara yüzü vardır. Konteynerler deniz ve kara taşıyıcıların varış zamanlarındaki farklılıkları açıklamak için limanlarda geçici olarak depolanırlar. Gelen ve giden konteyner operasyonları farklıdır. Gelen konteynerler tersaneye tahminen büyük yığınlar halinde ulaşırlar, ama tersaneden talep edildiklerinde birer birer tahmin edilemeyen sıralarda yola çıkarlar. Bu durum öngörülme zaman kayıplarına sebep olur. Limandan ayrılan konteynerler tahmin edildiği gibi yola çıkarlar ama rasgele bir sırada

\* Corresponding Author: Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9388-2633, [senyigit@erciyes.edu.tr](mailto:senyigit@erciyes.edu.tr)

varış yaparlar. Onlar, gemilerin kararlılığını sağlayabilmek ve yükleme gereksinimini karşılayabilmek için -bu durum varış yeri ve konteynerlerin boyutu (büyüklüğü) ile belirtilir- katı bir depolama planına göre yüklenmelidir. Gelen konteynerler için depolama konumu ataması konteyner taşımacılığının verimliliğinin geliştirilmesi ve bir geminin etrafta dolaşma süresinin azaltılması açısından çok önemlidir. Bu nedenden dolayı bu problemin detaylıca incelenmesi ve etkin çözüm yöntemlerinin bulunması gerekir. Çok sayıda planlama periyodu katmanı vardır. Bu durum belirsizliğe yol açar. Bu belirsizliği aşmak amacıyla katman kaydırma yaklaşımı (Rolling Horizon Approach) kullanılmaktadır. Çalışmada 13 planlama periyodu katmanı dikkate alınmıştır. Her bir gün 6 saatlik 4 periyoda bölünmüştür. Bundan dolayı her bir periyotta gelecek 12 periyot için depolama konumu planı oluşturulur. Planın sadece ilk periyodu yürütülür ve ilk periyodun sonunda en son bilgilere dayanılarak yeni bir plan oluşturulur. Bu planların çözümünde hibrit dizi istifleme algoritması kullanılmıştır. Bu çalışmada dikkate alınan problemin çözümünde kullanılan yöntemin performansı yeniden taşıma sayısına göre değerlendirilir. Bu sayı ne kadar az ise yöntem o kadar başarılıdır. Yapılan uygulama sonucunda 13 periyodun sadece 3 tanesinde yeniden taşıma işlemine gerek duyulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Depo Yönetimi, Depolama Konumu Atama, Katman Kaydırma Yaklaşımı, Sezgisel Yöntemler, Hibrit Dizi İstifleme Algoritması, Konteyner Yerleştirme.

## 1. Giriş

Bu çalışma giden konteynerlerin istiflenmesinde operasyonel karar verme probleminde üzerine odaklanmaktadır. Bu çalışmanın 3 ana amacı bulunmaktadır. Bu amaçlar şunlardır: (1) Depolama alanının verimli kullanımı; (2) Dışarı giden konteynerlerin tersaneden rıhtıma verimli taşınması; (3) Yükleme operasyonlarında maksimum verim elde etmek için yeniden taşımanın minimize edilmesidir (Chen ve Lu, 2012). Konteynerlerin istiflenmesi operasyonel karar verme probleminde temel performans göstergesi yeniden taşıma sayısının en aza indirgenmesidir. Bir yeniden taşıma, diğerinin erişimine izin vermek için yapılan bir konteyner hareketidir ve verimsiz bir hareket olarak kabul edilir (Chen ve Langevin, 2009). Bu yüzden problemin çözümü için geliştirilen yöntemlerin temel amacı yeniden taşımayı en aza indirmektedir. Otomize edilmiş istasyonlarda benzetim aracılığıyla farklı istifleme politikaları keşfedilmiştir (Dekker ve diğerleri, 2006). Bir tersanedeki konteynerlerin depolanma ücretlerinin belirlenmesi için metotlar önerilmiştir (Kim ve Kim, 2007). Bir depolama maliyetinin olması müşterileri konteynerlerin sadece kısa bir zaman periyodu için istasyonun tersanesinde depolanması konusunda teşvik eder. Bu durumda başka bir performans göstergesidir.

Dışarı giden konteynerler için iki depolama stratejisi daha vardır (Taleb-Ibrahimi ve diğerleri, 1993). Bunlar; Statik alan paylaşma stratejisi ve Dinamik stratejidir. Statik alan paylaşma stratejisinde, konteynerler bir konteyner depolama alanına belirli bir sıraya gönderilir. Dinamik stratejide ise konteynerler konteyner depolama alanına onlar için belirlenen kalkışlardan çok daha önce ulaştırılırlar. Bu konteynerler, depolama alanında boş bir alan onlara atanana kadar geçici bir alanda depolanırlar. Bir depolama alanından gemiye ya da gemiden depolama alanına konteynerler transfer edilirken geçen zamanı minimize etmek için dışarı giden konteynerlerin depolanması yöntemini belirlemek amacıyla genetik algoritması gibi metasezgisel yöntemlerde literatürde kullanılmıştır (Preston ve Kozan, 2001).

Bu çalışmada, giden konteynerlerin istiflenmesi için, katman kaydırma yaklaşımı ve hibrit dizi istifleme algoritması uygulanmıştır. Karar verme sürecinde ağırlık bilgisi kadar dışarı giden konteynerlerin varış yeri bilgisi de göz önüne alınmaktadır. Daha önce vurgulandığı gibi yeniden taşıma sayısı performans değerlendirmek amacıyla hesaplanır.

## 2. Yöntem

Problemin ana amacı, bir sonraki gelecek konteyneri yığmak için önceden atanmış tersane iskelelerinde çeşitli boş yerler arasından depolama konumu belirlenmesidir. Amaç dışarı giden konteynerleri son depolama planına göre depolamak, böylece verimli bir yükleme sırası oluşturulabilmektir.

Bir istasyonda yüklenen her bir gemi bir depolama planına sahiptir. Bu depolama planı depolama tersanesindeki hangi konteynerin hangi konumda gemiye yükleneceğini gösterir. Böyle bir planlamadaki amaçlar şunlardır: (1) geminin kararlılığını sağlamak; (2) iskele vinçlerinin ve tersane araçlarının taşımak için harcandığı eforu minimize etmektir.

Tersane vinçlerinin ve kamyonların konteyner taşıma aracı olarak tersanede kullanıldıkları varsayılmıştır. Dışarıdaki bir kamyon dışarıya giden bir konteyneri tersaneye teslim ettiğinde, bir tersane vinci onu toplar ve onu tersane iskelesine yığar. Yükleme operasyonu süresince bir tersane vinci konteyneri toplar ve onu bir tersane kamyonunun üzerine onu iskele vincine transfer etmesi için koymaktadır.

Verimli bir yükleme sıralamasına sahip olmak için, dışarı giden konteynerler optimal (en ideal) konumlara istiflenmelidir. Ancak, depolama tersanesindeki dışarı giden konteynerlerin ideal yerleşiminin gerçekleşmesi konteynerlerin istasyona rasgele gelmesinden dolayı neredeyse imkansızdır.

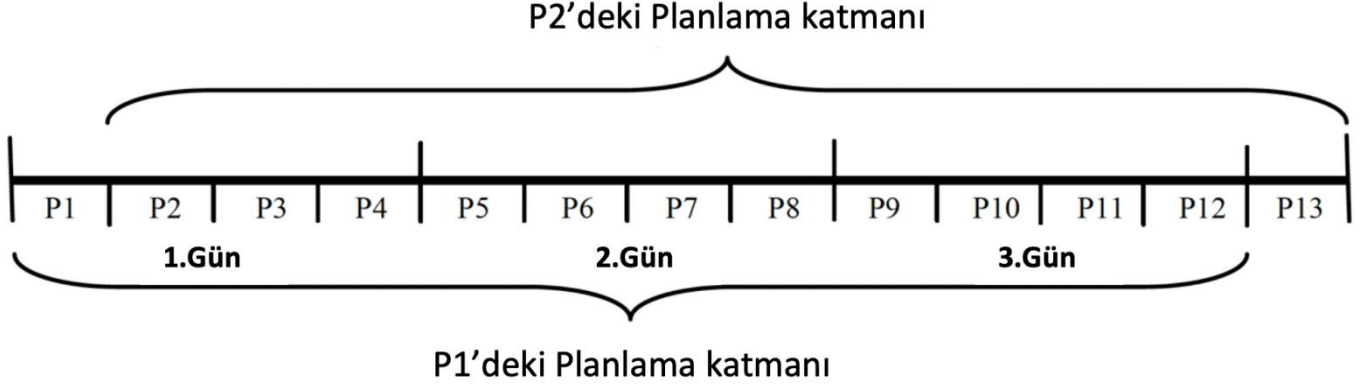
Bundan dolayı, dışarı giden konteynerler için depolama konumunun nasıl saptanacağı, yükleme operasyonlarının üretkenliğini artırmak adına hayati bir öneme sahip olur.

### 2.1. Katman Kaydırma Yaklaşımı

Depolama konumu atama problemi, dışarı giden konteynerler için her bir gemi için sınırlandırılmış depolama yeri rezervasyonu ve bir konteyneri belirli bir konumda depolama kararı ile ilgilendirir.

Tam konumu belirleme: Bu aşamada, önceden atanmış tersane iskelelerinde tam depolama konumu her bir konteynerin istasyona gelişine üzerine belirlenir. Amaç, gelecek yükleme operasyonları süresince yeniden taşımayı düşürmektir.

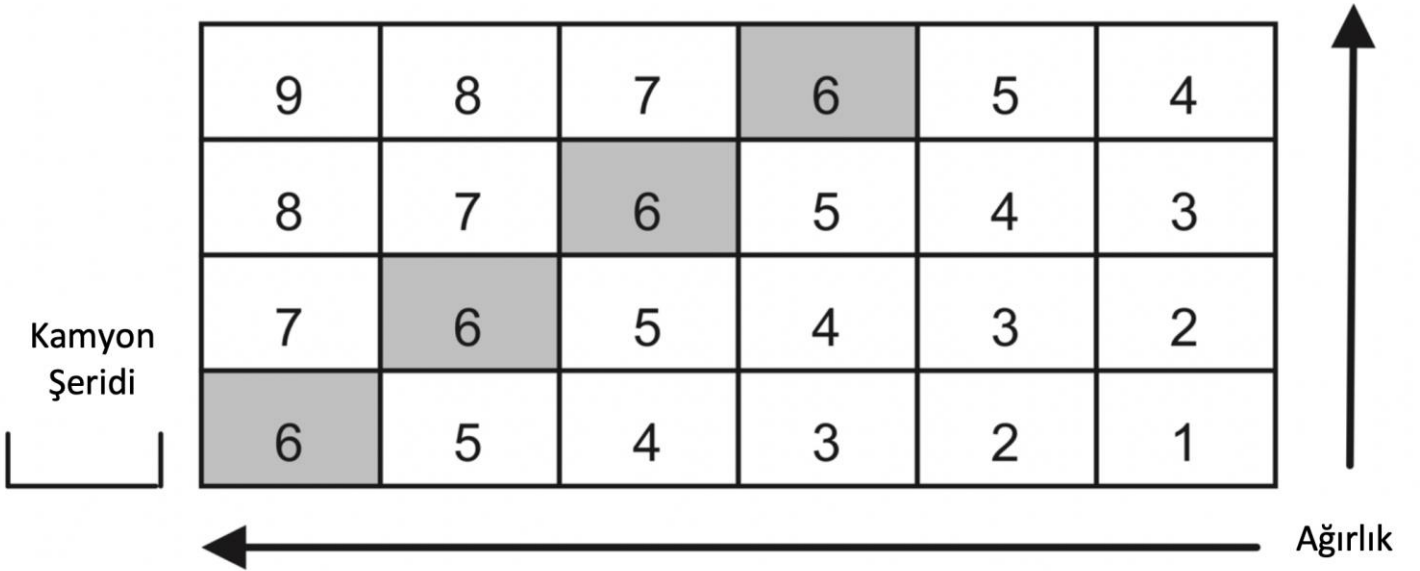
Katman kaydırma yaklaşımı (Rolling horizon approach) dışarı giden konteynerlerin depolama atamasında kullanılır. Her bir periyotta, sabit bir katman için planlama yapılır. Çalışmada, planlama katmanının problemin karmaşıklığı üzerindeki etkisini ve verilerin geçerliliğini göz önüne alarak, planlama katmanını üç gün olarak belirlendiği kabul edilmiştir. Her bir gün 6 saatlik 4 tane periyoda bölünür. Bundan dolayı, her bir periyotta gelecek 12 periyot için bir depolama konumu planı oluşturulur. Planın sadece ilk periyodu yürütülür ve ilk periyodun sonunda en son bilgilere dayanılarak yeni bir plan oluşturulur. Bu durum plan sona erinceye kadar sürdürülür. Detay Şekil 1’de gösterilir.



Şekil 1. Katman Kaydırma Yaklaşımının şekilsel gösterimi (Chen ve Langevin, 2009)

## 2.2. Hibrit Dizi İstifleme Algoritması (HDİA)

Şekil 2, bir iskelenin hibrit dizi istiflemeindeki ideal bir konfigürasyonunu gösterir. Benzer şekilde, her bir slottaki sayı, slot içinde istiflenmiş konteynerin ağırlık seviyesini temsil eder. Burada, konteynerler ağırlıklarına göre dokuz seviyeye bölünürler. Oklar konteynerlerin ağırlığının yönünde artışı gösterir. Bundan dolayı, bir iskelenin bu konfigürasyonunda, ağır konteynerler sol üst konumlarda istiflenirler ve hafif konteynerler sağ alt konumlarda istiflenirler.



Şekil 2: Bir iskelenin ideal düzenlenmesinin gösterilmesi (Chen ve Lu, 2012)

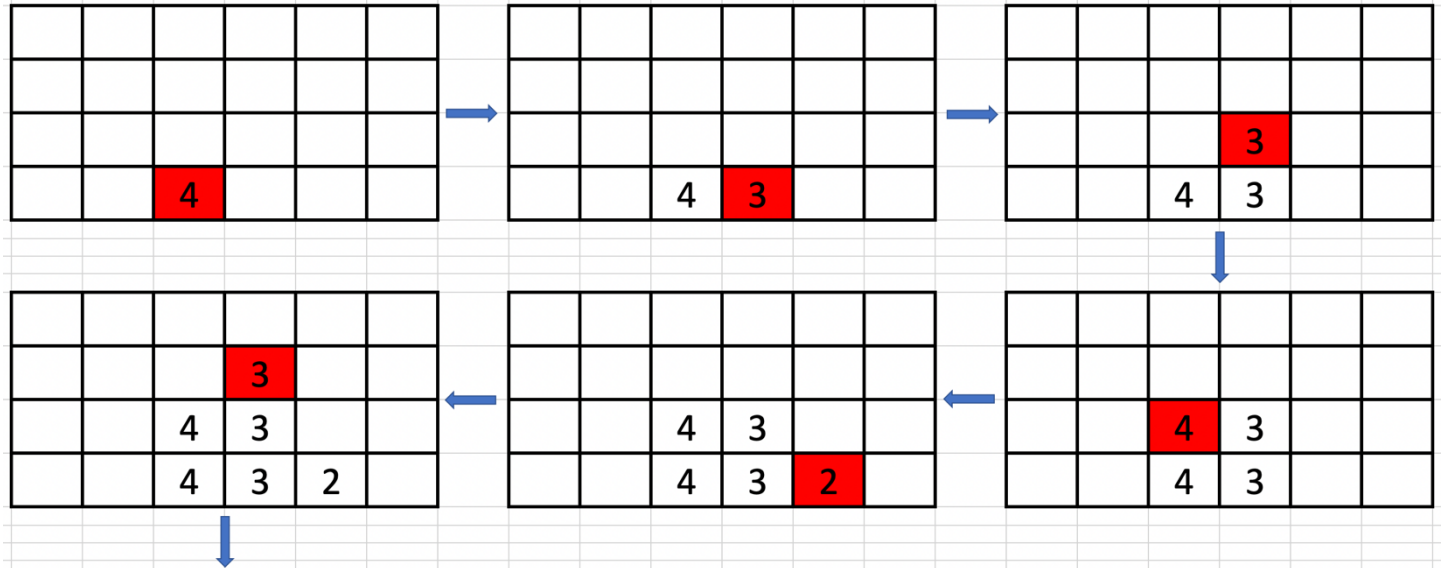
## 3. Uygulama, Sonuçlar ve Tartışma

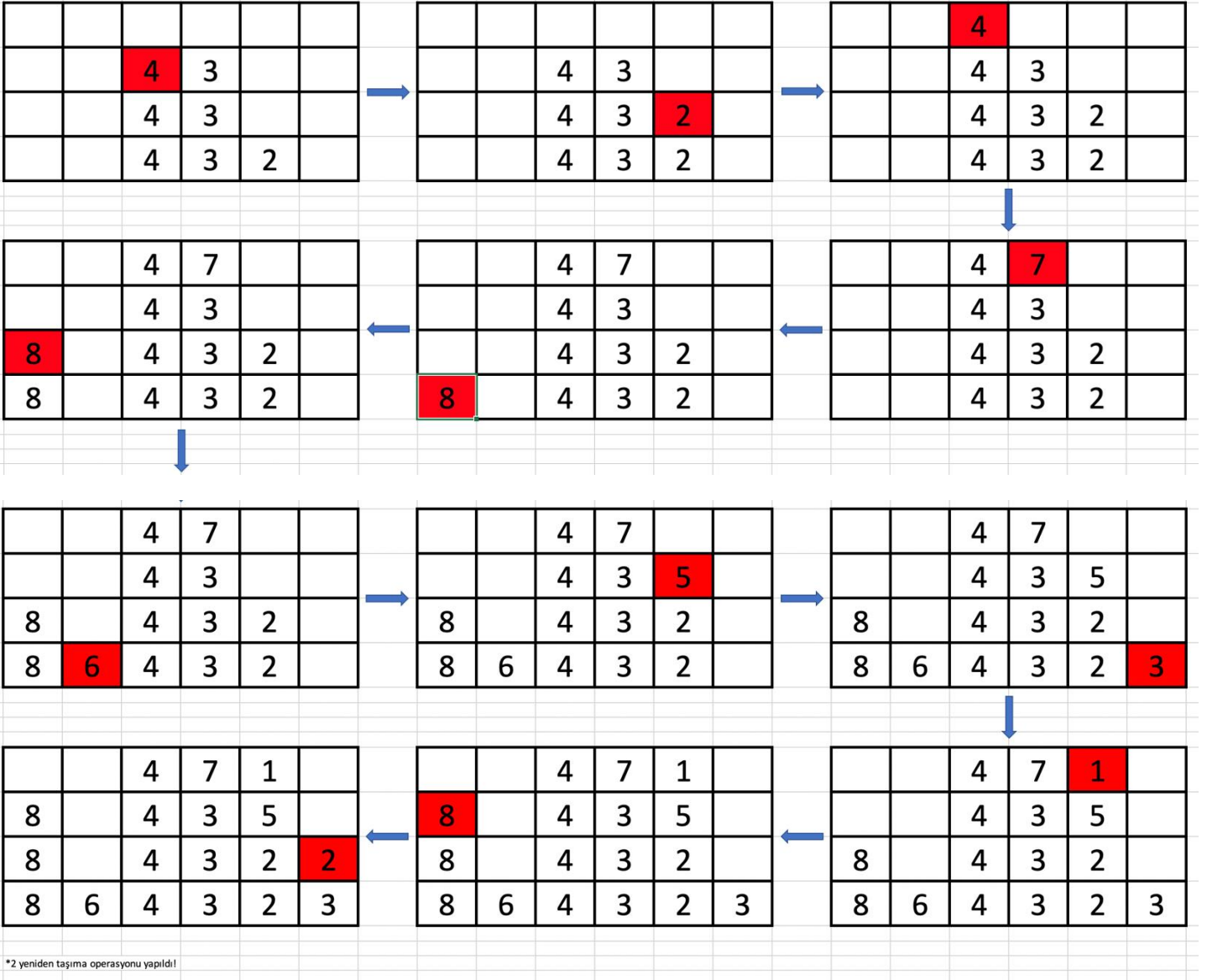
Şekil 3’de bu problemin çözümünde kullanılan veri seti tablo halinde belirtilmiştir. Satırlar periyodu, sütunlar ise gelen konteynerleri ifade ederken mavi ve sarı ile taranmış veriler, ilgili periyotlarda gelen konteynerlerin ağırlık seviyesini belirtmektedir.

Periyot/Konteyner	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	3	5	4	1	3	9	7	7	7	5	2	8	7	4	5	7	6	2
2	5	3	4	3	5	6	9	3	9	5	3	2	5	4	1	4	7	6
3	7	2	7	3	5	2	1	8	3	2	3	2	9	9	7	3	2	8
4	2	5	5	5	7	7	7	4	8	6	7	4	4	5	5	7	9	3
5	3	8	3	5	4	8	4	2	3	5	3	7	9	1	1	9	3	7
6	5	1	5	7	9	3	8	3	6	7	6	7	9	2	5	7	4	3
7	4	3	3	4	2	3	4	2	4	7	8	8	6	5	3	1	8	2
8	8	3	7	9	2	7	8	9	3	4	3	4	3	2	9	6	2	5
9	4	7	5	5	7	6	6	6	4	3	5	7	4	7	9	8	7	4
10	6	7	8	2	8	6	5	8	7	5	4	3	4	4	2	8	4	6
11	5	4	5	8	9	4	2	5	6	6	9	1	2	6	5	7	6	8
12	2	4	4	1	4	8	2	4	8	4	1	9	9	4	5	3	8	7
13	4	5	5	7	2	4	5	1	4	2	1	3	6	4	5	6	7	6

Şekil 3: Katman Kaydırma Yaklaşımının Uygulandığı Veri Seti

Şekil 3'te gösterilen veriler HDİA yöntemi kullanılarak çözülmüştür. 13 periyotta sadece 6,7 ve 10. Periyotlarda yeniden taşıma gerçekleşmiştir. Şekil 4'de, 2 kere yeniden taşıma yapılan 7. periyotta konteyner yerleşimi probleminin HDİA yöntemi kullanılarak çözümünün elde edildiği bütün aşamalar detaylı şekilde gösterilmiştir. Sırasıyla 18 konteyner geldiği için gelen bütün konteynerlerin yerleşimi oklar yardımıyla sırasıyla gösterilip, yerleşen son konteyner kırmızı ile boyanmak suretiyle belirtilmiştir.





Şekil 4: HDİA algoritması ile 7. periyottaki konteyner yerleşimi probleminin çözümünün gösterilmesi

Şekil 5, 6 ve 7’de sırasıyla 6, 7 ve 10. periyotlarda gelen konteynerlerin HDİA kullanılarak çözülmesi ile elde edilen istifleme sonuçları verilmiştir. Şekillerde yeniden taşımaya neden olan konteynerler kırmızı çerçevesi çemberler ile yuvarlak içine alınarak gösterilmiştir. Her bir periyotta belirtilen slotlarda istiflenen konteynerler gemilere en ağır olanlar en önce olacak şekilde sırayla yüklenir. Bu kurala uymayan durumlarda ise yüklemenin doğru bir şekilde yapılabilmesi için daha ağır olan konteynerin üzerindeki konteyner sırası gelene kadar beklemek üzere kenara taşınmaktadır. Bu işleme yeniden taşıma işlemi adı verilmektedir.

		7			
9	8	7	6		3
9	5	7	3	5	4
7	5	6	3	2	1

Şekil 5: 6. Periyot Sonucu oluşan yeniden taşımanın gösterilmesi

		4	7	1	
8		4	3	5	
8		4	3	2	2
8	6	4	3	2	3

Şekil 6: 7. Periyot Sonucu oluşan yeniden taşımanın gösterilmesi

8				4	
8	8			4	4
7	8	7	6	4	2
6	6	5	5	2	3

Şekil 7: 10. Periyot Sonucu oluşan yeniden taşımanın gösterilmesi

Bu çalışmada, istiflenecek konteynerlerin ağırlık verileri rastgele üretilmiştir. Her bir periyot için hibrit dizi istifleme algoritması kullanılarak çözümler yapılmış bulunan sonuçlar sonraki 3 günün (12 periyot) planı yapılırken göz önünde bulundurulmuştur. En sonunda 13 periyot için de istifleme sonuçları elde edilmiş olup sadece 3 periyotta yeniden taşıma işleminin yapıldığı görülmüştür. Şekil 5, 6 ve 7'de gösterildiği gibi 6. ve 10. periyotlarda sadece 1 tane yeniden taşıma işlemi yapılırken, sadece 7. periyotta 2 tane yeniden taşıma işlemi yapılmıştır. Heuristic (sezgisel) algoritmaların optimal sonucu garanti etmeyen yöntemler olduğunu göz önüne alırsak, elde ettiğimiz sonuçların başarılı olduğu söylenebilir. Bu çalışmanın amaçlarından biride HDIA başarılı bir yöntem olduğunu göstermektedir.

#### **4. Sonuçlar ve Tavsiyeler**

Problemin çözümü, geliştirilecek yeni bir algoritma ve buna uygun hazırlanmış bilgisayar programı veya telefon/tablet uygulamaları ile çok daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Problemin optimal çözümü için detaylı bir matematiksel modelleme oluşturulabilir. Mevcut çalışmamızın verileri deterministiktir, yeni bir çalışmada deterministik olmayan veriler dikkate alınarak çözüm üretilebilir.

#### **Kaynakça**

- Chen, L. & Lu, Z. (2012). The storage location assignment problem for outbound containers in a maritime terminal. *International Journal of Production Economics*, 135 (1), 73-80.
- Chen, L. & Langevin A. (2009). Determining the storage location for outbound containers in a maritime terminal. *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM 2009)*. *IEEE International Conference on*. 8-11 Dec. 2009, Hong Kong, pp.543-547.
- Dekker R., Voogd P., & van Asperen E. (2006). Advanced methods for container stacking. *OR Spectrum*, vol. 28, no. 4, 563–586.
- Kim, K. H. & Kim, K. Y. (2007). Optimal price schedules for storage of inbound containers. *Transport Research Part B*, vol. 41, no. 8, 892–905.
- Taleb-Ibrahimi, M., Castilho B., & Daganzo, C. F. (1993). Storage space vs handling work in container terminals. *Transportation Research Part B*, vol. 27, no. 4, 13-32.
- Preston, P. & Kozan, E. (2001). An approach to determine storage locations of containers at seaport terminals. *Computers & Operations Research*, vol. 28, no. 10, 983-995.