

KONTEYNER YÜKLEME PROBKLEMLERİNİN İNCELENMESİ VE LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Sezgi TEKİL *
Vildan Ç. ÖZKIR **

ÖZ

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ve küreselleşme ile artan ticaret hacmi, lojistik operasyonlarının optimizasyonunu zorunlu hale getirmiştir. Bu operasyonları yüksek hızda, yüksek doğrulukta ve düşük maliyetle yürütmek için matematiksel optimizasyon araçları ve modelleri sıklıkla kullanılmaktadır. Konteyner yükleme problemleri, sık karşılaşılan lojistik optimizasyon problemlerinden biridir. Optimum sonuçlara ulaşabilmek için kesin çözüm veren algoritmaların kullanılmasının yanı sıra, büyük boyutlu problemlerin çözümünde kesin algoritmalar yetersiz kalabilmektedir. Bu çalışmada, bir filtre fabrikasının lojistik operasyonları incelenerek, ticari araçların ve konteynerlerin karmaşık yük ve yükleme planlarının optimizasyonu amaçlanmaktadır. Kutulama algoritmaları, konteyner sayısının azaltılması ve yükleme hızının artırılması amacıyla geliştirilerek uygun optimal kararların alınmasında kullanılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Konteyner yükleme, Kutulama Problemleri, Optimizasyon.

INVESTIGATING CONTAINER LOADING PROBLEMS AND A REAL APPLICATION IN LOGISTICS SECTOR

ABSTRACT

Nowadays, technological improvements, growing globalization and increasing rate of international trade enforce companies to optimize logistics operations. Many mathematical models and optimization tools are carried out to keep these logistics operations under control in terms of cost, accuracy and time. Container loading problem is one of the most common logistics optimization problems. In addition to the use of exact algorithms achieving optimal solution for small instances, heuristic algorithms are generally used to solve large-scale problems where the exact ones are inadequate. In this study, we investigate the logistic operations of a filter plant and aim to propose an optimal mixed cargo-loading plan. We utilized bin packing algorithms to minimize the number of containers in a real case study and present results for the application.

Keywords: *Bin packing problems, Container loading, Optimization*

*YL.Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği,
tekilsezgi@gmail.com

2** Yrd.Doç., Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği,
cvildan@yildiz.edu.tr

1. GİRİŞ

Global dünyada artan uluslararası ticaret, lojistik operasyonlarının optimizasyonunu zorunlu hale getirmiştir. Lojistik sistemlerin matematiksel optimizasyon ve istatistiksel karar verme yaklaşımları kullanılarak modellenmesi, çeşitli amaçlar gözetilerek uygun çözüm seçeneklerinin değerlendirilmesi bu konudaki çabaların bir sonucudur. Ağ tasarımı problemleri, envanter problemleri gibi ana problem başlıklarından ziyade, lojistik operasyonların en verimli şekilde gerçekleştirilebilmesi için spesifik lojistik problemleri günümüzde bilim adamlarının dikkatini çekmektedir. Konteyner yükleme ve yerleştirme problemleri de bu spesifik problemlerden biridir. Optimal kapasite kullanımı ve minimal konteyner kullanımı operasyonların verimliliğini arttıracaktır. Günümüzde yüklerin %90 gibi önemli bir kısmı konteynerlerle taşınmaktadır ve bu durum yaklaşık 250 milyon konteynerin bir yıl içinde gemilere yüklendiğini göstermektedir [23]. Konteyner dayanıklı ve uzun ömürlüdür, kolay doldurulup taşınabilir, dolayısıyla taşıma sürecinin verimli ve etkin hale gelmesinde önemli bir görevi vardır. Konteynerlerin taşımacılıktaki rolü, lojistik maliyetlerini minimize etmek üzere rotalama ve yükleme problemlerinin optimizasyonu problemlerini ilgi çekici hale getirmiştir.

Konteyner yükleme problemleri, kutuların ölçüleri ve konteynerlerin çeşitli kapasitelerinden ötürü NP-zor problem ailesindedir. Bu nedenle problem boyutu büyüdükçe, problemin etkin bir şekilde çözülmesi için kullanılan sezgisel algoritmaların önemi de artmaktadır. Konteyner yükleme problemleri; ilgilendikleri amaçlara göre, ilgilendikleri boyutlara göre ve verinin bilinirliğine göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır.

Çalışmamızın amacı; kullanılan konteyner sayısını minimize etmek amacıyla, küçük boyutlu kutuların sadece hacim boyutu göz önüne alınarak konteynerlere atanması problemini çözmektir. Bu problemi içinde optimum sonuçlar elde etmek için kutulama problemlerinde kullanılan algoritmalara başvurulacaktır. Python 2.7 programlama dilinde geliştirdiğimiz ilk uygun yer algoritmasıyla sonuçlar elde edilecektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürdeki mevcut çalışmalar incelendiğinde; araştırmacılar konteyner içi optimizasyon ve konteyner atama problemlerinin çözümüne yönelik algoritmalar geliştirmiştir. Kang ve arkadaşları [11], bir kutuya farklı

hacimlerdeki çeşitli paketleri optimum şekilde yerleştirmeye çalışmışlardır. Yerleştirme yapılırken, paketlerin boy, uzunluk ve genişlikleri göz önünde bulundurularak, üç boyutlu bir kutulama problemini hibrit genetik algoritma ile çözmüşlerdir. Çalışmanın sonuçlarını, literatürde yer alan diğer çözümlerle karşılaştırmış ve performansını incelemişlerdir. Lim ve arkadaşları [13], üç boyutlu kutulama problemleri için yeni bir sezgisel algoritma olan çok yüzlü yapılandırma tekniğini geliştirmişlerdir. Deneysel sonuçlar incelenerek algoritmanın yüksek performansı gösterilmiştir. Li ve Zhang [12], üç boyutlu konteyner yükleme problemlerinin çözümü için öncelikle karma tamsayı programlama kullanılmıştır. Buna ek olarak, Li ve Zhang [12] novel packing sezgisel stratejisi ile diferansiyel evrim algoritması kullanılarak hibrit bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Thapatsuwan ve arkadaşları [21] 21 tane çoklu konteyner paketleme problemlerinin çözümü için genetik algoritma, yapay bağışıklık sistemi ve sürü optimizasyon yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda, her bir problemin çözümünde yapay bağışıklık sistemi algoritması en iyi sonucu vermiştir. Mednive arkadaşları [18], çok kapasiteli ve çok ölçütlü kutulama problemlerinde, kapasite çizelgeleme ve çok konak seçimi önermiştir. Kuyruk mekanizması ve metrik çizelgeleme uygulanarak, kaynak etkinliği incelenmiştir.

Araújo ve ark. [1] çok amaçlı üç boyutlu konteyner yükleme problemini çözmek için öbek arama temelli yeni bir çok amaçlı yöntem önermektedir. Bu yöntem, daha önce önerilmiş olan pareto benzetimli tavlama yöntemine göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Bortfeldt ve Washer [4] konteyner yükleme problemleri için geniş bir literatür araştırması yaparak, problemde incelenen kısıtları detaylı incelemişlerdir. Çizelge 1 literatürde farklı amaçlar doğrultusunda incelenen üç boyutlu konteyner yükleme problemlerini sunmaktadır.

Çizelge 1: Literatürdeki 3 boyutlu konteyner yükleme çalışmaları

ÇALIŞMA	KONTEYNER SAYISI	AMAÇ(LAR)
Araújo ve ark. [1]	Çok	Konteyner hareketlerini minimize etmek Konteyner konumlarından kaynaklanan dengesizliği minimize etmek
Araya ve Riff [2]	Tek	Yüklenen kutuların hacmini maksimize etmek
Che ve ark. [5]	Çok	Konteynerlerin her katmanında yer alan kutu sayısını maksimize etmek

Gonçalvez ve Resende [8]	Tek	Yüklenen hacmin yüzdesini maksimize etmek
Ji ve ark. [9]	Çok	Yükleme sırası ve yükleme lokasyonunun değişimini minimize etmek
Junqueira ve ark. [10]	Tek	Konteynere yüklenen kutuların toplam değerini maksimize etmek
Li ve Zhang [12]	Çok	Konteyner hacim kullanımını maksimize etmek
Lim ve ark. [13]	Tek/Çok	Kullanılan konteyner sayısının minimize etmek Konteyner hacim kullanımını maksimize etmek
Lim ve ark [15]	Tek	Akslarına göre tırlara yüklenen hacim kullanımını maksimize etmek Boşaltılan kutu hacmini minimize etmek.
Sheng ve ark. [16]	Tek	Dikdörtgen kutuları yükleme planı oluşturulması için, paketleme hacmini maksimize eden kutu altkümelerinin belirlenmesi.
Sheng ve ark. [21]	Çok	Konteynerdeki ürünlerin hacmini maksimize etmek Her paletin altı, konteyner tabanı veya bir palet tarafından tam olarak desteklenmeli
Wang ve ark. [25]	Tek	Önceliklendirilmiş paketlerin yüklenen toplam hacmini maksimize etmek
Wei ve ark [26]	Çok	Konteyner maliyetini minimize etmek
Zheng ve ark [28]	Tek	Konteynere yüklenen kutuların toplam değerini maksimize etmek

3.KONTEYNER YÜKLEME MODELİ

Maliyet minimizasyonu hedefine ulaşmak ve mevcut konteyner hacimlerinden yüksek seviyede faydalanmak için konteyner yükleme problemi araştırmacıların yoğun ilgisini çekmektedir. Konteyner yükleme problemleri için, literatürde pek çok sezgisel algoritmalar geliştirilmiştir. Bu

problemin çözümüyle ilgili ilk sezgisel algoritmalar, George and Robinson [7] tarafından önerilmiştir. Ardından, Bischo and Marriott [3], George and Robinson [7] tarafından öne sürülen sezgisel algoritmadan etkilenecek on-dört tane sezgisel algoritma ortaya koymuşlardır.

Konteyner yükleme problemi, 3 boyutlu küçük kargo kutularının 3 boyutlu büyük dikdörtgen konteynerlere atanması için geometrik bir atama modeli olarak tanımlanmaktadır. Genellikle tüm kutuların konteynerlere atanmasını sağlamak ve bu kutuların çakışan lokasyonlara yerleştirilmemesi kısıtları ile çalıştırılmaktadır.

Konteyner yükleme problemleri girdi minimizasyonu problemleri olarak modellendiğinde, literatürde karşımıza 7 tipte problem çıkmaktadır. Bunlar, tek boyutlu stok kesme problemi, Çok boyutlu stok kesme problemi, residual stok kesme problemleri, tek tipli kutulama problemi, çok tipli kutulama problemi, residual kutulama problemi ve açık boyutlu problemleridir. Konteyner yükleme problemleri çıktı maksimizasyon problemleri olarak modellendiğinde, literatürde karşımıza yine 7 tipte problem çıkmaktadır. Bunlar, eş kutulu paketleme problemi, tek büyük kutu yerleştirme problemi, çoklu eş boyutlu büyük kutu yerleştirme problemi, çoklu karma boyutlu büyük kutu yerleştirme problemi, tekli sırt çantası problemi, çoklu eş sırt çantası problemi ve çoklu karma sırt çantası problemi problemleridir. Konteyner yükleme modeli kurulurken, göz önüne alınması gereken kısıtlar genel olarak 4 başlık altında sınıflandırılabilir:

- Ağırlık ile ilgili kısıtlar: Ağırlık Sınırlamaları ve Ağırlık dağılım kısıtları.
- Kutu ile ilgili sınırlamalar: Yükleme öncelikleri, (kısıtsız/yatay kısıtlı/dikey kısıtlı) oryantasyon kısıtları, çevirilebilir/çevirilemez kutu tipi kısıtları, istifleme kısıtları.
- Kargo kaynaklı kısıtlar: Bütün taşıma kısıtları, tahsis kısıtları, pozisyonlama kısıtları.
- Yük kaynaklı kısıtlar: Stabilite kısıtları, karma yükleme desenleri (yüklemeden ve boşaltmadan kaynaklı)

4. LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Uygulama yapılan firma ürünlerinde her zaman kaliteli hammaddeleri kullanmayı amaçlamış, müşteri memnuniyetini TSE ve ISO 9001:2008 TÜV CERT ISO + TÜVNORD 16949 belgelerine sahip, üretimin her aşamasında kalite standartlarına uygun olarak çalışmayı kendisine ilke edinmiş bir filtre fabrikasıdır. Ayrıca bu firma Avrupa, Rusya, Orta Doğu

gibi yerlere ithalat yapmaktadır. Müşterilere tedarik sağlarken, deniz aşırı tedarikler için forwader lojistik firmalarını, karayolu taşımalarında ise kendi tırlarını kullanmaktadır.

Çalışma yapılan filtre fabrikasında, hava filtresi, yağ filtresi, yakıt filtresi ve hava kurutucu filtresi üretilmektedir. Hava filtresi, havadaki toz ve partiküllerin motora ulaşmasını engelleyerek emilen havanın temiz olarak aktarımını sağlayan parçadır. Yağ filtresi, yağlama sisteminin kirlenmesini önleyerek, motor yağının motorun sürtünme ve aşınmasını azaltması görevinin sürekliliğini sağlayan parçadır. Yakıt filtresi, içten yanmalı motorlar için kullanılan yakıtta bulunan toz partikülleri, pas ve suyun motora zarar vermesini engelleyen parçadır. Hava kurutucu filtreler ise, genellikle ticari araçlarda bulunan fren sistemindeki havanın nemden arındırılmasını sağlar. Bu filtreler Şekil 1’ de gösterilen filtre çeşitleri, filtre boyutları ve koli ölçülerine göre çeşitli boyutlarda paketlenerek konteynerlere yüklenmektedir.

FİLTRE NO	KOLİ İÇİ	TEKLİ KUTU ÖLÇÜLERİ			KOLİ ÖLÇÜLERİ		
		EN	BOY	YÜKSEKLİK	EN	BOY	YÜKSEKLİK
AD2000	8	145	145	175	305	305	365
AD2006	8	145	145	175	305	305	365
AF4303A	1	335	335	265			
AF4340	1	305	305	395			
AF4347 / AF4348	1	360	360	380			
AF4412	1	200	200	460			
AF4532	1	210	210	460			
EF1015	12	138	138	158	567	429	173
EF1018	12	125	125	315	515	390	330

Şekil 1 :Filtrelerin çeşitleri, filtre boyutlarını ve koli ölçülerini veren Tablo

4.1 Konteynerlerin Özellikleri

Sahada kullanılan konteynerler ölçülerine ve tiplerine göre sekize ayrılmaktadır. Standart Konteynerler, genel amaçlı kullanılan konteynerlerdir. Bu konteyner tipi, kuru yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. Ölçüleri genellikle 20’ ve 40’ olmakla birlikte 45’ ve hatta son dönemde 54’ uzunlukta konteynerler kullanılmaya başlanmıştır. High Cube Konteynerler, standart konteynerlerle yapısal olarak benzer olmakla birlikte daha hacimli bir yüklemeye olanak sunan bir konteyner tipidir. Genellikle 40’ olarak üretilmiştir. Open Top Konteynerler, standart konteynerlerden farklı olarak tavan kısmı tamamen açık olan konteynerlerdir. Ölçüleri genellikle 20’ ve

40' uzunluktadır. Flatrack Konteynerler, bu konteynerler bir taban platformu ve iki uç duvarından oluşan taşıma araçlarıdır. İstendiğinde uç duvarlar dik sabitlenebilir ya da kapatılıp tabana yatırılarak bir taşıma platformuna dönüştürülür. Genellikle 20' ve 40' ölçüde üretilmektedir. Kullanım alanları ağır tonajlı yükler, yüksek ya da geniş taşmalı yüklerdir. Platformlar, bu taşıma ekipmanları yapısal olarak yalnızca taban platformu biçimindedir. Uç ve yan duvarları yoktur. Küçük alanda ağır tonajlı taşımaya uygundur. Genellikle 20' ve 40' ölçüde üretilmektedir. Doğal kullanım alanları gabari yükler ile ağır tonajlı yüklerdir. Havalandırmalı konteynerler, tepe ve taban profillerinde yer alan havalandırma kanallarından doğal hava dolaşımına izin veren konteyner tipidir. Genellikle 20' olarak üretilmektedir. Doğal kullanımı havadar ortamda taşınması gerekli yüklerdir. Soğutuculu konteynerler, reefer konteynerler içerisinde soğutma ünitesi bulunan özel yalıtımlı konteynerlerdir. Genellikle 20' ve 40' ölçüde üretilmektedir. High cube olanları hafif ve hacimli yüklerin (çiçek, meyve vb.) taşınmasında kullanılır. Dökme yük konteynerleri, bu tip konteynerler tavan kısmında 3 adet yükleme kapağı ve kapı kısmında yer alan 2 adet tahliye kapakları olan konteynerlerdir. Genellikle 20' olarak üretilmektedir. Doğal kullanım alanı tahıl, hayvan yemi, baharat vb. yüklerin taşınmasıdır [6].

4.2 Amaçlar ve Kısıtlar

Konteyner yükleme problemlerindeki amaç fonksiyonumuz küçük boyutlu kutuları konteynerlere atayarak minimum konteyner sayısını bulmaktır. Bunun için kısıtlar ve varsayımlar;

- Konteynerler sadece bir çeşit ve kapasite hacmi sabit olarak varsayılmıştır. Konteynerler 20'lik konteyner olup hacmi 30 m^3 'tür.
- Konteynerlerin boyutları göz önüne alınmadan kutular konteynerlerin içine atanmıştır.
- Kutular konteyner hacmi dolana kadar atanmış ve yan yana dizilmiştir.
- Kutular çeşitlidir ve boyutları farklıdır.
- Kutuların ve konteynerin ağırlıkları göz ardı edilecektir.
- Kutulardaki yüklerin özellikleri (yanıcı maddeler, kırılabilir ürünler vb.) önemli değildir dolayısıyla istiflenebilir ürünler olarak varsayılmıştır.
- Kutulardaki yükler konteynerlere atanırken herhangi bir önceliğe sahip değildir.

4.3 Matematiksel Model ve Sonuçlar

Kutulama problemi, kullanılan kutu sayısını en aza indirmek amacıyla, çeşitli hacimlerdeki öğelerin çeşitli hacimlerdeki kutulara yerleştirilmesi problemidir. Kutulama problemi NP-zor problemi olmasına rağmen, büyük boyuttaki problemler için ileri düzeydeki algoritmalarla optimal çözümler bulunabilmektedir. Bu problemlerin çözümü için gerçekleştirilen algoritmalarından biride ilk uygun yer algoritmasıdır. İlk uygun yer algoritması, ilk gelen kutuların konteynerlere kapasiteleri dolana kadar yerleşmesidir.

Farz edelimki elimizde S adet ve boyutu V olan bir konteyner olsun. Bu kutunun içine atanmak üzere n adet ve a_1, \dots, a_n kadar boyutları olan kutularımız olsun. B ise kullanılan konteynerlerin sayılarını tam sayı değeridir ve B-kısmı $S_1 \cup S_2, \dots, S_n$ için $\{1, \dots, n\}$ kümesinin elemanıdır ve farz edelimki $\sum_{i \in S_k} a_i \leq V$ bütün $k = \{1, \dots, n\}$ için. Eğer B minimum değerinde ise, çözüm optimumdur. B-değeri için optimum sonuca ulaşan lineer tam sayıyı programlama modeli aşağıda gösterilmektedir [17].

$$\text{Minimize} \quad B = \sum_{i=1}^n y_i \quad (1)$$

$$\text{S.t.} \quad B \geq 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_j x_{ij} \leq V y_i, \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (3)$$

$$\sum_j a_j x_{ij} = 1, \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (4)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (6)$$

(1) Denkleminin amacı B'yi minimum yapmaktır yani minimum konteyner sayısını bulmaktır. Eşitlik (5) için kullanılan kutu i ise $y_i = 1$ olur ve eşitlik (4) için kutu j konteyner i'ye yerleşirse $x_{ij} = 1$ olur. Bu kutulama algoritmasına İlk uygun yer algoritması uygulanırsa ilk uygun objeler kutuların hacmi dolana kadar yerleşecek ve model şu hale dönecektir [9].

$$\sum_{i=1}^n a_i x_{ij} > \frac{B-1}{2} V, \quad \forall j \in \{1, \dots, n\} \quad (7)$$

Eğer B tane kutumuz varsa en az B-1 tane kutu yarıdan fazladır. Dolayısıyla eşitlik (7) dolurulması gereken kutu miktarını göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Filtre kutularının ilk uygun yerleşme algoritması ile konteynerlere yerleştirilmesi sonucu teorik değerlerden daha optimal bir sonuç elde ettik(bknz. Şekil 3).Python 2.7 programlama diliyle geliştirdiğimiz ilk uygun yer algoritmasına 59 çeşit 630 adet filtre paketi 3039 koli sisteme girmiştir. Bunun sonucunda teorik olarak bulduğumuz değerlerde $\sum_{i=1}^n a_i+(v-1)$ formülü kullanılarak minimum ihtiyaç duyulan konteyner 7 adet olarak bulunmuştur. İlk uygun yer algoritması kullanılarak bu sonucun optimum değerinin 5 adet olduğu Şekil 2'de görülmüştür

```

toplam ağırlık= 1087
min ihtiyaç duyulan kutu =5
{1: 1, 2: 1, 3: 1, 4: 1, 5: 1, 6: 1, 7: 1, 8: 1, 9: 1, 10: 1, 11: 1, 12: 1, 13: 1, 14: 1,
15: 1, 16: 2, 17: 2, 18: 1, 19: 2, 20: 2, 21: 2, 22: 2, 23: 2, 24: 2, 25: 2, 26: 2, 27: 2,
28: 2, 29: 2, 30: 2, 31: 2, 32: 2, 33: 2, 34: 2, 35: 2, 36: 2, 37: 2, 38: 2, 39: 3, 40: 2,
41: 3, 42: 3, 43: 4, 44: 2, 45: 3, 46: 4, 47: 3, 48: 3, 49: 4, 50: 4, 51: 2, 52: 3, 53: 4,
54: 4, 55: 3, 56: 4, 57: 4, 58: 4, 59: 4}
algoritma sonucu min kutu sayısı = 3

```

Şekil 2: Problemin Python 2.7 Programında Optimum Sonuçları

```

toplam ağırlık= 1087
min ihtiyaç duyulan kutu =5
{2: 6, 3: 73, 4: 12, 5: 36, 6: 15, 7: 2, 8: 3, 9: 2, 10: 1, 11: 1, 12: 2, 13: 88, 14: 15,
15: 32, 16: 12, 17: 5, 18: 1, 19: 7, 20: 31, 21: 39, 22: 19, 23: 9, 24: 14, 25: 4, 26: 29,
27: 3, 28: 2, 29: 8, 30: 2, 31: 52, 32: 2, 33: 3, 34: 3, 35: 2, 36: 3, 37: 9, 38: 20, 39:
71, 40: 5, 41: 138, 42: 55, 43: 79, 44: 14, 45: 19, 46: 71, 47: 9, 48: 3, 49: 9, 50: 9,
51: 2, 52: 3, 53: 2, 54: 2, 55: 1, 56: 2, 57: 4, 58: 6, 59: 6} {1: 290, 2: 300, 3: 300, 4:
300, 5: 300, 6: 300, 7: 300, 8: 300, 9: 300, 10: 300}
{3: 73, 4: 12, 5: 36, 6: 15, 7: 2, 8: 3, 9: 2, 10: 1, 11: 1, 12: 2, 13: 88, 14: 15, 15:
32, 16: 12, 17: 5, 18: 1, 19: 7, 20: 31, 21: 39, 22: 19, 23: 9, 24: 14, 25: 4, 26: 29, 27:
3, 28: 2, 29: 8, 30: 2, 31: 52, 32: 2, 33: 3, 34: 3, 35: 2, 36: 3, 37: 9, 38: 20, 39: 71,
40: 5, 41: 138, 42: 55, 43: 79, 44: 14, 45: 19, 46: 71, 47: 9, 48: 3, 49: 9, 50: 9, 51: 2,
52: 3, 53: 2, 54: 2, 55: 1, 56: 2, 57: 4, 58: 6, 59: 6} {1: 284, 2: 300, 3: 300, 4: 300,
5: 300, 6: 300, 7: 300, 8: 300, 9: 300, 10: 300}
{4: 12, 5: 36, 6: 15, 7: 2, 8: 3, 9: 2, 10: 1, 11: 1, 12: 2, 13: 88, 14: 15, 15: 32, 16:
12, 17: 5, 18: 1, 19: 7, 20: 31, 21: 39, 22: 19, 23: 9, 24: 14, 25: 4, 26: 29, 27: 3, 28:
2, 29: 8, 30: 2, 31: 52, 32: 2, 33: 3, 34: 3, 35: 2, 36: 3, 37: 9, 38: 20, 39: 71, 40: 5,
41: 138, 42: 55, 43: 79, 44: 14, 45: 19, 46: 71, 47: 9, 48: 3, 49: 9, 50: 9, 51: 2, 52: 3,
53: 2, 54: 2, 55: 1, 56: 2, 57: 4, 58: 6, 59: 6} {1: 211, 2: 300, 3: 300, 4: 300, 5: 300,
6: 300, 7: 300, 8: 300, 9: 300, 10: 300}
{5: 36, 6: 15, 7: 2, 8: 3, 9: 2, 10: 1, 11: 1, 12: 2, 13: 88, 14: 15, 15: 32, 16: 12, 17:
17,
5, 18: 1, 19: 7, 20: 31, 21: 39, 22: 19, 23: 9, 24: 14, 25: 4, 26: 29, 27: 3, 28: 2, 29:
8, 30: 2, 31: 52, 32: 2, 33: 3, 34: 3, 35: 2, 36: 3, 37: 9, 38: 20, 39: 71, 40: 5, 41:
138, 42: 55, 43: 79, 44: 14, 45: 19, 46: 71, 47: 9, 48: 3, 49: 9, 50: 9, 51: 2, 52: 3, 53:
2, 54: 2, 55: 1, 56: 2, 57: 4, 58: 6, 59: 6} {1: 199, 2: 300, 3: 300, 4: 300, 5: 300, 6:
300, 7: 300, 8: 300, 9: 300, 10: 300}
{6: 15, 7: 2, 8: 3, 9: 2, 10: 1, 11: 1, 12: 2, 13: 88, 14: 15, 15: 32, 16: 12, 17: 5, 18:
1,
19: 7, 20: 31, 21: 39, 22: 19, 23: 9, 24: 14, 25: 4, 26: 29, 27: 3, 28: 2, 29: 8, 30:
2, 31: 52, 32: 2, 33: 3, 34: 3, 35: 2, 36: 3, 37: 9, 38: 20, 39: 71, 40: 5, 41: 138, 42:
55, 43: 79, 44: 14, 45: 19, 46: 71, 47: 9, 48: 3, 49: 9, 50: 9, 51: 2, 52: 3, 53: 2, 54:
2, 55: 1, 56: 2, 57: 4, 58: 6, 59: 6} {1: 163, 2: 300, 3: 300, 4: 300, 5: 300, 6: 300, 7:
300, 8: 300, 9: 300, 10: 300}
{7: 2, 8: 3, 9: 2, 10: 1, 11: 1, 12: 2, 13: 88, 14: 15, 15: 32, 16: 12, 17: 5, 18: 1, 19:
7,
20: 31, 21: 39, 22: 19, 23: 9, 24: 14, 25: 4, 26: 29, 27: 3, 28: 2, 29: 8, 30: 2, 31:
52, 32: 2, 33: 3, 34: 3, 35: 2, 36: 3, 37: 9, 38: 20, 39: 71, 40: 5, 41: 138, 42: 55, 43:
79,
44: 14, 45: 19, 46: 71, 47: 9, 48: 3, 49: 9, 50: 9, 51: 2, 52: 3, 53: 2, 54: 2, 55: 1,
56: 2, 57: 4, 58: 6, 59: 6} {1: 148, 2: 300, 3: 300, 4: 300, 5: 300, 6: 300, 7: 300, 8:
300, 9: 300, 10: 300}

```

Şekil 3: Python 2.7 Programında İlk Uygun Yerleşme Algoritmasının Sonuçları

Çalışmamızın amacı konteyner yükleme problemlerine kutulama algoritmalarını uygulamak ve yükleri konteynerlere sadece kutuların hacimlerini göz önüne alarak dizip optimum konteyner sayısını bulmaktır. Bu çalışmanın sonucunda kutulama problemlerine uygulanan en iyi yer algoritmasının optimum konteyner sayısını verdiğini gördük. İleriki çalışmalarda amacımız bu kutuların konteynerlere uygun bir şekilde yerleştirilmesi için konteyner yükleme algoritmaları uygulamaktır.

KAYNAKÇA

- Araújo, E.J., Chaves, A.A., Salles Neto, L.L., Azevedo A.T. Pareto clustering search applied for 3D container ship loading plan problem. *Expert Systems with Applications*, 2016, 44, 50-57
- Araya, I., Riff, M.C. A beam search approach to the container loading problem. *Computers & Operations Research*. 2014, 43, 100-107
- Bischoff, E.E., Marriott, M.D. A comparative evaluation of heuristics for container loading. *European Journal of Operational Research*. 1990, 44, 267.
- Bortfeldt, A., Wäscher, G. Container loading problems-A state of art review. *European Journal of Operational Research* .2013, 229, 1-20
- Che, C.H., Huang, W., Lim, A., Zhu, W. The multiple container loading cost minimization problem. *European Journal of Operational Research*, 2011, 214, 3, 501-511
- Murat, E., Çancı, M. *Lojistik Yönetimi*. 4 rd ed.; UTIKAD Yayınları, İstanbul, Türkiye
- George J.A., Robinson, D.F. A heuristic for packing boxes into a container. *Computers and Operations Research*, 1980, 7, 147-156.
- Gonçalves, J.F., Resende, M. G. C. A parallel multi-population biased random- key genetic algorithm for a container loading problem. *Computers & Operations Research*, 2012, 39, 179-190
- Ji, M., Guo, W., Zhu, H., Yang, Y. Optimization of loading sequence and rehandling strategy for multi-quay crane operations in container terminals. *Transportation Research Part E*, 2015, 80, 1-19
- Junqueira, L., Morabito, R., Yamashita, D.S. Three-dimensional container loading models with cargo stability and load bearing constraints. *Computers & Operations Research*, 2012, 39, 74-85
- Kang, K., Moon, I., Wang, H., A hybrid genetic algorithm with a new packing strategy for the three-dimensional bin packing problem. *Applied Mathematics and Computation*, 2012, 1287-1299
- Li, X., Zhang, K. A hybrid differential evolution algorithm for multiple container loading problem with heterogeneous containers. *Computers & Industrial Engineering*, 2015, 90, 305-313
- Lim, A., Rodrigues, B, Wang, Y. A multi-faceted buildup algorithm for three-dimensional packing problems. *Omega* ,2003, 31,471-481

- Lim, A., Ma, H., Xu, J., Zhang, X. An iterated construction approach with dynamic prioritization for solving the container loading problems. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39, 4292-4305
- Lim, A., Ma, H., Qiu, C., Zhu, W. The single container loading problem with axle weight constraints. *International Journal of Production Economics*, 2013, 144, 358-369
- Sheng, L., Tan, W., Xu, Z. Liu, X. A tree search algorithm for the container loading problem. *Computers & Industrial Engineering*, 2014, 75, 20-30
- Martello, S., and Toth, P., (1990), "Knapsack problems (PDF)". Chichester, UK: John Wiley and Sons. p. 221. ISBN 0471924202.
- Sheikhalishahi, M., Wallece, R.M., Grandinetti L., Poletti J.L.V., Guerriero, F. A multi-dimensional job scheduling. *Future Generation Computer Systems*, 2016, 75, 123- 131
- Ramos, G.A., Oliveira, J. F., Gonçalves, J.F., Lopes, M.P. Dynamic stability metrics for the container loading problem. *Transportation Research Part C*, 2015, 60, 480-497
- Sheng, L., Hongxia, Z., Xisong, D., Changjian, C., A heuristic algorithm for container loading of pallets with infill boxes. *European Journal of Operational Research*, 2016, 252, 728-736
- Thapatsuwana, P., Pongcharoena, P., Hicks, C., Chainatec, W. Development of a stochastic optimization tool for solving the multiple container packing problems. *International Journal of Production Economics*, 2012, 140, 737-748
- Vazirani, Vijay V. *Approximation Algorithms*. 1 rd ed.; Springer-Verlag Berlin Heidelberg
<http://www.cc.gatech.edu/fac/Vijay.Vazirani/book.pdf> (Özgün eser 2001 tarihli dir).
- Wang, N., Lim, A., Zhu, W. A multi-round partial beam search approach for the single container loading problem with shipment priority. *International Journal of Production Economics*, 2013, 145, 531-540
- Wei, L., Zhu, W., Lim, A. A goal-driven prototype column generation strategy for the multiple container loading cost minimization problems. *European Journal of Operational Research*, 2015, 241, 39-49
- Zhang, D., Peng, Y., Leung, S.C.H. A heuristic block-loading algorithm based on multi-layer search for the container loading problem. *Computers & Operations Research*, 2012, 39, 2267-2276
- Zheng, J., Chien, C., Gen, M., (2015), "Multi-objective multi population biased random-key genetic algorithm for the 3-D container loading problem", *Computers & Industrial Engineering*, Volume 89, Pages 80-87.