



Research Article

Kargoculuk Sektörüne Yönelik Araç İçi Yükleme Optimizasyon Sistemi

Yağmur Özen^{1,*}, Yusuf Memiş^{2,*}, Didem Yalçın^{3,*}, Mehmet S. Aktaş^{4,*}

¹MNG Kargo Ar-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye, Orcid ID: 0000-0002-7624-156X

²MNG Kargo Ar-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye, Orcid ID: 0000-0001-9876-3089

³MNG Kargo Ar-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye, Orcid ID: 0000-0001-9720-9668

⁴Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, Orcid ID: 0000-0001-7908-5067

Sorumlu Yazar: Yağmur Özen email:yozen@mngkargo.com.tr

(First received October 12, 2022 and in final form December 04, 2022)

2nd International Conference on Design, Research and Development
December 14 - 17, 2022

Reference: Özen, Y., Memiş, Y., Yalçın, D., Aktaş M. S. Kargoculuk Sektörüne Yönelik Araç İçi Yükleme Optimizasyon Sistemi. Orclever Proceedings of Research and Development,1(1), 130-141.

Özet

Kargo sektöründeki yoğun operasyon içerisinde aktarmalar arası kargo taşıyan araçların daha optimal kullanılarak; araç içlerinde kullanılmayan âtil alanların minimize edilmesi ve kargo aktarma merkezlerindeki araçların doğru ve verimli bir dizilişle, daha hızlı yola çıkması, aynı zamanda daha fazla kargo taşıyarak hizmet kalitesinin yükseltilmesi önem arz etmektedir.

Bu amaç doğrultusunda, bu araştırma kapsamında, araç içi yükleme optimizasyonu problemi üzerinde çalışılmaktadır. Yine bu araştırma kapsamında, kargo sektörüne yönelik araç yükleme işlemi gerçekleştirildiğinde; araca yerleştirilecek paketlerin, boyutları hesaplanarak; kargo paketlerinin maksimum adete ulaşmasını ve araç içi hacminin minimum olmasını sağlayabilecek, bir optimizasyon metodolojisi önerilmektedir.

Önerilen metodolojinin bir prototip uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen prototip uygulama, kargoculuk sektöründe hizmet veren şirketlere yönelik olarak çalıştırılan araçların, kargo yükleme planlama ve araç içi optimizasyonun yapılmasını sağlayacaktır. Geliştirilen prototip uygulamasının başarısı, bir örnek bir araç yükleme veri seti üzerinde denenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kargoculuk Sektörü, Optimizasyon, Araç İçi Yükleme, Lojistik Sektörü, Araç İçi Yükleme Optimizasyonu



In-Vehicle Loading Optimization System for the Cargo Industry

Abstract

In the intense operation in the cargo sector, by using the vehicles carrying cargo between transits more optimally, it is essential to minimize the unused idle areas inside the vehicles, to set off the vehicles in the cargo transfer centers with a correct and efficient arrangement, faster, and to increase the service quality by carrying more cargo.

For this purpose, the problem of in-vehicle loading optimization is studied within the scope of this research. Again, within the scope of this research, in-vehicle loading optimization for the cargo sector is carried out; by calculating the dimensions of the packages to be placed in the vehicle, An optimization methodology is proposed, which can ensure that the cargo packages reach the maximum number and the interior volume is minimal.

A prototype implementation of the proposed methodology has been developed. The developed prototype application will enable cargo loading planning and in-vehicle optimization of vehicles operated for companies in the cargo sector. The prototype application's success was tested on a sample vehicle loading dataset, and successful results were obtained.

Keywords: Cargo Industry, Optimization, In-Vehicle Loading, Logistics Sector, In-Vehicle Loading Optimization

1. Giriş

Kargo sektöründeki yoğun operasyon içerisinde aktarmalar arası kargo taşıyan araçların, daha optimal kullanılarak; araç içlerinde kullanılmayan atıl alanların, minimize edilmesi ve Aktarma merkezlerindeki araçların doğru ve verimli bir dizilişle daha hızlı yola çıkması, aynı zamanda daha fazla kargo taşıyarak hizmet kalitesinin yükseltilmesi önem arz etmektedir.

Projede kargoculuk alanında optimizasyon çözümleri incelendiğinde; sektördeki çözümlerine yönelik sadece rota optimizasyonuna yoğunlaştığı görülmektedir. Bu proje kapsamında, rota optimizasyonu ürünleriyle entegre edilebilecek bir araç yükleme, planlama ve optimizasyonu yazılımı geliştirilmesi planlanmaktadır.

Kargo sektörü gibi sadece bir noktadan bir noktaya değil, birden fazla noktadan birden fazla noktaya giden araçların, araç içi optimizasyonuna yönelik; bir araç içi yükleme planlama ve optimizasyonu yazılımıyla ihtiyacın karşılanması ile birlikte araç içi yükleme, planlama ve optimizasyonunu en optimum şekilde yaparak, kargo transferindeki maliyetlerin düşürülmesi amaçlanmaktadır.



Bu çalışma kapsamında, kargoculuk sektörüne yönelik araçların optimum bir şekilde yüklenebilmesi için optimizasyonun nasıl gerçekleştirileceği konusunda araştırma yapılmaktadır. Araç yükleme optimizasyonun gerçekleştirilebilmesi için iş sürecinin nasıl gerçekleştirilmesi gerektiği araştırılmaktadır.

Bu kapsamda, optimizasyona konu olan objektif hedef fonksiyonu, hedef fonksiyonunun kısıtları ve hedef fonksiyonunda kullanılacak değişkenler tanımlanmaktadır.

Bu araştırma kapsamında, bir optimizasyon yaklaşımı önerilmektedir. Önerilen yukarıda özetlenen problemi çözebilecek bir iş süreci tanımlanmaktadır. Tanımlanan iş sürecini ortaya koyabilmek için bir prototip uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen bu uygulamada, eldeki veri setini kullanarak başarılı olup olmadığı ortaya konulmuştur.

Bu proje kapsamında kullanıcı dostu, arayüz tasarımları kullanılarak; kargo paketleriyle ilgili karar değişkenlerin (örn: boyut ve ağırlık bilgilerinin) girildiği, karar değişkenlerin sınırlarının belirlenebildiği, kargo paketleriyle ilgili kısıtların girildiği, aracın durumu ile ilgili başlangıç koşullarının girildiği, konfigüre edilebilir bir optimizasyon yazılımı geliştirilmesi, yenilikçi bir ürün ortaya çıkaracaktır.

Araç içindeki yerleşim, aracın iç hacmi, kargoların boyutları ve aracın gideceği rota gibi farklı kısıtlar dikkate alınarak, kargo yükleme planlanması yapılmasına olanak verecek bir yazılım geliştirilecektir. Bu özellikleriyle firmamız için yenilikçi bir ürün olacaktır.

Bu araştırma projesinin çıktısı, kargoculuk ve lojistik şirketlerinin, operasyon kalitesini arttıracak ve müşteri memnuniyetini olumlu yönde etki edecek niteliktedir. Operasyondaki araçların atıl alanları kullanılarak hem maliyet tasarrufu sağlanacak hem de kargo dağıtımı kolaylaşacak ve hızlanacaktır. Bu araştırmanın sunmakta olduğu çözüm kullanılarak; farklı araştırma projelerinin başlatılabilmesine zemin hazırlayacaktır. Örneğin; doluluk oranı gösteren kameraların, çekeceği üç boyutlu fotoğrafların kullanımıyla; araç içi optimizasyonunun araçlar ilgili aktarma merkezlerine ulaşmadan yapılması ya da boş alanı kalan araçların doldurulabilmesi için; ek kargo alımı yapılmasını sağlayacak pazarlama algoritmaları gibi projelere zemin hazırlayabilir. Bu araştırmanın çıktısı, sektörde de rota optimizasyonu yapan firmaların araç içi optimizasyonu ile ilgilenmemesi sebebiyle inhouse geliştirilecek bu yazılım, lisanslanarak diğer firmalara satışı yapılabilir ve entegre edilebilir nitelikte olacaktır. Araçlarda mevcutta boş kalan hacimlerin önlenmesi ile de büyük bir tasarruf beklenmektedir.

Bu bildirinin organizasyon yapısı şu şekildedir. Bölüm 2' de literatür özetimizi sunmaktayız. Bölüm 3' de, bu araştırma kapsamında, araç içi yükleme optimizasyon problemine öneri olarak getirdiğimiz çözüm önerisini açıklamaktayız. Bölüm 4 prototip uygulama detaylarını ve önerdiğimiz çözüm önerisinin, örnek bir veri seti üzerinde uygulamasını aktarmaktayız. Son bölüm de ise, araştırmanın özetini ve gelecekteki çalışmaları vermektir.



2. Literatür Taraması

Literatürdeki mevcut çalışmalar incelendiğinde; araştırmacılar konteyner içi optimizasyon ve konteyner atama problemlerinin çözümüne yönelik algoritmalar geliştirmiştir.

Yirminci yılların ortalarına doğru konteyner taşımacılığının mucidi olarak da bilinen Malcom P. McLean [14], standart yükleme ve indirme tekniklerine farklı bir yaklaşım getirmiştir. Konteynerizasyon ile kargoların tek tek elden geçirilmesi ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Bu durumda gemilerin yükleme ve boşaltma süresini büyük ölçüde azaltarak yük taşıma maliyetinde de önemli bir azalmaya yol açmıştır. Ayrıca güvenilirlik ve kargo hırsızlığının önemli ölçüde durdurulmasını sağlamıştır.

Kang ve arkadaşları [10], konteyner yükleme problemlerinin incelenmesi ve lojistik sektöründe bir uygulama adlı çalışmalarında, çeşitli hacimlerdeki paketleri konteyner içersine optimum şeklinde yerleştirmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada yükleme alanı optimizasyonunda paketlenmiş ürün sayısının en üst seviyeye çıkarmak istenmiştir Üç boyutlu olan kutulama problemini hibrit genetik algoirtma ile çözüm önermişlerdir. Çalışmanın sonuçlarını, literatürde yer alan diğer çözümlerle karşılaştırmış ve performansını incelemişlerdir.

Lim ve arkadaşları [11], üç boyutlu kutulama problemleri için yeni bir sezgisel algoritma olan çok yüzölçü yapılandırma tekniğini geliştirmişlerdir. Deneysel sonuçlar incelenerek algoritmanın yüksek performansı gösterilmiştir.

Li ve Zhang [12], üç boyutlu konteyner yükleme problemlerinin çözümü için öncelikle karma tamsayılı programlama kullanılmıştır. Buna ek olarak, Li ve Zhang [4] novel packing sezgisel stratejisi ile diferansiyel evrim algoritması kullanılarak hibrit bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Araújo ve ark. [2] 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.

Sheng vd. [17] 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 [3], 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 [4], 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 algoritmadan 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 önceki çalışmaların performanslarına yakın olduğu gözlemlenmiştir fakat Bischoff ve Ratcliff (BR) test problemlerinin çözümü için ortaya konan önceki çalışmaların performanslarının altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Gehring ve Bortfeldt [6], 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 [7], 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 T. Yigit, M. Aydemir, Paket Döndürmeksizin Genetik Algoritma Kullanarak Konteyner Yükleme Problemi Optimizasyonu 23 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 [8], 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 [1], 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 [5], 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. [16], 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 [9], 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 [15], 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 metasezgiselle daha iyi çözümlerin oluşturulduğu gözlemlenmiştir.

3. Önerilen Optimizasyon Problemi Çözümü

Bu araştırma kapsamında, kargo sektörü gibi sadece bir noktadan bir noktaya değil, birden fazla noktadan birden fazla noktaya giden araçların, araç içi optimizasyon problemi üzerinde çalışılmaktadır. Bu kapsamda araç içi yükleme planlama ve optimizasyonunun en optimum bir şekilde yapılabilmesinin nasıl olabileceği konusunda araştırma yapılmaktadır.

Bu araştırma kapsamında, araç içi yükleme problemi bir optimazyon problemi olarak kurgulanmış ve probleme bir çözüm önerisi sunulmuştur. Bu kapsamda, optimizasyon probleminin; a) Hedef fonksiyonu (objective function), b) optimizasyon algoritması, d) optimizasyon karar değişkenleri (decision variables), e) optimizasyon kısıtları (constraints), f) başlangıç koşulları (initial conditions), g) karar değişkenlerinin sınırları (boundaries) belirlenmiştir.

Önerilen optimazyon çözüm fonksiyonu araca hangi kargo paketlerinin, hangi sırayla konulması gerektiği konusunda çözüm üretecek bir şekilde kurgulanmaktadır. Bu kapsamda, yüklenecek



kutunun desî bilgisinin yanında; dikdörtgen, kare, oval vb. şekil verisi, optimizasyonda kullanılacak karar değişkenleri olabilecektir. Yine bu kapsamda, transferleri yapılacak kargolar için tanımlanabilecek kısıtlamalar (kargonun ulaşma süresi vb.) olabilecektir. Önerilen çözüm; araca yerleştirilecek kargo paketlerinin desî verilerine göre sıralandırılması da sağlanacaktır. Araç içinin dip, orta ve indirmeye en uygun olan noktası olarak 3 segmente ayrılacağı düşünülerek bir paketinin araçta nereye yerleştirilmesi gerektiğine yönelik sonuçlarda oluşturulacaktır. Bu amaçla yukarıda açıkladığımız optimizasyon probleminin çözümü için önerdiğimiz yaklaşım aşağıda verilmektedir.

Optimizasyon Fonksiyonu Başlangıç koşulları:

Başlangıç Koşulu-1: Atıl alanı minimize edilmek istenen araç; henüz yükleme başlamadan önce, içi (toplam hacmi) boş kabul edilmektedir.

Başlangıç Koşulu -2: Araca yüklenecek kargo, önceden hacmi ve büyüklüğü bilinen kargo kutularına konularak, araca yüklenmektedir. Bilinen kargo kutuları dışında araca başka bir kargo yüklenmemektedir.

Başlangıç Koşulu -3: Araç içi hacim büyüklüğü, yüklenecek kargoların sayısı ve büyüklükleri, araç yükleme öncesi bilinmektedir.

Hedef Fonksiyonu: Optimizasyon fonksiyonunun minimize edilmesi

Optimizasyon karar değişkenleri ve Kargo hacim toplamı için değişkenler = $x_1, x_2, \dots, x_N$

Optimizasyon Fonksiyonu: $\text{Boş_alan} = \text{Araç_Hacmi} - (\text{Kargo hacim toplamı})$

Kargo hacim toplamı = $w_1 \cdot x_1 + \dots + w_N \cdot x_N$

Optimizasyon Fonksiyonu: $\text{Boş_alan} = \text{Araç_Hacmi} - (w_1 \cdot x_1 + \dots + w_5 \cdot x_5)$

Karar değişkenleri sınırları: $\text{Araç_Hacmi} = 5000 \text{ cm}^3$

Optimizasyon kısıtları , $w_1, w_2 > 0; w_3 < 3$

4. Önerilen Optimizasyon Çözümünün Örnek Veri Seti Üzerinde Değerlendirilmesi

Yukarıdaki bölümde detaylarını sunduğumuz optimizasyon çözümü yaklaşımını, örnek veri seti üzerinde uygulayarak; optimizasyon çözümünün başarılı araç içi kargo yükleme yapıp yapmadığı incelenmiştir. Bu kapsamda kullanılan veriler aşağıdaki gibidir.

Örnek veri seti detayları: 1) 4 adet farklı depolama alanına sahip konteyner. 4 adet depolama alanı (hacim) bilgileri: 7000,6000,5000,4000. 2) 5 adet farklı kategoride kargo paket büyüklüğü. Kargo paket hacim büyüklük kategorileri: 250; 100; 50; 25; 10; 3) Kategorilere ayrılan kargo paketlerinin sayıları biliniyor. Kargo paket hacim kategorilerindeki kargo paket sayıları, sırasıyla; 80; 150; 350; 733; 666. 4) Her paket kategorisinin taşıma önceliği eklenmektedir. Kargo paket hacim kategorileri için taşıma önceliği için önem oranı (%), sırasıyla; 100; 99; 97; 95; 96.

Veri setindeki değerleri, optimizasyon problemine çözüm için sunduğumuz önerimizde uyguladığımızda elde ettiğimiz optimizasyon problem çözümü aşağıdaki gibidir.



Hedef Fonksiyonu: Optimizasyon fonksiyonunun minimize edilmesi

5 farklı optimizasyon karar değişkeni = $x_1, x_2, \dots, x_5$

5 farklı kargo için kargo hacim toplamı = $w_1 \cdot x_1 + \dots + w_5 \cdot x_5$

Optimizasyon Fonksiyonu: Boş_alan = Araç_Hacmi – ($w_1 \cdot x_1 + \dots + w_5 \cdot x_5$)

Karar değişkenleri sınırları: Araç_Hacim_Seçenekleri 1) 40000cm³; 2) 50000cm³; 3) 60000cm³

Optimizasyon kısıtları: $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 > 0$; (Yüklenecek kargo sayısı, her bir kategori için en az 1 olmalı)

Yukarıda detaylarını sıraladığımız optimizasyon problem çözümünü bir optimizasyon kütüphanesi kullanarak gerçekleştiriyoruz. Optimizasyon paketi olarak OSQP [14] kütüphanesinin kullanılması planlanmaktadır.

Optimizasyon Çözümünün Uygulanması:

Hedeflenen çözüm önem derecesine göre sıralanan paket kategorilerinin; 4'lü varyasyonlarının, öncelikle önem oranı gözetilerek en uygun hacimdeki konteynera yerleştirilmesidir. Her 4'lü paket tipi varyasyon denemesinde, önem derecesi en yüksek olan 2 kategori yerleştirme için sabit kalmaktadır. Diğer 3. ve 4. kategoriler aşağıya doğru konteyner hacmine en uygun olması hedefiyle çözüm bulunana kadar denenmektedir. Çözüm tekrarlandıkça kategorik paket sayısı ve konteyner sayısı azalmaktadır. Önem derecesine göre küçük konteyner önceliği gözetilerek paketlerin yerleştirilmesi hedeflenmektedir. 4 bilinmeyenli değişkenle başlayan problem, 4X4 matris olacak şekildedir. Yerleştirmesi uygun bulunan öncelik seviyesi yüksek her paket optimizasyonunda problem güncellenmektedir.

Table 1 Konteyner Hacim Bilgileri

Konteyner Hacimleri	40000	50000	60000	70000
---------------------	-------	-------	-------	-------

Tablo 2 Örnek Optimizasyon Problemi Veri Seti

Örneklem	Önem Oranı	Kargo Hacmi (en*boy*yükseklik)	Mevcut Kargo Adeti		Optimizasyon Sonrası Yüklenabilir Adet Sayısı
1.	100	250	80	80	
2.	99	100	150	150	
3.	97	50	350	350	
4.	96	10	666	666	
5.	95	25	733	733	



Adım-1: Verilerin Optimizasyon Fonksiyonuna Uygulanması

ToplamHacim = Küçük hacim öncelikli sırayla denenen konteyner hacimleri değeri.

Alan1 = (toplamHacim - (adetD * hacimD)) / 4

Adım-2: Önem sırasına göre matrisin güncellenmesi

[(100, 250, 80, 80, 80), (99, 100, 150, 150, 150), (98, 10, 666, 666, 666), (97, 50, 350, 350, 350)]

[(Oran, Hacim, Adet, Hedeflenen Yerleştirme Adeti), (), (), ()]

A = [[MATRIX[3][1], 0, 0, 0], [0, MATRIX[2][1], 0, 0], [0, 0, MATRIX[1][1], 0], [0, 0, 0, MATRIX[0][1]]]

AA2 = [[MATRIX[3][1], MATRIX[2][1], MATRIX[1][1], MATRIX[0][1], [MATRIX[3][1], MATRIX[2][1], MATRIX[1][1], 0], [MATRIX[3][1], MATRIX[2][1], 0, 0], [MATRIX[3][1], 0, 0, 0]]

P = sparse.csc_matrix(A)

q = np.array([1, 1, 1, 1])

A = sparse.csc_matrix(AA2)

l = np.array([Alan1, Alan1 -(toplamHacim/4),

Alan1 -(toplamHacim/4), Alan1 -(toplamHacim/4)])

u = np.array([toplamHacim, toplamHacim, toplamHacim, toplamHacim])

Adım-3: Matrisin Boyutunun Düşürülmesiyle, Optimizasyon Çözümünün Güncellenmiş

Matris Boyutunda Uygulanması: İşlem sonrasında taşıma önceliği en yüksek olan kategorik hacim örneği yerleştirilmekte ve kalan hacim hesaplanmaktadır. Matris yerleştirilen üründen sonra 3X3 olarak güncellenir ve işlem tekrarlanır.

B = [[MATRIX[3][1], 0, 0], [0, MATRIX[2][1], 0], [0, 0, MATRIX[1][1]]]

BB2 = [[MATRIX[3][1], MATRIX[2][1], MATRIX[1][1], [MATRIX[3][1], MATRIX[2][1], 0], [MATRIX[3][1], 0, 0]]

P_new = sparse.csc_matrix(B)

q_new = np.array([1, 1, 1])

A_new = sparse.csc_matrix(BB2)

```
l_new = np.array([Alan2, Alan2- (toplamHacim/4), Alan2-(toplamHacim/4)])
```

```
u_new = np.array([toplam1KALAN_ALAN, toplam1KALAN_ALAN,  
toplam1KALAN_ALAN])
```

Adım-4: Matris Boyutu En Küçük Olan Seçilerek, Optimizasyon Çözümünün Seçilen Yeni Matris Boyutunda Uygulanması: Matrix 2X2 ve 1X1 olarak güncellenerek. En küçük hacme sahip konteynera yerleştirilmeye çalışılır. Hesaplanan kargo paketlerinin toplam hacimi konteynerden büyük bir değere ulaştıkça, konteyner hacmi bir aşama büyük olanının denenmesi ile işlem tekrarlanır.

Adım-5: Seçilen Kargo Paketlerinin Hacmi ve Konteyner'in Hacminden Küçük Olduğunda Önem Derecesi Değişmesiyle, Optimizasyon Çözümünün Yeni Matris Boyutunda Uygulanması: Toplam 4 kategorik paketin hacmi, konteynerden küçük olursa; önem oranı derecesine göre 3. sıradaki paket türü 5. ile değiştirilir. Uygun paket hacmi toplamına ulaşana kadar, optimizasyon işlemi tekrarlanır.

Tablo 3 Optimizasyon Çözümü Sonuçları

Örnekleme	Önem Oranı	Kargo Hacmi (en*boy*yükseklik)	Mevcut Kargo Adeti	Optimizasyon Sonrası Yüklenebilir Adet Sayısı
1.	100	250	80	80
2.	99	100	150	150
3.	97	50	350	Başka konteynerde denenecek ilk paket türü
4.	96	10	666	666
5.	95	25	733	733
Toplam Araç içi Hacim = 59985 < Uygun Konteyner = 60000				

5. Sonuçlar ve Gelecekteki Çalışmalar

Bu araştırma kapsamında, kargoculuk sektörüne yönelik araç içi yükleme optimizasyonu problemi üzerinde çalışılmıştır. Bu kapsamda, araca yerleştirilecek paketlerin, boyutları hesaplanarak; kargo paketlerinin maksimum adete ulaşmasını ve araç içi hacminin minimum olmasını sağlayabilecek, bir optimizasyon metodolojisi önerilmiştir. Yine bu kapsamda, önerilen metodolojinin bir prototip uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen prototip uygulama, kargoculuk sektöründe hizmet veren şirketlere yönelik olarak çalıştırılan araçların, kargo yükleme planlama ve araç içi optimizasyonun yapılmasını sağlayabilmektedir. Araştırma



kapsamında, geliştirilen prototip uygulamasının başarısı, bir örnek veri seti üzerinde denenmiş ve önerilen yöntemle başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Gelecekteki çalışmalar arasında, önerilen metodoloji kapsamındaki kısıt fonksiyonlarının, gerçek hayat araç yükleme probleminde yaşanan complex durumları yansıtacak şekilde, çeşitlendirilmesi ve artırılması bulunmaktadır.

Teşekkür

MNG Kargo Ar-Ge Merkezine, bu çalışmanın gerçekleşmesi için sundukları bilgisayar ve hesaplama ortamı ve veri setleri için, yazarlar teşekkürlerini sunmaktadır.

Kaynakça:

- [1] Albayrak, E., 2013. İki Boyutlu Dikdörtgen Şekilli Stok Kesme Problemleri için Sezgisel Metasezgisel Algoritma ve Yazılım Geliştirme. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Balıkesir
- [2] Araújo, E.J., Chaves, A.A., Salles Neto, L.L., Azevedo A.T., 2016. Pareto clustering search applied for 3D container ship loading plan problem. Expert Systems with Applications, 44, 50-57
- [3] Daş, G.S., 2010. Solving the 3D Container Loading Problem with Metaheuristics. Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 121s, Gaziantep.
- [4] Dereli, T., Daş, G.S., 2010. Konteyner Yükleme Problemleri için Karınca Koloni Optimizasyonu Yaklaşımı. Gazi Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(4), 881-894.
- [5] 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.
- [6] Gehring, H., Bortfeldt, A., 1997. A Genetic Algorithm for Solving the Container Loading Problem. International Transactions in Operational Research 4, 401-418.
- [7] Gehring, H., Bortfeldt, A., 2001. A Hybrid Genetic Algorithm for the Container Loading Problem.
- [8] Gehring, H., Bortfeldt, A., 2002. A Parallel Genetic Algorithm for Solving the Container Loading Problem. International Transactions in Operational Research 9, 497-511.
- [9] George, J.A., Robinson, D.F., 1980. A Heuristic for Packing Boxes Into a Container. Computers & Operational Research 7, 147-156.
- [10] Kang, K., Moon, I., ve 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)
- [11] Lim, A., Rodriguesb, B, Wang, Y. A multi-faced buildup algorithm for three-dimensional packing problems. Omega ,2003, 31,471-481
- [12] Li, X., Zhang, K. A hybrid differential evolution algorithm for multiple container loading problem with heterogeneous containers. Computers & Industrial Engineering, 2015, 90, 305-313
- [13] North Carolina History Project, (2022), Malcom P. McLean (1913 – 2001), North Carolina History, <https://northcarolinahistory.org/encyclopedia/malcom-p-mclean-1913-2001> adresinden alındı
- [14] OSQP (2022) – OSQP Document, University Of Oxford, <https://osqp.org/docs>, adresinden alındı



- [15] Özsüt, Z., 2015. Konteyner Yükleme Problemleri için Matematiksel Modeller ve Çözüm Yöntemleri. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Eskişehir
- [16] 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.
- [17] 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