

ÜÇ BOYUTLU PAKETLEME PROBLEMLERİNE ANALİTİK YAKLAŞIMLAR

Türkey Dereli, Adil Baykasođlu, G. Sena Dař, Tolunay Göçken
Gaziantep Üniversitesi, Endüstri Mühendisliđi Bölümü, 27310, Gaziantep

Özet: Özellikle ihracatla ve taşımacılıkla uğraşan firmalar için bir aracın kapasitesinden en iyi şekilde faydalanmak ve kullanılan araç sayısını azaltmak çok önemlidir. Daha düşük enerji ve maliyetle, bir seferde daha çok ürünü nakliye etmek için ürünler optimum veya optimuma yakın bir şekilde paketlenmelidirler. Farklı veya aynı boyuttaki bir çok paketin daha büyük bir kap (konteynır, palet vs.) içerisine en iyi şekilde yerleştirilmesini sağlayacak bir yerleşim planının bulunmasını hedefleyen eniyileme problemleri **paketleme problemi** olarak adlandırılır. Değişik varsayımlarla ve kısıtlarla ele alınan bu problemlerin ortak amacı, kapta kullanılan hacmin en iyilenmesi ve böylece fire hacmin en azlanmasıdır. **Paketleme problemleri** bir boyutlu, iki ve üç boyutlu paketleme problemleri olmak üzere sınıflandırılabilirler. Bu çalışmada ele alınan **üç boyutlu paketleme problemlerine** örnek olarak, bir konteynıra kutuların paketlenmesi veya bir kamyonu paletlerin yüklenmesi problemleri gösterilebilir. Endüstride karşılaşılan uygulamalar paketleme ve yükleme problemlerinin bir çok değişik şeklini gündeme getirmiştir. Bu çalışmadaki amaç, bu problemleri çözmek için geliştirilen mevcut analitik yaklaşımları analiz etmek, bu problemleri modellerken göz önünde bulundurulması gereken faktörleri irdelemek ve literatürdeki açık çalışma alanlarını tespit etmektir.

Anahtar Kelimeler: Üç Boyutlu Paketleme Problemleri, Matematiksel Modelleme, Sezgiseller

ANALYTICAL APPROACHES TO THREE DIMENSIONAL PACKING PROBLEMS

Abstract: Utilizing a vehicle's capacity in the best possible way and minimizing the number of vehicles that will be used is very important for companies especially for exporting ones. To transport more goods with less energy and low cost, goods should be packed optimally or at least near optimally. Optimization problems that aims to find a packing pattern to arrange items that are identical or different in size to larger containing objects in the best way are called **packing problems**. The common goal of these problems that are handled under different assumptions and constraints is to optimize the volume utilization of the containing object and hence minimize the wasted volume. **Packing problems** can be classified as one-dimensional, two and three dimensional problems. In this study loading a container with a set of boxes and loading pallets to a truck is given as an example to the three dimensional packing problems. Many different kinds of packing and loading problems have risen from the applications encountered in the industry. The goal of this study is to analyze the current analytic approaches developed to solve these problems, to discuss the necessary factors that should be keep in mind when modeling these problems and to determine the open research areas in the literature.

Keywords: Three Dimensional Packing Problems, Mathematical Modeling, Heuristics

1. Giriř

Özellikle ihracatla ve taşımacılıkla uğraşan firmalar için bir aracın kapasitesinden en iyi şekilde faydalanmak ve kullanılan araç sayısını azaltmak çok önemlidir. Daha düşük enerji ve daha az bir maliyetle, bir seferde daha çok ürünü nakliye etmek için ürünler optimum veya optimuma yakın bir şekilde paketlenmelidirler. Bir çok çeşidi olan bu problem literatürde **paketleme problemleri** olarak adlandırılırlar.

Paketleme problemleri, farklı veya aynı boyuttaki bir çok paketin daha büyük bir kap (konteynır, palet vs.) içerisine en iyi şekilde yerleştirilmesini sağlayacak bir yerleşim planının bulunmasını hedefleyen eniyileme problemleridir. Değişik varsayımlarla ve kısıtlarla ele alınan bu problemlerin ortak amacı, kapta kullanılan hacmin en iyilenmesi ve böylece fire hacmin en azlanmasıdır.

Paketleme problemleri bir boyutlu, iki ve üç boyutlu paketleme problemleri olmak üzere sınıflandırılabilirler. Tek boyutlu paketleme probleminde amaç, n elemanlı bir kümeyi (örneğin, ağırlık değerleri kümesi) her birinin değerini W ' yi (verilen kapasite değerini) aşmayacak minimum sayıda küme bölmeğidir. Mesela, elimizde bir çok CD'den oluşan bir şarkı koleksiyonu olsun. Bu şarkıları belirli uzunluktaki kasetlere minimum sayıda kaset kullanarak kopyalamak için aslında tek boyutlu

paketleme problemini çözmemiz gerekir. İki boyutlu paketleme problemi ise tek boyutlu paketleme probleminin uzantısıdır. Bu problemde paketlenen her cismin eni ve boyu dikkate alınmalıdır. Üç boyutlu paketleme problemlerinde ise amaç, bir grup cismin minimum sayıda konteynır kullanarak etkin şekilde paketlemektir. Bu problemlerin iki boyutlu paketleme problemlerinden farkı cismin yüksekliğinin de göz önünde bulundurulmasıdır. Örnek vermek gerekirse, konteynır yükleme problemleri üç boyutlu paketleme problemleridir.

2. Üç Boyutlu Paketleme Problemleri

Endüstride karşılaşılan uygulamalar paketleme ve yükleme problemlerinin bir çok değişik şeklini gündeme getirmiştir. Bu problemlerden bazıları aşağıda tanımlanmıştır.

- **Konteynır Yükleme Problemleri** - Tüm kutular (box) yüksekliği sonsuz kabul edilen tek bir taşıma kutusuna (bin) yüklenmelidir. Bu problemde amaç, doldurulmuş taşıma kutusunun (bin) yüksekliğini minimize edecek uygun bir çözümün bulunmasıdır (Martello v.d., 1997).
- **Taşıma Kutusu Konteynır Yükleme Problemleri** - Taşıma kutusuna her bir kutuyu yüklemenin farklı bir karı vardır ve amaç boyutları belli bir taşıma kutusuna karı maksimum yapacak kutuları paketlemektir (Fareo v.d., 1999).
- **Minimum Derinlikli Konteynır Yükleme Problemleri** - Amaç, boyu ve yüksekliği sabit fakat derinliği değişken bir taşıma kutusuna, derinliği minimize edecek şekilde tüm kutuların paketlenmesidir (Fareo v.d., 1999).
- **Palet Paketleme Problemleri** - İki tip palet paketleme problemi vardır. Biri **Üretici' nin Palet Paketleme Problemi**, diğeri ise **Dağıtıcı' nın Palet Paketleme Problemidir**. Üretici' nin Palet Paketleme Probleminde amaç aynı boyutlardaki dikdörtgen kutuların dikdörtgen şeklindeki bir palete yüklenebilmesi için optimum bir yerleşim bulunması, Dağıtıcı' nın Palet Paketleme Probleminde ise değişik boyutlardaki kutuların mümkün olan en az sayıdaki palete yüklenmesidir.
- **Kutu Paketleme Problemleri** - Tüm paketler, belli büyüklükteki taşıma kutularına paketlenmelidirler. Amaç, probleme minimum sayıda taşıma kutusu kullanarak bir çözüm bulmaktır. Kutular aynı veya farklı boyutlarda olabilirler (Martello v.d., 1997).

Paketleme problemleri zordur ve karmaşıklıkları eleman sayısı ile (kutu sayısı ile) beraber artar (Lai ve Chan, 1996). Literatürde üç boyutlu paketleme problemleri **NP-hard** problemler sınıfındadır (Martello v.d., 1997, Baltacıoğlu, 2001). Başka bir deyişle, genellikle geleneksel programlama teknikleriyle bu problemlere makul bir zamanda optimum çözüm bulmak mümkün değildir.

Bu nedenle paketleme problemleri, yöneylem araştırması ve lojistik literatüründe yoğun ilgi görmüştür. Problemi çözmek için değişik veri yapıları (Brunetta v.d.) ve Genetik Algoritmalar, Tavlama Benzetimi gibi meta-sezgiselleri kullanan (Lai v.d., 1996, Gehring v.d., 1997, Hopper v.d., 1997, Leung v.d., 2001) bir çok yöntem önerilmiştir. Bunun yanında sezgisel bir çok algoritma (Fareo v.d., 1999, Scheithauer v.d., 1996) geliştirilmiştir. Fakat bu tekniklerin çoğu hala gelişim aşamasındadır.

Üç boyutlu paketleme problemlerine bir çok farklı kısıtın varlığında altında çözümler önerilmektedir. Bu kısıtlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Paketleme konteynır/büyük kabın sınırlarını aşmayacak şekilde yapılmalıdır.
- Paketlemenin yapılacağı büyük kap (konteynır, palet, vb.) ve paketlenen cisimler (kutular) aynı boyutta veya farklı boyutlarda olabilirler.
- Paketleme esnasında cisimler döndürülerek veya döndürülmeden paketlenabilirler.
- Paketlenen cisimler farklı ağırlıklarda olabilirler.
- Bir konteynıra/büyük kaba bir sipariş veya birden fazla sipariş yüklenebilir.
- Taşıma kutusu içi yük dağılımı dikkate alınmalıdır gibi.

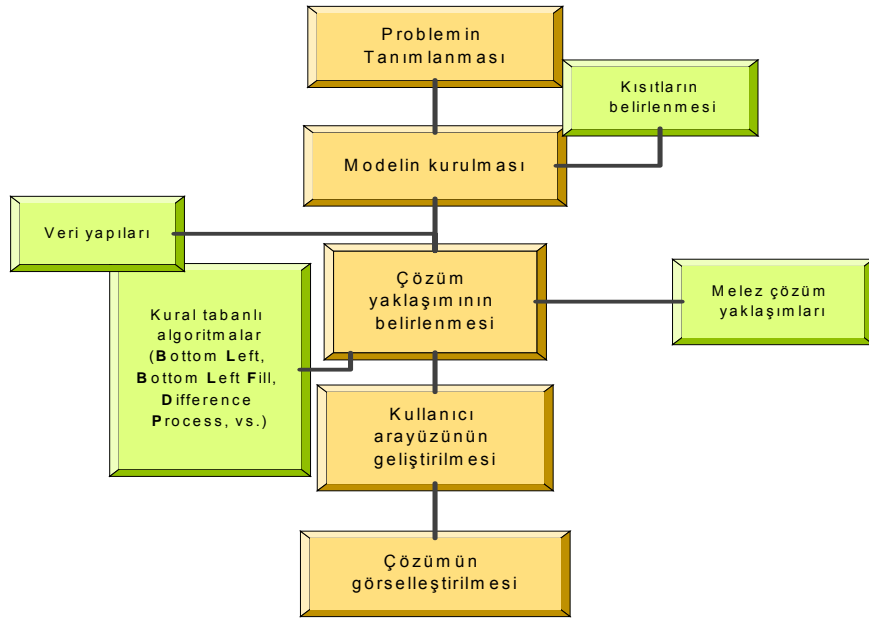
Görüldüğü gibi bir çok paketten oluşan bir siparişin konteynıra yüklenmesi veya paletlere paketlenmesi çok karmaşık bir süreçtir. Bazı durumlarda bu paketleri konteynırlara atayıp daha sonra bu paketleri konteynıra yerleştirmek bile günler sürebilir. Hatta paketlerin daha verimli bir şekilde yerleştirilebileceğinin düşünüldüğü durumlarda bu süreç konteynırın boşaltılması ve paketlerin farklı bir şekilde yeniden yüklenmesi yüzünden iyice uzayabilir. Bu haliyle paketleme zaman alıcı, maliyetli ve emek yoğun bir süreçtir. Bu noktada, yukarıda belirtilen kısıtlara ek olarak gerçek hayatta karşılaşılan kısıtları da göz önüne alan ve optimum yada optimuma-yakın paket yerleşim planları oluşturulan bir karar destek sisteminin gerekliliği ortaya çıkar.

3. Üç Boyutlu Paketleme Problemleri için bir Karar Destek Sistemi

Karar Destek Sistemleri, kompleks karar verme ve problem çözme için kullanılan bilgisayar teknolojileri çözümleridir (Shim v.d., 2002). Bir optimizasyon problemine en iyi çözümü

bulmak amacıyla oluşturulan karar destek sistemleri üç aşamalıdır. İlk aşama olan *Formülasyon* aşamasında problemin genel bir modeli oluşturulur. *Çözüm* aşamasında ise geliştirilen modeli çözecek bir algoritma önerilir. Son aşama olan *Analiz* aşamasında ise en genel anlamıyla elde edilen çözüm yorumlanır.

Üç boyutlu paketleme problemleri için bir karar destek sistemi geliştirmek için önce problemin tanımlanması gerekmektedir. Daha sonra model kurulacaktır. Bu aşamada mutlaka yapılması gereken işlerden biri endüstrideki mevcut uygulamaların gözlenmesi ve modele dahil edilecek ek kısıtların belirlenmesidir. Model kurulduktan sonra uygun bir çözüm algoritması önerilecektir. Bu algoritma veri yapılarını, paketleme problemleri için geliştirilmiş kural tabanlı algoritmaları veya kural tabanlı algoritmalar ile sezgisel algoritmaların birlikte kullanılmasıyla elde edilen melez algoritmaları içerebilir. Problemin yapısına uygun, hızlı ve kaliteli sonuçlar veren bir algoritmanın önerilmesinden sonra yapılacak iş kullanıcı arayüzünün geliştirilmesi ve elde sonuçların yorumlanmasıdır. Bu süreç Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Karar destek sistemini geliştirme süreci

4. Sonuç

Dünya pazardaki rekabetin ve uluslararası ticaretin her geçen gün arttığı günümüzde, taşımacılık maliyetleri çok kritik bir unsur haline gelmiştir. Özellikle ihracatla ve taşımacılıkla uğraşan firmalar için bir aracın kapasitesinden en iyi şekilde faydalanmak ve kullanılan araç sayısını azaltmak çok önemlidir. Daha düşük enerji ve maliyetle, bir seferde daha çok ürünü nakliye etmek için ürünler optimum veya optimuma yakın bir şekilde paketlenmelidirler. Bunun yanında paketleme zaman alıcı, maliyetli ve emek yoğun bir süreçtir. Dolayısıyla bir çok kısıtın varlığında çözülmesi gereken bu problemi çözecek farklı yaklaşımlara ihtiyaç vardır. 2. bölümde bahsedilen kısıtlara ek olarak gerçek hayatta karşılaşılan kısıtları da göz önüne alan ve optimum yada optimuma-yakın paket yerleşim planları oluşturulan bir karar destek sisteminin varlığı karar vericilerin sağlıklı kararlar vermelerini sağlayacaktır. Yürütülmekte olan mevcut çalışmada çok boyutlu paketleme problemleri için bir analitik modele dayanan karar destek sistemi geliştirilmeye çalışılacaktır.

Kaynaklar

- Baltacıoğlu E.**, “The distributor’s three-dimensional pallet-packing problem: a human intelligence –based heuristic approach”, PhD. Dissertation, Department of Air Force Air University, March 2001.
- Bowersox D.J., Closs D. J., Cooper M.B.**, “Supply Chain Logistics Management“, McGrawHill, 2002.
- Brunetta L., Gre’goire P.**, “A general purpose algorithm for three-dimensional packing”.
- Chien C.F., Deng J.F.**, “A container packing support system for determining and visualizing container packing patterns”, Decision Support Systems, Vol. 37:1, 23-34, 2004.

Fareo O., Pisinger D., Zachriassen M., “*Guided local search for the three-dimensional bin packing problem*”, Technical Report 99-13, Dept. of Computer Science, University of Copenhagen, 1999.

Gehring H., Bortfeldt A., “*A genetic algorithm for solving the container loading problem*”, Int. Trans. Opl. Res., Vol.4, No.5/6, 1997.

Harrison A., van Hoek R., “*Logistics Management and Strategy*”, Prentice Hall, 2002.

Hopper E., Turton B.C.H., “*A genetic algorithm for a 2D industrial packing problem*”, Computers and Industrial Engineering, Vol.37, 375-378, 1997.

Hopper E., Turton B.C.H., “*An empirical investigation of meta-heuristic and heuristic algorithms for a 2D packing problem*”, European Journal of Operational Research, Vol.128, 34-57, 2001.

Jakobs S., “*On genetic algorithms for the packing of polygons*”, European Journal of OR, Vol. 88, 165-181, 1996.

Lai K.K., Chan J.W.M. “*Developing a Simulated Annealing Algorithm for the cutting stock problem*”, Computers ind. Engng, Vol. 32, No.1, 115-127, 1996.

Leung T.W., Yung C.H., Troutt M.D., “*Applications of genetic search and simulated annealing to the two-dimensional non-guillotine cutting stock problems*”, Computers and Industrial Engineering, Vol.40, 201-214, 2001

Martello S., Pisinger D., Vigo D., “*Three dimensional bin packing problem*”, Technical Report DEIS-OR-97-6, 1997.

Scheithauer G., Terno J., “*A heuristic approach for solving the multi-pallet packing problem*”, Working paper May 1996, Dresden University of Technology.
www.hlfreght.com/cargo-frameset.html

Shim, J.P., Warkentin, M., Courtney, J.F., Power, D.J., Sharda, R., Carlsson, C., “*Past, present, and future of decision support technology*”, Decision Support Systems, Vol.33, 111-126, 2002.

Wood D.F., Barone A. P., Murphy P.R., Wardlow D.L., “*International Logistics*”, AMACOM, 2002.

Verweij B., “*Multiple destination bin packing*”, 1996.