Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 2, 2019 ARAŞTIRMA

DOI: 10.17482/uumfd.465742

ARAÇ BAGAJ HACMİNİN HESAPLANMASI İÇİN BİR ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ

İbrahim Halil DEMİR[*]
Necmettin KAYA[**]

Alınma: 30.09.2018 ; düzeltme: 30.11.2018 ; kabul: 22.07.2019

Öz: Bu makalede, binek ve ticari araçların bagaj hacimlerinin uluslararası standartlara göre hesaplanabilmesi için bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımı içerisinde çalışan bir yerleşim algoritması geliştirilmiş, algoritma kodlanarak örnek modeller üzerinde uygulanmıştır. Dış yüzeyleri ve iç yüzeyleri verilen bagaj geometrik modeli üzerinde, ISO 3832 ve DIN 70020 standartlarında yer alan yöntem referans alınarak bagaj içine konulan hacimsel blokların dik yerleşim düzenlerine göre dizilmesi geliştirilen algoritma ile gerçekleştirilmiş, maksimum sayıda bloğun sığdığı durum bagaj hacmi olarak belirlenmiştir. Bu sayede, yeni araç tasarım sürecinde zaman ve maliyet açısından önemli kazanımlar söz konusu olacak, mevcut durumda fiziksel ortamda manuel olarak yapılan ve zaman alan testler, araç tasarım sürecinde CAD ortamında daha kısa sürede gerçekleştirilebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Araç bagaj hacmi, DIN 70020, ISO 3832

Developing An Algorithm For Calculation Of Vehicle Trunk Volume

Abstract: In this study, an algorithm was developed to calculate the trunk volumes of vehicles according to international standards. The algorithm was coded inside the CAD model and applied to the example models. Standard blocks are arranged orthogonally inside a given outer and inner surfaces of trunk volume according to ISO 3832 and DIN 70020 standards using the developed algorithm. The maximum number of blocks is set as trunk volume. Therefore, there will be significant gains regarding time and cost in the new vehicle design process. In the current situation, the manual and time-consuming tests in the physical environment can be performed in the CAD environment during the vehicle design process in a shorter time.

Keywords: Trunk volume, DIN 70020, ISO 3832

1. GİRİŞ

Müşterilerin araç alımında önemli seçim kıstaslarından birisi olan bagaj hacmi, hacmi çevreleyen yüzeylerden oluşan kapalı geometrik hacimden değil, uluslararası standartlarda tanımlanan yöntemler ile hesaplanıp araç kataloglarında litre biriminde belirtilmektedir. Bu standart yöntemler temelde bagaj içine belli büyüklüklerde blok yapıların yerleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Mevcut durumda araç üreticileri bu işlemi fiziksel bagaj üzerinde, standart blokları bagaj içine el ile sığdırmak suretiyle ya da CAD modeli üzerinde operatör tarafından bloklar montaj ortamında tek tek yerleştirilmektedir. Bu çalışmalar için fiziksel prototipe,

[*]Bursa UludağÜniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Müh. A.B.D.,16059 Bursa
[**]Bursa UludağÜniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,16059 Bursa
İletişimYazarı: Necmettin KAYA (necmi@uludag.edu.tr)

ortalama 3-4 günlük zamana ve bu alanda deneyimli operatöre ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca araç tasarım sürecinde bagaj hacmini etkileyen tasarım değişikleri sonucu yeni bagaj hacmi, her defasında CAD modeli üzerinde operatör tarafından manuel olarak blokların teker teker yerleştirilmesi ile hesaplanmakta ve bu işlem zaman almaktadır. Fiziksel bir bagaj modeli üzerinde bagaj içine doldurulmuş blokların resmi Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1:
Bagaj içine yerleştirilmiş bloklar

Bu çalışmada operatörün deneyiminden bağımsız, dik yerleştirme kurallarına göre maksimum sayıda standart blok sığdırılacak şekilde CAD modeli üzerinde çalışan bir yerleşim algoritması geliştirilmiş ve kodlanarak örnek bagaj modellerine uygulanmıştır. Gerçek bagaj modeli üzerinde 3-4 gün süren çalışma, CAD ortamında dakikalar içinde sonuçlanmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde, kapalı bir hacim içine geometrilerin yerleştirilmesi ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Lojistik sektöründe tır taşımacılığında da benzer bir ihtiyaç söz konusudur. Farklı ebatlardaki taşınacak ürünlerin, tır içine en az boşluk kalacak şekilde yerleştirilerek en az sayıda tır ile taşıma yapılması istenmektedir. Böylece taşıma maliyetleri en aza indirgenip zaman ve maliyetten tasarruf edilmek istenir. Aynı şekilde araç bagaj hacminin hesaplanması içinde benzer bir durum söz konusudur. Maksimum sayıda blok yerleşimi için optimizasyon algoritmalarını kullanan çalışmalarda mevcuttur.

Bischoff ve Ratcliff (1995) konteynır yükleme yaklaşımları ile ilgili araştırma yaparak özellikle iki yaklaşım üzerinde detaylı test işlemleri gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları inceleme sonucu her iki yaklaşımı da bir arada kullanan Bischoff ve Ratcliff (1995) elde ettikleri sonuçlarda yaklaşımların bir arada kullanılmasının hacim hesaplamalarında daha verimli olacağını ve nesnelerin yük kriterlerininde çözüm algoritmalarına eklenerek hesaplama yapılmasının daha sağlıklı olacağını vurgulamışlardır. Eley (2002) konteynır yükleme çalışmasında tek tip yönelimli bloklar kullanarak yük dağılım dengesi kriterini göz önüne alarak sezgisel bir algoritma oluşturmuştur. Martello ve diğ. (2000) dikdörtgen blokların dikdörtgen boş hacim içerisine makul bir süre içerisinde optimal olarak yerleştirilmesi çözümünü sunan algoritma oluşturmuşlardır.

Tiwari ve diğ. (2010), ISO standardı çerçevesinde örnek bir bagaj modeli içerisine blokların verimli ve hızlı yerleştirme çalışmasını yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada, optimizasyon algoritması ve yerleşim algoritmasını birbiri ile bağlantılı bir şekilde çalıştıracak bir yöntem ile örnek bagaj hacmi için en yüksek verim sonucunu çözümlemişlerdir. Domingo ve diğ. (2013), konteynır yükleme problemini ele alarak diferansiyel gelişim algoritması ve yerleşim algoritmasını kullanarak konteynır içerisine üç farklı tip blokları yerleştirmişlerdir. Joung ve Noh (2014) araç yükleme problemi için gruplama algoritması tabanlı bir çalışma

gerçekleştirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada birbiri ile etkileşimli dört adet algoritma kullanmışlardır. Bunlar gruplama algoritması, sıralama algoritması, yönelim algoritması ve yükleme algoritmasıdır. Shellshear ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada tersine çevrilmiş doldurma yöntemi isimli yeni bir yöntem ile yükleme problemine çözüm aramışlardır. Hedef olarak herhangi bir bloğun herhangi bir açı ve yönelim pozisyonu şeklinde bagaj içerisine yerleşimini seçmişlerdir. Shellshear ve diğ. (2015) bagaj yükleme çalışmalarında genetik algoritma ve yerel optimizasyonu birbiri ile etkileşimli şekilde programlayarak blokları bagaj içerisine yerleştirmişlerdir. Optimizasyon çalışmaları her blok için 24 farklı yönelimden birini seçerek uygun olan yönelimi genetik algoritmanın seçmesiyle yükleme yapılmış ve en verimli sonuç bulunarak bagaj hacmi belirlenmiştir. Dereli ve Daş (2011) 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 mukayese edilerek irdelenmiştir. Eisenbrand ve diğ. (2005) yaptıkları çalışmada bir araç üreticisi için bagaj doldurma algoritması geliştirmişlerdir. Bagaj hacmi kübik ızgara olacak şekilde elemanlara ayrılmış ve Tavlama Benzetimi algoritması ile bagaj hacmi optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde araçların bagaj hacminin maksimum olarak hesaplanabilmesi için yapılan yayınların oldukça az olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmanın literatürdeki çalışmalardan farkı, bagaj hacminin ızgaralara ayrılması yerine bagajı oluşturan yüzeylerin referans alınmasıdır. Yüzeyler ile girişim yapmayacak şekilde, geliştirilen algoritma ile 6 ortogonal yönde bloklar dizilmiş ve en fazla bloğun yerleştirildiği hacim bulunmuştur.

Başlangıç olarak bu çalışmada örnek bagaj modelleri referans alınmış, bagaj yüzeyleri düzlemsel ve formlu olarak modellenmiştir. Bagaj modelleri içerisine DIN standardında yer alan blokları, bagaj içinde en az boşluk kalacak şekilde bagaj içerisine yerleştiren algoritma geliştirilmiştir. Blokların bagaj içerisine doldurulması işlemi için Visual Basic programlama dili kullanılarak NX CAD yazılımı ortamında işlemler gerçekleştirilmiştir. Blokların bagaj içine yerleştirilmesi sırasında iki kısıt tanımlanmıştır. Birinci kısıt bloğun bagaj dışına taşmaması, ikinci kısıt ise blokların birbiri ile kesişmemesidir. Bagaj doldurma işleminde geliştirilen algoritma çerçevesinde bagajın en alt köşesinden başlayarak bloklar tek tek yerleştirilmiş ve bagaj içi katmanlar şeklinde otomatik olarak doldurulmuştur. Bagaj yükleme işlemi blokların 6 farklı yönelimi için ayrı ayrı gerçekleştirilerek her sonuç birbiri ile karşılaştırılmıştır. En fazla bloğun sığdırıldığı sonuç bagajın hacmi olarak hesaplanmıştır.

3. ULUSLARARASI STANDARTLARDA BAGAJ HACMİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Araçların bagaj hacimleri, kapladıkları sürekli geometrik hacme göre değil, uluslararası standartlarda tanımlanmış yöntemlere göre hesaplanmaktadır. Araç üreticileri de araç bilgilerini içeren kataloglara bu standartlara göre hesaplanmış değerleri yazmaktadırlar, ancak bu değerlerin standartlara göre hesaplanıp hesaplanmadığını kontrol eden bir mekanizma da henüz bulunmamaktadır.

Bagaj hacmi hesaplanması ile ilgili 3 standart yayınlanmıştır. Bunlar DIN 70020, ISO3832 ve SAE J1100 standartlarıdır. Avrupa'da üretilen araçlar için DIN ve ISO standartları, A.B.D'de üretilen araçlar ise SAE standardına göre bagaj hacimleri hesaplanmaktadır. DIN70020 ve ISO3832 standartları içerik olarak aynıdır. Bu standartta yer alan metod Alman VDA kurumu tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra DIN ve ISO standardı olarak kabul edilmiştir.

Bu çalışmada ISO 3832 standardında yer alan bir blok geometrisi kullanılmıştır. Bu standartta dikdörtgenler prizması şeklinde Tip A, B, C1, C2, ve C3 olmak üzere 5 farklı blok yapısı mevcuttur (ISO 3832, 2002). Bu bloklardan literatürde en fazla kullanılan ve araç üreticilerinin de referans aldığı 1 litrelik Tip B blok ölçüleri referans alınmıştır (Shellshear ve diğ., 2012; Tiwari ve diğ., 2010).

Mevcut durumda Avrupa'da imal edilen araçlar için ISO ve DIN standardı tercih edilmektedir. ISO ve DIN standardında kullanılan Tip B dikdörtgenler prizması şeklindeki bloğun ölçüleri 200 mm, 100 mm ve 50 mm'dir. Bu ölçülerdeki bloğun litre cinsinden hacmi 1 litredir. Bu blok, geometride küboid (cuboid) olarak isimlendirilmektedir. SAE J1100 standardında ise birden fazla blok geometrisi kullanılmaktadır. Standartta tanımlanmış yedi farklı blok tipi vardır. Her blok tipi genellikle 2 veya 4 kez kullanılabilmektedir(SAE International, 2011). Bu standartta yer alan blok boyutları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. SAE standardı blok ölçüleri (SAE J1100)

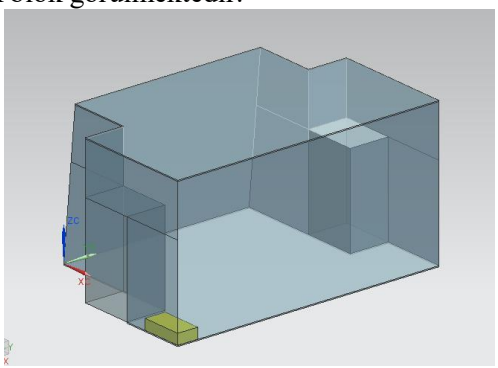
Blok tipi	Maksimum Adet	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Yükseklik (mm)
A	4	610	483	229
B	4	457	330	159
C	2	660	406	229
D	2	553	457	216
E	2	381	229	203
F	2	533	356	178
G	2	1143	204	204
H	20	325	152	114

SAE standardında kullanılan blok tipleri günlük yaşantımızda kullanılan bavul tip ve ölçülerine yakındır. Bu standart, kullanılan bavul boyutlarında bloklar içerdiğinden günlük kullanıma daha uygun bir hacim hesabı yapmaktadır. Bloklar yerleştirilirken her blok maksimum sayıda izin verilen adet kadar kullanılabilir. Avrupa bölgesi için araç üreten üreticiler araç kataloglarındaki hacim bilgisini ISO standartlarına göre vermektedirler. Her ne kadar SAE standardında bavul ölçüleri referans alındığı için daha pratik hacim değeri verse de bu çalışmada Türkiye'de üretim yapan ana araç üreticilerinin de referans aldığı ISO standardı kullanılmıştır. Böylece gelecekte, bu çalışmada ortaya çıkan algoritma ve bu algoritmanın CAD ortamında kullanımı, Türkiye'de üretim yapan araç üreticileri tarafından da kullanılabilir olacaktır.

4. BAGAJ HACMİ DOLDURMA ALGORİTMASI

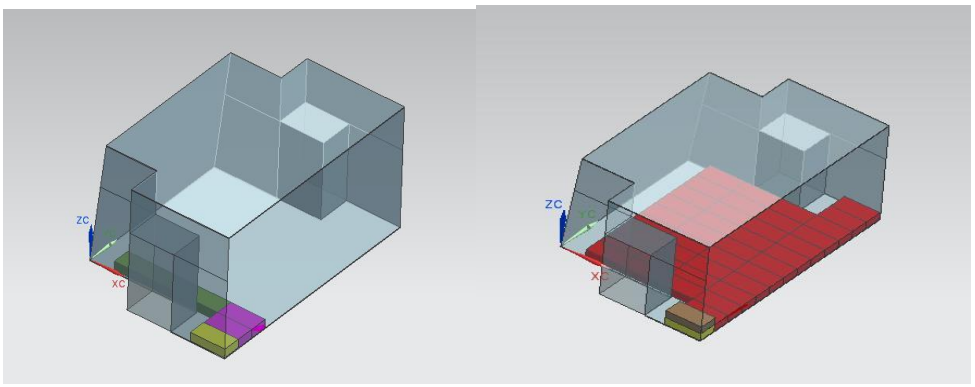
Dış yüzeyleri verilen bir bagaj içine ISO ve DIN standardında yer alan blok geometrisinin seçilen yerleşim algoritmasına göre otomatik olarak dolduran ve CAD yazılımı içinde çalışan bir algoritma geliştirilmiştir. Doldurma sırasında blokların bagaj yüzeyi ile kesişmemesi ve blokların birbirleri içine girişim yapmaması kısıtları dikkate alınmıştır. Literatürde blokların bagaj içine yerleştirilmeye başlanacağı yer ve sonraki blokların yerleştirme sırası ve yönleri için farklı yerleştirme algoritmaları geliştirilmiştir. Bunlar arasında en yaygın olanı alt-arka-doldurma algoritmasıdır. Alt-arka-doldurma algoritması, bloğun bagajın sol alt arka köşesinden başlatarak sonraki eklenen her bloğun aynı düzlemde sıra ile doldurulur. İlk katman doldurulunca bir üst katmana geçilir. Tüm bloklar sıra ile yerleştirilerek dolum işlemi tamamlanır.

Bu çalışmada bagaj doldurma algoritması olarak yapılan çalışmalara benzer olarak sağ-alt-ön yerleştirme yöntemi seçilmiştir. Şekil 2' de örnek bir bagaj boşluğu içerisine sağ-alt-ön yöntemine göre eklenen ilk blok görülmektedir.



Şekil 2:
Örnek bagaj modeli içerisine ilk eklenen blok

Bagajın içinin tamamen doldurulması için taban vektörel öncelik doldurma (TVÖD) adını verdiğimiz bir yaklaşım ile çalışma yapılmıştır. Bu algoritma blokların öncelikle bagaj tabanında X vektörü yönünde eklenmesi, ilk katman dolunca devamında Y vektörü yönünde bir blok eklenerek yeniden X vektörü yönünde eklenmesidir. Her katman dolunca bir üst katmana geçilir. Şekil 3.a' da X ve Y yönünde doldurulmakta olan bloklar gösterilmiştir. Bagaj tabanın doldurulduktan sonra Z vektörü yönünde yeni bir blok eklenerek tekrar X ve sonra Y vektörleri yönünde bloklar eklenmeye devam eder. Şekil 3.b'de ilk katmanın tamamen dolduğu durum gösterilmiştir.



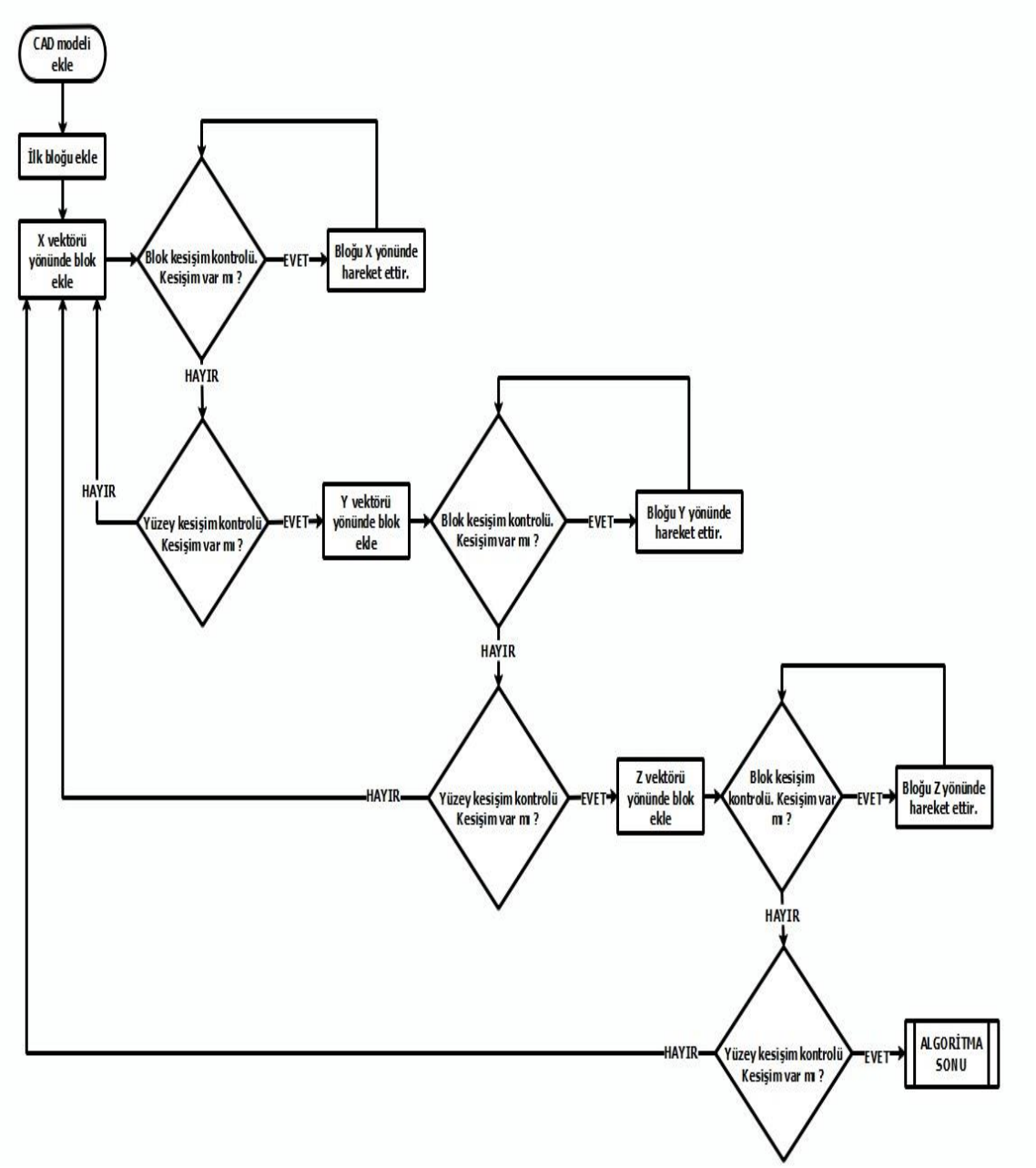
a. b.

Şekil 3:
a. *X ve Y vektörü yönünde doldurulmakta olan bagaj* ***b.*** *İlk katmanı dolmuş ve bir üst katmana geçilmiş aşama*

Doldurma sırasında eklenen blok başka bir blok ile kesişiyorsa eklendiği vektör yönünde kesişmeyinceye hareket ettirilerek blokların birbirleri ile kesişmesi engellenmiştir. Benzer şekilde blok geometrisinin bagaj yüzeyi ile kesişim yapması da engellenmiştir. Bu çalışmada geliştirilmiş olan algoritmanın akış diyagramı Şekil 4'te verilmiştir.

Bu algoritma referans alınarak verilen bagaj yüzey geometrisi için NX CAD yazılımı içinde çalışan bir yazılım geliştirilmiştir. Birçok CAD yazılımı, kullanıcı arayüzü ile interaktif çalışma imkânı vermesinin yanında, programlama ile kullanıcıların kendi komutlarını geliştirebilme ve rutin yapılan işlemleri programlayarak çalışma verimini artırıcı yönde

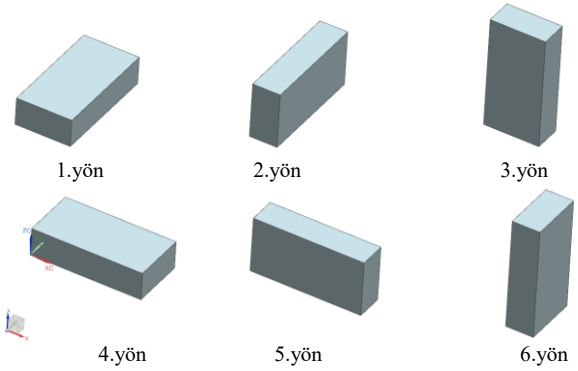
özellikler sunmaktadırlar. Bu yazılımlardan NX yazılımı da kullanıcılara NX Open adında API denilen arayüz içinde çalışarak kendi komutlarını geliştirebilme imkânı vermektedir. Böylece kullanıcılar rutin yapılan ve uzun zaman alan CAD işlemlerini programlamak sureti ile kısa zamanda gerçekleştirebilmektedirler. Bu çalışmada, NX ortamında NX Open yapısı kullanılarak Visual Basic dilinde program yazılmış ve örnek bagaj modelleri üzerinde ISO ve DIN standartlarında bagaj hacim hesaplaması yapılmıştır.



Şekil 4:
Bagaj hacmi hesaplaması için geliştirilen algoritmanın akış diyagramı

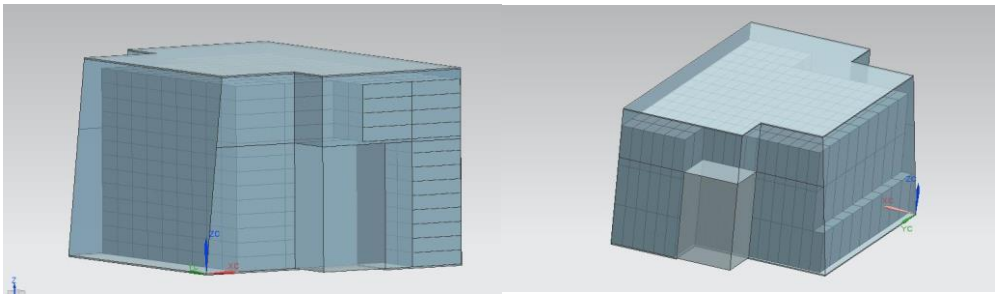
5. ÖRNEK MODELLER İÇİN BAGAJ HACMİNİN HESAPLANMASI

ISO ve DIN standardına göre basitleştirilmiş örnek bagajlar üzerinde hacim hesaplaması yapılmıştır. Şekil 4'te verilen algoritmaya göre hesaplama için dış yüzeyleri gerçek ölçülere yakın örnek binek ve ticari iki bagaj modeli ele alınmıştır. Blokların bagaj içine yerleştirilmesi sırasında konumu 6 farklı şekilde olabilir. Bu konumlar Şekil 5'te görülebilir.



Şekil 5:
Blok yerleştirme için 6 farklı yönelim

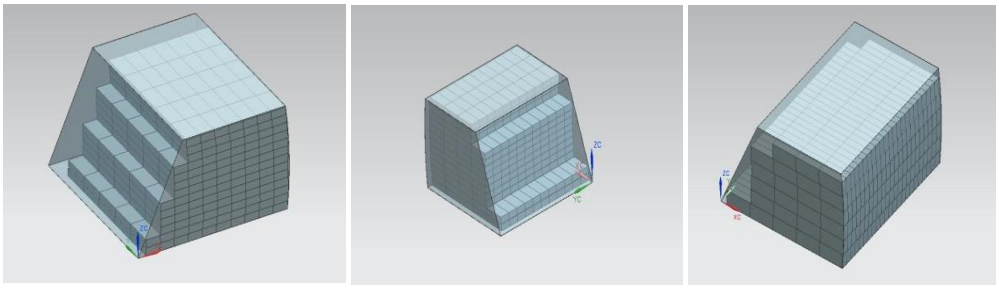
Bir bloğun bagaj içine 6 farklı yönelime göre yerleştirilmesi durumları için örnek bagaj modeller üzerinde uygulama yapılmıştır. Blokların yerleştirilmesinde ana hedef, dolum işleminden sonra bagaj içinde en az boşluk kalacak şekilde blokların yerleştirilmesidir.
Örnek binek araç bagaj modeli için 4. yön ve 6. yön referans alınarak doldurulmuş bagaj görüntüleri Şekil 6'da görülmektedir. 4. yön için toplam 536 ve 6. yön için toplam 540 blok bagaj içerisine yerleştirilmiştir.



a. *b.*

Şekil 6:
a. *4. yöne göre doldurulmuş bagaj* ***b.*** *6. yöne göre doldurulmuş bagaj*

Örnek ticari araç bagaj modeli için 1. yön, 4. yön ve 5. yön referans alınarak doldurulmuş bagaj görüntüleri Şekil 7'de görülmektedir. 1. yön için toplam 561, 2. yön için toplam 552 ve 3. yön için toplamda 545 blok bagaj içerisine yerleştirilmiştir.



a. *b.* *c.*

Şekil 7:
a. *1. yöne göre doldurulmuş bagaj* ***b.*** *4. yöne göre doldurulmuş bagaj* ***c.*** *5. yöne göre doldurulmuş bagaj*

Her iki araç modeli içinde blokların farklı yönleri için algoritma çalıştırılmış ve her yön için elde edilen blok sayıları Tablo 2'de verilmiştir. Binek araç modeli için her yönde farklı blok sayıları elde edilmiştir fakat ticari araç modelinde ise 4. yön ve 6. yön ile 3. yön ve 5. yön yerleşimlerinde aynı hacim değerleri elde edilmiştir. Bu sayılar değerlendirildiğinde binek araç modeli için en fazla blok yerleştirilen yön 6. yön, ticari araç modeli için ise 4. yön ve 6. yön olmuştur. Blokların hepsi bu yönde yerleştirildiğinde maksimum hacim değeri elde edilebilmektedir. Buna göre bu çalışmada kullanılan basit binek araç geometrisinin bagaj hacmi 540 litre, ticari araç bagaj hacmi 561 litre olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Tüm yönler için blok sayıları

Yönler	Maksimum yerleştirilen blok sayısı binek araç	Maksimum yerleştirilen blok sayısı ticari araç
1.yön	536	545
2.yön	488	525
3.yön	534	552
4.yön	522	561
5.yön	502	552
6.yön	540	561

Her bir yön için algoritma çalışma süresi ortalama özelliklerde kişisel bir bilgisayar üzerinde 350-420 saniye civarında sürmektedir. Zaman olarak en fazla zamanı kesişme algoritması almaktadır.

6. SONUÇ

Araç üreticileri için önemli bir süreç olan bagaj hacimlerinin belirlenmesi için bu çalışmada geliştirilen bir algoritma ve bir uygulama sunulmuştur. Bu işlemin CAD ortamında elle yapılması hatalara, eksik bagaj hacmi hesaplanmasına ve sürecin uzun zaman almasına neden olabilmektedir. Bu çalışma sonucunda bagaj hacminin belirlenmesinde standartlarda yer alan kurallara göre doldurma algoritmasının araç üreticilerine zaman ve maliyet açısından faydalı olacağı aşikârdır. Çalışmanın devamında bagaj yüzeyleri araç üreticilerinin tasarlamış olduğu gerçek modeller olacak şekilde çalışma genişletilecektir. Ayrıca bloğun bagaj içinde

yerleştirilmesi sırasında mümkün olan 6 farklı yöneliminin dışında bunların karışık durumlarının da bir optimizasyon algoritması kullanılarak hesaplanması öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bischoff, E. ve Ratcliff, M. (1995) "Issues in the development of approaches to container loading, " *Omega*, vol. 23, no. 4, pp. 377-390. doi: https://doi.org/10.1016/0305-0483(95)00015-G.

2. Dereli, T. ve Daş, G.S. (2011) "A Hybrid 'Bee(s) Algorithm' for solving Container Loading Problems," *Applied Soft Computing*, vol. 11, no. 2, pp. 2854-2862. doi: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.11.017.

3. Domingo, B.M., Ponnambalam, S.G. ve Kanagaraj, G. (2013) "A Differential Evolution Based Algorithm for Single Container Loading Problem" *2013 IEEE Symposium on Differential Evolution (SDE)*, pp. 105-111.

4. Eisenbrand, F.,Funke, S., Karrenbauer, A., Reichel, J. ve Schömer, E. (2005), *Packing a Trunk – nowwith a Twist!*, Proceedings of the 2005 ACM Symposium on Solid and Physical Modeling (SPM 2005), Cambridge, Massachusetts, June 13 – 15, pp. 197-206.

5. Eley, M. (2002) "Solving container loading problems by block arrangement," *European Journal of Operational Research*, vol. 141, no. 2, pp. 393-409. doi: https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00133-9.

6. International Standard, ISO 3832, (2002). Passenger cars - Luggage compartments - Method of measuring reference volume, Third edition.

7. Joung, Y-K. ve Noh SD. (2014) "Intelligent 3D Packing Using a Grouping Algorithm for Automotive Container Engineering" *Journal of Computational Design and Engineering*. Vol. 1, No. 2, pp. 140-151. doi: https://doi.org/10.7315/JCDE.2014.014

8. Martello, S., Pisinger, D. ve Vigo, D. (2000) "The three-dimensional bin packing problem", *Operations Research*, vol. 48, no. 2, pp. 256-267. doi: https://doi.org/10.1287/opre.48.2.256.12386

9. SAE International, (2011). Interpretation of SAE J1100 Cargo Volume Indices, 01-0779.

10. Shellshear E., Bohlin R. ve Carlson JS. (2012) "A Combinatorial Packing Algorithm and Standard Trunk Geometry for ISO Luggage Packing," in *Proceedings of ASME IDETC/CIE*, Chicago, Illinois, DETC2012-707778.

11. Shellshear E., Bohlin R., Carlson JS. ve Tafuri S. (2015) "A Multi-threaded Memetic Packing Algorithm for the ISO Luggage Packing Problem" in *2015 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, pp. 1509-1514, Gothenburg, Sweden.

12. Tiwari S., Fadel G. ve Fenyes P. (2010) "A Fast and Efficient Compact Packing Algorithm for SAE and ISO Luggage Packing Problems," *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, vol. 10, no. 2, p. 11. doi: https://doi.org/10.1115/1.3330440.