

# BDT ORTAMINDA FARKLI ÖLÇEKLERDE TASARLANAN KATI MODELLERİN ÖLÇEKLEME DEĞERLENDİRMESİ

Adem ÇİÇEK

Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Konuralp Yerleşkesi/81620/Düzce

Geliş Tarihi : 15.06.2007

## ÖZET

Bu çalışmada, (Bilgisayar Destekli Tasarım) BDT ortamında farklı ölçeklerde tasarlanan katı modeller arasında ölçekleme oranını tespit etmek için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yaklaşım giridi olarak katı modellerin STEP “Standard for the Exchange of Product Data Model” veri dönüşüm formatı kullanılmıştır. BDT ortamında tasarlanan katı modellerin otomatik STEP dönüşümü yapılmakta ve daha sonra STEP dosyası değerlendirilerek, bu dosya yüz-kenar ilişki matrisine dönüştürülmektedir. Yeni tasarımın matrisine uyan veritabanından bir matris elde edilerek bu iki matris arasında boyutsal olmayan bir benzerlik değerlendirmesi yapılmaktadır. İki matriste temsil edilen yüzey komşuluk ilişkileri ve boyutsal olmayan nitelikler arasında tam bir eşleme var ise, parçalar arasında ölçekleme değerlendirmesi yapılmaktadır. Ölçekleme değerlendirmesinde, iki matrisin boyutsal nitelikleri arasında bir oran aranmaktadır. Bu oran var ise yaklaşım iki parça arasında ölçekleme oranı hesaplamaktadır.

**Anahtar Kelimeler :** STEP, BDT, Ölçekleme oranı, Katı model.

## SCALING ASSESSMENT OF DIFFERENT SCALED SOLID MODELS DESIGNED IN CAD ENVIRONMENT

### ABSTRACT

In this study, an approach has been developed to determine a scaling ratio between different scaled solid models designed in a CAD Computer Aided Design (CAD) environment. STEP data exchange format of solid models is used as input to approach. Automatic STEP conversion of solid models designed in a CAD environment is performed and then STEP file is mapped into a face-edge relation matrix by means of its evaluations. Non-dimensional similarity assessment is conducted between these two matrices by obtaining a matrix from the database corresponding to matrix of new design. If a full matching between face adjacency relations and non-dimensional attributes represented in both matrices exists, scaling assessment is done between parts. A ratio between dimensional attributes of two matrices is investigated. If this ratio exists, the approach is calculated a scaling ratio between two parts.

**Key Words :** STEP, CAD, Scaling ratio, Solid model.

## 1. GİRİŞ

Parçalar arasındaki geometrik ve topolojik benzerlik çoğu BDT/BDİ uygulaması (grup teknolojisi, bilgisayar destekli işlem planlama, vs.) için büyük önem arz etmekte olup son yıllarda yeni bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Grup teknolojisi (GT) benzer parçaların tanımlanıp

aynı grup altında toplanmalarına dayanan bir imalat yönetim sistemidir. Bu gruptandırma, parçaların imalat ve tasarım açısından benzerliklerinden yararlanmak amacıyla yapılır. Birbirinden tamamen farklı üretim yöntemleri gerektiren parçaları geliştirecek bir sırayla üretmek mümkün olsa da bu üretim yöntemi ekonomik değildir. Bu yüzden üretilecek parçalar üretim yöntemlerinin benzerliği göz önünde bulundurularak parça aileleri

oluşturacak şekilde gruplara ayrılmalıdırlar. Her bir aile benzer tasarım ve imalat özellikleri gösterecektir. Böylece bir ailenin her üyesini işlem görmesi benzer şekilde olacaktır. Bu da imalatın verimliliği ile sonuçlanmaktadır. Aynı zamanda, her grubun ayrı bir parti olarak üretilmesi sabit giderleri en aza indirmektedir. Grup teknolojisinde parça aileleri oluşturulduktan sonra bu ailelerin üretiminde kullanılacak makineler belirlenerek hücreler oluşturulmaktadır. Bu uygulama atölye tipi yerleşimin daha verimli duruma getirilmesi amacı taşımaktadır. Benzerlik ve ölçekleme değerlendirme grup teknolojisindeki parça ailelerinin oluşturulmasında etkin bir rol oynayabilir. Parçalar değerlendirildikten sonra benzerlik gösteren parça isimlerine veya geometri ve topolojisine göre sınıflandırılarak parça grupları halinde veri tabanında saklanabilir. Gruplandırılan parçalar için imalat yöntemleri, makineler ve hücreler oluşturularak verimli bir imalat sistemi kurulabilir ve farklı ölçekte parçalar için veri tabanında saklanan işlem planlarının boyutsal nitelikleri düzenlenerek yeni tasarımlar için kolaylıkla kullanılabilir. Aynı zamanda, farklı ölçekteki parçalar için maliyet tahminleri yapmakta ölçekleme değerlendirme ile basite indirgenebilir.

Cardone v.d., (2003; 2006), işleme unsurları tabanlı verilen bir parçaya benzer olan veritabanındaki parçaları tanımlamak için algoritmalar geliştirmiştir. Sistem 3 eksen işleme merkezlerinde işlenebilen parçalar ile sınırlandırılmıştır. Unsur giriş yönleri, unsur tipi ve hacimleri, unsur boyutsal toleransları ve unsur gruplarını içeren azaltılmış unsur vektörleri şekil benzerliğini değerlendirmek için temel olarak kullanılmıştır. El- Mehalawi ve Miller (2003a), çalışmalarının grafik tabanlı mekanik parçaların veritabanındaki benzer tasarımlarını tekrar gözden geçirme ve eşleştirme için bir yaklaşım sunmuşlardır. Parçalar, parçanın yüzlerini karşılayan düğümler ve parçanın kenarlarını karşılayan zincirleri içeren nitelikli grafikler kullanılarak temsil edilmiştir. Yüzey tipi, normal yönü gibi yüzey nitelikleri düğümlere ve kenar tipi, iki bağlanmış düğüm, kenar uzunluğu ve iki düğüm arasındaki nispi yön gibi kenar nitelikleri zincirlere iliştilmiştir. Grafik, bir veri dönüşüm formatı olan parçanın STEP fiziksel dosyası yardımıyla hazırlanmaktadır. Gözden geçirme ve eşleştirme işlemleri mekanik parçalar arasındaki geometrik ve topolojik benzerlik üzerine dayandırılmıştır. Burada belirtilen benzerlik faktörü iki grafikte benzer olarak bulunan düğüm çiftlerinin sayısına dayandırılmıştır. Bu, her iki grafikteki düğümlerin sayısı ile eşleştirilen çiftlerin sayısı arasındaki oranı yansıtmaktadır. Elinson v.d., (1997; 1998), katı modeller için üretim unsurları tabanlı sistematik benzerlik değerlendirme yaklaşımını içeren bir

grafik sunmuştur. Katı modeller arasındaki benzerlik iki farklı tasarıma uygun grafik yapıları arasında ölçülmektedir. Ramesh v.d., (2001) şekil benzerliği tespiti için gerekli olan bir parça veritabanından benzer parçaları özden geçirme için bir yaklaşım geliştirmiştir. İlk parça işleme unsurlarına benzeyen basit biçimlere ayrıştırılmıştır. Unsurlar arasındaki uzaysal ve boyutsal ilişkileri içinde barındıran parça karakteristikleri benzerliği ölçmek için kullanılmıştır. Hong v.d., (2006) mevcut tasarımların tekrar kullanımı için iki aşamalı benzerlik karşılaştırması metodu geliştirmişlerdir. İlk, tüm tasarım, daha sonra ise detaylı unsurlar karşılaştırılmıştır. Bu şekilde, benzer biçime ilaveten benzer unsurlara sahip olan mevcut parçalar parça kütüphanesinden teşhis edilebilmektedir. Eğer mevcut parça bir unsur tabanlı modelleyici tarafından tasarlandı ise, benzer parça teşhis edilir edilmez, parçanın modelleme geçmişi parametrik modelleme için kullanılabilir. Cicirello ve Regli (2002) işleme unsurları tabanlı mekanik parçaların katı modelleri için üretim benzerliklerini karşılaştırmak için bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Yaklaşım başlıca üç aşamada yürütülmektedir. İlk aşamada, işleme unsurları çıkarılmıştır. İkinci aşamada, bir takım işleme unsurlarından model bağımlı bir grafik oluşturulmuştur. Model bağımlı grafiğin kullanıldığı bir benzerlik ölçüm metodu kullanılarak veri tabanındaki modeller bölümlenmiştir.

Bu makalede, matematiksel model tabanlı BDT ortamında tasarlanan 3 boyutlu katı modeller arasında ölçekleme değerlendirme için bir yaklaşım sunulmuştur. Ölçekleme değerlendirmesinin amacı, özellikle grup teknolojisi, bilgisayar destekli işlem planlama ve maliyet tahmini gibi alanlar için faydalı bir çalışma ortaya çıkarmaktır. Ölçekleme değerlendirme için ilk önce parçaların yüz komşuluk ilişkileri ve boyutsal olmayan nitelikleri arasında bire bir (% 100) eşleşme sağlanmalıdır. Bu eşleşme sağlandığında boyutsal nitelikler ile ölçekleme oranı hesaplanmaktadır. Parçaları karşılaştırılması yine parçaların yüz-kenar ilişki matrisi ile gerçekleştirilmektedir.

## 2. YÜZ-KENAR İLİŞKİ MATRİSİ

BDT ortamında katı modeller, Sınır Temsili (ST) veya Yapısal Katı Geometri (YKG) kullanılarak temsil edilirler. ST'de bir parça kapalı veya açık kabuk, yüzler, kenar halkaları, kenarlar ve köşe noktaları ile tanımlanırlar. YKG'de ise bir parça kutu, silindir, küre, koni gibi ilkel katılara uygulanan bir takım Boolean operasyonları ile tanımlanır. ST ve YKG temsilleri fonksiyonel unsurlar ve

geometrik olmayan parça nitelikleri bakımından çoğu BDT/Bilgisayar Destekli İmalat (BDİ) uygulamalar için yeterli değildir. Bundan dolayı, bu çalışmada, topoloji, unsurlar, toleranslar, yüzey pürüzlülüğü ve bir parçayı tamamen tanımlamak için gerekli olan hem geometrik hem de teknolojik bilgileri kapsayan STEP formatı tabanlı bir parça temsil şeması kullanılmıştır. Ölçekleme değerlendirmesinde BDT ortamında tasarlanan yeni tasarımın ve veri tabanındaki aday tasarımın 3 boyutlu katı modelleri, yüz-kenar matrisine dönüştürülerek karşılaştırılmaktadır.

Yaklaşım BDT veritabanından 3 boyutlu katı model bilgilerini elde etmek için STEP veri dönüşüm formatına güvenmektedir. STEP grafik standardı, bir tasarımı mamul haline getirmek için gerekli bütün işlemlerin ve bağlı parametrelerin standardize edilmesini ve tanımlanmasını; hiçbir uygulama, tasarım ve üretim yazılımına bağlı kalmadan gerçekleştirebilmeyi sağlamak için tasarlanmıştır. Bütün diğer standartları bünyesinde toplayan STEP standardı, bu standartların aksine geometrik veri dönüşümünün yanı sıra tolerans ve yüzey kalitesi gibi teknolojik üretim bilgilerinin ve topolojik unsur ilişkilerinin tanımını da içermektedir. STEP yapısını diğerlerinden ayıran diğer bir özellik ise esnek ve dinamik bir yapıya sahip olmasıdır. Bir STEP dosyası "ISO-10303-21;" satırı ile başlayıp "END-ISO-10303-21;" satırı ile sonlanmaktadır. Burada, ISO-10303 STEP grafik standardının uluslararası standart numarası, 21 ise STEP standardının bölüm numarasını temsil etmektedir. Bir STEP dosyası "HEADER" ve "DATA" bölümleri olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Tüm mamul verisi "DATA" bölümünde temsil edilmiştir. BDT sistemlerinin çoğu iç veri yapısı olarak B-Rep'in (Boundary Representation) bazı formlarını kullanmaktadır (Çiçek, 2006). 3 boyutlu katı model otomatik olarak STEP dosyasına dönüştürülmüş ve STEP dosyası yaklaşım tarafından değerlendirilerek katı modele ait yüzey sayıları, geometrik ve topolojik bilgiler çıkarılmıştır. Bu bilgiler sayesinde yüz-kenar ilişki matrisi yapılandırılmıştır. Yüz-kenar ilişki matrisi parçadaki yüzey sayısına göre daralabilen ve genişleyebilen kare matris formatındadır. Yani parçadaki yüzey sayısı 10 ise, yüz-kenar ilişki matrisinin boyutları 10x10 kare matristir. Matriste, STEP formatında temsil edilme sırasına göre her bir yüzeye bir yüzey numarası ( $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ ) verilerek temsil edilmiştir. Aynı zamanda yüzeyleri sınırlayan kenar halkasında bulunan her bir kenar için ise kenar numarası ( $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ ) verilmiştir. Yüzey numaraları soldan sağa ve yukarıdan aşağıya olmak üzere sırasıyla matriste yerleştirilmiştir. Bu çalışmada ele alınan yüzey tipleri silindirik, düzlemsel, konik, küresel ve toroid yüzeylerdir. Yaklaşım bu yüzeylerden oluşan

parçalar için yüzey sayısında sınırlama olmaksızın ölçekleme değerlendirme yapabilmektedir. Ayrıca matriste sistemde ele alınan yüzey tipi kısaltmaları yerleştirilerek matrisin analizi kolaylaştırılmıştır. Matriste bu yüzeyler için kullanılan yüzey kısaltmaları aşağıda verilmiştir.

Silindirik yüzey	: Sil
Konik yüzey	: Kon
Düzlem yüzey	: Düz
Küresel yüzey	: Kür
Toroid yüzey	: Tor

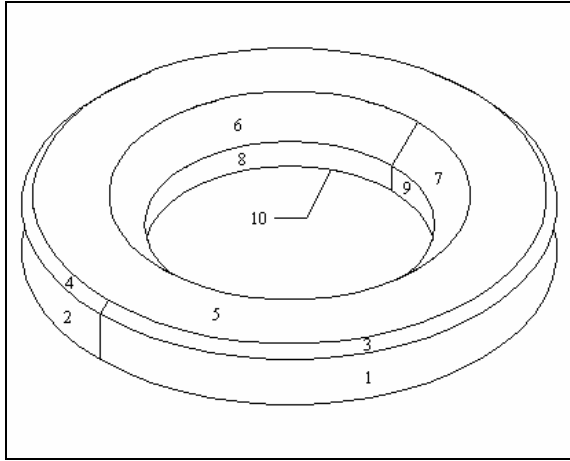
Matriste aynı zamanda her bir yüzeye ait yüz komşuluk ilişkileri ile boyutsal ve boyutsal olmayan nitelikler de temsil edilmiştir. Yüz komşuluk ilişkileri kenar numaralarının matriste ilgili hücrelere yerleştirilmesi ile temsil edilmiştir. Yani yaklaşım her bir yüzeyin komşu yüzeyini bulmak için kenar halkasında bulunan kenar eğrilerini kullanmıştır. Kenar halkasında bulunan her bir kenar komşu bir yüzeyin tarafından kenar halkasının bir kenarını karşılamaktadır. Dolayısıyla ortak kenarı paylaşan yüzeyler komşu yüzeyler olarak nitelendirilmektedir. Bundan dolayı matriste ortak kenarı kullanan yüzeyleri karşılayan hücreye hangi kenarı paylaşıyorlar ise o kenarın kenar numarası yerleştirilmiştir. Komşuluk ilişkisi olmayan hücrelere ise "0" değeri yerleştirilmiştir. Bu şekilde matriste tüm hücreler yüzey komşuluk ilişkileri dikkate alınarak doldurulmuştur. Aynı zamanda boyutsal ve boyutsal olmayan nitelikler yüzey numaralarına iliştilerle matriste temsil edilmiştir. Yüzeylerin boyutsal olmayan nitelikleri yüzey tipi, kenar eğrisi tipi, yüzey ve kenar yönelimleridir (lokal koordinat sisteminin x ve z yönleri). Boyutsal nitelikleri ise yüzey ve kenarların boy, yarıçap ve açı değerleridir (Mehalawi ve Miler, 2003b; Çiçek, 2005; Çiçek ve Gülesin, 2006a; 2007). Yüzey komşuluk ilişkileri ve nitelikleri ölçekleme değerlendirmesinde önemli rol oynamaktadır.

Şekil 1'de rondelanın STEP dosyasında temsil edilen yüzeyleri ve rondelaya ait yüz-kenar ilişki matrisi gösterilmiştir. Matriste 3 boyutlu katı modelin STEP dosyasından elde edilen geometrik ve topolojik bilgiler açık bir şekilde temsil edilmiştir. Bundan dolayı, veri tabanındaki matrislerle yeni tasarımın matrisi arasında kolayca eşleşme yapılabilmektedir. Şekil 1'de gösterildiği gibi STEP veri dönüşüm formatında silindirik ve konik yüzeyler iki özdeş yüzey parçası ile temsil edilmektedir. Bu yüzeylerin her biri sistem tarafından ferdi yüzeyler olarak kabul edilmiş ve diğer yüzeylere uygulanan işlemler bu yüzeylere aynı şekilde uygulanmıştır. Matristeki yüzey numaraları ve sıraları yüzeylerin STEP formatındaki temsil sıralamasına bağlı olarak matriste

yerleştirilmektedir. Rondelanın yüz-kenar ilişki matrisine göre, 1 numaralı silindirik yüzeyin komşu yüzeyleri 2 numaralı silindirik, 3 numaralı konik ve 10 numaralı düzlem yüzeyleridir. Ayrıca, rondela üzerindeki 1 numaralı yüzey ve 4 numaralı kenar için matriste yüzey numaralarına iliştilen boyutsal ve boyutsal olmayan tüm nitelikler aşağıda verilmiştir.

yüzey no	: $y_1$
yüzey tipi	: silindirik
$z$ yönü	: (0,0,1)
kenar halkası	: $k_1, k_2, k_3$
komşu yüzeyler	: $y_2, y_3, y_{10}$
kenar no	: $k_1$
kenar tipi	: yay
yarıçap	: 12 mm
$z$ yönü	: (0,0,1)

Bu nitelikler sayesinde boyutsal olmayan benzerlik değerlendirilmesi ve ölçekleme değerlendirilmesi yapılmaktadır. Lokal koordinat sisteminin  $z$  yönü silindirik, konik ve toroid yüzeylerin eksen yönlerini karşılarken, düzlemsel ve küresel yüzeylerin normal yönünü karşılamaktadır. Bundan dolayı, Lokal koordinat sisteminin  $z$  yönü sayesinde 3 boyutlu uzayda parçadaki yüzey yönelimleri tespit edilerek karşılaştırılabilmektedir (Çiçek ve Gülesin, 2006b).



		$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$
sil	$y_1$	0	$k_1$	$k_2$	0	0	0	0	0	0
sil	$y_2$	$k_1$	0	0	$k_4$	0	0	0	0	0
kon	$y_3$	$k_2$	0	0	$k_6$	$k_7$	0	0	0	0
kon	$y_4$	0	$k_4$	$k_6$	0	$k_8$	0	0	0	0
düz	$y_5$	0	0	$k_7$	$k_8$	0	$k_9$	$k_{10}$	0	0
kon	$y_6$	0	0	0	0	$k_9$	0	$k_{11}$	$k_{12}$	0
kon	$y_7$	0	0	0	0	$k_{10}$	$k_{11}$	0	0	$k_{13}$
sil	$y_8$	0	0	0	0	0	$k_{12}$	0	0	$k_{14}$
sil	$y_9$	0	0	0	0	0	0	$k_{13}$	$k_{14}$	0
düz	$y_{10}$	$k_3$	$k_5$	0	0	0	0	0	$k_{15}$	$k_{16}$

Şekil 1. Rondela ve rondelanın yüz-kenar ilişkisi matrisi.

### 3. ÖLÇEKLEME DEĞERLENDİRMESİ

Ölçekleme değerlendirilmesi aşamasında daha önceden tanımlanmış bazı katı modellerin yüz-kenar ilişki matrisi veritabanına atılmıştır. Veritabanındaki matrisler yeni tasarımın matrisi ile karşılaştırılarak yeni tasarımın matrisine uyan matris tespit edilmekte ve bu matrislerin boyutsal nitelikleri sayesinde iki parça arasındaki ölçekleme oranı hesaplanmaktadır. Ölçekleme oranının hesaplanmasında kullanılan yeni tasarımın matrisi kullanıcı tarafından BDT ortamında tasarlanan katı modelin STEP dosyasından yaklaşım tarafından elde edilen yüz-kenar ilişki matrisidir. Ölçekleme değerlendirilmesi yapılmadan önce iki tasarımın boyutsal olmayan benzerlik değerlendirilmesi yapılmalıdır. Çünkü iki parçanın yüzey bağlanma ilişkileri ve boyutsal olmayan niteliklerinin birbirine uyması ve parçada bulunan yüzey ve kenar sayılarının birbirine eşit olması gerekmektedir. Bu şartları doğrulanması için sistemde bir boyutsal olmayan benzerlik değerlendirilmesi yapılmaktadır. Boyutsal olmayan benzerlik değerlendirilmesinde iki matriste temsil edilen yüzey komşuluk ilişkileri ve boyutsal nitelikler hariç tüm yüzey ve kenar nitelikleri birbirini karşılaması (% 100 eşleşme sağlaması) durumunda parçadaki tüm yüzey ve kenarların boyutsal nitelikleri sayesinde ölçekleme değerlendirilmesi yapılmaktadır. Sistemde ölçekleme değerlendirilmesi için kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$\%ÖD = \frac{YBN_{TOPLAM}}{ABN_{TOPLAM}} \times 100 \quad (1)$$

Bu formüle göre ölçekleme oranı, yeni tasarımın matrisinde temsil edilen yüzey ve kenarların boyutsal niteliklerinin, veritabanındaki aday tasarımın matrisinde temsil edilen yüzey ve kenarların boyutsal niteliklerine bölümünün yüzde eğerine eşittir. Formülde verilen ÖD, elde edilen ölçekleme değerinin yüzde oranını temsil etmektedir.  $YBN_{TOPLAM}$ , kullanıcı tarafından BDT ortamında tasarlanmış 3 boyutlu katı modelin boyutsal niteliklerinin tamamını temsil etmektedir.  $ABN_{TOPLAM}$  ise Daha önceden veritabanında tanımlanan ve yeni tasarımın matrisine uyan yüz-kenar matrisindeki boyutsal niteliklerinin tamamını temsil etmektedir.

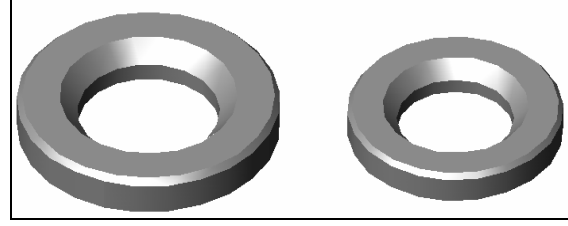
#### 3. 1. Ölçekleme Değerlendirmesi İçin Algoritma

STEP dosyası ve veri tabanındaki parça matrislerini karşılaştırarak hesaplanan ölçekleme oranı için algoritma aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Tasarlanan 3 boyutlu katı modelin otomatik STEP dönüşümünü yap.
2. STEP dosyasını aç ve STEP dosyasından yüz komşuluk ilişkilerini ve yüzey niteliklerini çıkar.
3. Yüzey komşuluk ilişkilerini ve yüzey ve kenar niteliklerine göre yüz-kenar ilişki matrisini yapılandır.
4. Hem STEP dosyasından elde edilen matristen hem de veritabanındaki matrislerden doğru boyu, yay ve yüzey yarıçapı gibi yüzey ve kenarlara ait boyutsal nitelikleri elimine et.
5. Yeni tasarımın matris boyutlarına (yüzey sayıları) uymayan veri tabanındaki aday tasarımların matrislerinin elimine et. Çünkü, boyutsal olmayan benzerlik değerlendirmesi aynı boyuttaki matrise sahip olan iki tasarım arasında gerçekleştirilmektedir.
6. STEP dosyasından elde edilen matriste uyan veri tabanından bir matris bul.
7. Matristeki her bir yüzey için:
  - Her iki matristeki yüzey komşuluk ilişkilerini eşleştir.
  - Her iki matristeki boyutsal nitelikler hariç yüzey niteliklerini eşleştir
  - Her iki matristeki boyutsal nitelikler hariç kenar niteliklerini eşleştir.
8. Her iki matristeki yüzey komşuluk ilişkileri ve nitelikleri arasındaki boyutsal olmayan benzerlik değerlendirmesinin %100 olup olmadığına karar ver.
9. Eğer benzerlik oranı %100 ise, her iki matristeki boyutsal nitelikleri arasındaki oranı kontrol et.
10. Her iki matristeki boyutsal nitelikler arasında bir oran varsa, Formül 1'yi kullanarak ölçekleme oranını hesapla.
11. Eğer böyle bir oran yoksa veritabanından boyuları yeni tasarımın matrisine uyan başka bir matris bul ve ölçekleme oranı için 4, 5, 6, 7, 8, 9, ve 10 numaralı adımları tekrar et.
12. Yeni tasarımın matrisine uyan veritabanında tanımlanmış bir matris yoksa, kullanıcıya bildir ve programı sonlandır.

Ölçekleme değerlendirmesiyle, farklı ölçeklerde tasarlanan parçalar için boyutları düzenlenmiş aynı işlem planları kullanılabilceğinden imalat süreci hızlanacak ve süreç maliyetleri optimize edilebilecektir. Bu da üretimin verimliliğini arttıracaktır.

Şekil 2'de BDT ortamında farklı ölçeklerde tasarlanmış rondelanın katı modelleri gösterilmiştir. Rondelanın yeni tasarımının STEP dönüşüm yapılmış ve oluşturulan STEP dosyası değerlendirildiğinde rondelada 10 yüzey (4 silindirik yüzey, 4 konik yüzey, 2 düzlem yüzey) tespit edilmiş olup bu yüzeylere ait yüzey komşuluk ilişkileri ve nitelikleri STEP dosyasından çıkarılmıştır. Tüm yüzeylere ait yüzey komşuluk ilişkileri ve nitelikleri sayesinde bağlantı elemanının yüz-kenar ilişki matrisi oluşturulmuştur. Rondela üzerinde 10 yüzey olduğundan yüz-kenar ilişki matrisi 10x10 kare matristir (Şekil 1).



Şekil 2. Farklı ölçeklerde tasarlanmış rondelanın katı modelleri.

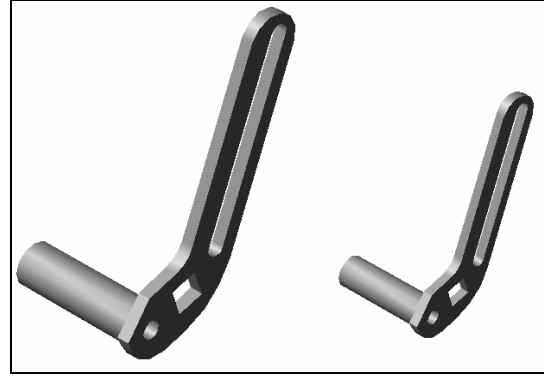
Matris elde edildikten sonra ölçekleme değerlendirmesi aşamasına geçilerek ilk önce bağlantı elemanının matrisinin boyutlarına uygun bir matris aranmış böyle birden fazla matris çıkması halinde yüzey komşuluk ilişkileri ve boyutsal olmayan nitelikleri değerlendirilmiştir. Bu eşitliği de % 100 sağlayan matris farklı veya aynı ölçekteki bağlantı elemanı olarak tespit edilmiştir. Veritabanındaki matrise göre yeni rondelanın yüz-kenar matrisinde temsil edilen boyutsal nitelikler iki rondela matrisi arasındaki ölçekleme oranına karar vermiştir. Aşağıdaki hesaplamada rondela üzerindeki 1 numaralı yüzeyin ölçekleme faktörünün hesaplanması gösterilmiştir.

$$\%ÖD = \frac{2.12}{2.5} \times 100 = \frac{10.2}{12} \times 100 = \%85$$

Şekil 2'deki iki rondela arasındaki ölçekleme oranı % 85 olarak hesaplanmıştır. Bu ölçekleme oranına rondela üzerinde bulunan tüm yüzey elemanlarının boyutsal nitelikleri karar vermiştir. Rondela yüzeylerinin bazı boyutsal ve boyutsal olmayan nitelikleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'deki değerler, rondelanın yüzeylerini oluşturan kenar halkasının kenarlarını ve bu kenarların kenar boyutlarını sırası ile göstermektedir. Eğer bir kenar doğru ise boyutsal nitelik kenar uzunluğunu, yay ise yayın yarı çapını temsil etmekte ve her bir yüzey arasındaki ölçekleme değeri yine tabloda verilmiştir.

Şekil 3'te gösterilen, orta düzey bir parça olan bağlama elemanının ölçekleme değerlendirmesi yapılmış olup BDT ortamında oluşturulan katı modelin STEP dönüşümü yapıldığında 1076 STEP öğesinin bulunduğu bir STEP dosyası oluşturmuştur. Oluşturulan STEP dosyası değerlendirildiğinde bağlantı elemanında 29 yüzey (14 silindirik yüzey, 15 düzlem yüzey) tespit edilmiş olup bu yüzeylere ait yüzey komşuluk ilişkileri ve nitelikleri STEP dosyasından çıkarılmıştır. Tüm yüzeylere ait yüzey komşuluk ilişkileri ve nitelikleri sayesinde bağlantı elemanının yüz-kenar ilişki matrisi oluşturulmuştur. Bağlantı elemanında 29 yüzey olduğundan yüz-kenar ilişki matrisi 29x29 kare matristir (Tablo 2).

Matris elde edildikten sonra ölçekleme değerlendirme aşamasına geçilerek ilk önce bağlantı elemanının matrisinin boyutlarına uygun bir matris aranmış böyle birden fazla matris çıkması halinde yüzey komşuluk ilişkileri ve boyutsal olmayan nitelikleri değerlendirilmiştir. Bu eşitliği de %100 sağlayan matris farklı veya aynı ölçekteki bağlantı elemanı tespit edilmiştir. Veritabanındaki matrise göre yeni bağlantı elemanının yüz-kenar matrisinde temsil edilen boyutsal nitelikler iki bağlantı elemanı arasındaki ölçekleme oranına karar vermiştir. Şekil 3'teki iki bağlantı elemanı arasındaki ölçekleme oranı % 70 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. Farklı ölçeklerde tasarlanmış bağlama elemanının katı modelleri.

Tablo 1. Rondelanın Boyutsal Niteliklerinin ve Ölçekleme Oranın Gösterimi.

Yüzey No	Yüzey Tipi	Kenar Halkası	Kenar Tipi	Rondela (a)'nın Boyutsal Nitelikleri (mm)	Rondela (b)'nin Boyutsal Nitelikleri (mm)	Ölçekleme oranı
y <sub>1</sub>	silindirik	k <sub>1</sub> , k <sub>2</sub> , k <sub>3</sub>	doğru, yay, yay	2.5, 12, 12	2.12, 10.2, 10.2	% 85
y <sub>2</sub>	silindirik	k <sub>1</sub> , k <sub>4</sub> , k <sub>5</sub>	doğru, yay, yay	2.5, 12, 12	2.12, 10.2, 10.2	% 85
y <sub>3</sub>	konik	k <sub>2</sub> , k <sub>6</sub> , k <sub>7</sub>	yay, doğru, yay	12, 0.71, 11.5	10.2, 0.6, 9.77	% 85
y <sub>4</sub>	konik	k <sub>4</sub> , k <sub>6</sub> , k <sub>8</sub>	yay, doğru, yay	12, 0.71, 11.5	10.2, 0.6, 9.77	% 85
y <sub>5</sub>	düzlemsel	k <sub>7</sub> , k <sub>8</sub> , k <sub>9</sub> , k <sub>10</sub>	yay, yay, yay, yay	11.5, 11.5, 8.1, 8.1	9.77, 9.77, 6.88, 6.88	% 85
y <sub>6</sub>	konik	k <sub>9</sub> , k <sub>11</sub> , k <sub>12</sub>	yay, doğru, yay	8.1, 2.26, 6.5	6.88, 1.92, 5.52	% 85
y <sub>7</sub>	konik	k <sub>10</sub> , k <sub>11</sub> , k <sub>13</sub>	yay, doğru, yay	8.1, 2.26, 6.5	6.88, 1.92, 5.52	% 85
y <sub>8</sub>	silindirik	k <sub>12</sub> , k <sub>14</sub> , k <sub>15</sub>	yay, doğru, yay	6.5, 1.4, 6.5	5.52, 1.19, 5.52	% 85
y <sub>9</sub>	silindirik	k <sub>13</sub> , k <sub>14</sub> , k <sub>16</sub>	yay, doğru, yay	6.5, 1.4, 6.5	5.52, 1.19, 5.52	% 85
y <sub>10</sub>	düzlemsel	k <sub>1</sub> , k <sub>2</sub> , k <sub>8</sub> , k <sub>9</sub>	yay, yay, yay, yay	12, 12, 6.5, 6.5	10.2, 10.2, 5.52, 5.52	% 85

Tablo 2. Farklı Ölçeklerde Tasarlanmış Bağlama Elemanları İçin Yüz-Kenar İlişki Matrisi.

		y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	y <sub>4</sub>	y <sub>5</sub>	y <sub>6</sub>	y <sub>7</sub>	y <sub>8</sub>	y <sub>9</sub>	y <sub>10</sub>	y <sub>11</sub>	y <sub>12</sub>	y <sub>13</sub>	y <sub>14</sub>	y <sub>15</sub>	y <sub>16</sub>	y <sub>17</sub>	y <sub>18</sub>	y <sub>19</sub>	y <sub>20</sub>	y <sub>21</sub>	y <sub>22</sub>	y <sub>23</sub>	y <sub>24</sub>	y <sub>25</sub>	y <sub>26</sub>	y <sub>27</sub>	y <sub>28</sub>	y <sub>29</sub>				
sil	y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>3</sub>			
sil	y <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0			
sil	y <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>10</sub>	k <sub>11</sub>	0	0	0	0	0			
sil	y <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>12</sub>	k <sub>13</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
sil	y <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>16</sub>	k <sub>17</sub>	k <sub>18</sub>	k <sub>19</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
sil	y <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>20</sub>	k <sub>21</sub>	k <sub>22</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
düz	y <sub>7</sub>	k <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	k <sub>20</sub>	0	k <sub>23</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>24</sub>			
sil	y <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>21</sub>	k <sub>23</sub>	0	k <sub>25</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
düz	y <sub>9</sub>	0	k <sub>4</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>12</sub>	k <sub>16</sub>	k <sub>22</sub>	0	k <sub>25</sub>	0	0	0	k <sub>26</sub>	k <sub>27</sub>	k <sub>28</sub>	k <sub>29</sub>	k <sub>30</sub>	k <sub>31</sub>	k <sub>32</sub>	k <sub>33</sub>	k <sub>34</sub>	k <sub>35</sub>	k <sub>36</sub>	k <sub>37</sub>	k <sub>38</sub>	k <sub>39</sub>	k <sub>40</sub>	k <sub>41</sub>	k <sub>42</sub>	k <sub>43</sub>	0			
düz	y <sub>10</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>13</sub>	k <sub>17</sub>	0	0	0	0	0	k <sub>44</sub>	k <sub>45</sub>	k <sub>46</sub>	k <sub>47</sub>	k <sub>48</sub>	k <sub>49</sub>	k <sub>50</sub>	k <sub>51</sub>	k <sub>52</sub>	k <sub>53</sub>	k <sub>54</sub>	k <sub>55</sub>	k <sub>56</sub>	k <sub>57</sub>	k <sub>58</sub>	k <sub>59</sub>	k <sub>60</sub>	k <sub>61</sub>	k <sub>62</sub>	0			
sil	y <sub>11</sub>	0	0	0	0	k <sub>18</sub>	0	0	0	k <sub>26</sub>	k <sub>44</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
düz	y <sub>12</sub>	0	0	0	0	k <sub>19</sub>	0	0	0	k <sub>27</sub>	k <sub>45</sub>	0	0	k <sub>64</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
sil	y <sub>13</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>28</sub>	k <sub>46</sub>	0	k <sub>64</sub>	0	k <sub>65</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
düz	y <sub>14</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>29</sub>	k <sub>47</sub>	0	0	k <sub>65</sub>	0	k <sub>66</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
düz	y <sub>15</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>30</sub>	k <sub>48</sub>	0	0	0	k <sub>66</sub>	0	k <sub>67</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
düz	y <sub>16</sub>	0	0	0	k <sub>14</sub>	0	0	0	0	k <sub>31</sub>	k <sub>49</sub>	0	0	0	0	k <sub>67</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
sil	y <sub>17</sub>	0	0	0	k <sub>15</sub>	0	0	0	0	k <sub>32</sub>	k <sub>50</sub>	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>68</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
düz	y <sub>18</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>33</sub>	k <sub>51</sub>	0	0	0	0	0	0	k <sub>68</sub>	0	k <sub>69</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
sil	y <sub>19</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>34</sub>	k <sub>52</sub>	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>69</sub>	0	k <sub>70</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
düz	y <sub>20</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>35</sub>	k <sub>53</sub>	k <sub>63</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
sil	y <sub>21</sub>	0	0	k <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	k <sub>36</sub>	k <sub>54</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
düz	y <sub>22</sub>	0	k <sub>6</sub>	k <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	k <sub>37</sub>	k <sub>55</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
sil	y <sub>23</sub>	0	k <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	k <sub>38</sub>	k <sub>56</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
düz	y <sub>24</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>39</sub>	k <sub>57</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
düz	y <sub>25</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>40</sub>	k <sub>58</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>73</sub>	0	
düz	y <sub>26</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>41</sub>	k <sub>59</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>73</sub>	0	k <sub>75</sub>	0
düz	y <sub>27</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>42</sub>	k <sub>60</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>75</sub>	0	k <sub>76</sub>	0
düz	y <sub>28</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>43</sub>	k <sub>61</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	k <sub>74</sub>	0	k <sub>76</sub>	0
sil	y <sub>29</sub>	k <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	k <sub>24</sub>	0	0	k <sub>62</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

#### 4. SONUÇ

Bu makalede STEP veri dönüşüm formatı yardımıyla BDT ortamında farklı ölçeklerde tasarlanmış 3 boyutlu katı modellerin ölçekleme değerlendirilmesi için bir yaklaşım sunulmuştur. Program, Visual BASIC programlama dilinde geliştirilmiş olup BDT platformu olarak da AutoCAD paket programı kullanılmıştır. Ölçekleme değerlendirilmesi, yeni tasarım ve veri tabanında önceden tanımlanmış parça matrislerinin geometrik ve topolojik bilgi bakımından karşılaştırılması tabanlıdır. Katı modelleri karşılaştırma için matris tabanlı bir temsil tekniği kullanılmıştır. Matrisler bilgisayar formatına uygun olduğundan grafik tabanlı karşılaştırma algoritmalarından daha avantajlıdır. Ölçekleme değerlendirilmesi bir çok BDT ve/veya BDİ uygulaması için yararlı bir çalışma olabilir. Farklı ölçeklerde tasarlanmış parçaların boyutsal nitelikleri düzenlenerek aynı üretim sürecinde parçalar imal edilebilirler. Bu da maliyet, işleme zamanı ve iş yükü açısından işletmede optimum değerlere ulaşmada yardımcı olabilir. Gelecekte bu alanda çalışma yapacak araştırmacılar bu çalışmayı işlem planlama, grup teknolojisi gibi BDT/BDİ uygulamalarında kullanabilirler.

#### 5. KAYNAKLAR

Cardone, A., Gupta S. K., and Karnik, M. 2003. A Survey of Shape Similarity Assessment Algorithms For Product Design and Manufacturing Applications, *ASME Journal of Computing and Information Science in Engineering* 3, 109–118.

Cardone, A., Gupta S. K., Deshmukh, A. and Karnik M. 2006. Machining Feature-based Similarity Assessment Algorithms For Prismatic Machined Parts, *Computer Aided Design* 38, 954-972.

Cicirello, V. and Regli, W. C. 2002. An Approach to Feature-based Comparison of Solid Models of Machined Parts. *Journal of Artificial Intelligence for Engineering Design Analysis and Manufacturing* 16, 385-399.

Çiçek, A. 2005. Bilgisayar Destekli Parça Tanıma Sisteminin Geliştirilmesi ve Motor Montajına

Uygulanması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çiçek, A. 2006. STEP Veri Dönüşüm Formatında 3 Boyutlu Parça Temsili, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Dergisi* 10, 31-38.

Çiçek, A. ve Gülesin, M. 2006a. CAD/CAM Uygulamaları İçin STEP Dosyalarının Yorumlanması, *Teknoloji Dergisi* 9, 47-54.

Çiçek, A. ve Gülesin, M. 2006b. Parça Tanıma Yaklaşımı İçin Geliştirilen Bir Parça Temsil Formatı, *Politeknik Dergisi* 9, 189-195.

Çiçek, A. and Gülesin, M. 2007. A Part Recognition Based Computer Aided Assembly System, *Computers in Industry* doi:10.1016/j.compind.2007.02.007.

Elinson, A., Nau, D. S. and Regli, W.C. 1997. Feature-based Similarity Assessment of Solid Models. *Proceedings of ACM Solid Modeling Conference* 297–310.

Elinson, A., Nau, D.S. and Regli W.C. 1998. Feature-based similarity assessment of solid models, *ACM Fourth Symposium On Solid Modeling And Applications* 8–11.

Hong, T, Lee, K. and Kim, S. 2006. Similarity Comparison of Mechanical Parts to Reuse Existing Designs, *Computer Aided Design* 38, 973-984.

Mehalawi, M. and Miller, R.A. 2003a. A Database System of Mechanical Components Based on Geometric and Topological Similarity. Part II: Indexing, Retrieval, Matching and Similarity Assessment, *Computer Aided Design* 35, 95-105.

Mehalawi, M. and Miller, R.A. 2003b. A Database System of Mechanical Components Based on Geometric and Topological Similarity. Part I: Representation, *Computer Aided Design* 35, 83-94.

Ramesh, M, Yip-Hoi, D. and Dutta D. 2001. Feature-based shape similarity measurement for retrieval of mechanical parts. *ASME Journal of Computing and Information Science in Engineering* 1, 245–256.