

BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARÇA TANIMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE MOTOR MONTAJINA UYGULANMASI

Adem ÇİÇEK ve Mahmut GÜLESİN

Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Teknikokullar 06500 / ANKARA
adecicek@yahoo.com, gulesin@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 06.02.2006 ; Kabul/Accepted: 24.05.2007)

ÖZET

Bu çalışmada, dizel motor parçalarının yüz bitişiklik ilişkileri ve nitelikleri kullanılarak tanınması ve tanınan parçaların bilgisayar destekli tasarım (BDT) ortamında montajının yapılması için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Tanıma işleminde uzman sistem tekniği kullanılmıştır. Motor parçalarının BDT modellerinin otomatik olarak STEP dönüşümü yapılmış ve oluşturulan STEP dosyası yorumlanarak parça üzerindeki her bir yüzün komşu yüzleri ve nitelikleri çıkarılmıştır. Aynı zamanda, bir yazım editörü kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanı ve parça tanıma işleminden elde edilen yüz bitişiklik ilişkileri ve nitelikleri karşılaştırılarak parçalar bilgisayar tarafından tanınmaktadır. Parça modeli, parça ismi ile veri tabanına kaydedilmekte ve modele ait yüz komşuluk ilişki matrisi ile temsil edilmektedir. Montaj aşamasında, tanınan parçaların referans yüzeyler belirlenmiş ve referans yüzeyler vasıtasıyla parçalar montaj dosyasına taşınarak BDT ortamında montajı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Parça tanıma, STEP, uzman sistem, motor montajı.

THE DEVELOPING OF COMPUTER AIDED PART RECOGNITION SYSTEM AND IMPLEMENTATION INTO ENGINE ASSEMBLY

ABSTRACT

In this study, an approach has been developed to recognise the parts of a diesel engine using their face adjacency relations and attributes and to assembly the recognised parts in a computer aided design (CAD) environment. An expert system technique has been used in recognition procedures. CAD models of the parts of the engine are automatically translated into their STEP files and neighbouring faces and face attributes of each face on a part are extracted by evaluating of the generated STEP file. A database is also constructed using a text editor. Comparing the face adjacency relations and the attributes in the database and part recognition procedures, the parts are recognised by the computer. The part model is saved into the database with the name of the part and is represented in its face adjacency relation matrix. In the assembly stage, reference surfaces of the recognised parts are determined and they are assembled by moving into the assembly file through the reference surfaces in a CAD environment.

Keywords: Part recognition, STEP, expert system, engine assembly.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bilgisayar destekli tasarımın amacı üretilmesi istenen parçaların çeşitli yöntemler, teknikler ve standart semboller kullanılarak parçanın bütün karakteristiklerini bir çizim ortamına yansıtıp imalata hazırlamaktır. Bilgisayar destekli tasarımın kullanılmaya başlanması, endüstride önemli bir etki

meydana getirmiş ve geleneksel tekniklere göre önemli üstünlükler sağladığı için kısa zamanda kullanımı yaygınlaşmıştır. BDT sistemlerinin sağladığı faydalardan biri olan veri tabanı ve veri dönüşümü ile BDT ortamında çizim bilgileri, çeşitli formatlara dönüştürülebilir veya veri tabanları yardımıyla saklanabilir. Bunlar arasında SET, STEP, VDA-FS, DXF, IGES vb. sayılabilir. Veri

tabanlarında kayıtlı çizim veya tasarım bilgileri Bilgisayar destekli imalat (BDİ) için kullanılabilir. Ayrıca, BDT sistemleri 3 boyutlu modelleme imkânı sağlayarak üretim, tasarım ve montaj için önemli avantajlar sağlamaktadır. BDT, BDİ'nin entegrasyonu için üretim bilgilerinin BDT'deki katı modellemeye elde edilmesi gerekmektedir. BDT veri tabanından üretim bilgilerinin elde edilmesi BDİ için genelde yetersiz kalmaktadır. Çünkü güncel BDT sistemleri tam anlamıyla bilgisayar destekli imalat, bilgisayar destekli işlem planlama (BDİP) ve bilgisayar destekli montaj (BDM) verilerini tam olarak sağlamamaktadır. Her ne kadar bu konuda önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da tasarım işlemini desteklemek ve entegrasyonu sağlamak için daha çok araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

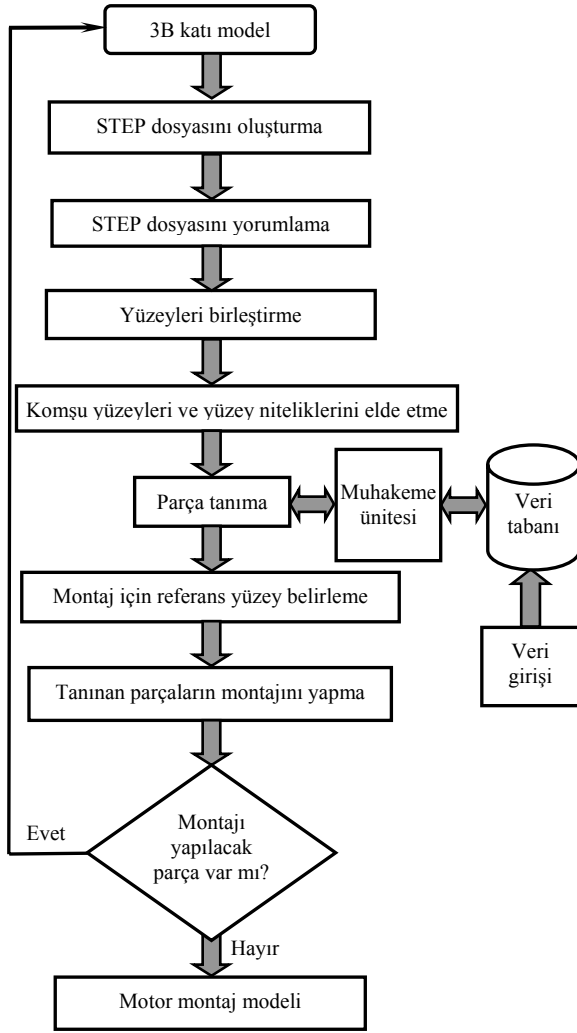
Qamhiyah, vd. düzlem yüzeyli nesnelerin BDT modellerinden biçim unsurlarının ardışık çıkarımı için sınır tabanlı bir prosedür geliştirmişlerdir. Bu çalışmada unsurlar bir nesnenin temel biçimini değiştirmedeki etkileri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Sonra geometrik muhakeme, biçim unsur sınıflarının genel özelliklerini elde etmek için kullanılmış ve biçim unsur sınıfları elde edilen özellikleri tabanlı ardışık olarak çıkarılmıştır. Geliştirilen prosedür halka bilgisine bağımlılığının sonucu olarak düzlemsel olmayan yüzeylere uygulanamamaktadır. Halka bilgisine bağlı olarak her bir aşamada unsur sınıflarının her biri çıkarılmış ve her çıkarma aşamasından sonra kaybolan öğeler nedeniyle parça tekrar yapılandırılmıştır [1-5]. Gavankar ve Henderson bir katı modeldeki çıkıntı ve oyuk unsurlarını çıkarmak için kenar-yüz grafiği tabanlı bir algoritma geliştirmişlerdir. Algoritma bu gibi unsurları çıkarmak için çoklu kenar halkasına sahip olan yüzleri teşhis etmekte ve bunları potansiyel ayrı düğümlerin azaltılmış seti olarak kullanmaktadır. Grafiği ayırmak için gerekli olan karmaşık hesaplamalara, düğümlerin sadece bu sınırlı alt seti üzerine yapılmak için ihtiyaç duyulur. Bu çalışmada tanınabilen unsurlar tekbir yüzey üzerine modellenen cep, kör delik ve çıkıntı gibi unsurlar ile sınırlandırılmıştır [6-8]. Pal ve Kumar BDT veritabanından etkileşmeyen 3 boyutlu unsurların teşhisi için kısmi olarak matematiksel tekrarlayıcı ve kısmi olarak da heuristik kuralları tabanlı karma (hibrit) bir yaklaşım sunmuşlardır. Çalışmanın amacı, otomatik işlem planlama için mekanik BDT/BDİ fonksiyonlarında geometrik muhakemeyi kolaylaştıran bir bilgi çatısı oluşturmaktır. Unsur çıkarma işleminin başında, çok yüzü olmayan bir cep unsuru için temel bulma, ara yüzler ve ardışık bağlanabilirlik algılama gibi prosedürler kurulmuş ve bu prosedürler diğer unsurlar için genişletilmiştir [9-10]. El-Mehalawi ve Miller çalışmalarında mekanik parçaların veritabanındaki benzer tasarımlarını gözden geçirme ve eşleştirme için bir yaklaşım sunmuşlardır. Gözden geçirme ve eşleştirme işlemleri mekanik

parçalar arasındaki geometrik ve topolojik benzerlik üzerine dayandırılmıştır. Parçalara ait STEP dosyasından elde edilen geometrik ve topolojik bilgi, nitelikli bir grafikte temsil edilmiştir. Grafikte, parçanın yüzeyleri düğümlerle, yüzeyleri sınırlayan kenarlar ise yaylar ile temsil edilmiştir. Biçim tabanlı mekanik parçaları tekrar gözden geçirme ve eşleştirmenin maliyet hesaplama ve işlem planlama gibi birçok uygulama alanları vardır. Benzer parçaları eşleştirme ve bu parçalar için bir benzerlik indeksi hesaplamasının ise üretim değerlendirmesi, muhakeme esaslı tasarım, robotik ve bilgisayar bütünlüklü üretim uygulamaları vardır. Burada belirtilen benzerlik faktörü iki grafikte benzer olarak bulunan düğüm çiftlerinin sayısına dayandırılmıştır [11-12]. Gülesin ve Jones veritabanındaki bitmiş, orta düzey ve ham parçaları temsil etmek için yüz tabanlı komşu grafiği (FONG-Face Oriented Neighbouring Graph) olarak adlandırılan bir parça modeli temsil şeması geliştirmişlerdir. STEP dosyası kullanarak yüz ve unsurlar tayin edilmiş ve yüzler arasındaki açılar hesaplanmıştır. Aynı zamanda, yüzler arasındaki komşuluk, içbükeylik ve dışbükeylik ilişkileri saptanarak parça modeli kısa ve özlü bir şekilde temsil edilmiştir. Parça ilk önce birtakım yüzler olarak tanımlanmıştır. Her bir yüz, açı ve içbükeylik-dışbükeylik ilişkisi olmak üzere iki niteliğe sahip olan bir ortak kenarı paylaşan komşu yüzlerle bağlanmaktadır. Eğer yüzler dışbükey bir açıyı biçimlendiriyorsa, yayın niteliği pozitif ve eğer içbükey bir açıyı biçimlendiriyorsa, yay niteliği negatif olarak atanmıştır [13-14].

Bu çalışmada, bir dizel motor parçaları ve makina alanında yaygın olarak kullanılan standart makine parçalarının yüz komşuluk ilişkileri ve nitelikleri kullanılarak tanınması ve tanınan parçaların BDT ortamında otomatik montajlarının yapılması için bir yöntem ve yazılım geliştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, bir parça tanıma metodu geliştirmek ve bu parça tanıma metodunu bilgisayar destekli montaja uygulamaktır. Parça tanıma tabanlı montaj sistemi literatürde yeni bir çalışma olup diğer bilgisayar destekli montaj sistemlerinden farklılık arz etmektedir.

2. GELİŞTİRİLEN SİSTEM (THE DEVELOPED SYSTEM)

Bu çalışmada, bir dizel otomobil motoru parçaları ve makina alanında yaygın olarak kullanılan standart makine parçalarının yüz komşuluk ilişkileri ve nitelikleri tabanlı tanınması için bir yöntem ve yazılım geliştirilmiştir. Tanıma prosedüründe uzman sistem tekniği kullanılmıştır. Kullanıcı tarafından BDT ortamında oluşturulan motor parçaları ve standart makina parçaları katı modellerinin STEP dönüşümü yapılarak tanınacak her bir parçaya ait bir STEP dosyası oluşturulmaktadır. Oluşturulan STEP dosyasındaki 3 boyutlu modele ait öğeler geliştirilen program tarafından yorumlanarak parça üzerindeki



Şekil 1. Geliştirilen programın akış şeması (Flowchart of the developed program)

özdeş yüzler tespit edilip bu yüzler arasında bir birleştirme operasyonu gerçekleştirilmiştir. Birleştirme işlemi yapıldıktan sonra, parça üzerindeki her bir yüz geliştirilen program tarafından tek tek ele alınarak o yüze ait komşu yüzler ve nitelikler çıkarılmıştır. Çıkarılan nitelikler ve komşu yüzler sayesinde parça tanıma prosedürü gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, bir yazım editörü kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanındaki kurallar yine parçaya ait nitelikler ve komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurularak kullanıcı tarafından veya programa ilave edilen bir otomatik kural yazma modülü tarafından yazılmaktadır. Yani, kullanıcı isterse kuralı kendisi yazabilmekte ya da geliştirilen programa otomatik olarak yazdırarak kuralı veri tabanına kopyalayabilmektedir. Veri tabanı ve parça tanıma prosedüründeki yüzey ilişkileri ve nitelikleri geliştirilen program tarafından birbirleriyle karşılaştırılarak parçaya ait kural veri tabanından tespit edilip parça tanınmaktadır. Parça modeli, elde edilen parça ismi ile bilgisayara kaydedilmekte ve parçaya ait yüz komşuluk ilişki matrisi ile temsil edilmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisinde

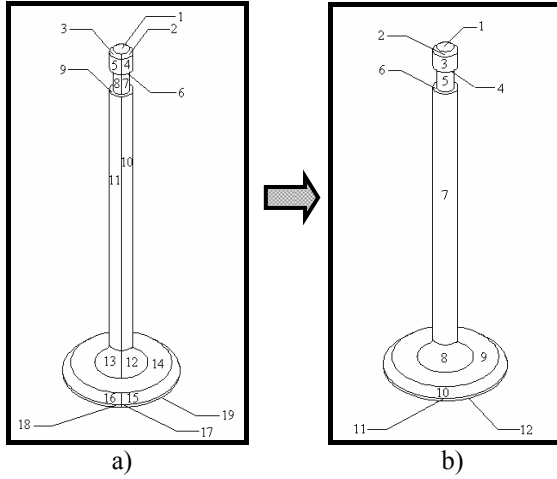
parçadaki yüzlere ait bağlanma ilişkileri ve nitelikler temsil edilmiştir. Parça tanıma prosedürünün aşamaları aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Geliştirilen programın akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.

2.1. STEP Dosyasını Oluşturma (Generating of the STEP File)

Bu aşamada, kullanıcı tarafından AutoCAD ortamında oluşturulan dizel motor parçaları ve standart makine parçalarının katı modellerinin STEP dönüşümü program tarafından otomatik olarak yapılarak tanınmakta ve montajı yapılacak her bir parça STEP formatında kaydedilmektedir. Otomatik STEP dönüşümü ve oluşturulan STEP dosyasının bilgisayara kaydedilmesi işlemleri Visual BASIC ile AutoCAD arasında bağlantı kurulduktan sonra Visual BASIC fonksiyonları ile gerçekleştirilmiştir. STEP dosyası türetildikten sonra, program sonraki aşama olan yüzey birleştirme işlemine geçmektedir.

2.2. Yüzeyleri Birleştirme (Stitching of Surfaces)

STEP grafik standardında silindirik, konik, küresel ve toroid yüzeyler iki simetrik yüzle temsil edilmektedir. Bu da, STEP formatının iç temsil yapısından kaynaklanmaktadır. Yüzey birleştirme işlemine bir örnek Şekil 2'deki egzost supabıdır. Egzost supabındaki 2-3, 4-5, 7-8, 10-11, 12-13, 15-16 ve 17-18 numaralı silindirik, konik ve sınırlı yüz çiftleri yine STEP dosyasında nitelikleri aynı iki simetrik yüzey olarak temsil edilmiştir. Parça tanıma işleminin doğru olarak yürütülmesi için program, bu simetrik yüz çiftleri arasında yüzey birleştirme işlemini gerçekleştirmektedir. Yüzey birleştirme için program önce simetrik yüzlerin özdeş yüzler olup olmadığını STEP formatından sorgulamaktadır. Daha sonra bu sorgulama sonucunda yüz çiftleri özdeş yüzler ise program yüzey birleştirme işlemini gerçekleştirmektedir. Yüz çiftleri özdeş yüzler değilse, program bu yüzleri ferdi yüzler olarak kabul edip bir sonraki aşamaya geçmektedir. Burada program yüz çiftlerini sorgulamış, yüz çiftlerinin özdeş yüzler olduğuna karar vermiş ve yüz çiftleri arasında yüzey birleştirme işlemini gerçekleştirmiştir. Bu yüzler birleştirme işleminden sonra Şekil 2b'deki gibi tek bir yüzey olmuştur. Bu birleştirme işleminden sonra komşu yüzler tespit edilerek yüz komşuluk ilişki matrisi oluşturulmuştur. Yüzey birleştirme işleminden önce parçanın STEP formatında 19 yüz varken birleştirme işleminden sonra parçanın yüz sayısı 12 yüze inmiştir. Yani, 7 çift yüzde birleştirme işlemi program tarafından yapılmıştır. Yüzey birleştirme işleminden sonra Şekil 2a'deki egzost supabındaki 2-3, 4-5, 7-8, 10-11, 12-13, 15-16 ve 17-18 numaralı silindirik, konik ve sınırlı yüz çiftleri sırasıyla Şekil 2b'deki egzost supabındaki 2, 3, 5, 7, 8, 10, 11 numaralı yüzeyler olarak temsil edilmiştir. Böylece, egzost supabının veri tabanında temsil edilecek kuralında tanımlanması gereken yüz



Şekil 2. a) Egzost supabı yüzlerinin STEP formatındaki temsili, b)Yüzlerin birleştirme işleminden sonraki temsili (a) STEP representation of exhaust valve, b) Stitched faces of the exhaust valve)

komşuluk ilişkileri doğru olarak gerek kullanıcı tarafından gerekse geliştirilen otomatik kural yazma modülü tarafından tanımlanarak veri tabanında temsil edilebilmektedir. Bu da parça tanıma prosedürlerinin verimli bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır.

Yüzey birleştirme işlemi yapabilmek için bazı şartların bir araya gelmesi gerekmektedir. Yani, program tüm simetrik olan yüz çiftleri için yüzey birleştirme işlemi yapmamaktadır. Aynı nitelikleri taşıyan iki veya daha fazla yüzeyin en az ortak bir kenarı paylaşmaları durumunda program yüzey birleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir.

2.3. Yüz Komşuluk İlişki Matrisini Yapılandırma (Construction of Face Adjacency Relation Matrix)

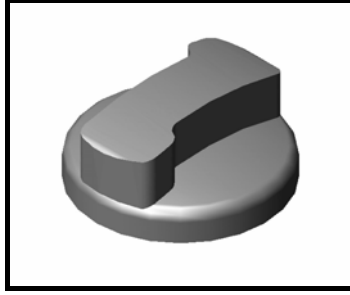
Bu aşamada, program, yüzey birleştirme işleminden sonra elde edilen birleştirilen yüzeyleri girdi olarak kabul etmekte ve bu birleştirilen yüzeyleri değerlendirerek tanınacak parça üzerindeki her bir yüze ait nitelikleri ve komşuluk ilişkilerini çıkarmaktadır. Komşu yüzlerin bulunmasında, program sıra ile parça üzerindeki her bir yüzü ele alarak bu yüzü meydana getiren kenar halkasındaki her bir kenar eğrisini sorgulamıştır. Ele alınan yüzün kenar halkasını meydana getiren her bir kenar eğrisi iki yüzey tarafından paylaşıldığından, yüzü sınırlayan kenar halkasındaki her bir kenar eğrisini paylaşan diğer yüzler o yüze komşu yüzler olarak tanımlanmıştır. Bu şekilde, parça üzerindeki yüzlerin kenar halkalarını oluşturan kenar eğrilerini tek tek sorgulayarak her bir yüze ait komşu yüzleri bulmaktadır. Komşu yüzler ve nitelikler elde edildikten sonra bu bilgiler matris formunda temsil edilmiştir. Yüz komşuluk ilişki matrisi adı verilen bu tanımlama şeması parçayı hem geometrik hem de topolojik açıdan temsil etmektedir. Komşuluk ilişkileri ve nitelikler tanımlandıktan sonra bu ilişkiler bir matris formunda program tarafından otomatik olarak

düzenlenmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisi parçaya ait olan her bir yüzün yüz biçimini, yüz numarasını ve yüz niteliklerini matris üzerinde temsil etmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisi, tanınmakta olan parçanın yüz sayısı ile orantılı olarak program tarafından otomatik olarak boyutlandırılmaktadır. Parçanın yüz sayısı olarak yüz birleştirme işleminden sonra kalan yüz sayısı esas alınmıştır. Örneğin, herhangi bir parçanın yüz birleştirme işleminden sonra yüz sayısı 15 ise yüz komşuluk ilişki matrisi 15x15 bir kare matristir. Matriste parça üzerinde bulunan tüm yüzlerin yüzey tipleri soldan sağa ve yukarıdan aşağıya olmak üzere yerleştirilerek yüz komşuluk ilişki matrisi boyutlandırılmıştır. Program, parça üzerindeki ilk yüzü ele almakta ve yüze ait nitelikleri matristeki o yüze ait yüz kısaltmasına iliştiirmektedir. Sonra, komşuluk ilişkileri bölümüne geçerek diğer yüzlerle komşuluk ilişkilerini sorgulamaktadır. Hangi yüzey ile komşuluk ilişkisi varsa matriste o yüzü karşılayan hücreye "1" değerini, komşuluk ilişkisi yoksa "0" değerini yerleştirilmektedir. Program tüm yüzler için bu işlemleri yaparak kare matrisi komşuluk ilişkileri ve niteliklerine göre doldurmaktadır. Böylelikle tüm yüzler arasındaki komşuluk ilişkileri ve nitelikler matriste açıkça temsil edilmektedir. Şekil 3'te egzost supabı ve egzost supabına ait 12 x 12 kare yüz komşuluk ilişki matrisi verilmiştir.

Ayrıca yüz komşuluk ilişki matrisinde parça üzerindeki her bir yüzeye ait yüz nitelikleri de temsil edilmiştir. Niteliklerin temsil edilmesi ile hangi yüzeyin hangi yüzey ile komşu olduğu kolaylıkla tespit edilebilmekte ve birbiri ile benzeren parçalar matristeki bu nitelikler sayesinde birbirinden ayırt edilebilmektedir. Bu nitelikler yüz komşuluk ilişki matrisindeki her bir yüzü temsil eden yüz tipi kısaltmalarına iliştilmiştir. Matris oluşturulduktan sonra imleç bu yüz tipi kısaltmalarının üzerine geldiğinde o yüze ait nitelikler bir pencere ile ekrana gelmektedir. Bu şekilde bir parça yüz komşuluk ilişki matrisinde tüm yüzler için komşuluk ilişkileri ve nitelikleri temsil edilebilmektedir. Aynı zamanda, yüz

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
düz	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kon	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
sil	5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
düz	6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
sil	7	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
sım	8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
düz	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
kon	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
sil	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
düz	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Şekil 3. Egzost supabı ve egzost supabının yüz komşuluk ilişki matrisi (The exhaust valve and its face adjacency relation matrix)



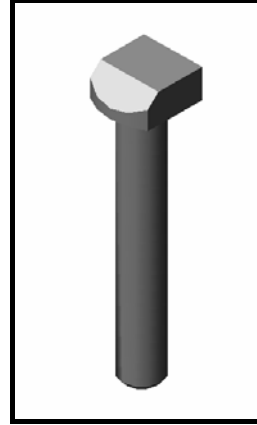
Şekil 4. Yağ dolum kapağı (Oil cover)

komşuluk ilişki matrisinde tanınan parçaya ait parça adı ve veri tabanında temsil edilen kural numarası matris formundaki bir Visual BASIC etiket (label) kontrolünde temsil edilebilmektedir. Şekil 4'te gösterildiği gibi parça adı ve kural numarası yağ dolum kapağına ait yüz komşuluk ilişki matrisinde temsil edilmiştir. Aynı zamanda imleç 18. yüzey olan küresel yüzeyi temsil eden yüz kısaltmasının üzerine getirildiğinde bu silindirik yüzeye ait olan nitelikler ekrana gelmektedir. Bu şekilde matriste temsil edilen yüzeylerin nitelikleri kolayca öğrenilebilmekte ve matrisin analiz edilmesi oldukça kolaylaşmaktadır. Şekil 5'te, Şekil 4'teki yağ dolum kapağının program tarafından elde edilen yüz komşuluk ilişki matrisi ve matriste temsil edilen 18. yüzey kutu içine alınarak verilmiştir.

2.4. Veri Tabanı (Database)

Geliştirilen programda uzman sistem tekniği kullanıldığından uzman sistemin gereği olan bir veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanı, Not Defteri programında yazılmış bir yazı dosyasıdır. Veri tabanında her bir parça için bir kural yazılmış ve oluşturulan yazı dosyası bilgisayara kaydedilmiştir. Program, motor parçalarının ve standart makine parçalarının hem STEP dosyasını hem de veri tabanını değerlendirerek elde ettiği komşuluk ilişkileri ve nitelikleri karşılaştırarak parçaları tanımlamaktadır. Veri tabanında her bir kuralı temsil eden her bir parça,

Şekil 5. Yağ dolum kapağına ait yüz komşuluk ilişki matrisi (Face adjacency relation matrix of the oil cover)



Şekil 6. Biyel cıvata (Bolt for connecting rod)

kendisini oluşturan yüzeylerin komşuluk ilişkileri ve her bir yüzeyin nitelikleri tabanlı olarak temsil edilebilmektedir. Kurallarda IF-THEN yapısı kullanılmıştır.

Herhangi bir parça için veri tabanına kural yazma formatı aşağıdaki gibidir:

“RULE NO:” Kural numarası

“IF”
 “the” + yüzey tipi + “has neighbour” veya “neighbours” + komşu yüzey1,

komşu yüzey2, komşu yüzey3komşu yüzeyN + “AND”

“the” + nitelik = nitelik değeri

“THEN”

“the part is a” veya “an” + parça ismi

Kural yazarken ilk önce kural numarası hemen altına IF yapısı tanımlanmaktadır. Bundan sonraki satırlarda parçaya ait her bir yüz için komşuluk ilişkileri ve nitelikleri tanımlanabilmektedir. Her bir yüz için kural tanımlanırken ilk satırda yüz komşuluk ilişkileri tanımlanmalıdır. Yukarıdaki formatta verildiği gibi komşuluk ilişkileri tanımlanırken önce ele alınan yüzey hemen yanına o yüze ait komşu yüzeyler yazılmaktadır. Eğer yüze ait nitelikler kuralda temsil edilmek isteniyorsa yüz niteliği yüz komşuluk ilişkilerinin hemen altına, nitelik değeri ise yüz niteliğinin hemen yanına yazılmalıdır. Daha sonra THEN yapısı ve son olarak parça isminin belirlendiği sonuç kısmı tanımlanmaktadır. Bu şekilde veri tabanında bir kural tanımlandığında program, 662 yüzeye kadar olan parçaları tanıyabilmektedir.

Şekil 6'daki biyel cıvatanın veri tabanında temsil edilen kuralı aşağıda verilmiştir.

RULE 20:

IF
the cylindrical_face has neighbours plane_face, conical_face
AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face,
 plane_face, plane_face **AND**
the plane_face has neighbours cylindrical_face,
 cylindrical_face,
 plane_face, plane_face, plane_face **AND**
the plane_face has neighbours cylindrical_face, plane_face,
 plane_face, plane_face **AND**

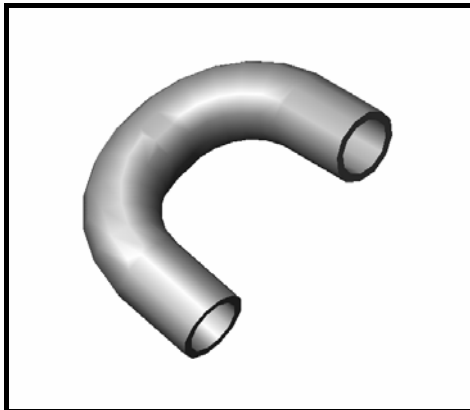
THEN

the part is a biyel_cıvata

Veri tabanında parçaya ait tüm yüzler veya parçayı diğer yüzlerden ayırt edecek yüzler tanımlandığında program benzer parçaları birbirinden ayırt edebilmektedir.

2.5. İsteğe Bağlı Kural Yazma Modülü (Optional Rule Writing Module)

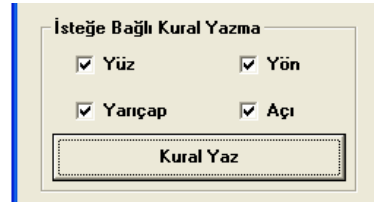
Kullanıcı tarafından yapılan kural yazma işlemi basit ve orta düzey parçalarda mümkün iken karmaşık parçalarda oldukça zordur. Hatta bazı parçalar için imkânsızdır. BDT ortamında tasarlanan parçaların yüzey tipi ve komşuluk ilişkilerinde sınırlama olmaksızın tanınması amacıyla geliştirilen ve programa ilave edilen otomatik ve isteğe bağlı kural yazma modülü ile istenen parçalar için kural yazma işlemi geliştirilen bilgisayar programı tarafından yapılabilmektedir. Bu da kullanıcıyı kural yazma zahmetinden kurtarmaktadır. Bu kural yazma modülü ile kuralı yazılması imkânsız olan parçaların kuralları veri tabanında temsil edilmiş ve kuralı yazılan bu parçalar parça tanıma algoritması tarafından kolayca tanınmıştır. Program vasıtasıyla otomatik yazılan bir kural form üzerine yerleştirilen bir Visual BASIC yazı kutusu kontrolünde temsil edilmiştir. Buradan da veri tabanına kopyalanarak kural veri tabanında temsil edilerek parçalar tanınmıştır. Bu modüle kullanıcının isteğine göre program tarafından kural yazıldığından isteğe bağlı kural yazma modülü olarak isimlendirilmiştir. Yani, kullanıcı yüze ait sadece komşuluk ilişkileri veya komşuluk ilişkilerinin yanında yön, yarıçap ve açı nitelikleri ile birlikte bir kuralı programa yazdırabilmektedir. İsteğe bağlı kural yazma modülünde “Yüz”, “Yarıçap”, “Yön”, “Açı” olarak etiketlenmiş dört tane Visual BASIC kontrol kutusu kontrolü ile “Kural Yaz” etiketli bir tane komut düğmesi kontrolü yerleştirilmiştir. Kullanıcı buradaki kontrol kutularını ve komut düğmesini kullanarak basit, orta düzey veya karmaşık parçalar için istediği gibi kural tanımlayabilmektedir. Kontrol kutuları ise tüm yüzeylere ait nitelik değerlerinin kuralda temsil edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 7. Yağ buhar borusu (Pipe for oil steam)

Şekil 7’deki yağ buhar borusunun Şekil 8’de gösterildiği gibi isteğe bağlı kural yazma modülündeki “Yüz”, “Yarıçap”, “Açı”, “Yön” kontrol kutuları işaretlenip kural yazdırıldığında Şekil 9’da gösterilen kural yazma penceresinde yağ buhar borusunun kuralı temsil edilmektedir. Şekil 9’daki kural yazma penceresinde de görüldüğü gibi yağ buhar borusuna ait komşuluk ilişkileri tanımlandığı gibi bunun yanı sıra yüzlere ait tüm niteliklerde tanımlanmıştır.

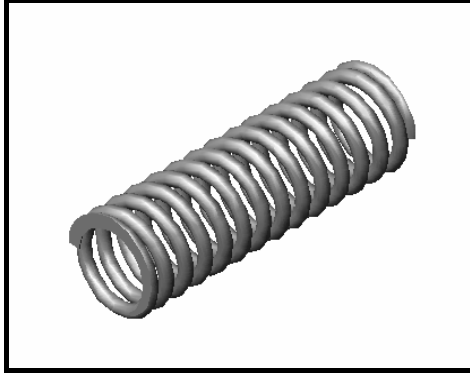
İsteğe bağlı kural yazma modülü özellikle kuralı tanımlanamayacak kadar karmaşık olan parçalar için geliştirilmiştir. Bu modülle kural yazma işlemi tamamen bilgisayara bırakılarak kural yazma ve parça tanıma işlemleri oldukça basitleştirilmiştir. Otomatik kural yazma işlemi ile yüzey tipi ve yüzey komşuluk ilişkilerinde sınırlama olmaksızın kurallar bilgisayar tarafından yazılabilmektedir. Şekil 10’daki basma yayı bu karmaşık parçalara iyi bir örnek teşkil etmektedir. Kullanıcı tarafından kural tanımlaması yapmak mümkün değildir. Fakat geliştirilen program



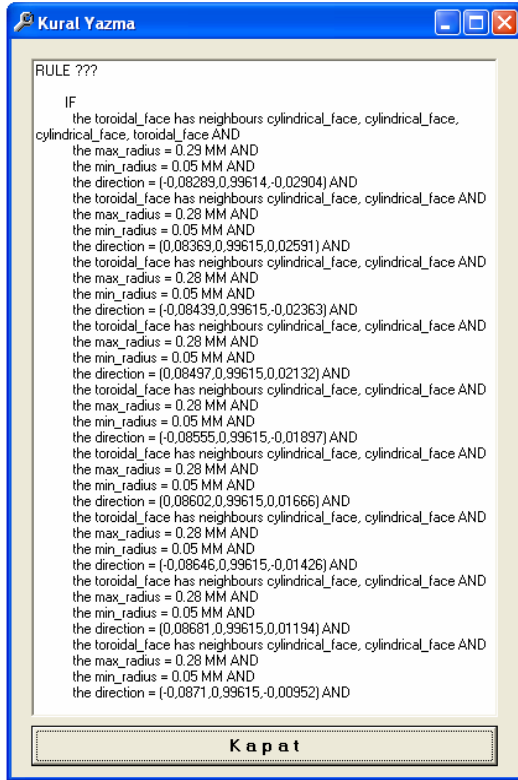
Şekil 8. İsteğe bağlı kural yazma modülü (Optional rule writing module window)



Şekil 9. Yağ buhar borusunun isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen kural penceresi (The rule window generated by the automatic rule writing module of the pipe for oil steam)



Şekil 10. Basma yayı (Compression spring)



Şekil 11. Basma yayının isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen kural penceresi (The rule window generated by the automatic rule writing module of the compression spring)

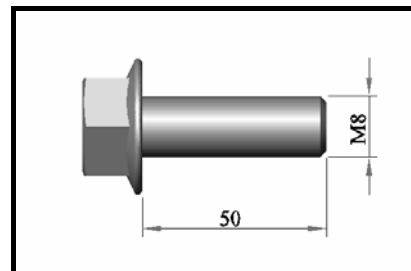
tarafından yazılan kuralı sayesinde basma yayı bilgisayar programı tarafından tanınmıştır. Basma yayının kural yazma modülü tarafından elde edilen kuralı Şekil 11'de gösterilmiştir.

Kural penceresindeki tanımlamalar sistemde geliştirilen kural yazma formatına göre bilgisayar tarafından yazılmış ve elde edilen değerler ise parçaya ait STEP dosyasından her bir yüzey için yüzey tipine bağlı olarak çıkarılmıştır. Yüzele ait yön nitelikleri, her bir yüzey için STEP dosyasında tanımlanan lokal koordinat sisteminin z yönünden elde edilmiştir. STEP dosyasında lokal koordinat sisteminin z yönü düzlemsel ve küresel yüzeylerin normal yönünü, silindirik, konik ve toroid yüzeylerin ise eksen yönlerini vermektedir. Bu yön niteliği ile

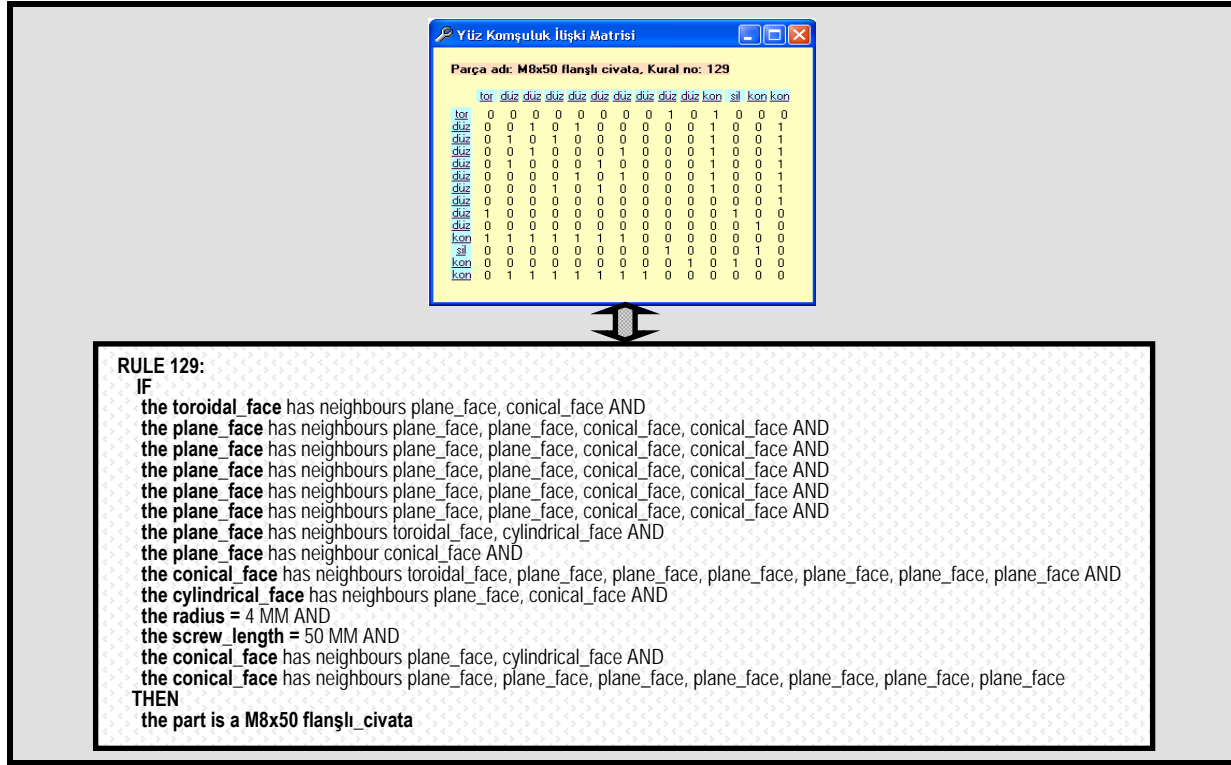
parçadaki yüzeylerin 3 boyutlu uzayda yönelimleri tespit edilebilmektedir. Bu nitelik sayesinde benzer parça üzerindeki ve veritabanındaki yüzeylerin yönelimleri eşleştirilerek tanınması sağlanmaktadır.

2.6. Parça Tanıma (Part Recognition)

Bu aşamada, tanınacak parçanın yüz komşuluk matrisindeki komşuluk ilişki bilgileri ve nitelikleri ile veri tabanındaki her bir kurala ait komşuluk ilişki bilgileri ve nitelikleri geliştirilen program tarafından karşılaştırılarak parçalar tanınmaktadır. Geliştirilen program tüm kuralları teker teker değerlendirerek buradaki her bir kuralı BDT ortamında tasarlanan parçanın yüz komşuluk ilişki matrisinde temsil edilen bilgilerle karşılaştırmaktadır. Eğer bir kurala ait bilgiler ile parçaya ait yüz komşuluk ilişki matrisindeki bilgiler ile eşleşmez ise program o kuralı atlayarak diğer kuralın bilgileri ile karşılaştırmaktadır. Bu şekilde, program veri tabanındaki tüm kurallara ait bilgileri değerlendirerek parçaya ait yüz komşuluk ilişki matrisindeki bilgilere uygun kuralı tespit eder ve parça tanınır. Parça tanıma işlemi uzman sistemin bir parçası olan muhakeme ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Uzman sistem muhakeme yöntemlerinden ise ileriye zincirleme yöntemi kullanılmıştır. İleriye zincirleme bir kuralın IF şart kısmından başlamakta ve kuralın THEN kısmını ispatlamak için bu şartları tatmin etmeye çalışmaktadır. Bu çalışmada da IF şart kısmında tanımlanan şartlar parçaya ait bilgileri tam olarak sağladığında THEN kısmı ispatlanmış yani parça tanınmış olacaktır. Bu şekilde program kullanıcı tarafından BDT ortamında tasarlanmış her bir parça için veri tabanında her bir kuralı tarayarak ve parçaya ait komşuluk ilişkileri ve niteliklere uyan kuralı bularak parça ismini ve kural numarasını veri tabanında temsil edilen kuralın sonuç kısmından almaktadır. Parça tanıdıktan sonra bir mesaj kutusu ekranda belirerek kullanıcının parça ismini ve kural numarasını doğrulaması beklenmektedir. Kullanıcı onayladığı takdirde program tasarlanan parçayı elde edilen parça ismi ile hard diske kaydetmektedir. Veri tabanında parçaya ait nitelikler kullanıcı tarafından eksik tanımlanabildiği için yüz komşuluk ilişki matrisinden elde edilen komşuluk ilişkileri ve niteliklerin veri tabanından elde edilen komşuluk ilişkileri ve nitelikler ile bire bir (%100) karşılaması gerekmektedir. Şekil 13'te Şekil 12'deki M8x50 flanşlı civatanın tanıma işlemi verilmiştir.



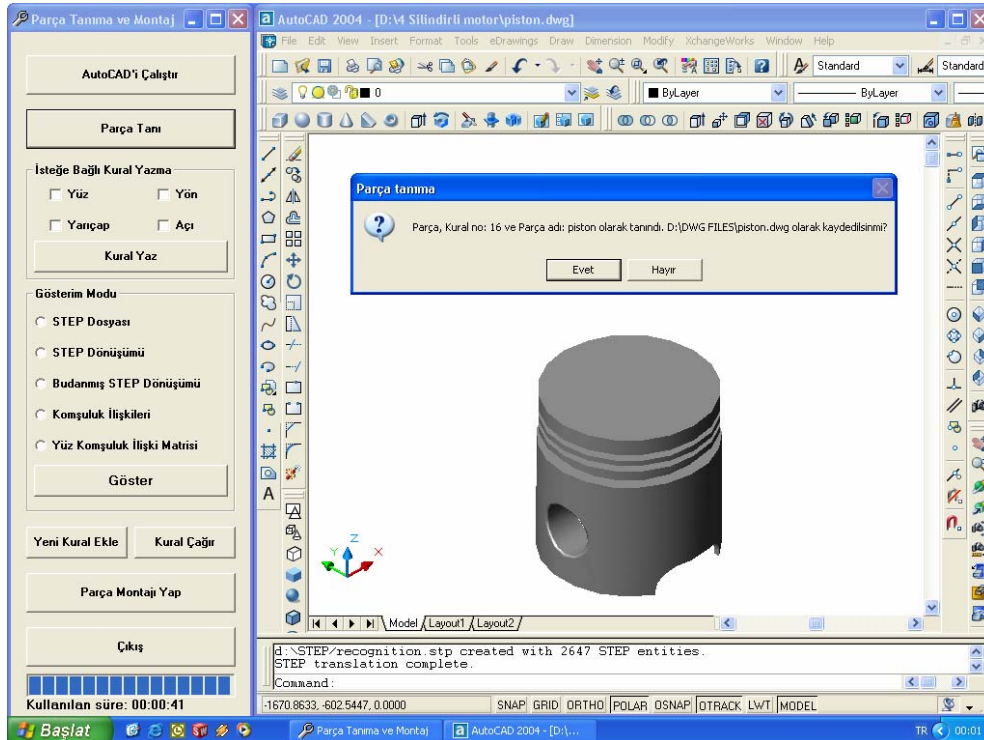
Şekil 12. M8x50 flanşlı civata (M8x50 flanged bolt)



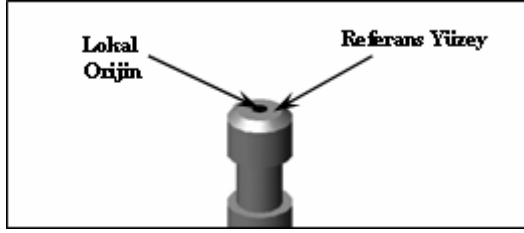
Şekil 13. M8x50 flanşlı civatanın tanıma işlemi (Recognition process of M8x50 flanged bolt)

Aynı zamanda, Şekil 12’de gösterilen flanşlı civatanın anma çapı 8, civata boyu ise 50 mm’dir. Flanşlı civataya ait veri tabanında temsil edilen kuralda anma çapını gösteren silindirik yüzeyin komşuluk ilişkilerinin alt satırına “the radius = 4 MM AND” ve “the screw_length = 50 MM AND” ibareleri alt alta

yazıldığında flanşlı civata program tarafından M8x50 flanşlı civata olarak tanınmaktadır. Şekil 14’te pistonun geliştirilen program tarafından tanınması gösterilmiştir.



Şekil 14. Pistonun tanınması (Recognition of the piston)

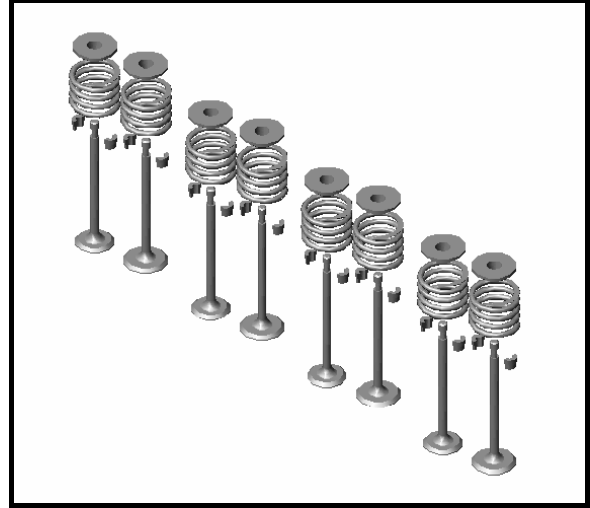


Şekil 15. Emme supabının referans yüzeyi ve referans yüzeyin lokal orijini (Reference surface of the intake valve and local origin of the reference surface)

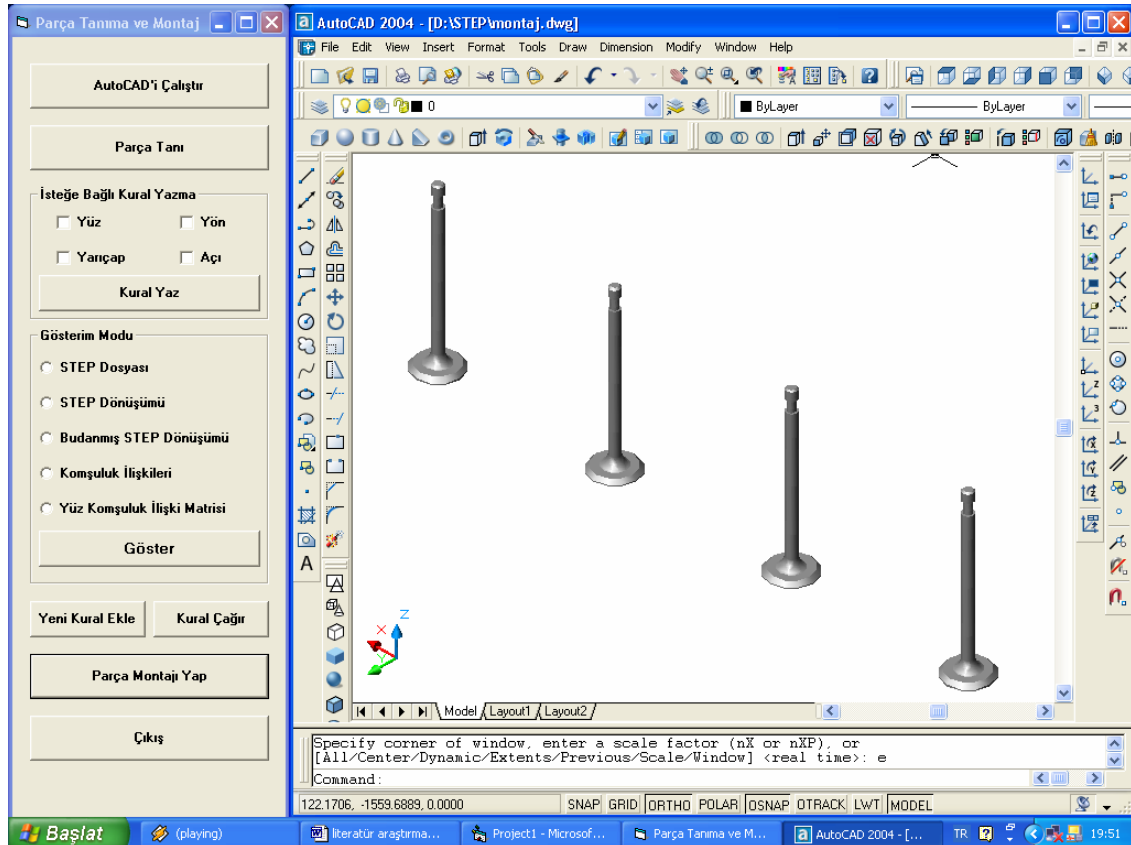
2.7. Tanınan Parçaların Montajı (Assembling of the Recognised Parts)

Bu aşamada program tarafından tanınan motor parçalarının bilgisayar ekranında otomatik montajı yapılmaktadır. Tanınan parça üzerinden bir referans yüzey seçilerek parçaya ait montaj işlemi bu referans yüzey üzerinden yürütülmektedir. Referans yüzeye ait lokal orijinin koordinatları montaj dosyasına kopyalama işlemi yapılırken referans nokta olarak kabul edilmiştir. Daha önceden oluşturulmuş ve kaydedilmiş "montaj.dwg" dosyasında her bir parçanın referans yüzeylerinin lokal orijinlerinin koordinatlarını karşılayan montaj yapılacak parçanın montaj dosyasında temsil edilecek parça sayısına göre koordinatlar belirlenmiştir. Montaj yapılacak parçanın montajdaki parça sayısı ve parçaların yerleştirileceği koordinatlar tespit edilerek veri

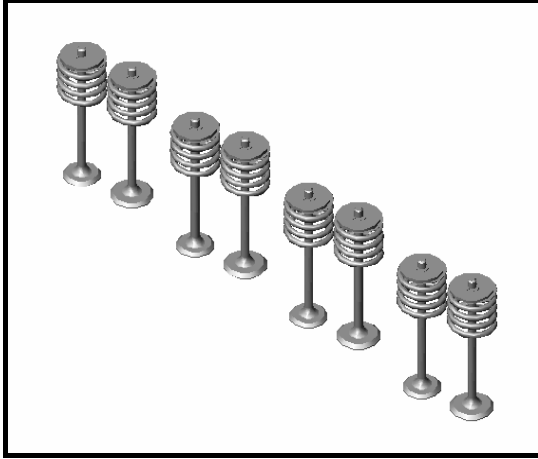
tabanına önceden yerleştirilmiştir. Daha sonra bu bilgiler tanınan parça ismine göre veri tabanından elde edilerek parçanın montajı yapılmaktadır. Montaj yapılacak parça referans yüzeye ait lokal orijinin koordinatlarını karşılayan referans noktasından yakalanarak "montaj.dwg" dosyasında belirlenen koordinatlara kopyalanmakta ve bilgisayara kaydedilerek parçaya ait montaj tamamlanmaktadır. Şekil 15'te emme supabının referans yüzeyi (düzlem yüzey) ve yüzeye ait lokal orijin (referans noktası) gösterilmiştir. Emme supabı referans yüzeyin lokal



Şekil 17. Supap mekanizmasının patlatılmış görünümü (Exploded views of valve mechanism)



Şekil 16. Emme supabının montajı (Assembling of the intake valves)



Şekil 18. Supap mekanizmasının montajlı görünümü
(Assembled views of valve mechanism)

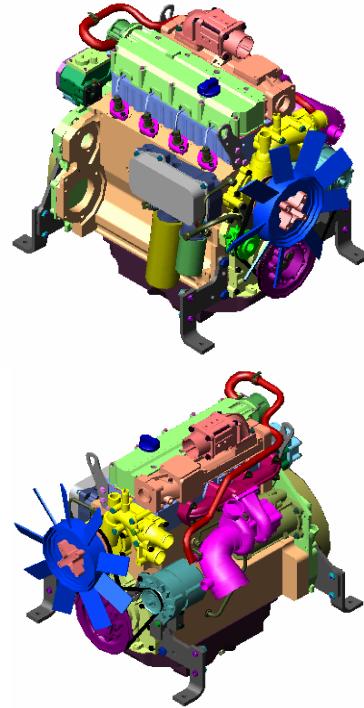
orijinden yakalanarak montajı Şekil 16'da gösterildiği gibi yerleştirilmiştir. Referans yüzeyler ve referans yüzeylerin lokal koordinat sisteminin orijini STEP dosyasından elde edilmektedir.

Emme supabından sonra montaja devam edilmiş ve Şekil 17'deki supap mekanizmasının elemanları olan egzost supabı, supap yayı, supap tablası ve supap turnağının montajları Şekil 18'de gösterildiği gibi yapılmıştır.

Geliştirilen montaj yaklaşımı ile dizel motorun montajı yapılıp bilgisayar ekranında temsil edilebilmektedir. Parça tanıma yaklaşımı ile bilgisayar ekranında montaj işlemi oldukça kolaylaştırılmıştır. Bu montaj sistemi daha başka ürünler için kullanışlı olup başka sistemlere kolaylıkla adapte edilebilir. Şekil 19'da görüldüğü gibi dizel motorda bulunan 107 adet çeşit eleman toplam 370 adet parça tanınmış ve bilgisayar ekranında otomatik montajı yapılmıştır. Dizel motor parçalarının montajı parça tanıma modülünde tanınan parçaların sırasına göre yapılmaktadır. Tanıma prosedüründe tanınan her bir parça son işlem olarak montajı yapılmaktadır. Bundan dolayı montaj aşamasındaki montaj sırasını kullanıcı belirlemektedir.

3. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, bir dizel otomobil motoru parçalarının ve makinecilik alanında yaygın olarak kullanılan standart makine parçalarının yüz komşuluk ilişkileri ve nitelikleri tabanlı tanınması ve tanınan parçaların BDT ortamında montajlarının yapılması için bir yöntem ve yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen parça tanıma algoritması literatürdeki çalışmalardan farklı bir yaklaşım sergilemektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar unsur tanıma ve unsurlar üzerine yoğunlaşmış olup parça tanıma üzerine çalışmalar literatürde çok kısıtlıdır. Parça tanıma ile parçanın sadece unsur bilgileri değil, aynı zamanda parçaya ait tüm geometrik, topolojik ve teknolojik bilgiler çıkarılmıştır. Bu çalışmada ele alınan yüzey çeşitleri,



Şekil 19. Dizel motorun montajlı görünümü
(Assembled views of the diesel engine)

silindirik, konik, düzlem, küresel, toroid, sınırlı ve b_spline yüzeylerdir. Hem global hem de özel tanıma ile bu yüzeylerden oluşan basit, orta düzey ve karmaşık parçalar herhangi bir sınırlama olmaksızın geliştirilen program tarafından kolayca tanınabilmektedir. Bu nedenle parça tanıma algoritması bu çalışmada kullanılan montaj sisteminden farklı BDT/BDİ uygulamalarında rahatlıkla kullanılacak ve farklı çalışmalara öncülük edebilecek kapasitededir.

Bu çalışma ile aynı zamanda literatürdeki parça tanımlama şemalarından farklı bir parça tanımlama şeması geliştirilmiştir. Yüz komşuluk ilişki matrisi adı verilen bu matris parçayı hem geometrik hem de topolojik açıdan tanımlamıştır. Matriste komşuluk ilişkilerinin yanı sıra yüzeylere ait nitelikler de temsil edilmiştir. Literatürde yaygın olarak kullanılan parça tanımlama şeması olan graf teorisinde parçadaki yüzey sayısı arttıkça grafikteki yüzey bağlanma ilişkilerini izlemek mümkün olmamakta ve grafik oldukça karmaşık hale gelmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisi ile bu temsil formatı hem basitleştirilmiş hem de bilgisayar formatına uygun hale getirilmiştir.

Parça tanıma tabanlı montaj sistemi literatürde yeni bir çalışma olup diğer bilgisayar destekli montaj sistemlerinden farklılık arz etmektedir. Bu çalışmada bir parça tanıma sistemi geliştirilmiş ve bu parça tanıma algoritmasına uygulama alanı olarak da bilgisayar destekli montaj seçilmiştir. Çağdaş bilgisayar destekli montaj sistemleri öge eşleştirme tabanlı olarak çalışmakta ve kullanıcı etkileşimine çok sık gitmektedir. Bu çalışma ile parça tanıma tabanlı

bir montaj sistemi geliştirilerek literatüre katkı sağlanmış ve bilgisayar ortamında otomatik montaj işlemi basitleştirilmiştir. Parça tanıma yaklaşımı ile bilgisayar ekranında montaj işlemi oldukça kolaylaştırılmıştır. Bu montaj sistemi daha başka ürünler için kullanışlı olup başka sistemlere kolaylıkla adapte edilebilir. Çalışma asıl parça tanıma sistemi üzerine yoğunlaştığından parça tanıma algoritmasında gereken esneklik sağlanmış fakat montaj bölümünde bazı sınırlamalar mevcuttur. Montajı yapılacak parçanın montaj konumunda olması ve montajın sadece bu çalışmada tasarlanan dizel motorla sınırlı olması bunlardan birkaç tanesidir. Sonraki çalışmalarda montaj bölümünde bu gibi sınırlamaların kaldırılması bilgisayar destekli montaj için iyi bir açılım olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Qamhiyah, A.Z., Venter, R.D., Benhabib, B., "Geometric Reasoning for the Extraction of Form Features", **Computer Aided Design**, Vol. 28, No. 1, 887-903, 1996.
2. Li, W.D., Ong, S.K., Nee, A.Y.C., "Recognizing Manufacturing Features from a Design-by-Feature Model", **Computer Aided Design**, Vol. 34, 849-868, 2002.
3. Gao, S., Shah, J.J., "Automatic Recognition of Interacting Machining Features Based on Minimal Condition Subgraph", **Computer Aided Design**, Vol. 30, No. 9, 727-739, 1998.
4. Kao, C.Y., Kumara, S.R.T., Kasturi, R., "Extraction of 3D Object Features from CAD Boundary Representation Using the Super Relation Graph Method", **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, Vol. 17, No. 12, 1228-1233, 1995.
5. Falcidieno, B., Giannini, F., "Automatic Recognition and Representation of Shape Based Features in a Geometric Modeling System", **Computer Vision, Graphics and Image Processing**, Vol. 48, 93-123, 1989.
6. Gavankar, P., Henderson, M.R., "Graph-Based Extraction of Protrusions and Depressions from Boundary Representations", **Computer Aided Design**, Vol. 22, No. 7, 442-450, 1990.
7. Chuang, S.H., Henderson, M.R., "Three-Dimensional Shape Pattern Recognition Using Vertex Classification and Vertex-Edge Graphs", **Computer Aided Design**, Vol. 22, No. 6, 377-387, 1990.
8. Huang, Z., Yip-Hoi, D., "High-Level Feature Recognition Using Feature Relationship Graphs", **Computer Aided Design**, Vol. 34, 561-582, 2002.
9. Pal, P., Kumar, A., "A Hybrid Approach for Identification of 3D Features from CAD Database for Manufacturing Support", **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, Vol. 42, 221-228, 2002.
10. Pal, P., Tigga, A.M., Kumar, A., "A Strategy for Machining Interacting Features Using Spatial Reasoning", **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, Vol. 45, 269-278, 2005.
11. El-Mehalawi, M., Miller, R.A., "A Database System of Mechanical Components Based on Geometric and Topological Similarity. Part I: Representation", **Computer Aided Design**, Vol. 35, 83-94, 2003.
12. El-Mehalawi, M., Miller, R.A., "A Database System of Mechanical Components Based on Geometric and Topological Similarity. Part II: Indexing, Retrieval, Matching and Similarity Assessment", **Computer Aided Design**, Vol. 35, 95-105, 2003.
13. Gulesin, M., Jones, R.M., "Face Oriented Neighbouring Graph (FONG): A Part Representing Scheme for Process Planning", **Computer Integrated Manufacturing Systems**, Vol. 7, No. 3, 213-218, 1994.
14. Dereli, T., Filiz, İ.H., "A Note on the Use of STEP for Interfacing Design to Process Planning", **Computer Aided Design**, Vol. 34, 1075-1085, 2002.