Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 20, Sayı 4, 2014, Sayfalar 129-137

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

# FOTOĞRAFI ÇEKİLEN PARÇALARIN CATIA CAD ORTAMINDA OTOMATİK MODELLENMESİ

# AUTOMATIC MODELLING OF PHOTOGRAPHED PARTS IN CATIA CAD ENVIRONMENT

*Yunus KAYIR[1], Aslan AKDULUM[2*]*

[1]Makine Eğitimi Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500, Ankara.
ykayirgazi@gmail.com
[2]Makine Bölümü, Şehit Büyükelçi Daniş Tunaligil Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, 06146, Ankara.
a.akdulum@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 14.09.2013, Kabul Tarihi/Accepted: 07.01.2014 doi: 10.5505/pajes.2014.68442
*Yazışılan yazar/Corresponding author

**Özet**

*Bu çalışmada, çeşitli parçalara ait fotoğrafları kullanarak parçanın CATIA CAD ortamında otomatik olarak modellenmesini sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. ImageCAD sistemi, prizmatik veya silindirik parçalardan elde edilmiş her türlü fotoğrafı kullanabilmektedir. Fotoğraflar üzerinden doğru, daire, yay, serbest eğri gibi geometrik elemanları kullanıcı etkileşimli olarak belirleyebilmektedir. Çıkarılan geometrik elemanlara ait bilgileri CATIA programının anlayacağı formatta dosyaya kaydedebilmektedir. CATIA ara yüzünde oluşturulan menüler ile kolaylıkla kontrol edilebilen ImageCAD, istenilen fotoğrafı bir CAD modeline dönüştürülebilmektedir. Elde edilen CAD modeli, CATIA'nın tüm imkânlarının kullanımına açıktır. Sistemin geliştirilmesinde Visual Basic bilgisayar programlama dili tercih edilmiştir.*

**Anahtar kelimeler:** Görüntü işleme, Geometrik eleman tanımlama, CATIA, Parça modelleme.

**Abstract**

*In this study, a system was developed that can model parts in CATIA CAD program automatically by using photographic images obtained from the parts. The system, called ImageCAD, can use very kind of photography that was taken for prismatic and cylindrical parts. It can recognize geometric entities, such as lines, circles, arc and free curve, in the image by according to the selection of the user. ImageCAD can save generated knowledge of the entities in a suitable format for the CATIA program. ImageCAD, is controlled by using menus that were done in the CATIA interface, turn whatever you want photographs into 3B CAD models. The obtained CAD models have suitable structure that can be used for all CATIA application. Visual Basic programing language was preferred to design the system.*

**Keywords:** Image processing, Defining of geometric element, CATIA, Modeling of parts.

## 1 Giriş

Makine imalatında üretimi yapılacak parçaların modellenmesi önemli aşamalardan birisidir. Günümüzde model oluşturma klasik kalem, kâğıt ve teknik resim masası kültüründen oldukça uzaklaşmış ileri düzeyde bilgisayar tabanlı tasarım yöntemleriyle beslenir olmuştur. Tasarım programları yardımıyla ileri düzeyde görsel özellikler kullanılıp hatalar kolayca elimine edilebilir hale gelmiştir [1]. Geliştirilen programlar malzeme bilgisi, dayanım bilgisi gibi teknik bilgilere ulaşabilmenin yanı sıra bilgisayarlı sayısal kontrollü tezgâhlarda (CNC) üretimin kolaylıkla yapılabilmesini sağlamıştır [1]. Bu yönde geliştirilen programlara Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) programları adı verilmektedir [2].

Bilgisayar programcılığının ve teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte piyasaya çok sayıda ve çeşitli özelliklerde CAD ve CAM sistemleri çıkmaya başlamıştır. Geliştirilen CAD/CAM sistemleri ile çeşitli mühendislik uygulamalarının (tasarım, imalat, vb.) yapılmasında bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemlerde bir modelin oluşturulmasında ise genelde:

1. Hayal edilenden hareketle bir model oluşturmak,
2. Kullanılan bir üründen hareketle bir model oluşturmak mümkündür.

Kullanılan bir ürünün bir CAD grafik ortamına aktarılmasında ise genelde iki yöntem kullanılmaktadır.

1. Ürünün CAD programının kullanıcıya sunduğu çizim ve model oluşturma komutları kullanılarak modellenmesi.
2. Ürünün görüntüleme cihazları ve tarayıcıları kullanılarak otomatik olarak elde edilmesi.

Bir CAD programının çizim ve modelleme komutlarını kullanarak model oluşturmak zaman ve tecrübe isteyen bir uğraştır. Bununla birlikte CAD çizim ve modelleme komutlarını bilmek çoğu zaman iyi bir modelin elde edilmesinde yeterli olmamaktadır. Çünkü farklı iki CAD kullanıcısının ortaya çıkaracağı model görünüşte aynı olmakla birlikte farklı özelliklere sahip olabilmektedir [3].

Diğer bir yöntem olan görüntüleme cihazları ve tarayıcılarını kullanılarak ürünün CAD ortamında elde edilmesi hızlı bir yöntem olup fazla uğraş gerektirmemektedir. Bu yöntem tersine mühendislik (TM) alanında oldukça yaygın kullanılmaktadır [8, 9, 14]. TM ile bir ürünün bir CAD ortamına aktarılmasında kullanılan cihaz ve tarayıcılar 3B görüntüleme teknolojilerini kullanmaktadır. Ürün profilinin (sınırlarının) çıkarılmasında genelde iki yöntem bulunmaktadır.

1. Ürün üzerinde doğrudan temas eden işaretçilerin, izleyicilerin, vb. cihazların kullanılması,
2. Ürün üzerinde uzaktan algılama yapan lazer işaretleyicilerinin, tarayıcıların vb. cihazların kullanılması.

Bununla birlikte birçok alanda elde edilen görüntüler veya çekilen resimler üzerinden, istenilen bilgilerin çıkarılmasına yönelik olarak da birçok çalışma yapılmaktadır. Gerçek ürünün çekilen fotoğrafları kullanılarak CAD modelinin oluşturulması konusunda çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar TM içerisinde yer almaktadır [1]. Bu tür yöntemde, fotoğraflar üzerinden CAD ortamına veri oluşturabilecek bilgileri (geometrik bilgiler) çıkararak otomatik modelleme yapmaya imkân veren görüntü işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Özellikle makine-imalat alanında yapılan bu çalışmalarda temelde iki yöntem kullanılmaktadır [1, 2, 4].

1. Fotoğrafların işlenmesi ve yorumlanması ile iş parçası geometrik bilgilerinin otomatik olarak çıkarılması,
2. Fotoğraflardan kullanıcı etkileşimli olarak iş parçası geometrik bilgilerinin elde edilmesi.

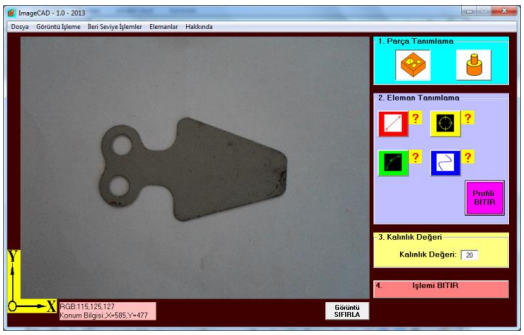
Fotoğrafların işlenmesi ve yorumlanması sonucunda iş parçalarının geometrik bilgilerinin çıkarılması, en zor ve karmaşık işlemlerden biridir [8, 10, 11, 12, 13]. Yorumlanan resimlerin çekim özellikleri (ışık, renk, çözünürlük, uzaklık, vb.) yorumlama kalitesini etkilemektedir. Çünkü çekim özellikleri, fotoğraflardaki sınır çizgilerini oluşturan piksellerin sayısını ve dağılımını etkilemektedir. Dolayısı ile bu durum geometrik bilgilerin (doğru, yay, daire, serbest eğri vb.) belirlenmesini zorlaştırmaktadır [5, 6, 10, 11, 12, 13].

Elde edilen fotoğraflar üzerinden kullanıcı etkileşimli olarak işlem yapmak geometrik bilgilerin çıkarılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu tür uygulamalarda, fotoğrafların elde edilme yöntemleri, özellikleri gibi farklar iş parçalarının geometrik bilgilerinin çıkarılmasını çok fazla etkilememektedir. Makine imalat alanında görüntüler kullanılarak yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Samtaş yaptığı çalışmada, görüntüler üzerinde kullanıcı tarafından işaretlenen referans noktaları ile beraber görüntüyü analiz ederek işleyen ve işlenen görüntülerdeki hedef objelerin nokta bulutlarını görüntü işleme tekniklerini etkin bir şekilde kullanarak elde eden I-CAD referans noktalı görüntü işleme sistemi geliştirmiştir [1]. Sonuç olarak; görüntülerden nokta bulutu modeli ile CAD modeli oluşturulmuştur. İnce yaptığı çalışmada, resim formatındaki (BMP) teknik resim çizimlerini CAD veri yapısına (DXF) dönüştüren bir sistem geliştirmiştir. BMP resimleri içerisinde bulunan geometrik elemanlarını (doğrular, çember, vb.) belirlemeye yönelik yorumlamıştır. Elde edilen bu bilgiler, oluşturulan nesne veri tabanına kayıt edilmiştir. Nesne veri tabanındaki bu bilgiler DXF formatına çevrilmiştir [2]. Sonuç olarak, elde edilen DXF dosyası herhangi bir CAD programında açılarak teknik resim çizimleri üzerinde değişik işlemler yapılabilmesi sağlanmıştır. Utanır yaptığı çalışmada, tasarımda ihtiyaç duyulan makine elemanlarını daha kısa sürede oluşturabilecek bir sistem geliştirmiştir. CATIA V5 Knowledgeware, VBA ve Catalog araçları kullanılmıştır. En yaygın kullanılan makine elemanlarının CATIA ortamında katı ve parametrik bir yapıda otomatik olarak modellenebilmesi sağlanmıştır [3]. Akbaş yaptığı çalışmada, Bitmap (BMP) uzantılı teknik resim çizimlerinin VB ve VBA (Visual Basic Application) programlama yöntemi kullanarak AutoCAD ortamında DWG vektörel veri formatına dönüştürülmesi için bir program geliştirmiştir [4]. Böylelikle; Olgun yaptığı çalışmada ikili ve gri ölçümlü imgelerde ayrı ayrı yayma, aşındırma, açma, kapama gibi imge işleme yöntemlerini ele almıştır [5]. Cham ve arkadaşları kenar tespitinin, dijital görüntü işlemede önemli bir rol oynadığını söyleyerek Gizli Markov Zinciri(HMC) modelini kullanan yeni bir kenar algılama tekniği olarak laplasyen ve Gauss modelini benimsemişlerdir [6]. Kang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada dişli çiziminde evolvent eğrisinin kullanılan en yaygın yöntem olduğunu ileri sürmüştür. Dolayısı ile CATIA ortamında evolvent dişli çiziminin üç boyutlu parametrik olarak hızlı modellenmesine yönelik bir yazılım geliştirmiştir. Yazılım için VBA kullanmıştır. Böylelikle, diş profiline göre çizim komutları kullanılarak zahmetli olan evolvent eğrisinin modellenmesi yerine otomatik olarak girilen değerlere göre hızlı ve doğru olarak modellenmesi sağlanmıştır [7]. Chen ve Feng yaptıkları çalışmada 2B'lu resimlerin sınır çizgilerini kullanarak 3B'lu modeller elde etmiştir. Ortaya çıkan hatalı dış çizgiler genetik algoritma ile düzenlenmiştir. 2B'lu çizimleri alarak siyah piksellerin oluşturduğu tekli kapalı bölgelerin görüntüleri oluşturulmuş, bu görüntülerin ağ yapısı çıkarılarak daire tarama ile komşu modeller tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar ile 3B'lu katı modeller elde edilmiştir [8]. Tubic, Hebert ve Laurendeau yaptıkları çalışmada, eğrilerden 3B'lu yüzey modellemesi gerçekleştirmişlerdir. Kullanılan metotta serbest halde bulunan nesnelerin sahip oldukları her bir bireysel eğrinin pozu kullanılmıştır. Bu pozlar yakalama algılayıcıları ile elde edilmiş, elde edilen bu eğri verileri ile modelleme gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen bu eğriler takip edilerek muhtemel kapalı noktalar çıkarılmış, bu noktalardan kesişim noktaları vasıtasıyla modeller oluşturulmuştur [9]. Fusiello, Quan ve Kanade yaptıkları çalışmalarda fotoğraflar kullanılarak yapılan deneysel sonuçlar ile yeni bir algoritma geliştirmişlerdir. Genellikle fotoğrafların elde edilmesinde yaşanan görüntüdeki ani hareketler, fotoğraflardan elde edilecek olan geometrik özellikleri de kısıtlayarak modellemede bazı yapısal sorunları meydana getirmiştir. Bu tür geometriksel sorunların düz doğru çizgiler ve doğru parçalarını içerdiğini belirterek çoklu görüntülerden 3B'lu yapının inşasını oluşturan bu yöntem ile görüntü tabanlı modelleme gerçekleştirilerek geometriksel sorunlar en aza indirilmiştir [10, 11]. Chan ve Vese yaptıkları çalışmada, objelerin tespitinde aktif dış çizgiler için yeni bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu modelde, sınırları tek eğri ile tanımlanmayan modellerin rahatlıkla tespit edilebildiği ve nesnenin çevresel farklılıkların kullanıldığı sayısal bir algoritma geliştirmişlerdir [12]. Sheng vd. görüntülere kırpma ve yönelme işlemleri üzerinde yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Bu çalışma ile görüntülerde kenar analizi ve kenar tespiti gerçekleştirilmiştir. Bu yeni yaklaşım ile görüntülerde yer alan kenarların yönelme ve konumlarının yakalanması rahatlıkla yapılabilmektedir [13]. Tian vd. iki boyutlu el ile çizilmiş serbest, düz ya da eğrisel çizgilerden üç boyutlu uzaysal geometrisi oluşturarak yeniden yapılandırma gerçekleştirmişlerdir. Tablet üzerine kalem ve el ile çizilen iki boyutlu hatları sistem değerlendirerek çizilen şekle yakın bir üç boyutlu görüntü yeniden yapılandırılabilmektedir [14].

İncelenen çalışmalarda çeşitli CAD/CAM programlarına yönelik değişik uygulamaların yapıldığı bazı ek yazılımların geliştirildiği görülmektedir. Örneğin CATIA içerisinde girilen bilgilere göre otomatik olarak bir CAD modeli oluşturulabilmektedir. Fakat fotoğrafların kullanılarak CAD modellerin otomatik olarak oluşturulmasına yönelik çalışmalar oldukça azdır. Kullanılan fotoğrafların kalitesine bağlı olarak doğru, yay, daire, serbest eğri gibi geometrik elemanlarına yönelik tanımlamaların net olarak yapılamamasından dolayı her zaman uygun bir CAD modeli oluşturulamamaktadır. Yapılan bu çalışmada fotoğraf kalitesine bağlı söz konusu problemleri giderecek şekilde bir sistem tasarlanmıştır. Bu amaçla CATIA programı içinde

oluşturulan menüler aracılığıyla çalışan bir yazılım geliştirilmiştir (Şekil 1). Geliştirilen sistem, görüntü üzerindeki geometrik elemanları (doğru, daire, yay ve serbest eğri) kullanıcı seçimine bağlı olarak belirleyerek CATIA içerisinde otomatik olarak bir CAD modeli oluşturabilmektedir. Elde edilen CAD modeli CATIA ortamında kullanılacak olan tüm uygulamalara açık bir yapıda bulunmaktadır. CATIA ile tasarlanmış gibi parametrik değişikliklere müsaade edebilmektedir.

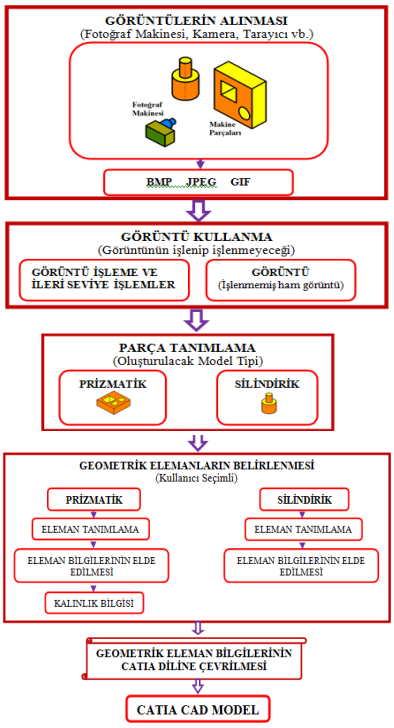



Şekil 1: Geliştirilen sistem (ImageCAD).

## 2 Geliştirilen Sistem (ImageCAD)

ImageCAD yazılımı CATIA CAD/CAM programına yönelik geliştirilmiştir. CATIA programı güncel olarak makine ve tasarım sektöründe kullanılan, güçlü çizim ortamı ve program geliştirme alt yapısı nedeniyle tercih edilmiştir. ImageCAD kendi içerisinde 6 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2).

1. Parça fotoğraflarının alınması,
2. Görüntü kullanma şeklinin belirlenmesi,
3. Parça tipinin belirlenmesi (Prizmatik veya silindirik),
4. Geometrik elemanların tespiti (Kullanıcı Seçimli),
5. Eleman bilgilerinin CATIA diline çevrilmesi,
6. CATIA CAD modelinin oluşturulması.




Şekil 2: Geliştirilen sistem (ImageCAD) akış şeması.

ImageCAD programının kullanılması sırasında öncelikle oluşturulacak olan CATIA CAD modeli için prizmatik veya silindirik ayrımı yapılması gerekmektedir. Devamında yapılacak kullanıcı seçimli eleman tanımlama işlemleri bu yapı içerisinde değerlendirilmektedir. Sistem, prizmatik parça için kalınlık tanımlamasını kullanıma açarken, silindirik parça için böyle bir bilgi girişi yoktur. Bununla birlikte silindirik parça için eksen tanımlaması yapılması gerekirken prizmatik parçalar için bu işleme izin verilmemektedir.

Geliştirilen ImageCAD sistemiyle kullanıcı seçimine bağlı olarak 4 çeşit eleman tanımlaması yapılabilmektedir.

1. Doğru,
2. Daire,
3. Yay (3 noktadan geçen yay, arc),
4. Serbest Eğri (Spline).

ImageCAD programı ile eleman tanımlama işlemleri yapıldıktan sonra eleman bilgileri CATIA programının anlayacağı CATScript diline çevrilmektedir. Model CATPart sayfasında otomatik modellenmektedir. Modellenen parça, CATIA CAD ortamında modellenmiş gibi sketch ve kalınlık bilgilerinde parametrik değişikliklere izin verebilmekte ve üzerinde her türlü işlem yapılabilmektedir.

### 2.1 Parça Görüntülerinin Alınması

Geliştirilen ImageCAD programı akış şemasının ilk aşamasında sistemde kullanılacak fotoğrafların alınması işlemi vardır. Bu aşamada parçalar çeşitli görüntü alma metotlarıyla alınabilmektedir. Parçaların görüntüsü dijital fotoğraf makinesinden veya tarayıcıdan doğrudan alınabildiği gibi, bilgisayar içerisinde bulunan JPEG, BMP veya GIF dosya formatlı resimler de geliştirilen program arayüzünde doğrudan açılarak kullanılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında dijital fotoğraf makinesi ile alınan görüntüler üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

### 2.2 Görüntü Kullanma Şeklinin Belirlenmesi

Alınan fotoğraflardan CAD modeli oluşturulması esnasında görüntü işleme fonksiyonlarının kullanılıp kullanılmayacağı ayrımı vardır. Bu aşamada "görüntü işleme ve ileri seviye işlemler" kısmında aşağıda belirtilen görüntü işleme ve ileri seviye işlemler uygulanabilmektedir.

1. Görüntü grileştirilebilir,
2. Görüntü eşiklenebilir,
3. Görüntü kenarları bul denilerek kenarlar bulunabilir.
4. İkili morfolojik işlemler uygulanabilir (Genişleme, aşınma, açma, kapama),
5. Kenar algoritmaları uygulanabilir (Sobel, prewitt, laplacian, roberts),
6. Görüntüye keskinleştirme (Sharpen) filtresi uygulanabilir.

Fotoğraf üzerinde işlem uygulamak görüntü sınır bilgilerinin daha kolay elde edilmesini sağlar. Dolayısıyla kullanıcı etkileşimli eleman seçim hatalarını en aza indirerek daha gerçeğe yakın bir CAD modeli oluşturulması bakımından önemlidir [10, 11, 13]. İstenildiği takdirde fotoğraftan, hiçbir görüntü işleme tekniği uygulanmadan da kullanıcı seçimine bağlı olarak unsurlar belirlenebilmektedir.

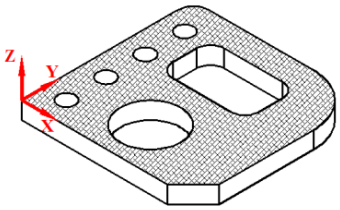
### 2.3 Parça Tipi Tanımlanması (Prizmatik veya Silindirik)

Fotoğrafları alınan parçalar geliştirilen sistem yardımıyla prizmatik veya silindirik olarak modellenebilmektedir.

Fotoğrafa göre bu ayrım kullanıcı tarafından seçilerek yapılmaktadır. Prizmatik ve silindirik parça tanımlama kendi içerisinde CATIA programına veri oluşturacak bilgilerin türetilmesi işleminde farklılıklar içermektedir. Örneğin prizmatik parçaya kalınlık verme işleminde CATIA "Pad" komutu kullanılırken, silindirik parçanın eksen etrafında döndürülerek model oluşturulması işleminde CATIA programının "Shaft" komutu kullanılır.

### 2.3.1 Prizmatik Parça

Fotoğrafı alınan parçayı prizmatik olarak modellemek için kullanılan kısımdır (Şekil 3).

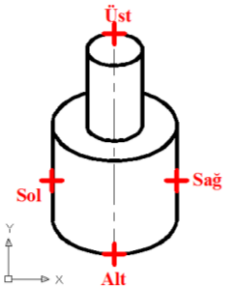



Şekil 3: Prizmatik parça.

Prizmatik model oluşturmak için gerekli bilgiler bir dosyaya kaydedilmektedir. Kullanıcı seçimine bağlı olarak görüntü üzerinde belirlenen elemanlar prizmatik modele yönelik olarak otomatik bir şekilde kodlanmaktadır. Eleman bilgileri elde edildikten sonra prizmatik parça oluşturmak için kalınlık bilgisi istenmekte ve sonrasında elde edilen bilgiler CATIA CAD programının anlayacağı formatta (CATScript) bir dosyaya kaydetmektedir.

### 2.3.2 Silindirik Parça

Fotoğrafı alınan parçanın silindirik olarak modellenmesi için gerekli bilgilerin çıkarılmasında kullanılan kısımdır (Şekil 4).




Şekil 4: Silindirik parça.

Bu kısımda, görüntüde ki çap tanımlaması için x ekseni boyunca önce sol sonra sağ kenara ve boy tanımlaması için y ekseni boyunca önce alt sonra üst kenara tıklanarak parçanın ortasında eksen çizgisi çıkması sağlanır (Şekil 4 ve Şekil 5). Bu eksen çizgisi CATIA programında silindirik parçanın 3B olarak modellenmesi için gerekmektedir. Çünkü silindirik parçaların yarısı tanımlanarak CATIA programında döndürülecek eksen seçilerek profilin 360° döndürülmesiyle silindirik parça elde edilir (Şekil 5).

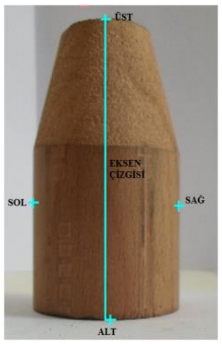
### 2.4 Elemanların Belirlenmesi (Kullanıcı Seçimli)

Geliştirilen sistem ile kullanıcı etkileşimli eleman tanımlanmasında işlemler iki aşamada gerçekleştirilir.

1. Kullanıcı tarafından tanımlanacak eleman tipi seçilir,
2. Eleman tipine göre noktalar işaretlenir.

Kullanıcı tarafından seçime bağlı olarak tanımlanacak 4 eleman tipi vardır.

1. Doğru,
2. Daire,
3. Yay (3 noktadan geçen yay, arc),
4. Serbest Eğri (Spline).

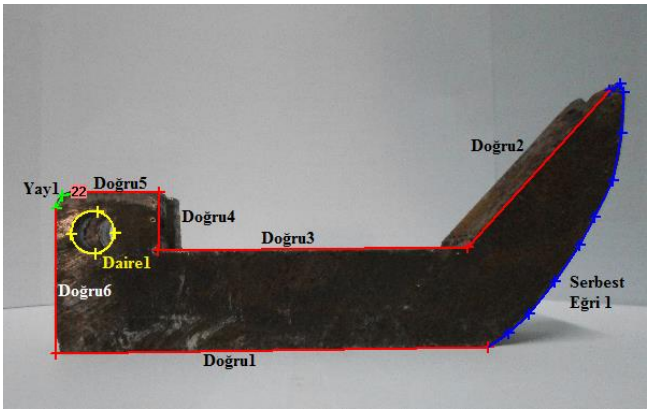



Şekil 5: Silindirik parçaya eksen tanımlama.

Eleman tipine göre noktaların işaretlenmesinde;

1. Doğru için başlangıç ve bitiş olmak üzere iki nokta,
2. Daire için sol, sağ, alt ve üst olmak üzere 4 nokta,
3. Yay için başlama, orta ve bitiş olmak üzere 3 nokta,
4. Serbest eğri için eğriyi temsil edecek kadar nokta (Sınır yok) kullanılmaktadır.

Bu seçimler görüntü işleme komutları ile işlenen görüntüde verileceği gibi görüntü üzerinde hiçbir işlem yapmaya gerek duymadan da çalışabilir. Noktalar bir birinin devamı şeklinde (Doğru1, doğru2, daire1, daire2) tanımlanmaktadır (Şekil 6). Ayrıca CATIA ortamında CAD modeli oluşturulurken sıkıntı yaşanmaması için geliştirilen program tarafından eleman profilini oluşturan noktaların işaretlenmesi sırasında başlangıç ve bitişi kapalı bir alan oluşturmak için profil içerisinde açıklık olup olmadığı program tarafından denetlenmektedir (Şekil 6).




Şekil 6: Elemanların model üstünde renk tonlamalı görüntüsü.

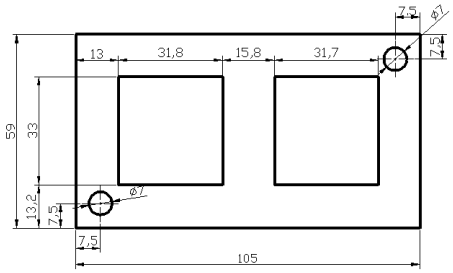
Kullanıcı tarafından eleman profillerinin oluşturulmasında, kırmızı renk "Doğru" tanımlamasını, mavi renk "Serbest Eğri" tanımlamasını, yeşil renk "Yay" tanımlamasını ve sarı renk "Daire" tanımlamasını belirtmektedir (Şekil 6).

Yapılan hesaplamalar sonucu, gerçek parça ölçüleri ile grafik görüntü üzerinden elde edilen ölçüler arasında farkın olduğu gözlemlenmiştir. Yaklaşık olarak görüntüler üzerinden alınan eleman koordinat bilgileri 4'e bölünmektedir. CATIA ortamında oluşturulan model boyutlarının gerçek parça boyutlarına yakın olarak modellenmesi için bu oran tespit edilmiştir. Bu oran elde edilen modeller ve gerçek parça boyutları üstünde yapılan işlemler sonucunda yaklaşık olarak 4 alınmıştır (Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9).

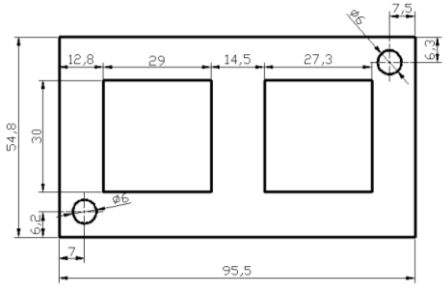
640x480 boyutlarına ölçeklenen görüntü üzerinde kullanıcı seçimine bağlı olarak elemanların tanımlanması işleminde her

piksel boyutu 1 mm ölçüsünün 4 rakamına bölünmesiyle bulunur. Yani geliştirilen bu sistem içerisinde 100 piksellik bir boyut 25 mm olarak kabul edilmektedir. Bulunan bu oran ile gerçek parça boyutlarının hatasız bir şekilde elde edilmesinde yeterli olmayacağı bilinmektedir. Burada amaç fotoğrafların CATIA ortamına, gerçek parça boyutlarına en yakın ölçülerde ve parametrik özelliklere sahip bir CAD modeli olarak aktarılmasıdır. Bilindiği gibi, CATIA programının CAD modeli üzerinde parametrik değişim imkânı veren araçları bulunmaktadır. CATIA sketch ölçülendirme araçları ile yaklaşık boyutlarda elde edilen modelin mevcut ölçüleri değiştirilerek model olması gereken gerçek boyutlara dönüştürülebilmektedir. Şekil 7'de verilen fotoğrafın CATIA ortamına aktarılan CAD modelinin sketch ölçülendirme araçları ile ölçülerinin değiştirilmesi Şekil 10'da verilmiştir.

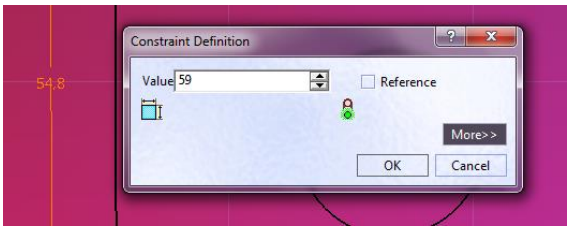
Şekil 7: Parçanın çekilen fotoğrafı.




Şekil 8: Parçanın gerçek boyut bilgisi.



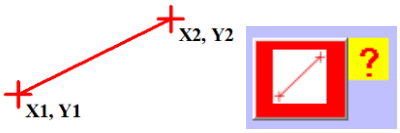

Şekil 9: Parçanın CATIA'da elde edilen modeline ait ölçüleri.




Şekil 10: CAD modeli üzerinde ölçülerin değiştirilerek gerçek boyutların elde edilmesi.

### 2.4.1 Doğru Belirleme

Eğer tanımlanacak profil üzerinde sadece doğru olarak tanımlama varsa bu seçenek tıklanır. Tıklandıktan sonra tanımlama devreye girerek kullanıcıdan koordinatları istemektedir. Tanımlanacak doğrunun açısı önemli değildir, her açı için uygundur. Doğru tanımlamak için kullanıcıdan 2 parametre girmesini istemektedir (Şekil 11). Simge yanında bulunan soru işaretine tıklanarak bu komutun nasıl kullanılacağı hakkında bilgi gelmektedir (Şekil 11).

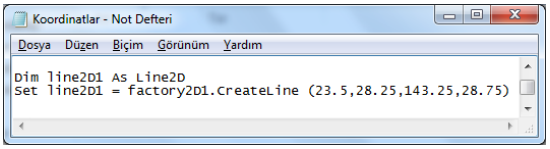



Şekil 11: Doğru tanımlaması, doğru simgesi.

1. Doğrunun başlangıç noktasına tıklanır (X1, Y1),
2. Doğrunun bitiş noktasına tıklanır (X2, Y2).

CATIA programında doğru x1, y1 ve x2, y2 doğrunun başlama ve bitiş noktalarına göre tanımlanmaktadır (Şekil 12). Geliştirilen program hesaplamaları otomatik yaparak CATIA programının anlayacağı dile çevirir (Şekil 13).

Şekil 12: Doğrunun koordinat bilgileri.

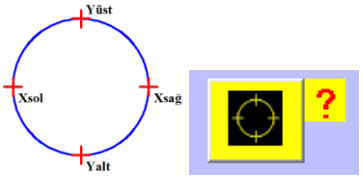



Şekil 13: Doğrunun CATScript diline çevrilmesi.

### 2.4.2 Daire belirleme

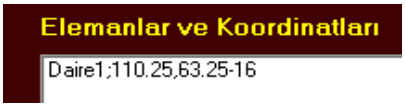
Eğer tanımlanacak profil kapalı bir daire şeklindeyse bu seçenek tıklanır. Tıklandıktan sonra tanımlama devreye girerek kullanıcıdan koordinatları istemektedir. Daire tanımlamak için kullanıcıdan 4 parametre girmesini istemektedir (Şekil 14).

1. Dairenin sol kenarına tıklanır (Xsol),
2. Dairenin sağ kenarına tıklanır (Xsağ),
3. Dairenin alt kenarına tıklanır (Yalt),
4. Dairenin üst kenarına tıklanır(Yüst).

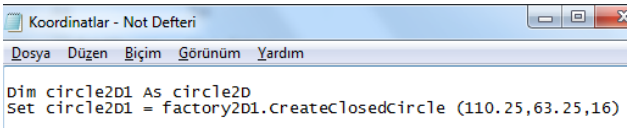



Şekil 14: Daire tanımlama ve simgesi.

Gerekli olan görüntü üzerinden seçimler tamamlandıktan sonra geliştirilen program, seçilen 4 noktadan daire merkezinin x ve y koordinatı ile yarıçap hesaplamalarını otomatik yapar (Şekil 15). CATIA da kapalı daire, daire merkez noktasının x, y koordinatı ve daire yarıçapıyla tanımlanmaktadır (Şekil 16).



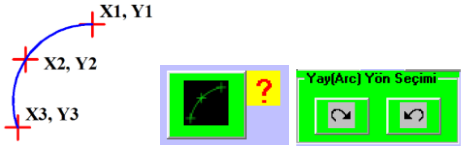

Şekil 15: Daire koordinat bilgisinin gösterilmesi.




Şekil 16: Daire elemanı için CATIA parametreleri.

### 2.4.3 Yay (3 noktadan geçen yay, arc)

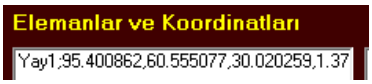
Eğer tanımlanacak profil üzerinde yay olarak tanımlama varsa bu seçenek tıklanır. Tıklandıktan sonra tanımlama devreye girerek kullanıcıdan koordinatları istemektedir. Seçim işlemleri saat yönünün tersine doğru veya saat yönüne doğru olabilir. Yay tanımlamak için kullanıcıdan 3 parametre girmesini istemektedir (Şekil 17).




Şekil 17: Yay tanımlaması, simgesi ve yön seçimi.

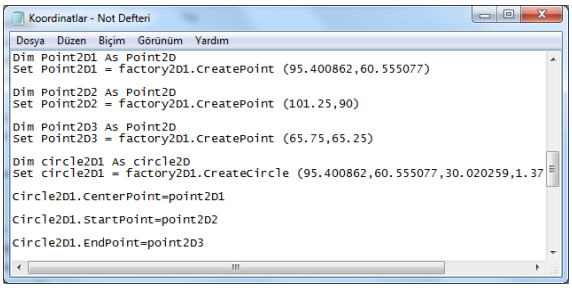
1. Yay başlangıç noktasına tıklanır (X1, Y1),
2. Yay orta noktasına tıklanır (X2, Y2),
3. Yay bitiş noktasına tıklanır (X3, Y3).

Gerekli olan görüntü üzerinden seçimler tamamlandıktan sonra yay merkezi x, y koordinatları, yay başlangıç ve bitiş açıları geliştirilen sistem içerisinde oluşturulan algoritmalar yardımıyla otomatik olarak hesaplanmaktadır (Şekil 18).




Şekil 18: Yay elemanının koordinat bilgileri.

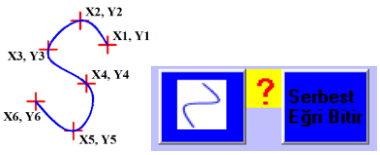
CATIA da yay, yay merkezinin x, y koordinatları, yay başlama ve bitiş noktaları, yarıçap, başlangıç ve bitiş açılarına göre tanımlanmaktadır. Yay başlangıç ve bitiş açı değeri radyan cinsinden olması gerekir (Şekil 19).




Şekil 19: Yay elemanı için CATIA parametreleri.

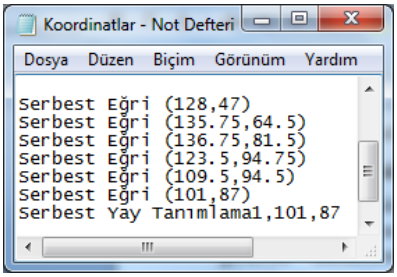
### 2.4.4 Serbest Eğri Tanımlama

Eğer tanımlanacak profil üzerinde yay olarak tanımlanamayan bir eğri varsa bu seçenek tıklanır. Tıklandıktan sonra tanımlama devreye girerek kullanıcıdan koordinatları istemektedir. Serbest eğri tanımlamak için kullanıcı istediği kadar nokta seçebilir burada sadece seçeceği nokta bittiği zaman "Serbest Eğri BİTİR" butonuna basılması gerekmektedir (Şekil 20). Her tıklanan noktanın x ve y noktası bilgi olarak listbox kutularında saklanmaktadır. Gerekli olan görüntü üzerinden seçimler tamamlandıktan sonra otomatik olarak elemanlar ve koordinatlar listesinde serbest eğri şeklinde tanımlanır (Şekil 21).



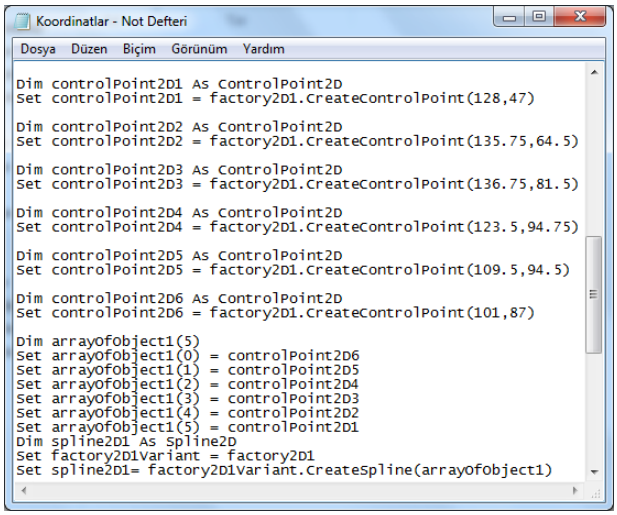

Şekil 20: Serbest eğri seçim noktaları ve simgesi.

Serbest eğri tanımlamada seçim olarak noktalar seçtiğimiz için seçilen noktalara pointler (noktalar) atanmaktadır buna göre de serbest eğri çizimi gerçekleştirilmektedir (Şekil 21).




Şekil 21: Serbest eğri seçim nokta koordinatları.

CATIA CAD komutlarının anlayabilmesi için bu noktalar (pointler) bir birleriyle ilişki içerisinde olmalıdır (Şekil 22).




Şekil 22: Serbest eğrinin CATScript diline çevrilmesi.

## 2.5 Eleman Bilgilerinin CATIA Diline Çevrilmesi

Kullanıcı etkileşimli olarak seçilen elemanlar tanımlandıktan ve koordinat bilgilerinin alınma işlemi bittikten sonra dosyaya yazdırılma işlemi "İşlemi Bitir" butonuna basılmasıyla otomatik olarak yaptırılmaktadır. Elemanlar ve koordinatlar "C:\Koordinatlar Dosyası\Koordinatlar.txt" dosyasına text dosyası olarak kaydedilmekte ve CATIA programının anlayacağı CATScript dilinde kodlar türetilerek "C:\Koordinatlar Dosyası\ Koordinatlar.CATScript" dosyasına kaydetme işlemi yapılmaktadır.

## 2.6 CATIA CAD Modelleme

CATIA programı ile geliştirilen ImageCAD programı arasında bağlantı kurmak amacıyla CATIA macro ve menü oluşturma özellikleri kullanılarak "Model OLUŞTUR" adı altında (Şekil 23'de verilmiştir) simgelerden oluşan bir menü hazırlanmıştır.

Şekil 23: CATIA için hazırlanan model oluştur menüsü.

Macrolar CATIA programı içerisine yerleştirilmiş Visual Basic programı editörüdür. Macrolar parametrik modellemeyi denklemler yardımıyla yapabilmektedir. Visual Basic programı gibi bağımsız çalışmamakta ve kod yapısı Visual Basic'ten biraz daha değişik ve kısıtlıdır. Önerilen yöntem içerisinde sadece menü oluşturmak için uygun görülmüştür.

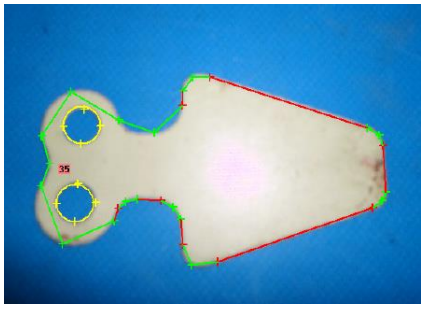
Elde edilen menüde iki komut simgesi bulunmaktadır. İlk simge ile ImageCAD programı açılabilmektedir. İkinci komut ise CATIA içerisinde, elde edilen geometrik eleman ve koordinat bilgilerini 3B modele dönüştürmektedir. ImageCAD programı geliştirilirken menülerin aktif ve pasif olma özellikleri de göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin 3B model oluşturma simgesi, fotoğraf üzerinde gerekli geometrik eleman tanımlamalarının yapılması ve kayıt işleminin gerçekleşmesinin ardından aktif duruma gelmektedir.

## 3 Örnek Uygulamalar

Bu bölümde geliştirilen ImageCAD programının kullanılmasına yönelik olarak bazı örnek uygulamalar verilmiştir. Örnek olarak 2 adet prizmatik ve 2 adet silindirik parça olmak üzere toplamda 4 adet uygulama verilmiştir.

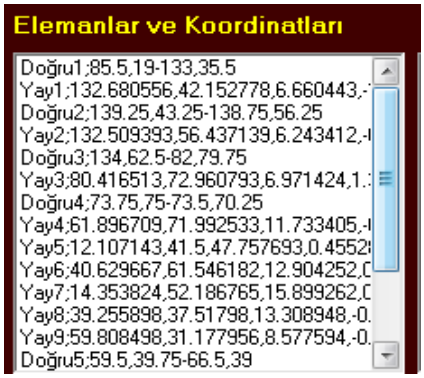
### 3.1 Prizmatik Parça 1

Öncelikli olarak ImageCAD programına yüklenen görüntü üzerinden kullanıcı seçimli eleman belirleme ile geometrik elemanlar seçilir (Şekil 24).



Şekil 24: Prizmatik parça fotoğrafı üzerinde geometrik elemanların belirlenmesi.

Belirlenen geometrik elemanların koordinat bilgileri ve özellikleri geliştirilen ImageCAD programı içerisinde kullanılan matematiksel algoritmalardan yararlanılarak listelenir (Şekil 25).



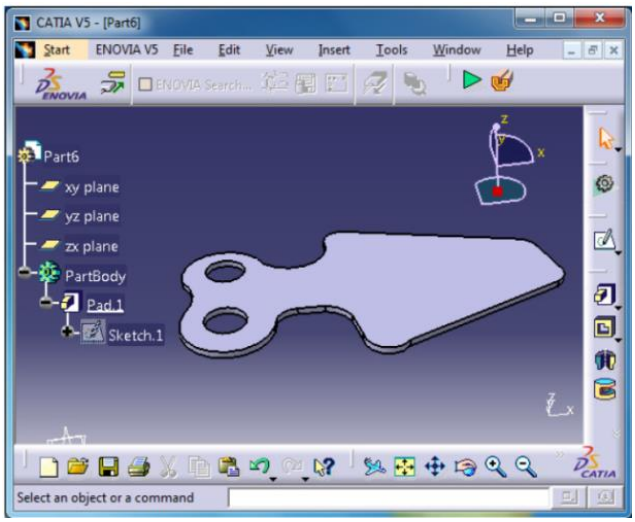

Şekil 25: Belirlenen elemanların koordinat bilgileri.

Geometrik elemanların koordinatlarının ve özelliklerinin belirlenmesinden sonra bilgiler CATIA programının anlayacağı CATScript diline çevrilerek 3B model otomatik oluşturulur (Şekil 26).

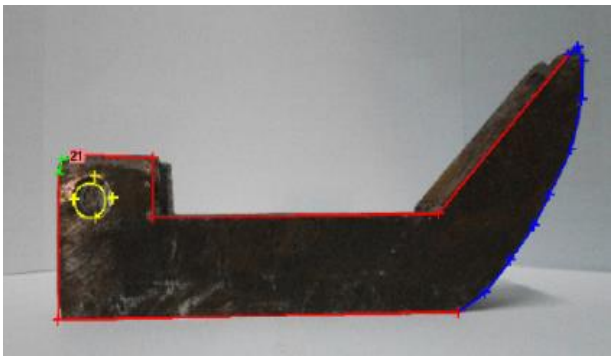
### 3.2 Prizmatik Parça 2

ImageCAD programına yüklenen pah mengene ayağının görüntüsü üzerinden kullanıcı seçimli eleman belirleme ile geometrik elemanlar seçilir (Şekil 27).

Belirlenen geometrik elemanların koordinat bilgileri ve özellikleri geliştirilen ImageCAD programı içerisinde kullanılan matematiksel algoritmalardan yararlanılarak listelenir (Şekil 28).




Şekil 26: CATIA'da oluşturulan 3B model.



Şekil 27: Fotoğraf üzerinde parça geometrik elemanlarının belirlenmesi.

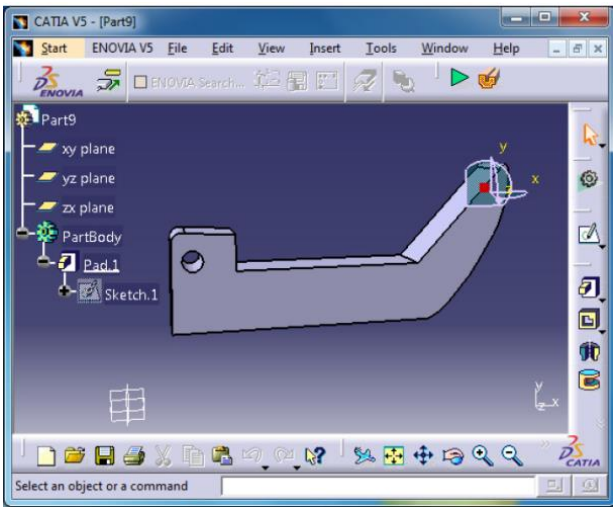
Şekil 28: Elde edilen geometrik elemanlar ve koordinat bilgileri.

Geometrik elemanların koordinatlarının ve özelliklerinin belirlenmesinden sonra bilgiler CATIA programının anlayacağı CATScript diline çevrilerek 3B model otomatik oluşturulur (Şekil 29).

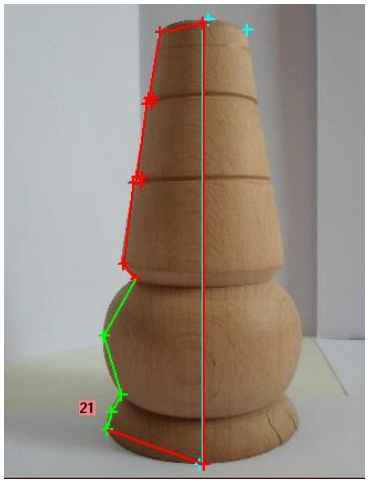
### 3.3 Silindirik Parça 1

ImageCAD programına yüklenen silindirik parça görüntüsü üzerinden kullanıcı seçimli eleman belirleme ile geometrik elemanlar ve eksen çizgisi seçilir (Şekil 30).

Belirlenen geometrik elemanların koordinat bilgileri ve özellikleri geliştirilen ImageCAD programı içerisinde kullanılan matematiksel algoritmalardan yararlanılarak listelenir (Şekil 31).




Şekil 29: CATIA'da oluşturulmuş 3B model.




Şekil 30: Fotoğraf üzerinde silindirik parçanın sınır çizgilerinin belirlenmesi.

**Elemanlar ve Koordinatları**

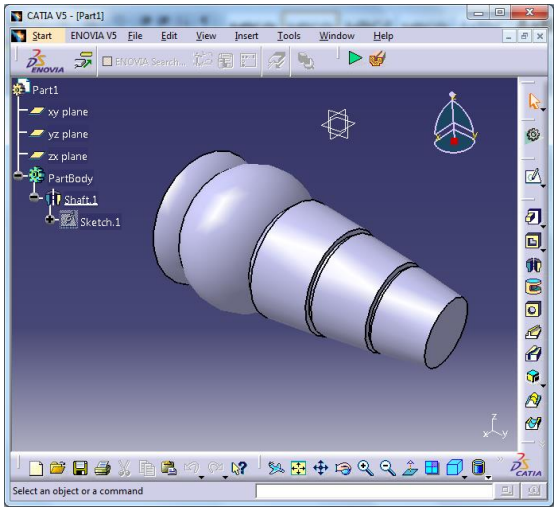
Doğru1;77.5,2.5-77.25,97.75
Doğru2;77.25,97.75-67.5,95.75
Doğru3;67.5,95.75-65,81.5
Doğru4;65,81.5-66,81.5
Doğru5;66,81.5-65.75,80.5
Doğru6;65.75,80.5-64.5,80.25
Doğru7;64.5,80.25-62.25,64.5
Doğru8;62.25,64.5-63.5,64.5
Doğru9;63.5,64.5-63.25,63
Doğru10;63.25,63-61.5,63.25
Doğru11;61.5,63.25-59.25,45.75
Doğru12;59.25,45.75-62,42.5
Yay3;71.61561,28.538721,16.952205,-0.
Yay4;70.175,8.095,14.79813,-0.688725,-

Şekil 31: Elde edilen sınır elemanları ve koordinat bilgileri.

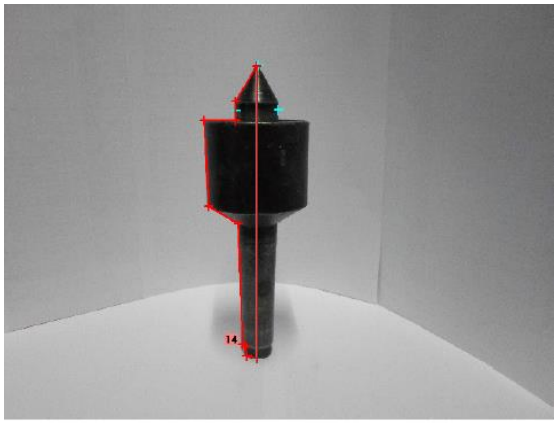
Geometrik elemanların koordinatlarının ve özelliklerinin belirlenmesinden sonra bilgiler CATIA programının anlayacağı CATScript diline çevrilerek 3B model otomatik oluşturulur (Şekil 32).

### 3.4 Silindirik Parça 2

ImageCAD programına yüklenen döner punta görüntüsü üzerinden kullanıcı seçimli eleman belirleme ile geometrik elemanlar ve eksen çizgisi seçilir (Şekil 33).




Şekil 32: CATIA içeresinde oluşturulmuş 3B silindirik parça.




Şekil 33: Fotoğraf üzerinde sınır elemanların işaretlenmesi.

Belirlenen geometrik elemanların koordinat bilgileri ve özellikleri geliştirilen ImageCAD programı içerisinde kullanılan matematiksel algoritmalardan yararlanılarak listelenir (Şekil 34).

**Elemanlar ve Koordinatları**

Doğru1;73.75,17.75-73.75,102.25
Doğru2;73.75,102.25-67.75,91
Doğru3;67.75,91-68,86.75
Doğru4;68,86.75-59.25,86
Doğru5;59.25,86-60.5,61.75
Doğru6;60.5,61.75-68.75,56.75
Doğru7;68.75,56.75-69.75,22.75
Doğru8;69.75,22.75-70.5,21.75
Doğru9;70.5,21.75-70.5,19.25
Doğru10;70.5,19.25-73.75,17.75

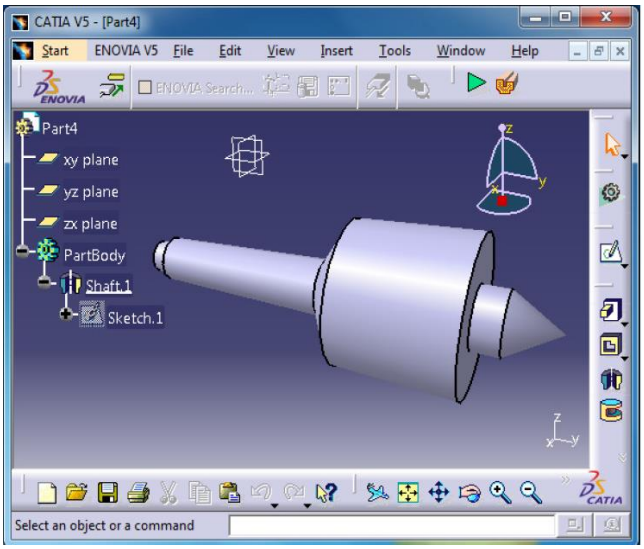
Şekil 34: Parça sınır elemanları ve koordinat bilgileri.

Geometrik elemanların koordinatlarının ve özelliklerinin belirlenmesinden sonra bilgiler CATIA programının anlayacağı CATScript diline çevrilerek 3B model otomatik oluşturulur (Şekil 35).

## 4 Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada, fotoğraf kalitesine bağlı söz konusu problemleri giderecek şekilde bir sistem tasarlanmıştır. Bu amaçla CATIA programı içinde oluşturulan menüler aracılığıyla çalışan bir yazılım geliştirilmiştir Geliştirilen sistem, görüntü üzerindeki geometrik elemanları

(doğru, daire, yay ve serbest eğri) kullanıcı seçimine bağlı olarak belirleyerek CATIA içerisinde otomatik olarak bir BDT modeli oluşturabilmektedir. Geliştirilen sistemin sonucu olarak aşağıdakiler söylenebilir.




Şekil 35: Döner Punta'nın CATIA içerisinde otomatik olarak 3B modeli oluşturulması.

1. Geliştirilen sistem için özel bir çekim ortamına gerek yoktur. Model parçalardan alınacak görüntülerdeki tek özellik olarak parça ve arka fon renginin birbirinden farklı olması yeterlidir,
2. Dijital fotoğraf makinesi ile çekilen görüntülerden değişik parça geometrisine sahip makine parçaları, prizmatik ve silindirik olarak 3 boyutlu modellenebilmektedir,
3. Değişik resim iyileştirme ve kenar bulma operatörlerinin kullanılması ile program esnekliği artırılmıştır,
4. Geliştirilen sisteme CATIA programı içerisinde ki bir menü ile ulaşılabiliyor olması ve parça modelinin otomatik olarak oluşturulması, çalışmaların bir bütün içerisinde yürütülmesi avantajını sağlamaktadır,
5. Fotoğrafların CATIA ortamına 3 boyutlu parametrik bir CAD modeli olarak aktarılması, CATIA'da model oluşturma süresini ve uğraşlarını azaltmıştır,
6. CATIA'da uzman olmayan bir kullanıcı dahi fotoğraflardan bir CAD modelini kolaylıkla oluşturabilmektedir,
7. CATIA ortamında gerçek parça boyutlarına yakın olarak elde edilen CAD modelinin ölçüleri basit, bir şekilde değiştirilebildiğinden model gerçek parça boyutlarına dönüştürülebilmektedir,
8. İstenirse CAD modeli üzerinde doğrudan çalışılarak ilave ve çıkarma gibi değişiklikler yapılabilmektedir. Herhangi bir sorun yaşanmamaktadır.

## 5 Kaynaklar

[1] Samtaş, G., "Dijital Görüntülerden Üç Boyutlu CAD Modellerin Elde Edilmesi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 109-113, Ankara, 2009.

[2] İnce, S., "Teknik Resim Çıktılarının DXF Veri Formatına Dönüştürülmesi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 72-110, Ankara, 2006.

[3] Utanır, İ., "CATIA Ortamında Makine Elemanları ile Tasarımda Otomasyon", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 68-136, Ankara, 2007.

[4] Akbaş, Ü., "BMP Formatlı İki Boyutlu Resimlerin DWG Formatına Dönüştürülmesi İçin Bilgisayar Programı Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 44-84, Ankara, 2006.

[5] Olgun, H.E., "Görüntü İşlemede Morfolojik Teknikler", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 3-38, İstanbul, 2008.

[6] Cham, W. K., Ouyang, W. and Zhang, R. "Image Edge Detection Using Hidden Markov Chain Model Based on the Non-decimated Wavelet", *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern,* Vol. 2 (1), 109-118, 2009.

[7] Kang, H., Yangshou, X., Yingming, L. and QI, C., " Study on Involute Gear Fast Modeling Method Based on VB and CATIA", *2012 Third International Conference on Digital Manufacturing & Automation*, 827-831, China, 2012.

[8] Chen, Ke-Z. and Feng, Xin-A., "Solid model reconstruction from engineering paper drawings using genetic algorithms", *Computer Aided Design*, 35: 1235-1248, 2003.

[9] Tubic, D., Hébert, P. and Laurendeau, D., "3D surface modeling from curves", *Image Vision Computing*, 22: 719-734, 2004.

[10] Fusiello, A., "Uncalibrated euclidean reconstruction: A review", *Image Vision Computing*, 18 (67): 555–563, 2000.

[11] Quan, L. and Kanade, T., "Affine structure from line correspondences with uncalibrated affine cameras", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* , 19: 834–845, 1997.

[12] Chan, T. F. and Vese, L. A., "Active contours without edges", *IEEE Transactions on Image Processing*, 10 (2): 266-277, 2001.

[13] Sheng, Y. L., Easley, G.R. and Krim, H., "A sherlet approach to edge analysis and detection", *IEEE Transactions on Image Processing*, 18 (5): 929-941, 2009.

[14] Tian, C., Masry, M. and Lipson, H., "Physical sketching: Reconstruction and analysis of 3D object from freehand sketches", *Computer Aided Design*, 41 (3): 147-158, 2009.