

34733

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

34733

BİLGİSAYAR DESTEKLİ GRAFİK MODELLEME VE
YÜZEY MODELLEME ESASLARI

Mak.Müh.Alper YILDIZ

F.B.E.:Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usülleri Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Mesut ÖZGÜRLER

İSTANBUL , 1994

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Yüksek Lisans tezimin hazırlanmasında,her aşamada gösterdiği destek ve özveri sebebiyle saygıdeğer hocam Yrd.Doç.Dr.Mesut ÖZGÜRLER 'e , katkılarını ve yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç.Dr.Erhan ALTAN ve yakın ilgisinden dolayı FORM 2000 A.Ş. Genel Müdürü Sayın Dr.Müh.Ali Serdar EMRE , mesai arkadaşım Mak.Yük.Müh. Can Anar , FORM 2000 A.Ş. Makina Teknik Ressamı Gönül Dimici ve Queen Bilgisayar sahibi Müh.Erol Çatgı 'ya çok teşekkür ederim.

Alper YILDIZ

Ekim 1994

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

1.	GİRİŞ	1
2.	MODELLEME	3
2.1.	CAD/CAM 'de Geometrik Modelleme	3
2.2.	Üç Boyutlu Şekillerin Tasarımı	4
2.2.1.	Tasarımcı ve Modelci Arasında İletişim	4
2.2.2.	Tasarım Prosesinde Zaman ve Maliyet	5
2.3.	Geometrik Modelleme de 2 Boyutlu Temel Grafik Elemanları	7
2.3.1.	Doğrular	7
2.3.2.	Daireler	10
2.3.3.	Dairesel Eğri	12
2.3.4.	Kübik Eğriler	13
2.3.5.	Bezier Eğriler	14
2.3.6.	B-Spline Eğriler	16
2.4.	Geometrik Modellemede 3 Boyutlu Temel Grafik Elemanları	18
2.4.1.	Düz Doğrular	18
2.4.2.	Tam Daireler	18
2.4.3.	Dairesel Eğriler	19
2.4.4.	Kübik Eğriler	19
2.5.	Geometrik Modelleme	20
2.5.1.	Geometrik Modelleme Sistemlerinin Seçilmesi	21
2.5.2.	Tel Kafes (Wire-Frame) Model	26
2.5.3.	Yüzey Modeller	28
2.5.4.	Katı (Solid) Modeller	31
2.5.5.	CAD/CAM 'de Modelleme Tekniklerinin Kullanılışı	35
2.6.	Katı Modelleme Uygulamaları	35
2.6.1.	Bağlantı (Interference) Kontrolleri	36
2.6.2.	Hacim ve Yüzey Alanı Hesabı	36
2.6.3.	Takım Yolu Oluşturma	36

2.6.4.	Bilgisayar Görüntüsü	37
2.6.5.	Sonlu Eleman Analizi	37
2.7.	Katı Modelleme Sistemleri	37
2.8.	Katı Modelleme Sistemindeki Sorunlar	37
2.8.1.	Hız	38
2.8.2.	Katı Modellerin Çeşidi	38
2.8.3.	Kullanım Kolaylığı	38
2.8.4.	Sistem Güvenirliği	39
2.9.	İlerlemiş Katı Modelleme Teknolojisi	39
2.9.1.	Hız	39
2.9.2.	Katı Modellerin Çeşidi	40
2.9.3.	Kullanım Kolaylığı	40
2.9.4.	Sistem Güvenirliği	41
3.	YÜZEY MODELLEME	43
3.1.	Küresel Yüzeyler	43
3.2.	Düzlem Yüzeyler	50
3.3.	Eğri Yüzeyler	52
3.4.	Bilinear Yüzeyler	54
3.5.	Lofted veya Ruled Yüzeyler	55
3.6.	Linear Koni Yüzeyler	57
3.7.	Bikübik Yüzey Parçası	59
3.8.	F-Patch	68
3.9.	Bezier Yüzeyler	68
3.10.	B-Spline Yüzeyler	74
3.11.	Genelleştirilmiş Koni Yüzeyler	75
4.	YÜZEY MODELLEME ESASLARINA GÖRE ÖRNEK CAD/CAM YAZILIMLARI EUKLID-CATIA-SMARTCAM	82
4.1.	Diaklid/Euklid CAD/CAM Sistemi	82
4.1.1.	Euklid Sisteminde Eğri Tanımlama	83
4.1.1.1.	Bezier Metodu : Formül	83
4.1.1.2.	Bezier Metodunun Önemli Özellikleri	84

4.1.1.3.	Bir Çok Segmentten Oluşan Eğriler	86
4.1.1.4.	Bezier Teorisinin Kullanıcılara Sağladığı İmkanlar	87
4.1.2.	Euklid Sisteminde Yüzey Tanımlama	88
4.1.2.1.	Bezier Yüzey Tanımlama	88
4.1.3.	Euklid Standart Yüzey Fonksiyonları	91
4.1.4.	Euklid Sisteminde Oluşturulmuş Modelleme Örnekleri	97
4.2.	Catia CAD/CAM Sistemi	104
4.2.1.	Catia Sisteminde Eğri Çeşitleri	108
4.2.1.1.	Hesaplanan Eğriler	108
4.2.1.2.	Oluşturulan Eğriler	110
4.2.1.3.	Constraint (Kontrol,Sınır) Eleman	110
4.2.1.3.1.	Grafik Tanımlama	111
4.2.1.3.2.	Nokta Fonksiyonunda Constraint Elemanı	112
4.2.1.3.3.	Arc,Spline ve Spline 2 Fonksiyonlarında Constraint Eleman	113
4.2.1.4.	Arc	114
4.2.2.	Catia Sisteminde Yüzey Tanımlama	116
4.2.2.1.	Tek Bir Patch İle Tanımlanan Yüzeyler (Patch)	117
4.2.2.2.	Basit Yüzeyler (Surf 1)	119
4.2.2.3.	Değiştirilip Geliştirilebilen Yüzeyler (Evolutive Surfaces) (Surf 2)	119
4.2.2.4.	B-Surf Tipi Yüzeyler (Bsurf)	120
4.2.2.5.	Kafes (Grid) Yüzeyler (Net1,Net2)	121
4.2.2.6.	Açma (Develop) Fonksiyon	122
4.2.3.	Catia Sisteminde Oluşturulmuş Modelleme Örnekleri	123
4.3.	Smartcam CNC Proses Modelleme Sistemi	129
4.3.1.	Modelleme Ve Programlama	129
4.3.2.	SmartCam sisteminde Eğri Ve Yüzey Tanımlama	138
4.3.2.1.	Smartcam Sistemi Profil Elemanları	138
4.3.2.2.	Smartcam Sistemi Yüzey Tanımlama	139
4.3.2.2.1.	Primitive (Analitik) Yüzeyler	139
4.3.2.2.2.	Süpürme (Swept) Yüzeyler	141
4.3.2.2.3.	Sculpted Yüzeyler	142

	Sayfa No
4.3.2.3. Ayrı veya Birleşik Yüzeylerin Tanımlanması	143
4.3.2.4. 3D Yüzeyin Takım Yolunun Modellenmesi	143
4.3.2.4.1. Primitive Elemanlar ve Yüzeylerin 3D Modellenmesi	144
4.3.2.4.2. Süpürme Yüzeyi Takım Yolunun 3D Modellenmesi	145
4.3.2.4.3. Sculpted Yüzeyi Takım Yolunun 3D Modellenmesi	146
4.3.3. SmartCAM Sisteminde Oluşturulmuş Modelleme Örnekleri	147
5. SONUÇ	151
. KAYNAKLAR	
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD/CAM) teknolojisinde tasarım ve imalat için, endüstride bilgisayar kullanımı artan bir önem teşkil etmektedir. Mühendislik dalında çalışan bir çok kişi CAD/CAM teknolojisinin önemini anlamıştır. Çünkü, CAD/CAM teknolojileri ile imalat geliştirme zamanı kısılacak, maliyetler azalacak ayrıca imalat güvenilirliği ve kalitesi artacaktır.

Tasarım ve imalat için CAD/CAM sistemindeki ana problem imalat bilgisinin bilgisayarda nasıl temsil edileceğidir. CAD/CAM vasıtasıyla, bilgi daha sonraki bilgisayar ile yapılacak iyileştirmeler için saklanmalıdır. Bu nedenle ürün bilgisini bilgisayarda sunmak ve için kullanılan tekniklerin gelişmesi çok önemlidir.

Makina mühendisliğinde, en önemli bilgilerden birisi de imalatı düşünülen ürünün üç boyutlu şeklidir. Makina tasarımında CAD kullanımında üç boyutlu şeklin bilgisayarda sunulması gereklidir, bu nedenle bu tanımlamaları oluşturmak için teknikler gereklidir. Üç boyutlu şekil tanımlama geometrik model; bu şeklin oluşturulma tekniğine ise geometrik modelleme denir. Geometrik modelleme için gerekli olan teknikler iki gruba ayrılmıştır; katı modelleme ve yüzey modelleme.

Bu tez çalışmasında, üç boyutlu şekillerin tanımlanması ve teknikleri geniş olarak açıklanmıştır. Üç boyutlu şekillerin bilgisayarda oluşturma yöntemi, klasik yöntemlere göre karşılaştırılmış ve bu karşılaştırmanın sonuçları açıklanmıştır. Özellikle, iki bölümde eğri ve yüzey tanımlamalar için en yeni metodların incelenmesine ayrılmıştır. Son bölümde ise Türkiye endüstrisinde kullanılan bazı popüler CAD/CAM sistemlerini üzerinde inceleme yapılmıştır. Bu bölümde eğri ve yüzey tanımlama metodları tartışılmış, bu sistemlerin kullandığı modelleme metodları üzerinde durulmuştur. Modelleme sonrasında elde edilen modelin CNC makinalarda nasıl işleneceği konusunda çalışılmıştır.

Bu, genç ve dinamik bir alan olup gelecekte yeni fikirlerin ve tekniklerin gelişmesine sahne olacaktır. Gerçekte bu tekniklerin bir üründe veya dizaynda uygulanabilmesi için daha fazla inceleme ve çalışmaları gerektirmektedir. Özel gereksinimler özel uygulamaları beraberinde getirecektir. Özel gereksinimler için yüzey parçalarının birleştirilmesi, takım yolu kaydırmanın hesabı örnek olarak verilebilir. Sonuç olarak buradaki çalışmada, özel isteklerden ziyade ihtiyaçları karşılayacak yüzey tanımlamanın temeli konusunda çalışılmıştır.

SUMMARY

CAD/CAM (Computer-aided design and manufacturing) technology for supporting many computurized activities in design and manufacturing is now playing on increasingly important role in production industries.Many people in engineerring have recognized importance of CAD/CAM.Because,CAD/CAM technologies will make it posible to shorten product development time and also lower the cost of development.Additionally,the reliability and the quality of product can be improved.

The major problem in CAD/CAM is how to represent information on the product in a computer.In the case of CAD/CAM,information must be stored in a computer so that it can be manipulated by use of a computer.Thus the development of techniques for representing and utilizing product information in a computer is very important.

In Mechanical engineering,one of the most important pieces of information in any drawing is the three-dimensional shape of product.By using CAD for mechanical design,it is necessary represent a three-dimensional shape in a computer and therefore techniques are required to construct the represantations.The representation of three-dimensional shape is referred to as a geometric model;the technique of constructing the shape is called geometric modelling.

In this study,the representation of three-dimensional shapes and their techniques have been widely discussed.The representation of three-dimensional shapes in a computer have been compared to conventional techniques and given results of this comparison.Especially,two chapters have been an introduction to some of the current methods for curve and surface descriptions.At last section has been introduction to some of the popular CAD/CAM systems in Türkiye Industry.In this section,defining curves and surfaces methods have been discussed and focused on modeling methods.After modeling,how can these models will be machined in CNC machine question have been studied.

This is a young and dynamic field with new ideas and techniques constantly appearing in the future.To actually implement these techniques in a production or design environment requires many more considerations.Specific requirements will depend upon the needs of specific applications.For specific requirements,joining surface patches,calculating cutter path offsets can be given as a sample.As a result,in this study; it has been examined the foundation presented to create surface to meet the needs,apart from specific requirements.

1. GİRİŞ

Geçen on yıl boyunca dünyada ve Türkiye'de CAD/CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli imalat) teknolojisi mühendislik ve imalat alanında olumlu etkilerde bulunmuştur.Bu olumlu etkileri şu şekilde sıralayabiliriz;

- Kalitede iyileşme
- Maliyetlerin azaltılması
- Tasarım olanaklarının gelişimi
- Yüksek imalat hızı ve düşük hurda oranı

CAD/CAM'in temeli 1950 li yılların sonları ile 60 lı yılların başlarında bilgisayar grafikleri üzerine yapılan çalışmalara dayanmaktadır.Bu sıralarda,araştırmacılar bilgisayarı çizgi ve şekillerin gösterimi için kullanıyorlardı.Bu buluş,halen mühendis veya teknik ressamların çalışmalarını hızlandırarak verimliliği arttırmış,tasarımların görüntü,değiştirme ve saklama imkanlarını sağlamaktadır.1970 ve 80 li yıllardaki gerek bilgisayar grafikleri gerekse de donanım ve yazılım gelişmeleri CAD/CAM teknolojisini daha etkili hale getirmiştir.

Günümüzde endüstride,tasarım ve üretim aşamasında bilgisayar teknolojisinin kullanılması konusu,bilgisayar yardımıyla tasarlanan bir parça ya da kalıbın bilgisayar kumandalı,sayısal kontrollü (NC,CNC,DNC)Takım tezgahlarında işlenmesini içerir. CAD/CAM sistemi yazılımı,tasarım aşamasında oluşturulan bilgileri kullanarak imalat yöntemi ile ilgili teknolojik bilgi ve verilerin de kullanılmasıyla parçaların işleme sırasını ve verilerini üretir;kullanılacak NC veya CNC takım tezgahının anlayacağı makina dilinde parça programını hazırlar.

Bilgisayar yardımı ile tasarım (Computer Aided Design-CAD) bir tasarım probleminin girdi ve çıktılarının etkileşimli olarak sağlanmasını,problemin modelinin matematiksel bir tabana dayalı olarak ve bilgi bankası kullanılarak geliştirilmesini,seçilen tasarım kriterine göre modelin oluşturulmasını içerir.Elde edilen sonuçlar, sayısal ve grafiksel olarak kullanılan bir çalışma istasyonunun ekranında görüldükten ve kabul edildikten sonra kalıcı olması gerektiğinde yazıcı ve çizici üniteler yardımı ile kağıda aktarılabilir.

Ayrıca tasarım modelini ve sonuçları bir bilgi bankasında saklamak mümkündür.

Bu şekilde,tasarım ile ilgili geliştirmeler yapılabilir veya bu bilgiler imalat aşamasında doğrudan da kullanılabilir.

Bilgisayar yardımı ile tasarımın temeli:geleneksel olarak çizim masası, cetvel, pergel,gönye,kalem v.s.kullanılarak çizilen resimlerin yine teknik ressamlarca fakat bilgisayar kullanılarak çizilmesine dayanır.



2. MODELLEME

2.1. CAD/CAM 'de Geometrik Modelleme

Bilgisayar Destekli Tasarım ve imalat (CAD/CAM) teknolojisinde Tasarım ve imalat için, endüstride bilgisayar kullanımı artan bir önem teşkil etmektedir. Bu metod ile imalat geliştirme zamanı kısalmaya, maliyetler azalmaya ayrıca imalat güvenilirliği ve kalitesi artacaktır. Bu sebeplerden dolayı CAD/CAM sistemleri otomobil ve uçak imalatı gibi birçok endüstri alanlarında gelişmektedir.

Tasarım ve imalat için CAD/CAM sistemindeki ana problem imalat bilgisinin bilgisayarda nasıl temsil edileceğidir. Konvansiyonel metodlarda tasarım ve imalat hakkındaki bilgiler mühendislik çizimi üzerinde belirtilmektedir. CAD/CAM sistemlerinde ise imalat ve tasarım bilgileri bilgisayarca yüklenmelidir. Bu sayede bu bilgiler bilgisayar kullanımı esnasında kullanılabilir hale gelir.

Makina mühendisliğinde, en önemli bilgilerden birisi de imalatı düşünülen ürünün üç boyutlu şeklidir. Tasarımcı ürünün şeklini resim üzerinde tanımlayacak, böylece mühendislik gereksinimleri ortaya çıkacaktır.

Tasarımı yapılan parça montajı imal edilecek makina parçası ise şekli daha önemli rol oynar. Ayrıca bu parça eğer elektrik ürünü veya bir arabanın gövdesini oluşturuyorsa şekli estetik bir rol oynamaktadır. Makina dizaynı için CAD kullanılıyorsa, bilgisayar üzerinde ürünün üç boyutlu şeklinin oluşturulması şarttır. Bu nedenle bu tanımlama için bir takım teknikler gerekmektedir.

Üç boyutlu şekil tanımlama Geometrik model, bu şeklin oluşturma tekniğine ise Geometrik modelleme denir.

Yaygın olarak Grafik Modelleme tekniklerinin iki guruba ayrıldığı belirtilir.

1-Katı Modelleme (Solid Modeling) , Bazen hacim modelleme de denir.

2-Yüzey Modelleme (Surface Modeling)

Katı modelleme prensip olarak, dizaynı düşünülen katı olarak tanımlanan iki figürün kesiştirilmesi ile elde edilme tekniklerini içerir.

Yüzey modelleme ise verilen noktalardan geçen eğri ve bu eğrilerden meydana gelen yüzey yaklaşım tekniklerini kapsar.

Netice de , endüstri ürünlerinin şekilleri gerek kenar , yüz ve gerekse de yüzey

formu olarak gösterilmesi önem arz ettiğinden,katı ve yüzey modellemenin her ikisinde önemli bir tasarım şeklidir.

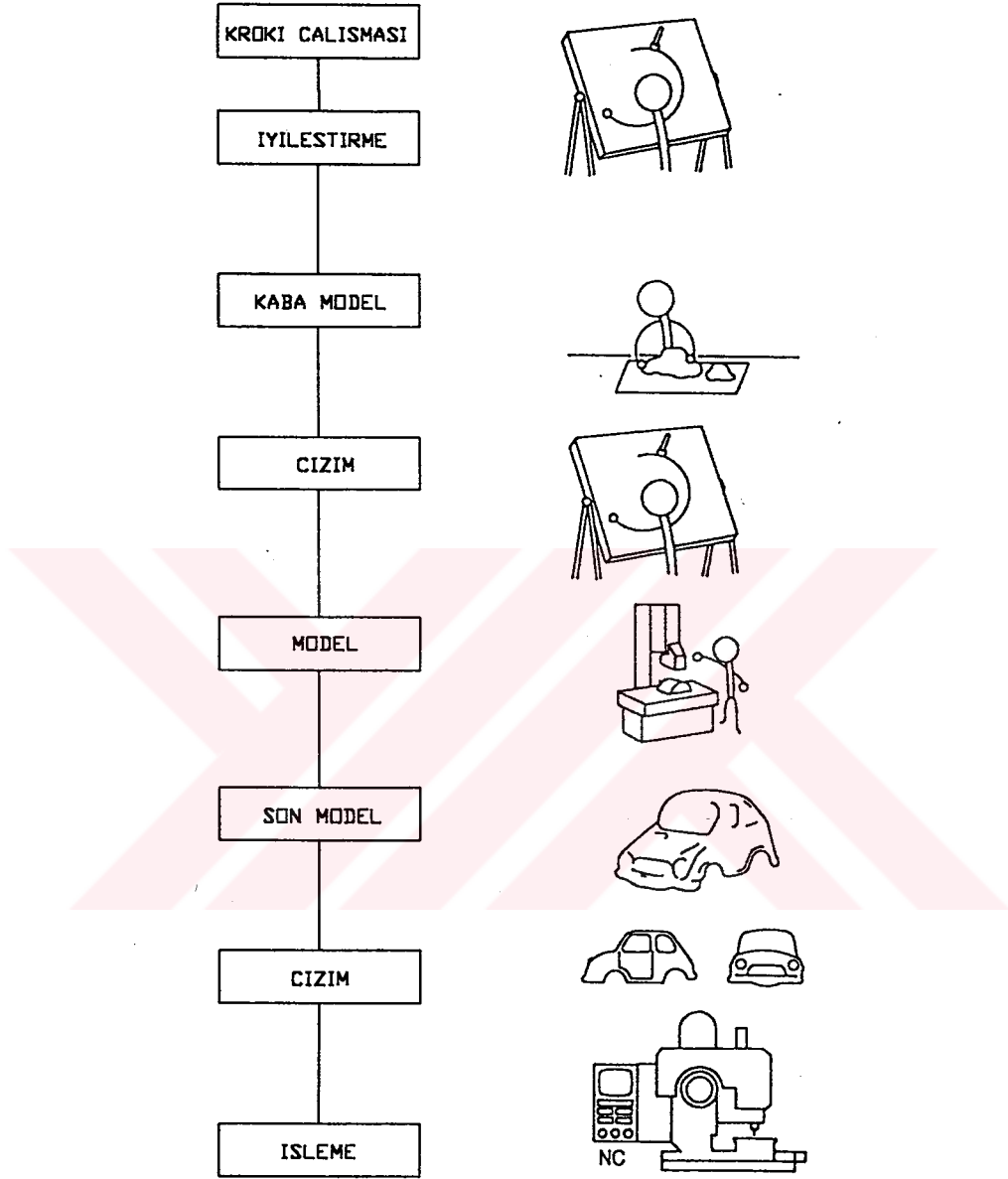
2.2. Üç Boyutlu Şekillerin Tasarımı

Konvensiyonel yöntemlerle tasarım ve imalat;üç boyutlu şekiller ile ilgili bilgi mühendislik resimlerinde tanımlanır.Ancak,bu şekilde çizimle yapılan dizayn çeşitli problemleride beraberinde getirir.Konvensiyonel yöntemle yapılan 3 boyutlu tasarımın getirdiği problemleri ve Geometrik modelleme temeline dayalı tasarımın bu problemleri nasıl ortadan kaldırdığını şu şekilde özetleyebiliriz. Şekil 2.1. 'de Estetik şekillerin dizaynı için çizimlerin kullanılma prosesi gösterilmektedir.

Tasarımcı parçanın kaba tarama çalışması ile çizime başlar.Sonra,tasarımı kontrol amacı ile parçanın üç boyutlu kaba modelini oluşturur.Tasarım çalışmasının doğruluğuna karar verildikten sonra tasarımcı son şeklini veren çizimini yapar.Bir sonraki basamakta ise,modelci yumuşak bir malzemeden,ağaç veya kil gibi,parçanın üç boyutlu modelini hazırlar.Bu model defalarca işlem görür ve nihayetinde master model elde edilir.Nihayetinde bu master modelden yola çıkarak NC tezgahında parçanın imalatı gerçekleşir. Bu tasarım prosesi şu sorunları beraberinde getirir;

2.2.1. Tasarımcı ve Modelci Arasında İletişim

Dizayn edilen parça 3 boyutlu,bu parça hakkındaki bilgiler 2 boyutlu çizimde bulunduğu için,tasarımcıdan modelciye giden bilgi yetersiz ve modelci açısından eksik olarak görülür. Genellikle tasarımcı ilk modelden tatmin olmaz. Şekil , serbest şekilli yüzeylerden oluşmuş ise yani bu şekiller koni,silindir gibi geometrik elemanlar ile ifade edilemiyorsa,tasarımcı bunları tanımlamak için bir çok kesit almak zorunda kalır. Ancak, tasarımcı çoğunlukla bunları tam olarak belirtmediğinden ilk model birden fazla değişikliğe uğrayabilir.Dizaynı gerçekleştirmek için bu şekilde bir çalışma gereklidir.Ancak bu çalışmalara rağmen tasarımcı çoğu kez final modelden bile hoşnut kalmaz.



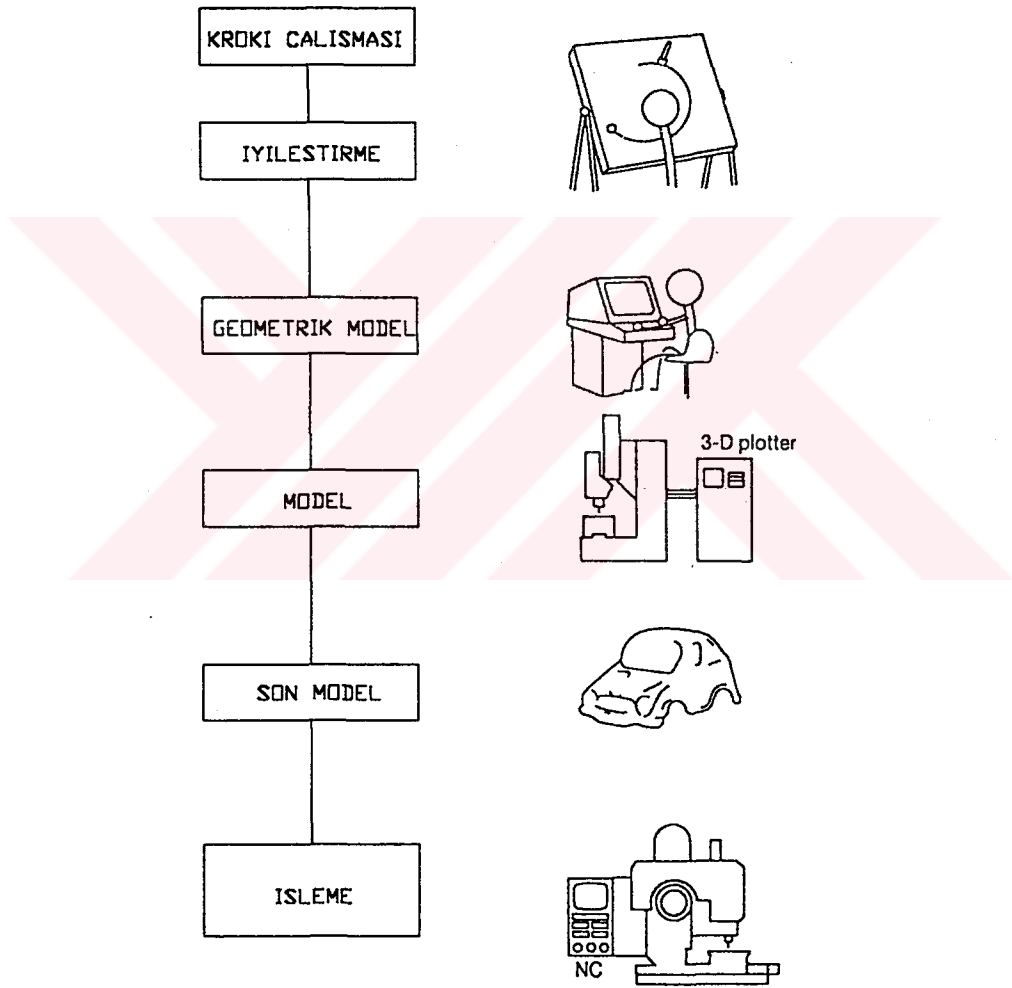
Şekil 2.1. Çizim temelli tasarım

2.2.2. Tasarım Prosesinde Zaman ve Maliyet

Tasarımcı, gerekli iyileştirmeleri yaptıktan sonra, mümkün olduğu kadar çabuk yeni modeli yaptırmak ister. Ve modelci içinde gerekli olduğu kadar çok model yapılır.

Ancak, her bir modeli yapmak için haftalar gerektiği gibi maliyetleride oldukça yüksektir. Ticari bir ürünün geliştirilmesinde tasarımda geçen zamanı ve maliyetleri mümkün olduğu kadar kıstak tercih edilir. Bu sebepten tasarımcının istediği kadar model yapmasına müsaade edilmez.

Bu problemleri çözmek için geometrik modelleme esasına dayalı tasarım sistemi önerilmektedir. Şekil 2.2 böyle bir tasarım prosesini göstermektedir.



Şekil 2.2 Geometrik model esaslı tasarım

Bu metodta, tasarımcı bitmiş resimi oluşturmaz, fakat bilgisayar üzerinde tüm tasarımı ayarlar hem de geometrik modeli oluşturur. Bilgisayar üzerinde tanımlanan şeklin

tasarımcı tarafından daha iyi anlaşılabilmesi için,sistem grafik gösterimde renkli görüntü ve 3 boyutlu çizici kullanarak 3 boyutlu gerçek modelini otomatik olarak gerçekleştirir.Modelin şekli tasarımcıyı tatmin etmezse,bilgisayar üzerindeki geometrik model kolay ve çabuk bir şekilde değiştirilebilir.Son ürünün imalatı ise nümerik kontrollü takım tezgahlarının kullanılması ile otomatik olarak yapılır.

Bu tasarım metodu,tasarımcıya üç boyutlu şekli modife ederek istenen duruma getirmesini sağlar.Aynı zamanda bu sistemde her bir model kolayca yapılabildiği için çok sayıda 3 boyutlu modellerin yapılmasına da imkan tanır.Bu imkanlar tasarımın kalitesini yükselttiği gibi harcanan toplam zamanı da kısaltır.

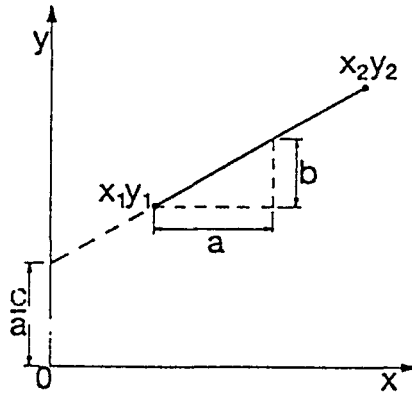
2.3.Geometrik Modellemede 2 Boyutlu Temel Grafik Elemanları

2.3.1. Doğrular

Bir doğru (x_1,y_1) koordinatlarından (x_2,y_2) koordinatlarına olacak şekilde bilgisayar ortamında oluşturulabilir.

2 boyutlu ortamda bir doğrunun genel olarak tanımlanması

$ay = bx+c$ şeklindedir.



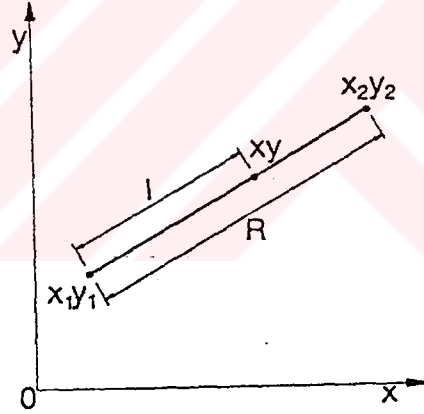
Şekil 2.3. $ay = bx+c$ doğrunun genel olarak tanımlanması.

Şekil 2.3.' de b/a doğrunun pozitif x eksenini ile yaptığı açının tanjantıdır. c/a ise y eksenini ile kesiştiği yerdeki sabit değeridir. Bu eşitlikten yola çıkarak x yönündeki artış Δx ve buna karşılık y yönündeki artış Δy hesaplanır. Ancak, b/a eğimi çizgi düşey yönde gittiği için çok geniş hale gelir. Hesaplanabilir hassasiyet düşer, özel durumlar serisini kullanmadıkça örneğin çizginin açısı 45° 'nin üzerinde ise eğimi y eksenine göre değiştirmek gibi.

Alternatif olarak en yaygın yöntem (x,y) noktasından geçen (x_1,y_1) (x_2,y_2) noktalarına tanımlanmış bir çizgi oluşturmaktır.

Şekil 2.4 'de görüldüğü gibi P oranı şu şekilde tanımlanır.

$$P = \frac{(x,y) \text{ noktasının } (x_1,y_1) \text{ 'den uzaklığı}}{(x,y) \text{ noktasının } (x_2,y_2) \text{ 'den uzaklığı}} = \frac{L}{R}$$



Şekil 2.4. Doğru üzerinde bir nokta tanımlama

Oluşturulan noktanın koordinatları

$$x = [(1-p)x_1 + px_2]$$

$$y = [(1-p)y_1 + py_2]$$

Bu eşitlikler parametrik şekle dönüştürülürse

$$x = x_1 + (x_2 - x_1).p$$

$$y = y_1 + (y_2 - y_1).p$$

P değeri 0 ile 1 arasında bulunursa, oluşturulan nokta (x_1, y_1) ve (x_2, y_2) arasında bulunur. p değeri 0' dan küçük ise ,nokta (x_2, y_2) 'den ve (x_1, y_1) 'e olan çizginin ters tarafında bulunur. Eğer p 1 'den büyük ise (x_1, y_1) 'den (x_2, y_2) 'ye olan çizginin ters tarafında bulunur. Bu son kavram özellikle çizgi büyütüleceği zaman kullanışlıdır.

Oluşturulan eğriyi grafik ekranda görüntülemek için hangi piksellerin gerekli olduğunu hesaplarırken, Δy ve Δx parametreleri ; p parametresi ve onun artımı Δp 'yi kullanarak basit olarak hesaplanabilir. İki nokta arasındaki piksellerin yandığından eminken gerekli olan çok sayıdaki hesaplamaları azaltmak için (x_1, y_1) ve (x_2, y_2) 'nin kontrolü ile Δp ölçüsü optimize edilebilir. Bu şekildeki hesaplamalar bir doğru çizilirken gerçekleşir. Ancak bu zaman kaybı olan bir proses olduğundan , bu seviyedeki hesaplamalar, grafik kapasitesi amacıyla görüntü içinde bulunan grafik işlemcinin bir parçası olan özel amaçlı microchip'in içinde gerçekleştirilir.

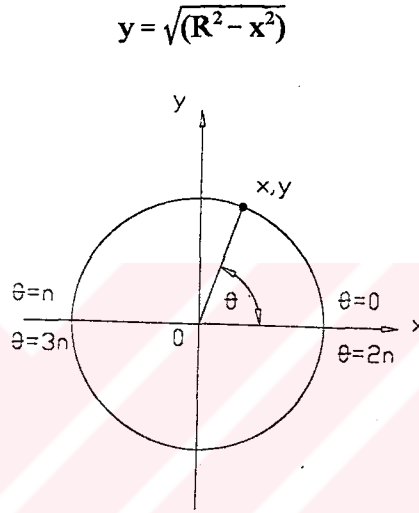
Bir doğru için tanımlanan parametrik form iki boyutlu çizim sistemleri içinde geçerlidir. Burada bir çizgi başlama ve bitiş noktaların (çoğunlukla kontrol noktaları olarak tarif edilir.) pozisyonlar ile eşit olarak tanımlanabilir.

Parametrik form eşitliğini kullanarak, çizgi boyunca başlangıç noktalarının pozisyonu p parametresine bir değer verilerek kolayca tanımlanabilir. Bir çizginin orta noktası $p = 0.5$ değeri ile hesaplanabilir. Bir çizginin boyu ve pozisyonu ise kontrol noktalarının değiştirilmesi ile kolayca değiştirilebilir.

Tasarımcı için çok kolay olarak görülebilecek olan iki nokta arasında doğru tanımlama aslında bilgisayar ortamında yapılacağı zaman daha karmaşıktır. Çünkü bir doğru tanımlamak için matematiksel bir ifade gerekmektedir. Bu sistemde teknik ressamın kullandığı konvensiyonel yöntemlerin yerini bilgisayar içinde detaylı bir matematik ifadeleri almıştır. Bu sebepten, bilgisayar grafikleri , grafik elemanlarının tanımı ve transferi için bazı matematik ifadelerine ihtiyaç duymaktadır. Daireler, daire parçaları (arc) ve diğer şekilli eğriler kendilerini oluşturacak yazılım metinlerine ihtiyacı vardır.

2.3.2 Daireler

Daire merkezinde kesişen eksenler ile tanımlanan bir daire için eşitlik şekil 2.5'te gösterildiği gibidir. Aşağıdaki eşitlik x için verilen her değer için (negatif ve pozitif olabilir) iki tane y değeri verir. Ancak bu ifade bilgisayar sisteminde hesaplanırsa daima y 'nin pozitif değeri verilir. Bu sebepten eşitlik açık (basit) form olarak bilinip her x değeri için sadece bir y değeri elde edilir.

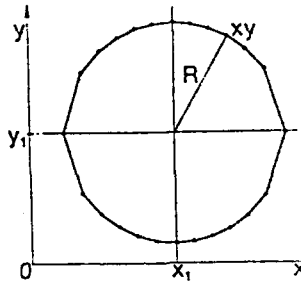


Şekil 2.5 - Bir daire tanımlama sonucunda oluşan çoklu rotasyonlar.

Ancak daire kapalı formda olduğu için $0=0$, $0=2\pi$, $0=4\pi$ 'deki noktalar yarıçaptır. Bu kapalı değer şartı ile uğraşmak için eşitlik karmaşık şekle çevrilmelidir.

Dairenin karmaşık formu şekil 2.6 'da gösterilmiştir.

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 - R^2 = 0$$

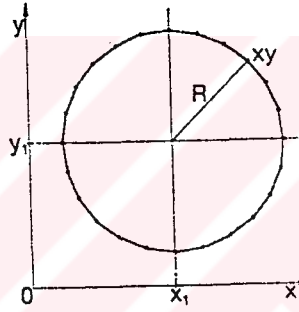


Şekil 2.6 - 24 nokta ile parametrik olmayan daire tanımlama

Böylece, daire üzerindeki doğru nokta cebirsel eşitlik çatılarının hesaplanması ile bulunabilir. Bu şekildeki eşitliğin zorluğu, x artımlarının eşit olması ve karşılık gelen y değerinin hesaplanarak şekil 2.6'da işaretlenen noktaların hesaplanmasıdır. Noktalar daire etrafında uygun sıklıkta olmadan, onları düz çizgi serileri ile birleştirmek dairenin kötü bir şekilde tanımını verecektir. Cebirsel tanımlamanın bu formu parametrik olmayan tanımlama olarak nitelenir. Parametrik olmayan eğriler kullanımlarının kolaylığı sebebiyle eksenler seçeneğine bağlıdır. Daha doğru daire tanımlama şekil 2.7 'de görüldüğü gibi parametrik formdadır.

$$x = x_1 + R \cdot \cos\theta$$

$$y = y_1 + R \cdot \sin\theta$$



Sekil 2.7 -24 Nokta ile parametrik daire tanımlama

Burada daire θ parametresi kullanarak polar formda tanımlanmıştır. θ açısı dairenin merkezine doğru uzanmaktadır. Dairenin en iyi tanımlaması için eşit θ açı artımları ile noktaların bulunması ve düz çizgiler ile noktaların birleştirilmesidir. Daha büyük çaptaki dairelerin tanımlaması için aynı uzunlukta daha fazla noktadan geçen düz çizgiler gerçekleştirilmelidir.

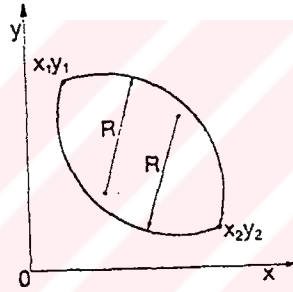
Düz çizgilerden önce, tam bir daire için parametrik form tanımlama genellikle iki boyutlu çizim sistemlerinde kullanışlıdır. Burada, tam bir daireyi iki adet kontrol noktası ile de tanımlamak mümkündür. Birinci nokta (x_1, y_1) dairenin merkezi iken ; ikinci nokta dairenin çevresinde herhangi bir y 'deki (x_2, y_2) noktasıdır. Dairenin yarıçapı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$R = \sqrt{[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2]}$$

Bu metotla , tam bir daire iki kontrol noktasının yeri ile tanımlanabilir. Dairenin radyusu ve yeri kontrol noktalarının yerini değiştirerek ayarlanabilir.

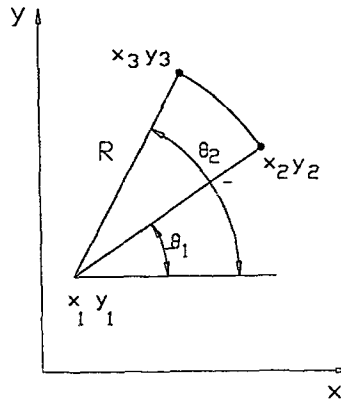
2.3.3.Dairesel Eğri

Eğer yay parçası başlangıç ve bitiş noktaları yarıçap ile tanımlanırsa , bu yay konkav veya konvex olacaktır.(Şekil 2.8)



Şekil 2.8 - Son noktalarını ve yarıçapı kullanarak bir yay parçasının iki çeşit tanımı.

Şekil 2.9'da görüldüğü gibi iki son noktaya karşılık gelen yayın merkezi yarıçap ve açısı ile daha doğru bir tanımlama yapılacaktır.



Şekil 2.9 Arc tanımlamanın başka bir yolu.

Bu tanımlama bitiş noktaları aşağıdaki gibi verildiği zaman tam daireyi tanımlamak için kullanılan parametrik form ile aynıdır.

$$x_2 = x_1 + R \cos \theta_1$$

$$y_2 = y_1 + R \sin \theta_1$$

ve

$$x_3 = x_1 + R \cos \theta_2$$

$$y_3 = y_1 + R \sin \theta_2$$

İki boyutlu çizim sistemlerinde R , θ_1 ve θ_2 değerleri genellikle kullanıcı tarafından tanımlanmaz. Genelde üç koordinat noktası olan (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) 'in yerini tanımlama söz konusudur. Yay parçasının yarıçapı tam daire için tanımlanan radyus bulma eşitliğini kullanarak bulunabilir. θ_1 ve θ_2 değerleri ise şu şekilde hesaplanır.

$$\tan \theta_1 = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

$$\tan \theta_2 = \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)}$$

Daire parçası için çizginin rutini saat yönündeki dairenin segmentini ikinci ve üçüncü nokta arasında tanımlayarak bulunur.

2.3.4. Kübik Eğriler

Geometrik modelleme için gerekli olan daire, serbest şekilli eğriler ve yüzeyler tam olarak tanımlanamayabilir. Tam bir tanımlama için çok bölümlü parametreler gereklidir.

Oluşturulan bir eğri için bir çift son nokta ve aralarındaki kontrol noktalarına ihtiyaç vardır. Aynı zamanda iki eğri segmentlerini hassas olarak birleştirmek için, birleşme noktasındaki meyiller aynı olmalıdır.

İki boyutlu eğri için iki tane üç sıra eşitlikler gereklidir, bir adet x' te bir adet y' de olmak üzere. Bu 0 dan 1' e olmak üzere tariflenen t parametresi ile açıklanabilir. Matematiksel olarak tariflenirse :

$$x = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + d_x$$

$$y = a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + d_y$$

Burada $0 \leq t \leq 1$

Eğrilerin meyilleri tanjant vektör parçalarının oranlarıdır.

$$\frac{d_y}{d_x} = \frac{d_y/dt}{d_x/dt}$$

burada

$$\frac{dx}{dt} = 3a_x t^2 + 2b_x t + c_x$$

Tanjant vektörler meyillerden daha kullanışlıdır; çünkü meyiller sonsuz olabilir, tanjant vektörlerin hiç bir zaman sonsuz olmaya ihtiyacı yoktur.

Kübik parametrik eğri tanımlama için bir çok metod vardır. En sık olarak kullanılanlar Bezier ve B-spline eğrilerdir.

2.3.5.Bezier Eğriler

Bezier eğri , iki yer vektörü ile tanımlanan eğri segmentinin başlangıcındaki ve sonundaki yerlere sahiptir. Ayrıca Bezier eğri , bitiş noktalarında tanjantları tanımlamak için eğri üzerinde olmayan iki kontrol noktası kullanılır. P_0, P_1, P_2, P_3 karakteristik polygon'dan yola çıkacak 4 adet yer vektörü Bezier eğri segmentinin üzerindeki bir noktanın x ve y koordinatları P_0, P_1, P_2, P_3 noktalarının x ve y koordinatlarının vasıtasıyla tanımlanır.

$$x(t) = (1-t)^3 x_0 + 3t(1-t)^2 x_1 + 3t^2(1-t) x_2 + t^3 x_3$$

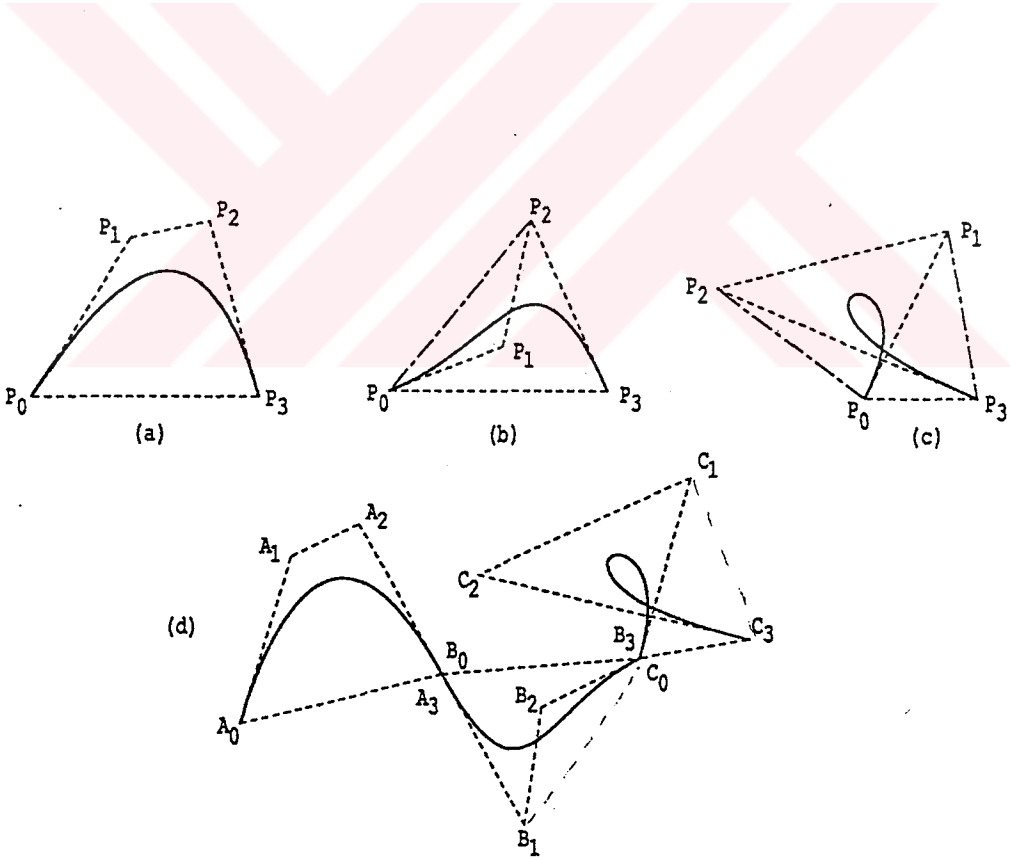
$$y(t) = (1-t)^3 y_0 + 3t(1-t)^2 y_1 + 3t^2(1-t) y_2 + t^3 y_3$$

Burada $0 \leq t \leq 1$

Şekil 2.10 'da yukarıdaki eğri formunu kullanarak elde edilebilecek Bezier eğri şekilleri görülmektedir (a),(b),(c).

Her üç şekilde P_0 ve P_3 vektörleri eğri segmentinin başlangıç ve bitiş noktalarının yerini tayin eder. Bu noktalarda t parametresi $t = 0$ ve $t = 1$ 'dir. P_1 ve P_2 noktaları ise tasarımcının isteği doğrultusunda hareket ettirilip, eğri segmenti tasarımcının ihtiyacına cevap verecek şekilde iyileştirilir. Her segmentin sonundaki tanjant vektörleri P_0P_1 ve P_2P_3 ile kontrol edilir.

Bezier eğri segmentleri , komşu eğri segmentlerinin bitiş noktalarının uygun olması şartı ile sürekli eğri formunda birleştirilebilir. Şekil 2.10 (d) üç eğri segmentinin bu metotla birbirine birleştirildiğini göstermektedir.



Şekil 2.10 - Bezier Kübik segmentlerine üç örnek ve bu üç eğri Bezier kübik eğri haline getirilmesi.

A_3 ve B_0 yer vektörleri, B_3 ve C_0 gibi benzerdir. Aynı zamanda $A_2A_3B_0B_1$ noktaları eş lineerdirler. Bu şartlar sürekli olarak kaldığını göstermektedir. Ancak, $B_2B_3C_0C_1$ noktaları için aynı durum söz konusu değildir. Bu sebepten , ikinci ve üçüncü segmentler arasında eğri meyilinin ani değişikliği söz konusudur. B_3C_0 noktasında bu eğri meyilinin sürekli olmadığı görülür.

Bezier eğrinin dikkat çekici özelliği grafik uygulamaları için kullanışlı olan konvex gövde özelliğidir. Bu özellik eğri segmentinin daima şekil 2.10(a) ' da görüldüğü gibi karakteristik poligonunun sınırları dahilinde olacağını belirtir. Şekil 2.10(b) ve 2.10(c) 'de bu sınırın son hatları kesik çizgilerle gösterilmiştir. Bu özellik eğri segmentinin başka bir çizgi veya eğri ile kesişeceğini hızlı olarak test etmeye en uygun özelliktir. Örnek olarak, iki Bezier eğri segmentlerinin poligonları üst üste binerse, eğrilerin birbirleri ile kesişmesi mümkündür. Ancak, en önemli test, gerçekte bu eğri segmentlerinin kesişip kesişmediğini belirme gerekliliğidir.

Eğer iki karakteristik poligon üst üste binmez ise, konvex gövde özelliğine göre, bu iki eğri segmentleri kesişmeyecektir. Bu nedenle bu zor testi uygulamak boşuna zaman ve çaba harcama anlamına gelecektir.

2.3.6.B-Spline Eğriler

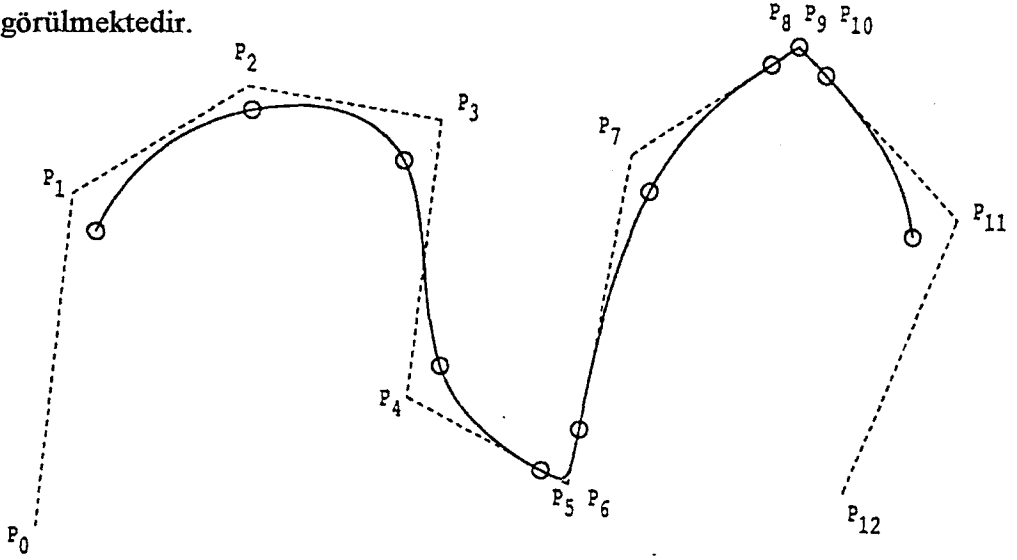
B-Spline yaklaşımlarda eğri segmenti son noktalardan oluşur ve bu noktalarda eğrinin sürekli olması için kavis oluşturmaya elverişlidir. Bezier eğriler sadece eğim sürekliliğine sahip olduğu için B-spline eğriler eğri formunun daha yumuşak olmasını sağlarlar. Eğri segmenti üzerindeki bir noktanın x ve y koordinatları aşağıdaki ifadede olduğu gibi $P_0P_1P_2P_3$, x ve y koordinatları vasıtası ile tanımlanır.

$$x(t) = \frac{1}{6}(1-3t+3t^2-t^3)x_0 + \frac{1}{6}(4-6t^2+3t^3)x_1 + \frac{1}{6}(1+3t+3t^2-3t^3)x_2 + \frac{1}{6}t^3x_3$$

$$y(t) = \frac{1}{6}(1-3t+3t^2-t^3)y_0 + \frac{1}{6}(4-6t^2+3t^3)y_1 + \frac{1}{6}(1+3t+3t^2-3t^3)y_2 + \frac{1}{6}t^3y_3$$

Burada $0 \leq t \leq 1$

Şekil 2.11' de on adet B-spline eğri segmentinin birleşerek sürekli bir eğri formu oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 2.11 10 Adet eğri segmenti ile B - spline kubik eğri

Şekilde görüldüğü gibi her eğri segmenti sürekliliğini devam ettirirken bir önceki eğri segmenti ile üç adet kontrol noktasına sahiptir; örneğin $P_0P_1P_2P_3$, $P_1P_2P_3P_4$, $P_2P_3P_4P_5$ gibi. Her bir eğrinin bitiş noktası kemer adı verilen küçük daireler ile işaretlenmiştir. Bir kemer dört adet kontrol noktasından oluşursa eğrinin meyil ve kavis sürekliliği segment sonlarında devam edecektir. Tesadüf olarak iki adet kontrol noktası ile tanımlanmışsa şekilde görüldüğü gibi P_5P_6 noktasında, eğrinin sadece meyil sürekliliği olacak kavis sürekliliği olmayacaktır. Yine aynı şekilde üç adet kontrol noktasından meydana gelirse eğri segmenti bitiş noktasında meyil ve kavis olarak sürekliliğini koruyamayacaktır.

Gerek B-spline gerekse Bezier eğriler konik veya dairesel eğrilerin tanımlanmasında kullanılamazlar. Bu sebepten pratik CAD sistemlerinde belirli eğri formları ve kübik spline eğrilerinin uyarlanmasından olan eğri çeşidi ile modelleme yapılmaktadır. Daha profesyonel CAD sistemlerinde tüm eğri formlarının oluşturulması için NURB adı verilen Uniform olmayan Rasyonel B-spline eğriler kullanılmaktadır. NURBs'lar yukarıda açıklanan B-spline eğrilerin bir çeşidi olup, matematik formülasyonu ilave ifadeler ile gerçekleştirilmektedir. Bu ifadeler, aynı kontrol noktaları kullanılmış ise birleşik B- spline segmentinin şeklini kontrol etmek için seçilebilir. Bu eğri formu ile konik eğriler (daire ,elips, parabol) ve kübik eğriler tek bir eğri formülasyonu ile tanımlanabilir.

2.4. Geometrik Modellemede 3 Boyutlu Temel Grafik Elemanları

Doğruların,dairelerin,dairesel eğrilerin ve kübik eğrilerin 3D uzayda temsil ilkeleri aslında 2D eğriler ve doğrular için kullanılan sistemin benzeridir.Üçüncü dereceden serbestliğe ek olarak daha önceden düşünülen kübik eğriler ve düz çizgiler için parametrik formüller üzerinde ufak bir etkisi vardır,bu eğri çeşitleri onların kendi kontrol noktalarının konum vektörlerine göre açık bir şekilde tanımlanır.Yine de eğrinin düzlemi tek olarak tanımlanırsa daire ve dairesel eğrilerin parametrik tanımlaması sadece 3D uzayda kullanılabilir.

2.4.1.Düz Doğrular

3D uzayda düz doğru için tanımlanan aynı parametrik ifadeyi kullanarak temsil edilebilir,iki bitiş noktasının (X_1, Y_1, Z_1) ve (X_2, Y_2, Z_2) konumuna dayanır.Doğru üzerinde genel noktanın (x, y, z) konumu p parametresine göre tanımlanabilir.

$$x=x_1+(x_2-x_1)p, \quad y=y_1+(y_2-y_1)p, \quad z=z_1+(z_2-z_1)p$$

Burada p parametresi 3D uzayda 2D uzaydaki gibi aynı özelliğe sahiptir,yani p'nin değeri 0 ve 1 arasında yer alırsa o zaman genel nokta (x_1, y_1, z_1) ve (x_2, y_2, z_2) arasında olur.

2.4.2.Tam Daireler

Tam bir daire 3D uzayda tek olarak onun merkezi (x_1, y_1, z_1) ve onu çevresi üzerinde bir nokta (x_2, y_2, z_2) tarafından tanımlanamaz. Sınırsız sayıda daire sadece 2 kontrol noktasını kullanarak tanımlanabilir, bundan dolayı daire tam olarak temsil edilmeden önce 3D dairenin yer alacağı düzlem belirtilmelidir. Bunu yapmanın en kolay yolu 3 kontrol noktasının (x_3, y_3, z_3) pozisyonunu tanımlamaktır,bu daire düzleminde yer alır yine de bu noktanın daire üzerinde yer alması gerekli değildir. 3 noktayı müşterek lineer olmayacak şekilde sağlayarak daire düzlemini tek olarak tanımlayabiliriz.

$$ax + by + cz + d = 0$$

Bu düzlemdeki genel nokta 3 kontrol noktasının konum vektörlerine , s ve t parametrelerine göre tanımlanabilir.

$$X = (1-s-t)X_1 + sX_2 + tX_3$$

$$Y = (1-s-t)Y_1 + sY_2 + tY_3$$

$$Z = (1-s-t)Z_1 + sZ_2 + tZ_3$$

S ve T parametreleri herhangi bir değer alabilirler ve daire düzleminde bir nokta tanımlarlar fakat bunlar ortogonal koordinat sisteminde bir düzlem temsil edemezler. Bundan dolayı uzayda çizilmiş 2D parametrik daireyi kullanarak tam bir 3D daire temsil etmek mümkün değildir. 3D taşıma için $z = 0$ düzleminde 3 kontrol noktasını yeniden yerleştirmek gereklidir. (x_1, y_1, z_1) noktası $(0,0,0)$ noktasma ve (x_2, y_2, z_2) noktası $(R,0,0)$ noktasma transfer edilir. Ters transfer işlemi kullanarak $(0,0,0)$ ' da merkezlenmiş R daire yarıçapından $z=0$ düzleminde duran noktalar gerekli daire düzleminde işaretlenir.

2.4.3. Dairesel Eğriler

3D uzayda tam daire tanımlamak için kullanılan teknik dairesel eğri tanımlamasında da kullanılır. Burada 3 kontrol noktası eğri merkezini tanımlar ve 2 bitiş noktası eğrinin düzlemini tanımlamada kullanılabilir. Eğer üç kontrol noktası eşlineer ise eğrinin düzlemi bir başka yöntem tarafından veya eğri iki ayrı parça gibi birleştirilmiş olarak bitiş noktası kullanarak tanımlanır.

2.4.4. Kübik Eğriler

3D kübik eğri x, y, z ' de olacak şekilde üçüncü dereceden eşitliklere ihtiyacı olacaktır. 3D kübik eğri parametrik şeklini aşağıdaki denklemlerden alır., burada $0 \leq t \leq 1$ 'dir.

$$x = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + dx$$

$$y = a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + dy$$

$$z = a_z t^3 + b_z t^2 + c_z t + dz$$

Eğrilerin eğimi ise tanjant vektör bileşenlerinin oranıdır,fakat her bir eksen ile ilgili olarak tanımlanabilir;

3D bezier ve B-spline eğrileri 3d uzayda eğri segmentinin şeklini tanımlamada 4 kontrol noktası kullanırlar. 4 kontrol noktası karakteristik 4 kenarlıının köşelerini tanımlar,bu ise eğri segmentinin tam olarak çevresini oluşturur.

2.5.Geometrik Modelleme

Bilimsel ve mühendislik alanlarında 3 boyutlu şekillerin oluşturulması için bir çok metod kullanılmıştır. (Regvicha 1980,Besland Jain 1985.) En çok bilinenleri, mesafe yakalama tanımlamaları,genelleştirilmiş koni temsili tel-kafes modeller,yüzey modeller, sınır tanımlama (temsili) ,katı geometri tanımlama.

Mesafe yakalama tanımlamaları , octree tanımlamalar en önemlisidir.Octree, mesafe yakalamanın hiyerarşik tanımlamasıdır.Hacimler,çeşitli ölçülerdeki küplere ayrılır. Kübün ölçüsü,çatı node' ndan itibaren olan mesafesine bağlıdır.Genelleştirilmiş koniler ise genellikle süpürme tanımlama olarak adlandırılır. (Agin ve Binford, 1973) . Bu tanımlarda parça şekli koninin eksenini gösteren 3 boyutlu eğri ve 2 boyutlu cross-sectional şekiller ile tanımlanır.Süpürme prensibi ise uzay eğrisi-boyunca cross section ' in nasıl modife edileceğini gösterir.

Octrees ve genelleştirilmiş koniler bilgisayar grafikleri uygulamaları ve 3 boyutlu şekillerin bilgisayar görüntüsünde tanımlanması için kullanılır.Ancak bu tanımlamalar 3 boyutlu şeklin detaylı açıklaması için uygun değildir.İşte bu sebeple bunlar iç yapıların tanımlanması için mekanik CAD sistemlerinde kullanılmazlar.Konvensiyonel mekanik anlamda CAD sistemleri,Wire-frame (tel kafes modeller,yüzey modeller,sınır tanımlamalar (B-reps),katı geometri tanımlamalar (CSG-reps) 3 boyutlu geometrik modeller olarak kullanılır.

Wire-frame model veya yüzey model , dizayn edilen cismin parçasını temsil ederken, B-reps ve CSG-reps 3 boyutlu uzayda cismin kapalı olarak tam şeklini temsil ederler.Sadece katı modelde uzaydaki herhangi bir noktanın katı içinde olup olmadığını kontrol imkanı mevcuttur.CAD sistemlerinde kullanılan geometrik tanımlar şunlardır.

2.5.1. Geometrik Modelleme Sistemlerinin Seçilmesi

Endüstride, otomotiv parçalarının düz yüzeylere sahip olmadıkları bilinmektedir. Kompleks parça tasarımlarının artması ile imalat mühendisleri hızla CAD/CAM sistemlerine yönelmektedir.

Bu sistemlerde uygun yazılım seçmek çok önemlidir. İmalat mühendisleri CAM sisteminin datayı nasıl kabul ettiğini tamamıyla anlayabilmek için bazı tasarım bilgisine ihtiyaç duyacaklardır. Bu sistemleri anlayabilmek için en baştan başlamak yardımcı olacaktır. Bu, temel eğri ve yüzeylerin CAD dosyalarını oluşturmak için kullanılması gerektiği şeklinde açıklanabilir. Tasarımcılar hala basit parçaları segment, daire ve arc'lar ile tanımlayabilmesine rağmen 2D kompleks parçalar dahi matematiksel olarak eğri formülleri ile ifade edilebilmektedir.

Modellemenin temel dayanağı olan eğrilerin tanımlamasını ve birbirlerine olan üstünlüklerini kavramak, tasarımcının en verimli CAD yazılımını seçmesini sağlayacaktır. Aşağıda bazı CAD yazılımlarının kullandığı eğri tipleri ve bunların birbirlerine göre üstünlükleri kısaca açıklanmıştır;

Bezier Eğriler: Herbir eğri dört adet kontrol noktası ile tanımlanmıştır. Bunlardan iki tanesi eğrinin sonlarındadır. İki tanesi ise eğri üzerinde olmayıp, eğriyi buldukları yöne yerçekimi etkisi gibi çeken büküm noktalarıdır. Bu eğrinin matematik formülü herhangi sayıdaki kontrol noktalarını kabul ettiği halde çoğu CAD sistemleri bir çok eğriyi bir uçtan bir uca birleştirerek (blending) karmaşık şekiller oluşturur. Bu teknik düzgün eğrileri oluşturmakta olup elde edilen şekillerin kolayca edit edilmesine imkan tanır.

Splines: Burada, herbir kontrol noktası eğri üzerindedir. Tasarımcı gerekli sayıdaki noktaları belirler bilgisayar bunları birleştirerek eğri oluşturur. Bu eğri tipi özellikle tarama (Üç boyutlu koordinat ölçme makinalarında) sonunda elde edilen noktalar kümesinden geçen eğri oluşturma amacıyla oldukça elverişlidir.

B-Splines: Herbir spline bitiş noktaları ile sabitlenip eğri üzerinde olmayan kontrol noktalarının nüfuzu altında kalır. Bu noktalar uç uca birleşen doğru segmentleri serisini tanımlar. Eğri, merkez noktalarındaki doğru segmentlerine çekilmeye meyillidir.

Rasyonel B-Splines: CAD sistemleri bu özellik ile bir çok blended segmentleri kullanmadan kompleks bir formu tek bir eğri olarak sunmaktadır. Bir kontrol noktasını

hareket ettirmek sadece eğri parçasının istenen şekilde yaklaşmaya yardım eder.Bu özellik tasarımcıya kompleks şekilleri daha çok kontrol etmesine imkan tanır.

En basit 3D CAD sistemleri x,y ve z koordinatlarının grid'ini kullanırlar.Diğerleri ise line mesh olarak adlandırılan birbirleri ile dik kesişen eğrilerin mesh'i veya paralel eğrilerin oluşturduğu şekilleri oluştururlar.Bu teknikler, şekillerin çoğu tanımlanamayacağı için doğru yüzey tanımlamalar olarak kabul edilemezler.Line mesh ile sistem eğriler üzerindeki noktaları bilecek ancak eğriler arasındaki yüzey hakkında herhangi bir bilgiye sahip olmayacaktır.Bu durum takım yolu oluşturmanın hassasiyetini etkileyebilmektedir.

Çoğu PC tabanlı CAM sistemleri 3D yüzeyleri nokta,polyline veya spline mesh'leri şeklinde transfer etmektedir.Ancak bu işlemler imalat mühendisleri için birçok problemide beraberinde getirmektedir.En önemlisi orjinal parça geometrisi kaybolmaktadır.Aynı zamanda nokta,polyline veya spline mesh arasındaki yüzey şekli ya tanımlanamaz yada database veya parça dosyası içinde saklanamaz.Kullanıcılar, takım yollarını yaklaşım veya enterpolasyon ile oluşturmak zorundadırlar.

Doğru yüzey modelleme için, CAD/CAM yazılımı yüzey üzerindeki gerekli olan tüm noktaları belirlemek için matematik formüllerini kullanırlar.Bu formüller, Bezier yüzeyleri ,B-spline'ları,Uniform olmayan rasyonel B-spline'ları içermektedir.Çoğu 3D platformları halen hazırda Bezier yüzeyleri ile desteklenmiş sistemlerdir;Fakat Bezier tabanlı CAD sistemleri NURBS'leri bir alt seçenek olarak desteklemeye başlamıştır.

Bezier geometrisi ile modellenen çoğu serbest akan parça tasarımları yoğun revizyonlar olmadan işlenmesi imkansızdır.Bu durum işi tekrarlama maliyetleri arttırmakta,imalat planlarını düşürmektedir.Buna rağmen NURBS geometrisinin düşük derecesi eğri başına limitsiz kontrol noktası imkanı sağlamaktadır.Konvensiyel Bezier eğrilerinde 10 ile 20 kontrol noktası mevcuttur.En iyi metod tanjantlar üzerine kontrolü sağlamak ve yüzey geometrisindeki dalgalanmalar için ufak değişiklikler yapabilmektedir.Bu, kalıp parçaları gibi karmaşık yüzeyli büyük parçaların modellenmesine imkan tanımaktadır.Sonuç olarak bu sistem daha az yüzey hatası ve tanjant kontrolü için elverişlidir.NURBS'leri kullanan sistemlerin edit imkanı bu sistemlerin özelliklerini güçlendirmektedir.Özellikle otomobil körük kalıplarının ortamda kompanse yapılması gerekebilmektedir. Bu işlem için konvansiyonel yüzey modelleri kullanarak , NC

programcılar sadece bir bölümü modife etmek için körük yüzeyinin tümünü değiştirmek zorunda kalmaktadırlar.NURBS'leri kullanan sistemlerde ise yüzeyin ortasını edit etmek mümkündür.Bir başka örnekte ise, uçak imalatında NURBS'leri kullanılarak,yaklaşım metodu kullanmadan tek bir matematik eşitliği ile mükemmel konik tanımlamak mümkündür.Aynı zamanda tek bir giriş ile profillere zıt olarak düzgün yüzey oluşturulabilir.NURBS'lerin en önemli özelliklerinden biriside CAD sistemlerinde problem olarak görülen koparma (trim) işlemini kusursuz yapmasıdır.

NURBS'LERİN AVANTAJLARI

1-Geniş/kompleks yüzeylerin daha az işlem ile oluşturulması

Daha az yüzey parçaları ile aynı yüzeyi oluşturma

-Tasarım zamanını azaltır.

-Kolay olarak sonuca ulaşılır.

-NC hazırlama zamanı kısalmır

2-Her eğrinin tanımlanmasında daha fazla kontrol noktası

-Daha büyük eğriler ve yüzeyler

-Daha iyi tanjant kontrolü

-Yüksek orandaki yüzey dalgalanmalarını gidermek için daha az değişiklik yapma

Yukarıda açılanan NURBS'ler matematik formüllere dayanmaktadır.NURBS'ler temel olarak polinomlar ile ifade edilmektedir.

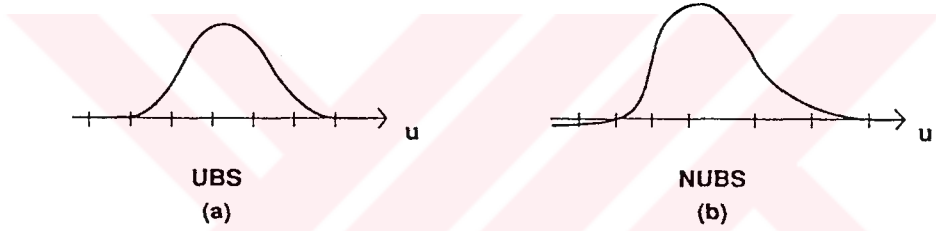
$$At^2+Bt+C \quad \text{ikinci dereceden polinom}$$

Polinomlar yapılarının kolay anlaşılabilirliği sebebiyle mühendislik bilgisini sunmak amacıyla tercih edilen metod olarak kullanılıyordu.1940'lı yıllarda matematikçi I.J. Schoenberg düşük derecedeki polinomları sistematik olarak parçalamayı keşfetmiş, bu metod yüksek derecedeki polinomları kullanmak yerine alternatif olarak geliştirmişti.Schoenberg bu çalışması ile daha yumuşak geçişli eğri elde etmek istemişti.

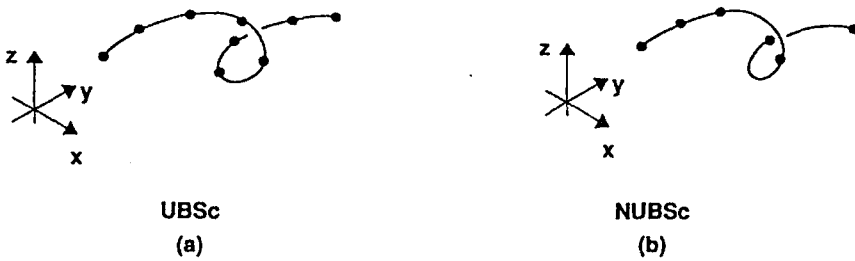
Bu çalışma daha sonraları matematiksel terimi ile Spline olarak tanımlanmıştır. Bu buluşum ilk sonucu olarak B-Spline'nın aciliyeti ortaya çıkmıştır. Kısaca Spline, polinomlar zincirinin birbirine düzgün olarak birleştirilmesinden oluşmaktadır.

B-Spline ve B-spline eğri arasında çoğu kişi tarafından kullanılan bir kavram karmaşıklığı söz konusudur. Bu karmaşıklığı gidermek için bu kavramları açıklamak gerekmektedir. B-Spline gerçek bir spline olup eğri ve yüzeylerin oluşturulmasında kullanılırlar. Diğer yandan B-Spline eğri, B-Spline'ların birleşmesinden meydana gelmiş bir eğridir.

B-Spline'nın şekli düğüm olarak adlandırılan noktalar listesiyle tanımlanmıştır. Bu düğümler spline bloklarının ölçü ve şeklini belirtmektedir.



Şekil 2.12 - B-spline'lar için (a) Uniform (b) Uniform olmayan düğüm yerleşimi



Şekil 2.13 - (a) Uniform B-spline eğriler (b) Uniform B-spline eğriler için uygun nokta dağılımı

Şekil 2.12 'se B-Spline'lar için (a) Uniform düğüm yerleşimi ve (b) Uniform olmayan düğüm yerleşimini göstermektedir. Şekil 2.13' de ise (a) Uniform B-Spline eğriler, (b) Uniform olmayan B-Spline eğriler için uygun nokta dağılımını göstermektedir.

B-Splinelere için düzensiz düğüm yerleşim potansiyeli Uniform olmayan eğriler için bir temel oluşturmaktadır. Bu özellik eğri ve yüzey formları üzerinde sınırsız değişiklikler yapma imkanı tanımaktadır.

Buraya kadar B-Spline'ların anlamı ve düğümlerin değişkenliğinden bahsedilmiştir. Açıklanmayan bir kelime ise NURBS'de bulunan Rational (Rasyonel) terimidir. Bu terim Ratio(oran, nisbet) kelimesi üzerine odaklanmıştır. Rasyonel bir fonksiyon iki adet polinomun oranı olarak tariflenir. Pratikte basit oranlar; daire, elips gibi konik parçalar ile silindir, küre ve koni gibi eğriler ve yüzeylerin tam olarak sunulmasını sağlar. Bu elemanlar rasyonel olmayıp tahmini olarak tutturulabilirler. Sonuç olarak sadece B-Spline eğrisi birbirine düzenli olarak birleşmiş polinom oluşturma blokları olarak düşünülebilir. Böylece rasyonel B-Spline eğriler ise birbirine yumuşak olarak bağlanmış rasyonel bloklar olarak düşünülebilir. Bu vesile ile NURBS veya Uniform olmayan B-Spline eğriler ve yüzeyler, rasyonel B-Spline oluşturma bloklarından oluşmuş eğri ve yüzeyler olarak tanımlanır.

Aşağıdaki tabloda NURBS'lerin tarihsel gelişimi gösterilmektedir.

Tablo 2.1- NURBS

SC	Spline curve	Düzenli olarak birleşmiş polinom parçalarından oluşmuş eğri
BS	B-spline	Temel spline: Polinom oluşturma bloğu
BSC	B-spline curve	B-spline oluşturma bloklar polinomunun oluşturduğu eğri
UBS	Uniform B-spline	Uniform düğümler ile polinom temel eğrisi
UBSC	Uniform B-spline curve	Düzenli nokta yerleşimi ile oluşan B-spline polinomunun oluşturduğu eğri
NUBS	Non uniform B-spline	Uniform olmayan düğümler ile oluşan temel polinom spline'i
NUBSC	Nonuniform B-spline curve	Düzensiz nokta yerleşiminden oluşan B-spline polinomlarından oluşan eğri
NURBS	Nonuniform rational B-spline	Uniform olmayan düğümler ile rasyonel temel spline
NURBSC	Nonuniform rational B-spline curve	Düzensiz nokta dağılımı ile oluşan rasyonel B-spline'ların oluşturduğu eğri

Rasyonel fonksiyonlar genellikle polinomlardan daha karmaşık olduğu için NUBS (Uniform olmayan B-Spline'lar) eğriler veya yüzeyler tamamıyla data konik veya quadric değilse kullanılırlar. Daha öncede belirtildiği gibi Uniform olmayan düğüm dağılımı çoğu uygulamalarda kritik bir durum arz etmez. Fakat yüzeyler için Uniform olmayan düğüm dağılımı bazı zorlukları beraberinde getirir. Çoğu uygulamalar yüzey üzerinde isoparametrik düzenli dağılımları gerektirmektedir. Bu dağılımı kontrol etme eğer düğümler sınırlı veya Uniform olarak yerleştirilmiş ise daha kolaydır. Bu durumda yüzeyler için UBS (Uniform B-Spline'lar) daha çok kullanılmaktadır.

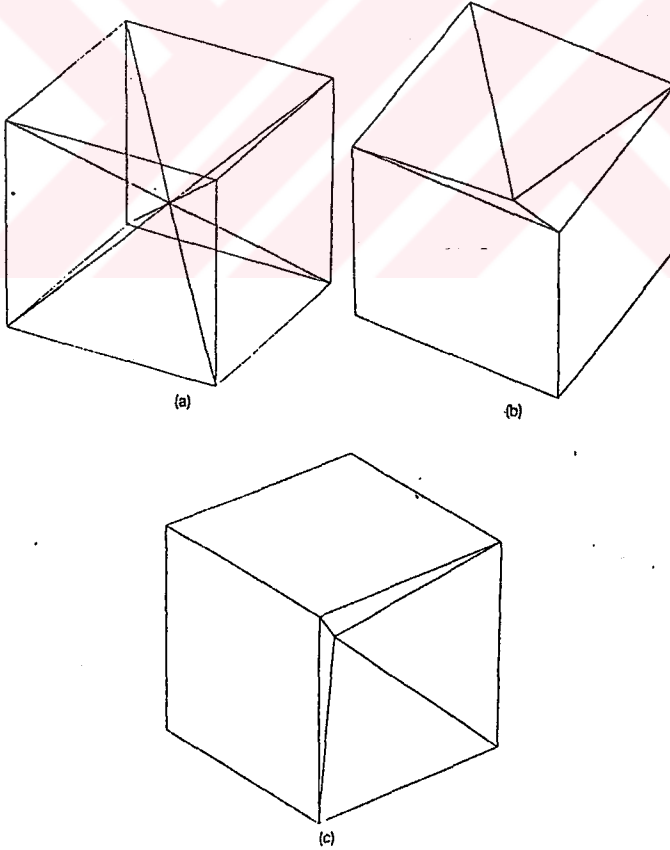
2.5.2. Tel Kafes (Wire-Frame) Model

Nesnenin 3D modeli bir seri birbirine bağlı 3D kenar tarafından oluşturulur, ekranda bu görüntülediği zaman onun boyutu ve şekli hakkında izleyiciye bir fikir verir. Böyle bir model tel-kafes (wire-frame) model olarak bilinir.

Tel kafes model metodu 3D geometrinin uzayda temsil edilme yöntemlerinden birisidir. Bitmiş model 3D doğru ve eğri segmentlerinin bir araya getirilerek oluşturulmuş yapısıdır. Tel kafes modelde nesnenin hiç bir yüzü tam olarak temsil edilemez. Modelin geometrisi her bir kontrol noktasının (x, y, z) koordinatları tarafından temsil edilir. Bu bilgi vertex listesinde tutulur. Modelin topolojisi kenar listesi tarafından gösterilir. Bu liste her bir kenarı tam olarak tanımlamak için gerekli kontrol noktalarının vertex bilgilerini kaydeder. 3D uzayda modelin pozisyonu ve yöneltmesi 3D taşımalarını kullanarak (yani transfer, x -ekseni etrafında döndürme, büyültme, küçültme) değiştirilebilir. 3D modelin pozisyon ve yönlendirme modifikasyonları sadece vertex listesinde saklanmış geometrik datayı etkiler, eğer yapı kendi kendini değiştiriyorsa (yani kenar silinir) bundan sonra kenar listesinde yüklenen topolojik data uygun bir şekilde değiştirilmiş olur.

Bu modelleme tekniğinin basitliği 3D modeli kolayca yönlendirmeye ve sonucu hızlı bir şekilde görüntülemeye müsaade eder. Bu sebepten yüzey ve katı modelciler tüm yüzeyin temsilini ekranda daha hızlı bir şekilde görebilmek için tel-kafes modeli kullanırlar. Tel-kafes modelin zorlukları ise, görünmez çizgilerin ekrandan kaldırılamaması, bu nedenle kompleks parçalar için veya arka arkaya bir çok nesne görüntülediği zaman ekranda çizgi karmaşıklığının olmasıdır. Bu karmaşıklık ekrandaki nesne

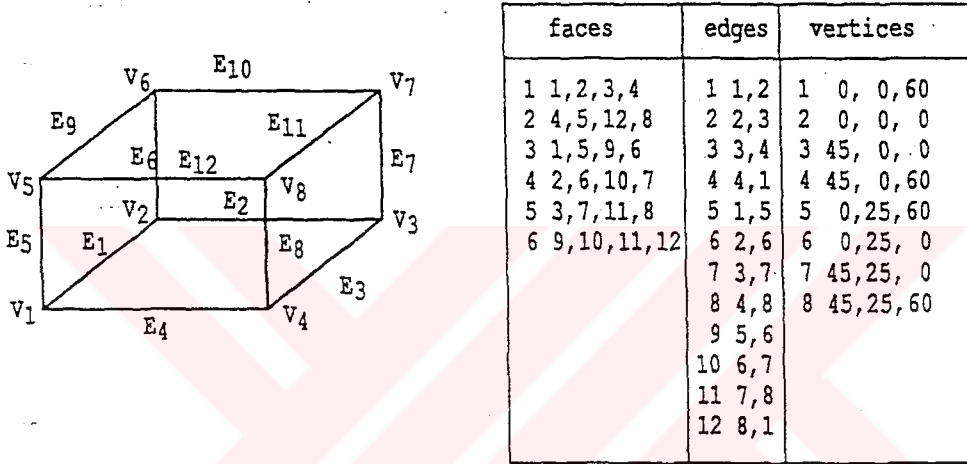
görüntüsüne karar verme yeteneğini azaltacaktır. Kompleks tel-kafes modellerde nesnelere veya kenarlar arasındaki farkı anlamak için renklendirme kullanılmaktadır. Benzer tarzda yüzey özellikleri kontur çizgileri olmadığından sergilenemez. Bu nedenle yüzeyler karmaşık görüntüler sergilemektedir. Tel-kafes modeller bilgisayarda bilgi yapısı olarak kolayca saklanabilir, ayrıca kapladığı yer oldukça azdır. Bazı dezavantajlarından dolayı bu sistem günümüzde çok eski CAD sistemleri tarafından kullanılmaktadır. Tel-kafes modeller yüzey alanını ve cismin hacmini tanımlarken tercih edilmektedir. Bir çok metod tel-kafes modelleri katı modellere çevirmek için ortaya atılmışsa da, çoğu katılar tek bir tel-kafes'ten tanımlanabilmektedir. Şekil 2.14 (a) 'da bir tel-kafes blok çizilmiştir. Bu modelde hangi yüzeylerin düzlem olduğu ve hangilerinin kapalı olduğu açık değildir. Şekil 2.14 (b) ve (c) 'de tel-kafes modelin iki değişik izahı ve bu modelin karmaşık yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.14 Tel kafes model ve bundan çıkarılan farklı katı modeller

2.5.3. Yüzey Modeller

Yüzey modeller yüzey patchlerinin geometri tanımlaması temeline dayanarak tel kafes modelin yüzey-kenar-vertex temsilini kullanırlar. Yüzey model yüzey listesi diye ek bir listeye sahiptir, bu listede kenarların belirteçleri her bir yüzey patch 'ini tanımlamak için kullanılır. Şekil 2.15 ' de bloğun tel-kafes görüntüsü, onu oluşturan yüzey-kenar-vertex listesi ile beraber gösterilmiştir.

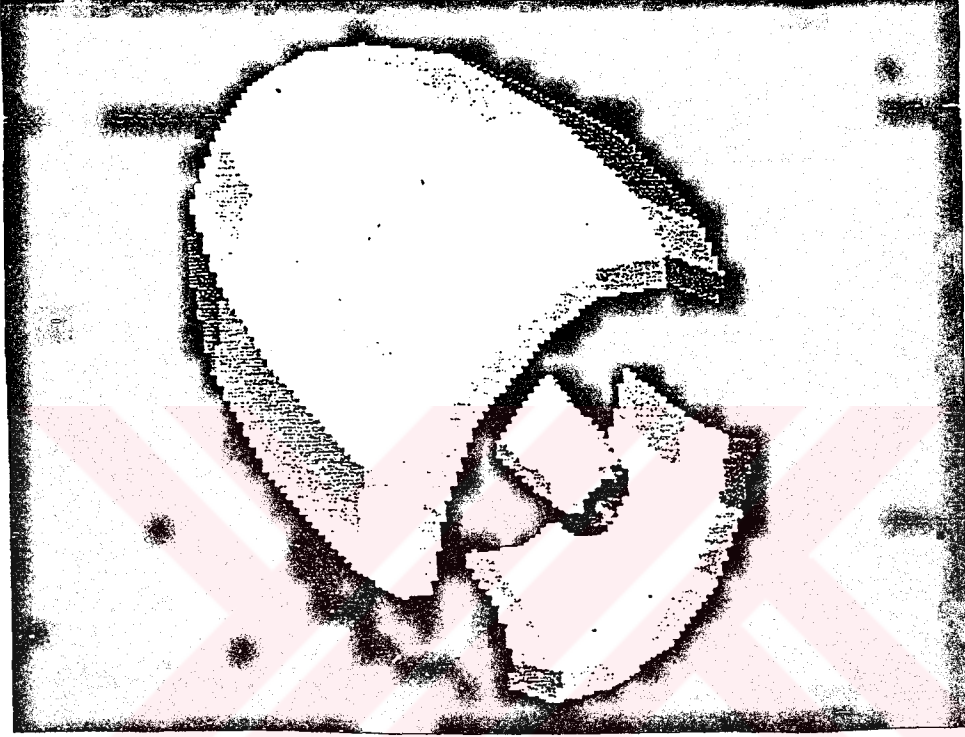


Şekil 2.15 Bloğun tel-kafes modeli ve yüzey-kenar-vertex listesi

Bu model 8 vertex, 12 düz kenardan ve 6 yüzeyden oluşmaktadır. Yüzeyleri temsil etmek için kullanılan düzlemlerin çeşitleri modelleme yazılımının kabiliyetine ve temsil için gerekli hassasiyete bağlıdır. Şekil 2.15 'deki nesne yüzeyleri 4 kenar tarafından birbirine sınırlanmıştır ve böylece sınırlı yüzey patch 'i ile bilinear interpolasyon bu nesnenin yüzeylerini uygun hassasiyette temsil eder.

Nesne yüzeyleri yüzey patchleri kullanarak temsil edildiği zaman görünmez kenarları kaldırarak ekranda nesneyi göstermek mümkündür. Kenarların eğri olduğu yerlerde nesnenin dış hat silüeti belirlenebilir ve böylece daha gerçekçi görüntü elde edilir. Yazılım rutinleri hangi kenarların görülebileceği ve hangilerinin görünmez olacağına karar vermek için bir çok kez hesap yaparlar ve bu çeşit görüntüler yaratmak tel-kafes görüntüden çok daha uzun zaman alır. Hesaplamalar ufak iş bilgisayarlarında bile yapılabilir ve bütün 3D CAD sistemleri genellikle bu görüntüleme opsiyonunu sağlar.

Bundan başka görünmez çizginin ekrandan görüntüsünü çıkarma gölgelendirme teknikleri tarafından yapılabilir ve renk tonu onun gerçekçiliğini artırır. Bu bilgisayar tarafından ek bir hesaplama gerektirir, fakat Şekil 2.16 'daki gibi, Acorn BBC mikro bilgisayarı böyle bir görüntüyü üretmek için ek hafıza ihtiyacına gerek duymaz.

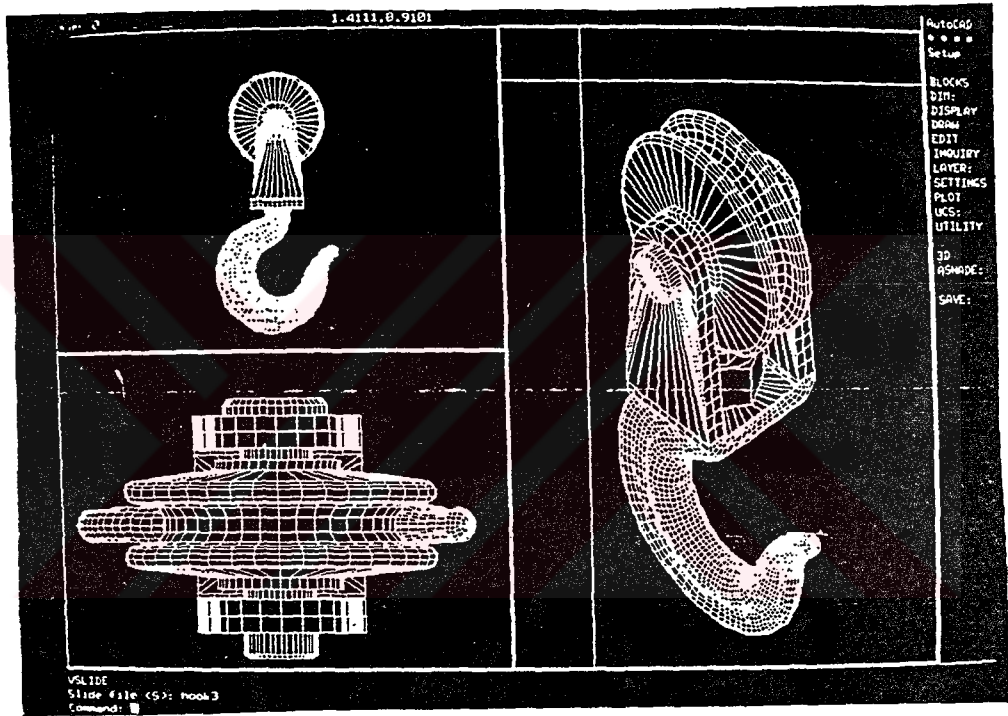


Şekil 2.16. Jet Motorunun yontulmuş (faceted) modeli

Cad kullanıcısı nesne modellerinin tümünü anında birbirleriyle olan uzaysal ilişkilerini test etmek için görüntülemek ister. Eğer nesnenin biri yeni konumuna hareket ederse vertexlerin hareketini tanımlama ihtiyacı olacaktır (kenarların ve yüzey patch'lerinin pozisyonları otomatik olarak düzenlenir), nesnenin sadece kendisini tanımlamak daha uygundur. Bu 3D database'nin nesne-yönlendirme idaresine mücade eder, hacim listesi yaratılır. Hacim listesindeki kayıtlar yüzey listesindeki yüzeyleri belirtir, bunlar tek nesne oluşturmak için kullanılır.

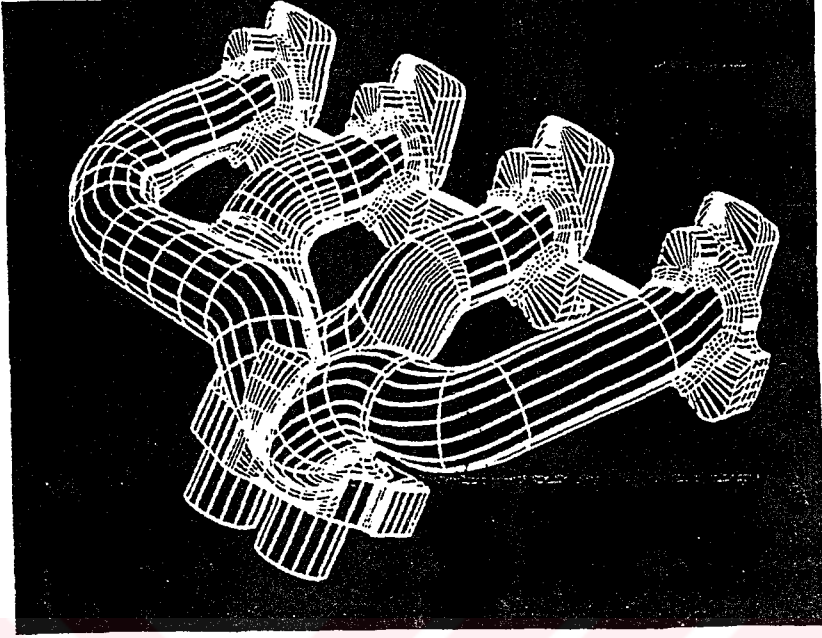
Düşük seviyeli yüzey modelleme sistemleri sadece düzlem yüzey patchleri gibi yüzey temsilleri kullanırlar. Eğri yüzey modellendiği zaman onun şekli eğri kenar çevresinde bulunan bir seri düzlem patchleri kullanılarak yaklaşık olarak temsil edilebilir. Bu çeşit bir temsil yontulmuş (faceted) model (Şekil 2.16) olarak bilinir.

Yontulmuş modellerdeki problem eğrisel yüzeyleri temsil etmek için 12 traşlanmış yüzeye,24 vertexe,36 kenara ve 12 yüzeye ihtiyaç vardır.Temsilin hassasiyeti traşlanmış yüzeylerin sayısının arttırarak iyileştirilir (Şekil 2.17). Fakat yüzey model database'nin büyüklüğü daha geniş olacaktır,bilgisayarın datayı kullanması ve görünmez çizgileri kaldırması daha uzun zaman alacaktır.



Şekil 2.17 Kanca ve makaranın üç görünüşü

Cad kullanıcısı yontulmuş modelleme kullandığı zaman temsil hassaslığı ve işlem hızı arasında her zaman bir uzlaşma yaratır.Yüksek seviyeli yüzey modelleme sistemleri yüksek dereceli çok terimli eğri çeşitlerini ve bikübik interpolasyon yüzey patchlerini kullanırlar. Şekil 2.18 'de motorun egzoz manifoldu görülmektedir,bu parça endüstriyel kalitede Cad sistemi kullanarak modellendi,bu program 2 katlı eğri yüzeylerin modellenmesi için oluşturuldu (yani uçak gövdesi,gemi omurgası,telefon setleri,araba motor gövdeleri gibi),burada yüzeyin şekil 3 ekseninde de sürekli değişir.Bu çeşit bir uygulama muhtemelen çok karmaşık 3D modelleme içindir.



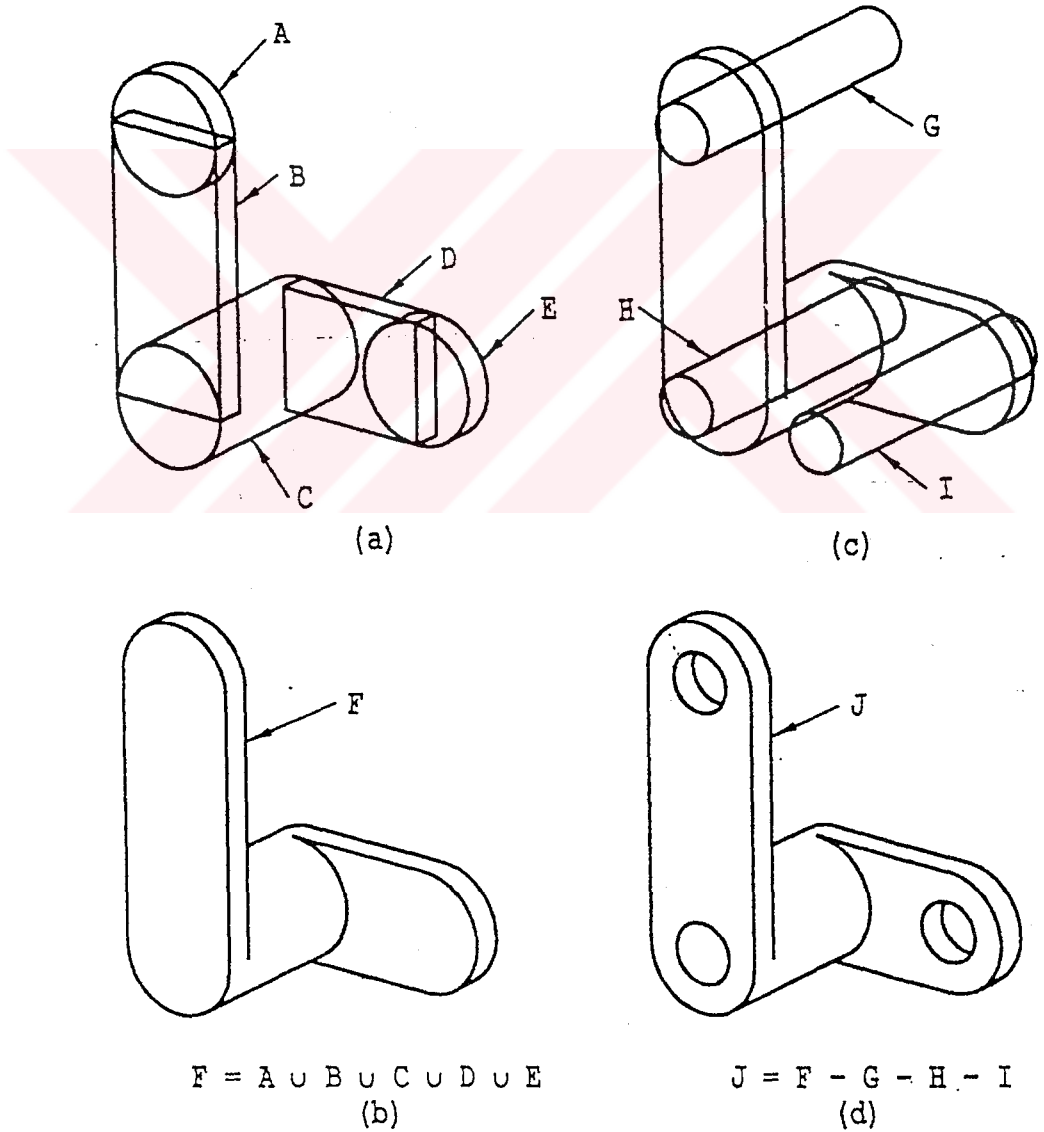
Şekil 2.18. Motor Egzoz manifoldunun yüzey modeli

2.5.4. Katı (Solid) Modeller

Katı modelleme 3D nesne temsili için bir teknik olup CAD sistemleri için özellikle mühendislik uygulamalarında sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Katı model sadece nesnenin tüm yüzey geometrisini temsil etmekle kalmayıp aynı zamanda belirgin olmayacak şekilde kenar veya yüzey tarafından temsil edilen iç malzeme modelin kısmıymış gibi göz önüne alınır. Nesnenin katı modeli yarıdan kesilirse sanki nesne tam kesilmiş gibi olur, katı modelin kesimi yeni yüzeyler gösterir burada kesit düzlemi katı malzeme boyunca kesilmiş olur. Eğer aynı operasyon nesnenin yüzey modeline tatbik edilirse sadece bir seri yeni kenar yaratılmış olur, burada yüzey parçaları kesme düzlemi tarafından kesilir (yani benzer olarak plastik eldivenin parmak uçlarını makas ile kesmeye benzer). Doğrudan katı modelci tarafından kuvvetli ışıklar ve gölgeler ile oluşturulan görüntü kalitesi oldukça iyidir, bazen bu görüntü gerçek nesneden alınan fotoğraflar ile karıştırılabilir. Alternatif olarak kısaltılmış form görüntülenebilir. En çok bilinen 2 tam katı modelleme tekniği sınır tanımlama (B-rep) ve konstrüktif katı geometri (CSG) dir. Pratikte bir çok ticari katı modelci bu iki tekniğin bileşimini kullanmaktadır.

Konstruktif Katı Geometri (CSG)

Bu teknik bir seri standart 3D yapı blokları kullanır,sıkca ilkel cisimlere başvurulur,bunlar kompozit katı modeller oluşturmakta kullanılır.Standart CSG ilkel cisimlere dört genel bloklar,silindirler,koniler ve küreler dahildir;bunların şekilleri, boyutları ve yönelmesi bir kaç parametreden tanımlanabilir.Yani küre doğrudan merkez koordinatı ve radyüsü tarafından tanımlanır.İlkel cisimler Boolean cebiri olarak bilinen işlem tarafından matematiksel olarak birleşme(U),fark(-) ve kesişme (\cap) işlemlerini kullanarak oluşturulur.

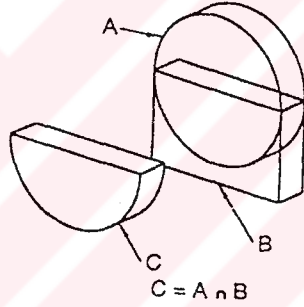


Şekil 2.19 CSG yapısının kademeleri

Şekil 2.19 'da sadece dörtgensel bloklar ve silindirler kullanarak bir seri birleşme ve fark işlemleri ile oluşturulan krankın yapısı görülmektedir.Şekil 2.19 (a) 'da A,B,C,D,E ilkel nesnelere ve onların birbirleriyle olan doğru yerleşimleri görülür.(b)'de ise F ara nesnesi birleşme işlemi kullanarak yaratılmıştır yani $F=A \cup B \cup C \cup D \cup E$ 'dir. (c)'de ekstra 3 G,H ve I silindirleri görülür.Sonuçta (d) ise fark işlemi J cismini yaratmak için $(J=F-G-H-I)$ kullanılmıştır.Tam Boolean işlemi;

$$J=(A \cup B \cup C \cup D \cup E)-G-H-I \text{ ' dir.}$$

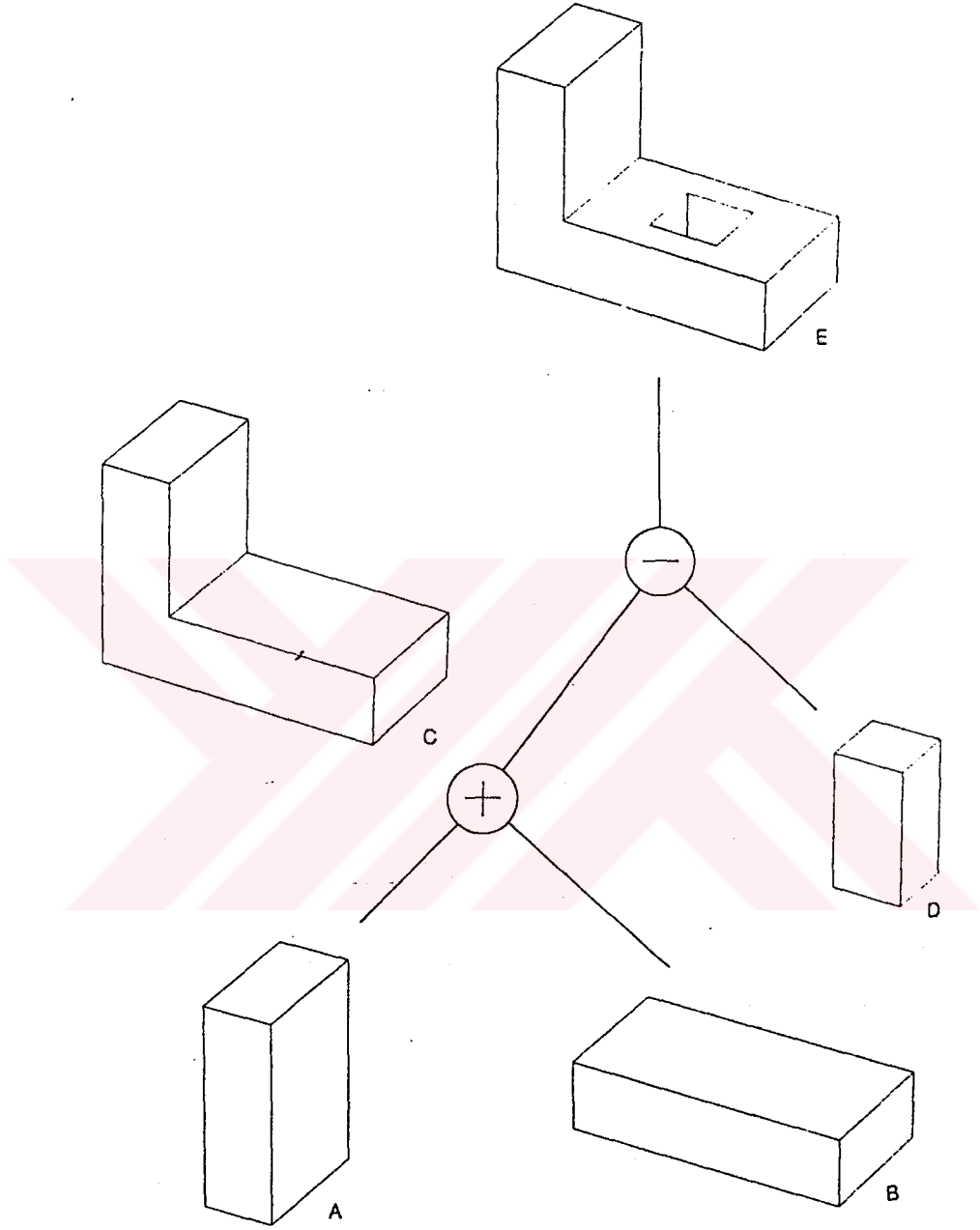
Şekil 2.19'da 2 Boolean işlemi gösterilmiştir.Birleşme işlemi açıkça ilkel objeleri yeni bir cisim olarak eritir.Boolean kesişim işlemi şekil 2.20 de gösterilmiştir,burada A ve B ilkel cisimleri C cismini (yani $C=A \cap B$) oluşturmak için birleştirilmiştir.



Şekil 2.20 CSG kesişim işlemi

Sınır Tanımlama (B-Rep)

Bu modellerde ürün kendisini sınırlayan yüzeylerle tanımlanır.Kapalı hacimi,yani malzemenin bulunduğu tarafı belirtmek için yüzeyin normal vektörü kullanılır.Sınır bilgisi modelleme süresince her zaman tutulur,modeli oluşturmak CSG tekniğinden daha hızlıdır,fakat database daha büyük olur.Sınır tanımlama tel kafes modellerle çok iyi uyuyor , fakat değişiklikleri yapmak CSG'den daha zordur. Sınır tanımlama standart olmayan şekiller için kullanışlı bir tekniktir.Örneğin;uçak gövdesi,kanat şekilleri ve araba gövdesi için.



Şekil 2.21 Katı Modelleme Örneği

İki Hücre Modelleri

Öklit uzayı üç boyutlu hücrelere bölünür ve hücreler dolu/boş biçiminde işaretlenir. Sekizli ağaç (octree) hücre modeli, küp tarama modeli olarak çeşitleri vardır.

2.5.5.CAD VE CAM 'de Modelleme Tekniklerinin Kullanılışı

1960'lı yılların ortasında başlayan bilgisayarların gelişmesi sonucu bilgisayarların kapasiteleri artarken fiziksel ölçülerinin küçülmesi ve sonuçta "Mini" adı altında yeni bir nesil teçhizatın hizmete girmesini sağlamıştır.Son on yıl içinde ise teknolojinin artan bir hızla gelişmesi neticesinde masa üstünde hizmet veren Main Frame esaslı çok gelişmiş bilgisayarların ve iş istasyonlarının kullanıldığını görmekteyiz.1963'teki ilk Cad programından (Sketchpad) günümüze gelinceye dek bu alanda çok büyük bir gelişme yaşanmıştır.

Mühendislik tasarımı ve NC sistemleri böylece paralel olarak gelişme göstermiştir,bugün erişilen bilgisayar gücü ile de bütünleştirilmeleri mümkün olmaktadır. Cad/Cam sistemleri bu amaca uygun entegre program paketleri olup mühendislik tasarımlarının ilgili parçanın işlenmesinde doğrudan takım tezgahında kullanılabilecek NC programlarını üretmektedir.

Tasarımda,parçanın işlenecek yüzeyleri matematiksel olarak tanımlanmaktadır. Bunun için tel çerçeve,yüzey veya solid niteliğinde tanımlanan elemanlar kullanılmaktadır. NC programının esasını ise bu yüzeyler üzerinde kesici takımın gezeceği yolun (Tool Path) hesaplanması teşkil etmektedir.Son işlemci (Postprocessor) adı altındaki programlar ise kesici takımın gezeceği yolu kullanılacak takım tezgahındaki kontrol teçhizatının anlayacağı komutlara dönüştürür.

Değişik düzeyde bilgisayarlarda;esas,mini veya mikro kullanılabilecek ve özel maksatlı Cad/Cam paketleri halen pazarlanmaktadır.İhtiyaca göre bütçeye uygun bir paketin seçimi mümkündür.Günümüzde piyasada bulunan bazı CAD/CAM programlar şunlardır.Catia,Euclid,Cadds 5,Geomod,Romulus,Euklid,Surfcam,Smartcam Duct,Dogs, Bravo 3

2.6. Katı Modelleme Uygulamaları

Katı modelleme yöntemi 3 boyutlu şekillerin tanımlanmasında yeterli olduğundan dolayı CAD/CAM sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.Katı modelleme sistemi aşağıdakilere olanak tanır

2.6.1. Bağlantı (Interference) Kontrolleri

Montajı yapılan makina bir çok makina parçasından oluşmaktadır.Bu nedenle tasarımı yapılırken parçalar arasındaki bağlantıların kontrol edilmesi şarttır.Klasik yöntemlerle tasarımda,3 boyutlu modeller yapılıp,modellemler arasındaki bağlantılar kontrol edilir.Ancak bu yöntem oldukça uzun zaman almaktadır.CAD sistemlerinde parçalar katı halde oluşturulur ve bağlantı kontrolü otomatik olarak yapılabilir.Ayrıca bir biri ile bağlı olan herhangi iki parçanın kesişim bölgesi görüntülenebilir ve hesaplanabilir.

Benzer teknikler endüstri robotlarının modellenmesinde uygulanmıştır.(Pickett et al, 1984) .Günümüzde bilgisayarlar endüstri robotlarının kontrolü için kullanılmaktadır. Robotlar programlandıktan sonra ,robotlar ile iş parçaları arasındaki bağlantı incelenmelidir.Eğer herhangi bir bağlantı varsa,robotlar üretim hattında büyük hasar verebilirler.Robot programlama sisteminde,katı modelleme sistemi bulunması robot ile iş parçası arasındaki hareketler kolayca incelenebilir ve robotun interference yolu otomatik olarak tespit edilebilir.

2.6.2. Hacim Ve Yüzey Alanı Hesabı

Katının yüzey alanı ve hacmi klasik olarak makina çizimlerinin ve 3 boyutlu modellerin kullanılması ile hesaplanır.Katı modellerden çıkarılan bilgiler ile hacim ve alan kolayca hesaplanabilir (Lee Requicha,1982;Lien ve Kajiya,1984).

2.6.3. Takım Yolu Oluşturma

3 boyutlu model veya nümerik kontrollü takım tezgahları (NC) kullanarak kalıp yapmak için,önce takım yolu hesaplanmalıdır.Takım yolu üretimde katı model uygun bilgi sağladığı için,birçok otomatik yöntemler şekil oluşturmanın sınırlanmasına karşın NC kodu üretmek için tercih edilmektedir.(Grayer,1977;Woo,1977;Stacey and Middle-ditch 1986).Katı modelleme sistemi aynı zamanda NC bilgisinin otomatik sınıflandırılması uygulamalarında kullanılır (Wang and Wang 1986).Takım yolunun modellenmesi ile,kesici takım ile çevresi arasındaki interference incelenebilir.

2.6.4. Bilgisayar Görüntüsü

Taranmış görüntüden elde edilen cismin üç boyutlu yerleşimi ve döndürülesi için bir çok araştırma yapılmıştır (Besl and Jain,1985).Bu araştırma elektronik gözlerin gelişmesinde başarılı olarak uygulanmıştır.

2.6.5. Sonlu Eleman Analizi

Sonlu eleman analizi kullanarak tasarlanan cisim üzerinde etki ve gerilmelerin gösterimi için cisimlerin ağları (mesh) gereklidir.Bu ağların katı modellerden ve otomatik oluşturma yöntemlerinden elde edilmesi mümkündür. (Wördenweber,1984).

2.7. Katı Modelleme Sistemleri

Günümüzde birçok katı modelleme sistemleri mevcuttur.Bunlar; CATIA,EUCLID,GEOMOD,ROMULUS

Bu sistemler küp,silindir,koni,torus ve küre gibi ilkel katılar oluşturma esasına dayalıdır.

Kesin boyutların tanımlanması,karmaşık katı şekiller Boolean operasyonlarını kullanarak ilkel katılardan modellenmektedir.Bu şekiller,modellerin tasarım ve imalatta çoğu uygulamaları destekleyebilmesi için eksiksiz olarak sunulmuştur.

DESIGNBASE ise ayrıca estetik şekillerin kavramsal tasarımını desteklemek için geliştirilmiştir.Bu şekildeki tasarımların ilk aşamalarında modelleme için son şeklin karakteristikleri boyut tanımlamadan daha önemlidir.Tasarımcılar,daima hızlı cevap veren ve karmaşık serbest formlu yüzeylerin modellenmesi için basit imkanlar sunan sistemlere ihtiyaç duymaktadır.DESIGNBASE bu ihtiyaçlara tam olarak cevap vermektedir. Bu sistemde katıların yüzeyleri düzlem veya serbest şekilli yüzeyler ile tanımlanmaktadır.

2.8. Katı Modelleme Sistemindeki Sorunlar

Katı modellemenin kullanışlılığı yaygın olarak bilindiği halde,makina tasarımı için çoğu CAD sistemleri tel-kafes ve yüzey modelleme sistemlerini kullanırlar.Endüstri

ürünlerinin tasarımı için konvensiyonel katı modelleme sistemlerinin kullanılmasında birçok problemle karşılaşıldığı için, endüstride oldukça az miktarda katı modelleme sistemi kullanılır. Bu problemleri şu şekilde açıklayabiliriz.

2.8.1. Hız

Tasarımcı, düşündüklerini yapmak için kullandığı komutların hızla uygulanmasını bekler. Ancak konvensiyonel katı modelleme sistemlerinde hız oldukça düşüktür. Karmaşık şekillerin katı olarak eldesinde Boolean metodu kullanılmaktadır. Ancak bu metodta iki katıdan bir katı oluşturmak için birinci katının tüm yüzeyleri ve ikinci katının tüm yüzeyleri arasındaki kesitlerin kontrol edilmesi zorunlu olduğundan zaman olarak dezavantaj yaratır.

2.8.2. Katı Modellerin Çeşidi

Konvensiyonel katı modelleme sistemleri silindir ve koni gibi basit yüzeylerde katıları elde etmek için tasarlanmışlardır. Ancak endüstri ürünlerinin şekilleri çok karmaşık yüzeylerden oluşmaktadır. Bu sebeple bu parçaların çoğu modellenmelidir.

Serbest yüzeyler gerektiren estetik parçalar kolayca modellenebilir. Böyle parçaların modellenmesi için genellikle katı modellemeden bağımsız olarak geliştirilen yüzey modelleme ile gerçekleştirilir.

2.8.3. Kullanım Kolaylığı

Karmaşık şekilli parçaların oluşturulması aynı zamanda tasarımcının da yeteneği ile alakalıdır. Öncelikle input (giriş) metodu göz önüne alınmalıdır. Çoğu tasarımcı ürün şekillerini tanımlamak için mühendislik çizimlerini çizmeye alışmıştır. Bu nedenle konvensiyonel CAD sistemlerinde input metodları onlar için yabancıdır. İlaveten çalışma esnasında hata yapılmışsa hata ortadan kaldırılıp bir önceki çalışmayı tekrar izleme imkanı olup yeniden oluşturma imkanı vardır. Ancak konvensiyonel sistemlerde bu ilişkiler söz konusu olamaz.

2.8.4. Sistem Güvenirliği

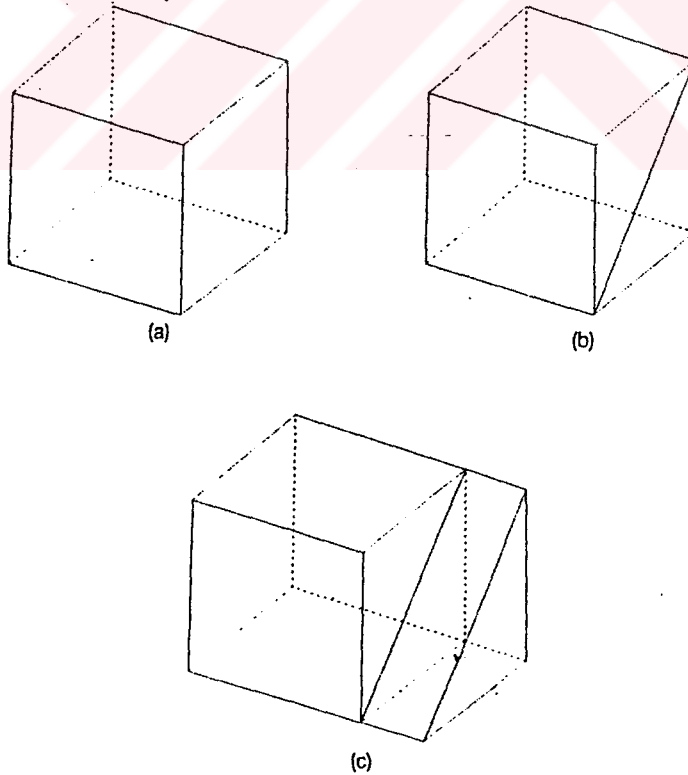
Çalışmalar esnasında B-rep yaratma veya iyileştirme oldukça karmaşıktır.Eğer operatör ufak bir hata yaparsa sistem katı modellerin yapısını tahrip edebilir.Bu nedenle sistem güvenirliği olmaması önemli bir yer teşkil eder.

2.9. İlerlemiş Katı Modelleme Teknolojisi

Yukarıda konvensiyonel yöntemlerin tüm problemleri ortadan kaldırmıştır.

2.9.1. Hız

Katı modelleme sisteminin hızını arttırmak için iki metod önerilmiştir. Birincisi, Boolean operasyonunun hızlı algoritmasını geliştirmek ikincisi ise Boolean operasyondan daha etkili olan bir işlemin kullanılmasıdır.



şekil 2.22 Kısmi Operasyonlar

Kısmi (lokal) operasyonlar katı şeklin oluşturulmasında alternatif metottur. Kısmi operasyonlar B-reps katıların kısmi olarak yaratılması veya iyileştirilmesi için kullanılır. Bu operasyonlar kenar yapımı ve süpürme yüzeyi gibi olabilmektedir. Şekil 2.22 ' de bunlara bir örnek gösterilmektedir.

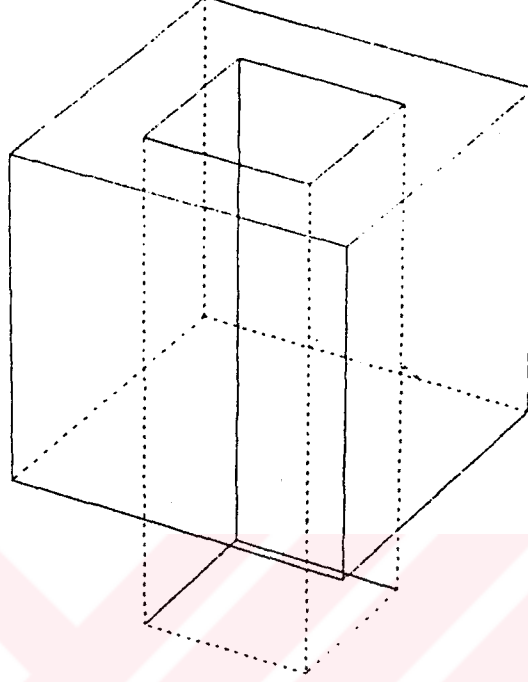
Bu operasyonlar Boolean operasyonunda olduğu gibi, global kesişim kontrollerini gerektirmektedir. Ayrıca, lokal operasyonların hesaplama zamanı modellenecek katının karmaşıklığından bağımsızdır. Ancak lokal operasyonların dezavantajı ise sadece kesişen veya sadece temas eden katıların kolayca oluşturulmasıdır. Şekil sadece kesişen katıya bir örnektir. Eğer lokal operasyonları katı oluşturmada kullanılırsa, tasarlanan cismin geometrik uyumluluğu kontrol edilmelidir.

2.9.2. Katı Modellerin Çeşidi

Katı modelleme sistemlerinin oluşturacağı şekillerin çeşitliliğini genişletmek için bir çok araştırma yapılmıştır. Bu metodlar üç gruptan oluşmaktadır. Birincisi, Boolean operasyonlarının serbest şekilli yüzeylere sahip katılara uygulanabilmesini sağlayacak genişletmeler. Boolean operasyonunun uygulamasında gerekli teknik, farklı serbest şekilli iki yüzey arasındaki eğrilerin kesişiminin hesaplanmasıdır. İkinci grup, iki farklı yüzey arasında birleştirmeyi sağlayan şeritlerin oluşturulmasını içeren metodlardır. Üçüncü grup ise, polyhedra'dan serbest şekilli yüzeyler oluşturma metodudur. DESIGNBASE sisteminde, serbest şekilli yüzeyler yuvarlama operasyonları ile elde edilir. Polyhedra'nın vektörleri ve kenarları lokal olarak yuvarlanabilir ve böylece kullanıcı yapılacak eğrilerin radyanları tanımlayabilir.

2.9.3. Kullanım Kolaylığı

Katı modelleme sistemleri karmaşık katıları oluşturmak için Boolean ve lokal operasyonları sağladığı halde, tasarımcılar mühendislik çizim metodlarına alışık olduklarından çoğu zaman 3 boyutlu şekillerin tanımı için 2 boyutlu resimleri kullanmayı arzu etmektedir. Böylece ortografik görünüşlerden katıların oluşturulması için çeşitli metodlar önerilmiştir.



Şekil 2.23 Sadece Kesişen Katı

Birbirleri ile uyumlu çalışan sistemlerde, bilgi kaza ile silinebileceğinden iyileştirme operasyonları kullanıcılar için önemlidir. Bu nedenle kullanımı kolay sistem sağlamak amacıyla iyileştirme metodları önerilmiştir. Bütün operasyonlara ilave olarak tüm operasyonlar yaptıkları uygulamaların tersini yapabilecek şekile getirilmiştir. Bu özellikler kullanıcının hızlı olarak undo (yapma) ve redo (yeniden yap) operasyonları ile önceden tasarlanan katının yeniden elde edilmesini sağlar.

2.9.4. Sistem Güvenirliği

Katı modelleme sistemleri üzerine kurulmuş konvensiyonel B-rep'te, kullanıcı operasyonların ve uygulamaların yerine getirilmesinde katı bilgi yapılarını tam olarak anlaması gerekmektedir. Çünkü B-rep yapısı karmaşık olduğundan programcı hata yapabilir. Bu ise sistemin güvenirliliğini azaltır.

Yeni B-rep esaslı sistemler (BUILD 2 ve GWB) Euler operasyonlarını sağlamaktadır. Bu operasyonlar Boolean operasyonları gibi karmaşık şekil operasyonlarında B-reps'leri oluşturur ve iyileştirir.Çoğu durumlarda,bu şekildeki sistemlerin prog-ramcıları katı bilgi yapısının detaylarını bilmek zorunda değildir.Sonuç olarak bu sistemler uygulama için daha kolay olabilmektedir.



3.YÜZEY MODELLEME

Yüzeyler ve yüzey tanımı çoğu dizayn ve üretim proseslerinde kritik bir rol oynamaktadır.Otomobil,uçak,gemi,makina parçaları üretimi ve dizaynı en belirgin örneklerdir.Bir yüzey tanımı için en belirgin yol çoklu ortogonal projeksiyonların kullanımınıdır.Ancak çoğu karmaşık yüzeyler bu anlamda uygun olarak tanımlanamaz. CAD tekniklerinde ve NC takım tezgahlarındaki gelişmeler yüzey tanımlama metodlarında daha etkili gelişmelere sebep olmaktadır. Biz burada bir yüzeyin bilgisayar üzerinde resimsel olarak gösteriminden ziyade şekillerin matematiksel olarak tanımlanmasından çizimlerin veya NC makinaları için kodların eldesi ile ilgileneceğiz.

Bir yüzeyin elde edilmesi imkanı direk olarak bir bilgisayarda bu tanımlamanın saklanması mümkündür.Saklanan bu yüzeyler Bezier,Sabin,Peters veya başkaları ile gösterilebilmektedir. Burada 3-D yüzeylerin analitik ve nümerik olarak çeşitli tanımlama teknikleri detaylı olarak incelenecektir.Bu incelemeye başlarken basit bir küresel yüzeyin ele alınması uygun olacaktır.

3.1. Küresel Yüzeyler

Yüzey tanımlamada kullanılan eğrilerin bazı çeşitleri,bir yüzeyin analitik tanımı olarak gösterilebilir.Yüzeyler üzerindeki özel eğriler küreyi kesen düzlemler vasıtasıyla tanımlanmıştır.Örnek olarak Şekil 3-1a' da gösterilen küre ile $z=\cos\theta_1-a_1$ olarak tanımlanan bir düzlem kesişimini ele alalım.Elde edilen eğri enlemin bir paraleli olacaktır.Enlemin paraleli için eşitlik aynı anda iki yüzey eşitliğinin çözümü ile elde edilebilir.Küre için parametrik olmayan eşitlik

$$x^2 + y^2 + z^2 = 1.0 \quad (3-1)$$

böylece

$$x^2 + y^2 = 1 - a_1^2 \text{ kesişmeyi ifade eder.}$$

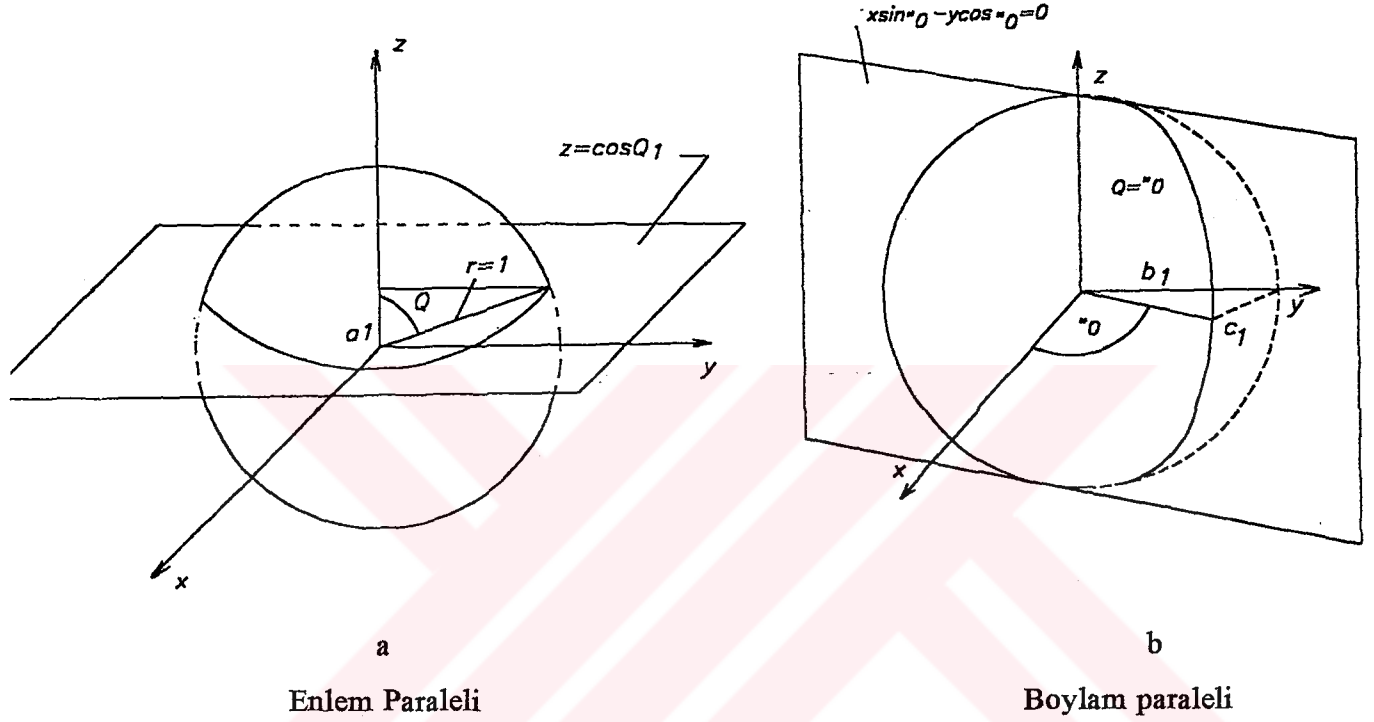
Şekil 3-1b' de $\theta = \theta_0$ deki düzlem küreyi keser ve şu şekilde ifade edilir;

$$x \sin \theta_0 - y \cos \theta_0 = 0$$

veya

$$c_1 x - b_1 y = 0$$

(3-2)



Şekil 3-1 Düzlem ve kürenin kesişimi

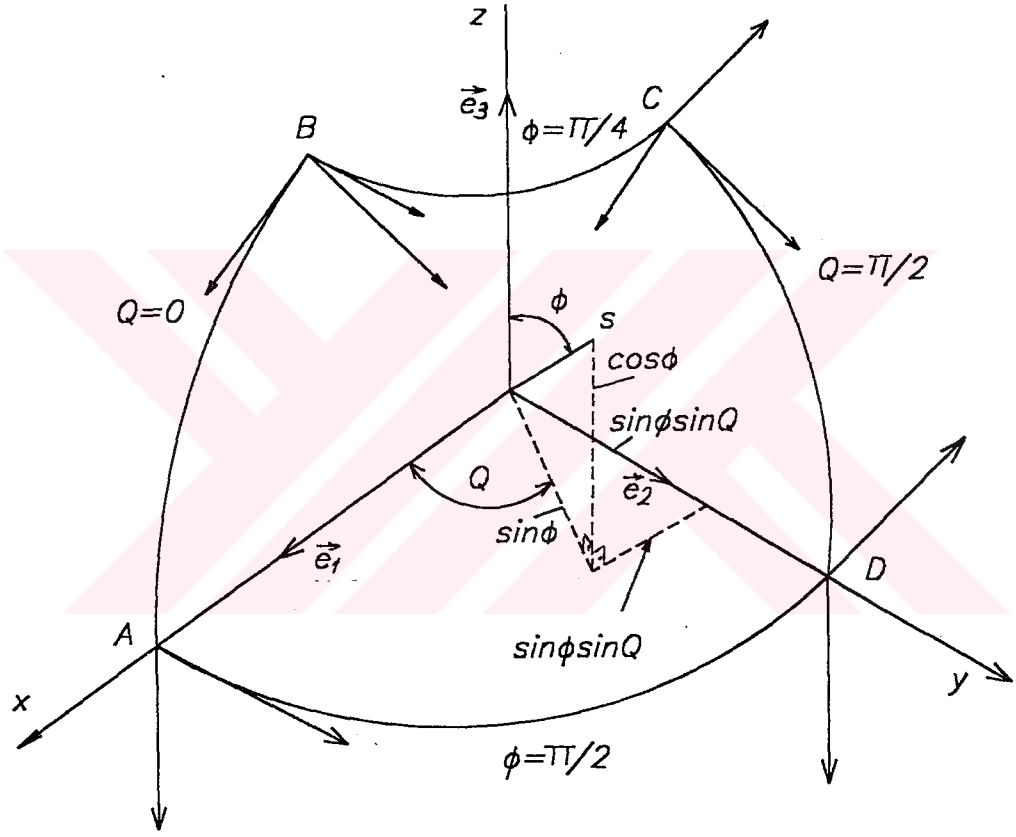
Düzlem ve küre alanlarının kesişimi sonucunda boylam meridyeni elde edilir. (3-1) ve (3-2) eşitliklerinin çözümü sonuç eğrisini verecektir;

$$y^2 \left[\left(\frac{b_1}{c_1} \right)^2 + 1 \right] + z^2 = 1.0$$

Küresel bir yüzey parçası şekil 3-2'de gösterildiği gibi dört düzlem ile bir kürenin kesişiminden elde edilir. Elde edilen bu yüzey parçasının sınırlarını iki enlem paraleli ve iki boylam meridyeni oluşturur. Sonuç yüzey parçası için vektör eşitliği $S(\theta, \varnothing)$;

$$s = (\cos\theta\sin\varnothing)\vec{e}_1 + (\sin\theta\sin\varnothing)\vec{e}_2 + (\cos\theta)\vec{e}_3 \quad (3-3)$$

Burada, e_1, e_2, e_3 Kartezyen koordinat sisteminde birim vektörlerdir. Şekil 3-2'de gösterilen küre yüzeyi üzerindeki yer vektörüdür. Bu yüzey parçası 3 boyutlu uzayda odak noktası olarak düşünülebilir. İki serbestlik derecesi ile hareket edip θ ve \varnothing parametreleri ile kontrol edilir.



Şekil 3.2. Küresel yüzey Parçası

Küre yüzeyinin parametrik olarak gösterimi

$$x = \cos\theta\sin\varnothing$$

$$y = \sin\theta\sin\varnothing$$

$$z = \cos\theta$$

Bir yüzeyin parametrik tanımı için gerekli olan θ ve ϕ parametreleri dikkate alınmalıdır. Çekil 3-2'de gösterilen yüzey parçası $0 \leq \theta \leq \pi/2$ ve $\pi/4 \leq \phi \leq \pi/2$ arasında tanımlanmıştır. Çekil 3-2'de yüzey parçasının AB, BC, CD ve DA gibi dört sınır eğrisi ile tanımlanmış olduğunu görürüz, küresel yüzey parçası için bunlar dairesel arklardır. Şekil 3-2'de gösterilen yüzeyin daha ileri analizleri herbir eğrinin sonundaki vektörlerin tangentini göstererek tanımlanabilir. Bu yüzey parçasında A, B, C ve D köşe noktalarının sonunda sekiz tangent vektörü mevcuttur. Analitik yüzeyler olarak bilinen bu ve uç tanjant vektörleri yüzeyi tanımlayan eşitliklerin ayrılması ile elde edilebilir. Şekil 3-2 'de gösterilen küresel yüzey için bunlar;

$$\frac{\partial S}{\partial \theta} = -(\sin \theta \sin \phi) \vec{e}_1 + (\cos \theta \sin \phi) \vec{e}_2 \quad (3-5)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \phi} = -(\cos \theta \cos \phi) \vec{e}_1 + (\sin \theta \cos \phi) \vec{e}_2 - (\sin \theta) \vec{e}_3 \quad (3-6)$$

A köşesinde $\theta=0$, $\phi=\pi/2$, ve

$$\frac{\partial S}{\partial \theta} = \vec{e}_2 \quad \frac{\partial S}{\partial \phi} = \vec{e}_3$$

Bu tanjant vektörlerinin herbirinin büyüklüğü bir birimdir.

C köşesinde $\phi = \pi/4$, $\theta = \pi/2$, ve

$$\frac{\partial S}{\partial \theta} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \vec{e}_1 \quad \frac{\partial S}{\partial \phi} = \frac{1}{\sqrt{2}} \vec{e}_2 - \frac{1}{\sqrt{2}} \vec{e}_3$$

Burada $\partial S / \partial \theta$ ' büyüklüğü $1/\sqrt{2}$ ve $\partial S / \partial \phi$ 'nin büyüklüğü ise

$$\sqrt{(1/\sqrt{2})^2 + (1/\sqrt{2})^2} = 1 \quad \text{dır}$$

Dört köşedeki tüm tangent vektörleri , Şekil 3-2 de gösterilmiş aynı zamanda Tablo 3-1 de verilmiştir.

Tablo 3-1

Nokta	$\partial S/\partial\theta$	$ \partial S/\partial\theta $	$\partial S/\partial\phi$	$ \partial S/\partial\phi $
A	\vec{e}_2	1	\vec{e}_3	1
B	$\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{e}_2$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{e}_1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\vec{e}_3$	1
C	$-\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{e}_1$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}\vec{e}_2 - \frac{1}{\sqrt{2}}\vec{e}_3$	1
D	$-\vec{e}_1$	1	$-\vec{e}_3$	1

Şekil 3-2' deki küresel yüzey için Tangent vektörleri

Köşelerdeki, zıt (karşı) çıktılar veya eğik (büküm) vektörleri aynı zamanda yüzey parçasının sınırlarının tanımlanması için de faydalı olmaktadır.

Birim küresel yüzey parçası için bunlar;

$$\frac{\partial}{\partial\phi}\left(\frac{\partial S}{\partial\theta}\right) = \frac{\partial}{\partial\theta}\left(\frac{\partial S}{\partial\phi}\right) = -(\sin\theta\cos\phi)\vec{e}_1 + (\cos\theta\cos\phi)\vec{e}_2 \quad (3-7)$$

Büküm vektörünün büyüklüğü

$$\left| \frac{\partial S}{\partial \theta} \right| = \sqrt{\sin^2 \theta \cos^2 \theta + \cos^2 \theta \cos^2 \theta} = \cos \theta \quad (3-8)$$

Burada dikkat edilmesi gereken

A köşesinde $\partial^2 S / \partial \theta \partial \theta = 0$ ve

C köşesinde $\partial^2 S / \partial \theta \partial \theta = -(1/\sqrt{2}) \mathbf{e}_1$ olduğudur.

Büküm vektörleri ve küre ve yüzey parçası köşeleri için bunların büyüklükleri Tablo 3-2 de gösterilmiştir.

Tablo 3-2

Nokta	$\partial / \partial \theta (\partial S / \partial \theta)$	$ \partial / \partial \theta (\partial S / \partial \theta) $
A	0	0
B	$1/\sqrt{2} \mathbf{e}_2$	$1/\sqrt{2}$
C	$-1/\sqrt{2} \mathbf{e}_1$	$1/\sqrt{2}$
D	0	0

Şekil 3-2 deki küresel yüzey için büküm vektörleri yüzey normaleri aynı zamanda yüzey parçasının şekli ve yönünü belirtmek için kullanılabilir. Yüzey normaleri, iki tangent vektörün karşı vektör ürünü ile verilir. Küresel parça için,

$$N = \frac{\partial}{\partial \theta} \times \frac{\partial}{\partial \phi} = \begin{vmatrix} \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \\ -\sin\theta\sin\phi & \cos\theta\sin\phi & 0 \\ \cos\theta\sin\phi & \sin\theta\sin\phi & -\sin\phi \end{vmatrix} \quad (3-9)$$

A ve D köşelerinde $N = e_2$, B köşesinde $N = -1/2 (e_1+ e_3)$ ve C köşesinde $N = -1/2(e_2 + e_3)$ 'tür.B ve C köşelerindeki normaller şekil 3-2'de gösterilmiştir. "Outward drawn" normalleri yüzey parçası için bu değerlerin negatiftir.Bir birim yüzeyin normali $n = N/ |N|$ ile tanımlanır.

3-9 eşitliğinin genişletilmesi ile,

$$N = -(\cos\theta\sin^2\phi) \vec{e}_1 - (\sin\theta\sin^2\phi) \vec{e}_2 - (\sin\phi\cos\phi) \vec{e}_3 \quad (3-10)$$

ve

$$|N| = \sqrt{\cos^2\theta\sin^4\phi + \sin^2\theta\sin^4\phi + \sin^2\phi\cos^2\phi} = \sin\phi \quad (3-11)$$

böylece

$$\vec{n} = -(\cos\theta\sin\phi) \vec{e}_1 - (\sin\theta\sin\phi) \vec{e}_2 - (\cos\phi) \vec{e}_3 \quad (3-12)$$

burada

$$|\vec{n}| = 1 \quad (3-13)$$

Yüzey tanımlama için faydalı olan sonuç vektör operasyonu nokta ürünüdür.

Yüzey parçası için alt inceleme,

$$\frac{\partial}{\partial \theta} = [(\sin\theta\sin\phi) \vec{e}_1 + (\cos\theta\sin\phi) e_1] \cdot [(\cos\theta\cos\phi) \vec{e}_1 + (\sin\theta\cos\phi) \vec{e}_2 - (\sin\phi) \vec{e}_3] = 0 \quad (3-14)$$

Bu tangent vektörlerinin nokta ürünü sıfıra eşit olduğunda iki tangent vektör birbirine diktir. Böylece, $\varnothing = c$ (eksen paralelleri) çizgileri yüzey üzerindeki $\theta = c$ (boylam meridyenleri) çizgilerine diktir.

Bu aşamada, küresel yüzeyi kullanarak tangent vektör, büküm vektör ve yüzey normallerini elde etmeyi gördük. Şimdi ise çeşitli yüzeylerin tanımlanması metodlarını inceleyeceğiz.

3.2. Düzlem (Plane) Yüzeyler

Bazı teknikler yüzey tanımlaması için, düzlem bir yüzeyin düşünülmesini daha uygun gösterirler. Bu bölümde dört kenarlı düzlem yüzeyler ile ilgilenecektir. Yüzeyi tanımlayan dört kenar dört adet parametrik eğri veya çizgiden oluşur. Bunlar dört köşeyi birleştirir ve sınırların şeklini verirler.

Önceki bölümde (3-4) eşitliğinde gösterildiği gibi, yüzey üzerine düşen noktaları iki parametre vasıtasıyla açıklamak mümkündür. Bu parametreler U ve W olsun, düzlem yüzey için tanımlama;

$$\begin{aligned} x &= f(u,w) \\ y &= y(u,w) \end{aligned} \quad (3-15)$$

(3-15) eşitliğindeki fonksiyonlar, aşağıdaki şartlara bağlı olarak dört adet sınır eğrisi seçilir;

$$\begin{aligned} u &= c_1 & c_1 &\leq w \leq c_2 \\ u &= c_2 & c_1 &\leq w \leq c_2 \\ w &= c_1 & c_1 &\leq u \leq c_2 \\ w &= c_2 & c_1 &\leq u \leq c_2 \end{aligned} \quad (3-16)$$

Bu durum şekil 3-3'te gösterilen uw düzlemindeki kareyi temsil eder. Fonksiyonlar ise asıl yüzeyi temsil etmektedir. Aynı zamanda bu karenin xy -düzleminde olması istenen yüzeyin içindeki uw -düzlemindeki karenin sınırlarını tayin eder.

x ve y nokta fonksiyonlarının eldesi 3-15 eşitliğindeki gibi tanımlanır.

$$dy = \frac{\partial y}{\partial u} du + \frac{\partial y}{\partial w} dw$$

$$dx = \frac{\partial x}{\partial u} du + \frac{\partial x}{\partial w} dw$$

Bu eşitlikler matris formunda yazılırsa;

$$\begin{bmatrix} dx \\ dy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial w} \\ \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial w} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} du \\ dw \end{bmatrix} \quad (3-17)$$

3-17 eşitliği UW düzlemindeki farklılık değişkeninin xy düzleminde farklılık değişkenine olan ilişkisi ile ilgilidir.

Benzer hesaplamalar bir tanımlama olarak planar bir yüzey için yapılırsa

$$\begin{aligned} u &= f(x,y) \\ w &= g(x,y) \end{aligned} \quad (3-18)$$

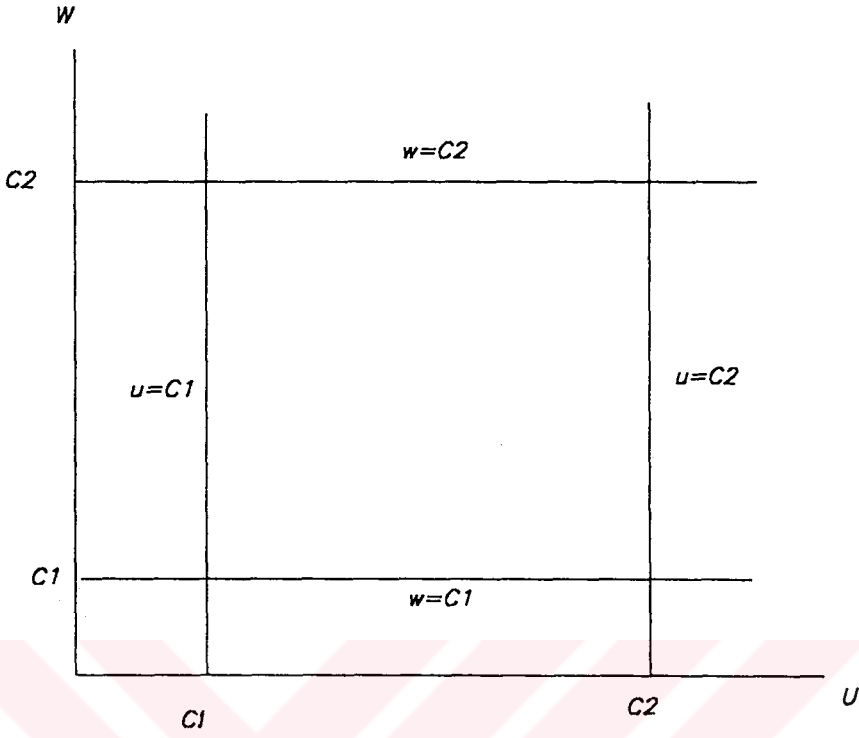
Şekil 3-4b 'de

$$u = \frac{y^2}{x} \quad w = \frac{x^2}{y^2} \quad \text{olarak tanımlanan yüzey görünmektedir.}$$

Sınırlar

$$\begin{aligned} u &= 1 & 1 \leq w \leq 4 \\ u &= 4 & 1 \leq w \leq 4 \\ w &= 1 & 1 \leq u \leq 4 & \text{olarak verilir.} \\ u &= 4 & 1 \leq u \leq 4 \end{aligned}$$

Her sınır eğrisi için eşitlikler şekil 3-4b 'de gösterilmiştir. Eğrilerin diğer çeşitleri, konik dilimler, kübik spline, Bezier polynomial veya B-spline eğrileri, yüzey sınırlarını tanımlamak için kullanılır.



Şekil 3.3. Parametrik yüzey dörtgeni

3.3. Eğri (Curved) Yüzey Tanımlama

Üç boyutlu curved yüzeylerin tanımlanmasının detayına inmeden önce bir takım kabuller söz konusudur. Birincisi, vektör değerli parametrik kavram üzerinde bir yüzey tanımı farzedilir. Bunun için pek çok sebep vardır. Bu tip tanımlama eksenden bağımsızdır.

Bu metod, bazı keyfi eksen sistemlerine karşılık gelen eğik sonsuz değişken değerlerden kaçınır. Çok değerli yüzey veya alan fonksiyonlarının belirsiz olmayan tanımlanmasına müsaade eder, homojen koordinatlardaki space curve'lerinin tanımlanmasını kolaylaştırır.

Bir yüzey parçalardan oluşur ve bu parçalar sınırlarda aynı şekilde birlikte birleşir. Analitik olarak bütün yüzey tanımı için herhangi bir etkiye gerek yoktur.

Uygun şekilde yüzey tanımı için bazı sembolik detaylar gereklidir. Bu amaçla eğri, tek değişkenli vektörel fonksiyon olarak sunulacaktır.

Örneğin;

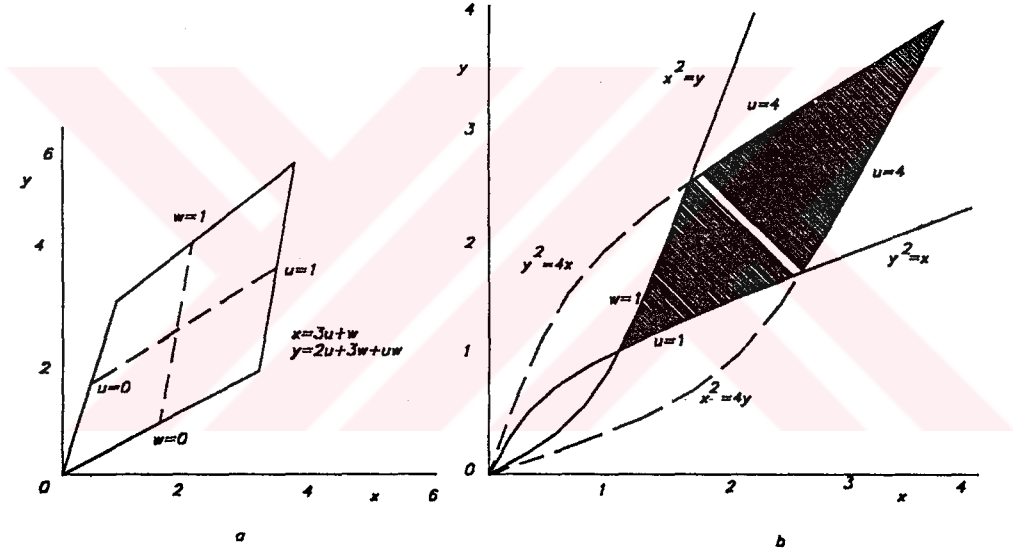
eğri $P(t)$ ise;

$$P(t) = [x(t) \ y(t)] \quad \text{Planar eğri için}$$

ve

$$P(t) = [x(t) \ y(t) \ z(t)] \quad \text{Uzay eğri}$$

Burada t parametredir. Bildiğimiz gibi yüzey tanımı için iki parametrik değer gereklidir. Böylece bir yüzeyin tanımlanabilmesi için iki değişkenli vektör değerli fonksiyon gerekliliği anlaşılır.



Şekil 3-4 Plane surface (Düzlem yüzey)

Fonksiyon

$$P(u,w) = [x(u,w) \ y(u,w) \ z(u,w)]$$

Bu yüzey üzerindeki eğrinin tanımı için u veya w değişkenlerinden biri sabitlenmelidir. Örneğin $P(u, w)$ $u = u_1 = \text{sabit}$ ve $P(u, w_1)$ $w = w_1 = \text{sabit}$ boyunca bir eğriyi temsil eder.

$P(u, w)$ yüzeyi üzerindeki bir eğri iki parametre arasındaki bazı ilişkilerin belirlenmesi ile de temsil edilebilir. Örneğin; $f(u, w) = 0$.

Bu ilişki yüzey parçası ile düzlem arasındaki kesişimi tanımlamaktadır. Örneğin, yüzey

üzerindeki bir nokta her iki parametrenin değerlerinin belirlenmesi ile tanımlanabilir. $P(u_i, w_i)$ veya parametreler arasındaki iki bağımsız ilişkilerin belirlenmesi ile yani $f(u, w)=0$ ve $g(u, w)=0$. Burada dikkat edilmesi gereken konu harf tanımlama için zorunlu olarak tek bir sabit nokta tanımlamak gerekmez.

Bir yüzey parçasının bilinen verilerden yola çıkılarak yapılacağını düşünelim. Örneğin; bir yüzey yapılışını düşünürsek aşağıda belirtilen kuralları dikkate almak gerekir.

P bilinen veya tasarım için veri olarak girilen değerden elde edilen vektör

Q, P verisinden elde edilen yüzeyi tanımlayan vektördür.

Böylece P ve Q sadece tanımlanan veri noktalarına uygun gelir.

3.4. Bilinear Yüzeyler

En basit yüzeylerden birisi de bilinear yüzeylerdir. Birim karenin köşelerinde u, w düzleminde $P(0,0)$, $P(0,1)$, $P(1,0)$ ve $P(1,1)$ noktaları ile verilen yüzeyin dört köşesindeki noktaları düşünelim, bu noktalar birim karenin köşeleridir. Biz iki değişkenli fonksiyon veya bilinear yüzey $Q(u, w)$ oluşturmak istediğimizde ($u, w \in [0,1]$) bize linear olarak yüzey üzerine nokta ilave etmeye imkan tanır. Bu ürünler

$$Q(u, w) = P(0,0)(1-u)(1-w) + P(0,1)(1-u)w + P(1,0)u(1-w) + P(1,1)uw \quad (3-19)$$

$$Q(u, w) = [(1-u) \ u] \begin{bmatrix} P(0,0) & P(0,1) \\ P(1,0) & P(1,1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-w \\ w \end{bmatrix}$$

veya

Şekil 3-5 'te yukarıdaki ifade gösterilmektedir.

Burada $Q(0,0) \equiv P(0,0)$ doğruluğunu göstermek oldukça kolaydır. Aynı zamanda yüzeyin merkezindeki bir nokta ($u=w=0.5$) basit olarak

$$Q(0.5, 0.5) = \frac{[P(0, 0) + P(0, 1) + P(1, 0) + P(1, 1)]}{4}$$

Genel olarak, yüzeyin köşe noktalarının yer vektörleri ve bilinear yüzey üç boyutludur. Belki bunu görmek için daha kompakt matris formunda 3-19 eşitliğini yazmak kolaydır.

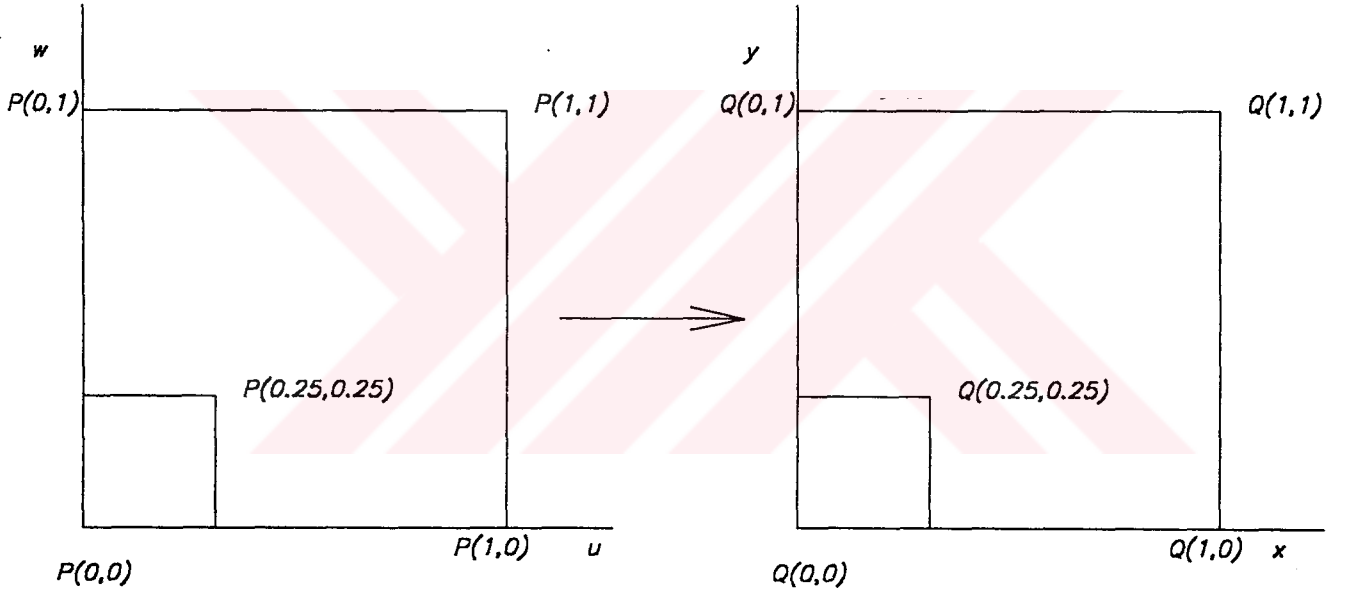
$$Q(x(u,w), y(u,w), z(u,w)) = UP$$

Burada Q interpolate edilen yüzeyin üzerindeki yer vektörü

P köşe noktalarının pozisyon (yer) vektörünün matrisidir.

ve

$$U = [(1-u)(1-w) \quad u(1-w) \quad uw]$$



Şekil 3.5 a-b Planar bilinear yüzey

Şekil 3-5a 'da iki boyutlu pozisyon vektörünün kullanışı gösterilmektedir. Üç boyutlu bilinear yüzeyin örneği şekil 3-5b 'de gösterilmektedir. Şekil 3-5b birim kübün sekiz köşesinin dördü üç boyutlu pozisyon vektörleri olarak kabul edilmiştir.

3.5. Lofted Veya Ruled Yüzeyler

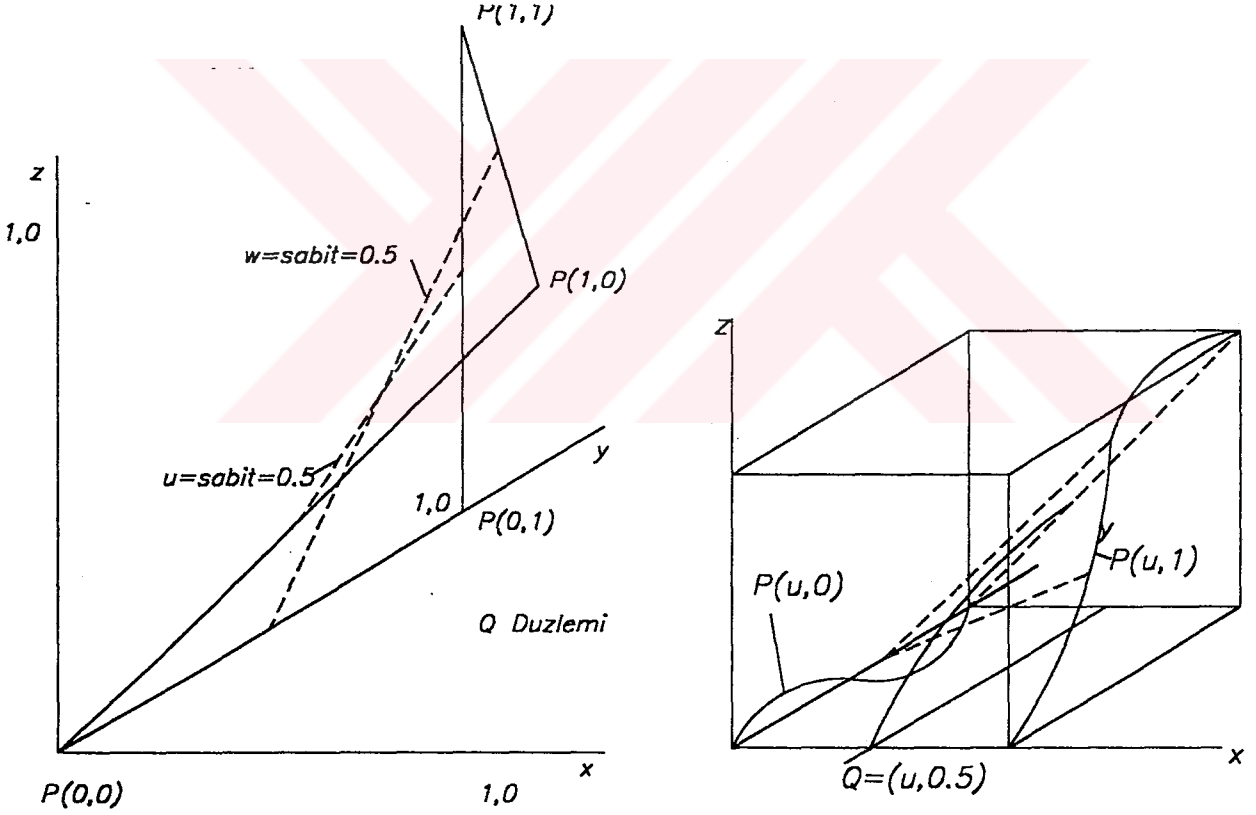
Lofted veya ruled yüzeyler daha çok hava taşıtı veya gemi yapımında kendini

göstermektedir. Lofted veya ruled yüzey eldesi, bilinen u, w düzlemindeki birim karenin karşı kenarlarında iki sınır eğrisinin varlığı ile mümkündür. Yani $P(u, 0)$ ve $P(u, 1)$.

Bunlar 5. bölümde sözü edilen tekniklerin kullanılması ile elde edilebilmektedir.

Ruled veya lofted yüzey şekil 3-6 'da gösterildiği gibi bu iki eğrinin arasında lineer interpolasyon ile elde edilir. İnterpolasyon ise şu şekilde yapılır;

$$Q(u, w) = P(u, 0)(1-w) + P(u, 1)w \quad (3-20)$$



Şekil 3-6 Lofted yüzey

$[x(u,w), y(u,w), z(u,w)]$

$$[(1-u)(1-w) \quad (1-u)w \quad u(1-w) \quad uw] \begin{bmatrix} P(0,0) \\ P(0,1) \\ P(1,0) \\ P(1,1) \end{bmatrix} \quad \text{hatırlarsak } Q(0,0)=P(0,0).$$

$$[(1-u)(1-w) \quad (1-u)w \quad u(1-w) \quad uw] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Burada dikkat edilecek husus interpolate edilen yüzey kenarları ve verilen eğriler rastgele alınmış olmasıdır.}$$

Örneğin;

$$Q(u,0) = P(u,0)$$

$$Q(u,1) = P(u,1)$$

Ayrıca $P(0,w)$ ve $P(1,w)$ biliniyor olarak kabul edilebilir.

Böylece Lofted yüzey

$$Q(u,w) = P(0,w)(1-u) + P(1,w)u \quad (3-21)$$

Yine aynı şekilde

$$Q(0,0) = P(0,0) \text{ olduğunu göstermek kolaydır.}$$

3.6. Lineer Koni Yüzeyler

$P(u,0)$, $P(u,1)$, $P(0,w)$ ve $P(1,w)$ dört sınır eğrisi biliniyor ve iki yöndeki 3-20 ve 3-21 eşitliklerindeki Lofted yüzey kullanılabilirse istenen sonuçlara ulaşılabilmek mümkündür.

Bu işlemden sonra,

$$Q(u,w) = P(u,0)(1-w) + P(u,1)w + P(0,w)(1-u) + P(1,w)u \quad (3-22)$$

Ancak; 3-22 eşitliğine göre yüzey parçasının köşelerinde,

$$Q(0,0) = P(0,0) + P(0,0)$$

ve kenarlarında,

$$Q(0,w) = P(0,0)(1-w) + P(0,1)w + P(0,w)$$

Bunların hiçbiri olması gereken orjinal verilere karşılık gelmez. 3-22 eşitliğinde

görüldüğü gibi bu sorun daima mevcuttur.Çünkü köşe noktaları iki kez sayılır.Bunun sebebi ise $P(0,0)$ noktasının $P(u,0)$ ve $P(0,w)$ sınır eğrilerinin her ikisinde de bulunmasıdır.

Doğru sonuç,köşe noktalarının tekrarı sayılması vasıtasıyla yüzeye olan fazla dağıtımın hesaba katılmaması ile elde edilebilir.

Elde edilen sonuçlar;

$$\begin{aligned} Q(u,w) &= P(u,0)(1-w) + P(u,1)w + P(0,w)(1-u) + P(1,w)u \\ &= P(0,0)(1-u)(1-w)-P(0,1)(1-u)w-P(1,0)u(1-w)-P(1,1)uw \end{aligned} \quad (3-23)$$

Bu şekildeki bir yüzey şekil 3-7 'de gösterilmektedir.

Bu durum; köşelerde,

$$Q(0,0) = P(0,0)$$

sınırlar boyunca,

$$Q(0,w) = P(0,w)$$

$$Q(u,1) = P(u,1) \quad \text{gösterilebilir.}$$

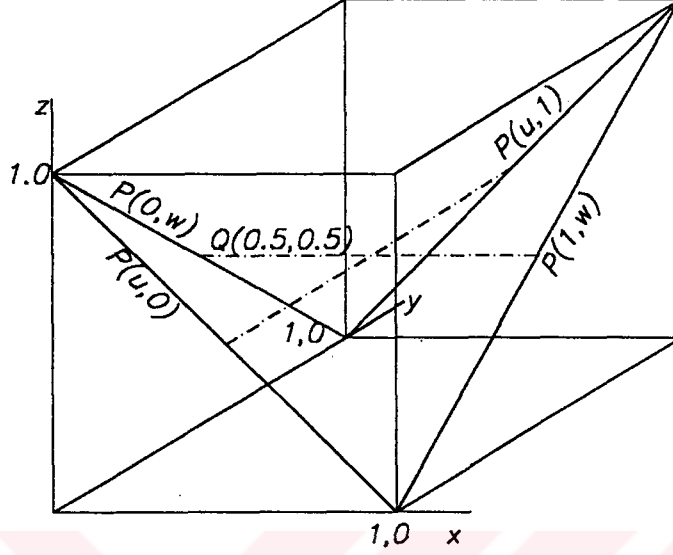
Bu köşelerde ve sınırlardaki interpolasyonun doğru olduğunu göstermektedir.Dört sınır eğrisinin lineer şekilde birleştirilmesi en basit koni yüzeyini oluşturur.3-22 eşitliği vektör rotasyonu olarak şu şekilde yazılabilir.

$$Q(u,w) = [(1-u)u] \begin{bmatrix} P(0,w) \\ P(1,w) \end{bmatrix} + [P(u,0) P(u,1)] \begin{bmatrix} 1-w \\ w \end{bmatrix} - [(1-u)u] \begin{bmatrix} P(0,0) & P(0,1) \\ P(1,0) & P(1,1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-w \\ w \end{bmatrix}$$

Daha kısa olarak

$$Q(u,w) = [1-u \ u \ 1] \begin{bmatrix} -P(0,0) & -P(0,1) & P(0,w) \\ -P(1,0) & -P(1,1) & P(1,w) \\ +P(u,0) & P(u,1) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-w \\ w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3-24)$$

$(1-u)$, u , $(1-w)$ ve w fonksiyonları karıştırma fonksiyonları (blending functions) olarak adlandırılır.Çünkü bu fonksiyonlar yüzeyin iç şeklini elde edebilmek için sınır eğrilerini birleştirmektedirler.



Şekil 3-7 Lineer koni yüzey

3.7. Bikübik Yüzey Parçası

Bundan önceki bölümlerde basit bir yüzey parçasının tanımı üzerinde durulmuştur. Şimdiki bölümlerde ise bazı pratik çalışmalara yönelinmiş olunacaktır. Daha yararlı parça (patch) tanımlaması için $P(u,0)$, $P(u,1)$ ve $P(0,w)$, $P(1,w)$ kenar eğrileri ve birleştirme yüzeyleri (blending surfaces) için parametrik kübikler kullanılacaktır. Bu inceleme için blending fonksiyonları aşağıda çıkarılmıştır.

Parametrik kübik fonksiyonu

$$P(t) = B_1 + B_2t + B_3t^2 + B_4t^3 \quad (3-25)$$

Burada $P(t)$ vektörel bir fonksiyon olup x , y , z komponentlerine sahiptir. Uygunluk amacı ile parametreleri $0 \leq t \leq 1$ şeklinde sınırlarsak, normalleştirilmiş bir parametrik kübik kullanmış oluruz. Bir yüzeyin sınır eğrileri için, $t = u$ eğrinin bir parçası ve $t = w$ diğer parçası olarak düşünülür. Bu aşamadan sonra birim kare üzerindeki noktaların interpolasyonuna yardımcı olacak birleştirme fonksiyonları çıkarılacaktır.

Burada kenar eğrilerini tanımlayan iki parametrik küp arasındaki birim kare

dikkate alınacaktır. Örnek olarak $P(0)$ ve $P(1)$ arasında olduğu gibi.

3-25 eşitliğini ele alacak olursak bilinmeyen dört değer varlığı görülür. Sonuç olarak dört tane bağımsız değişkenin var olması gerektiği anlaşılır.

Parametrik kübik fonksiyonunu ele alırsak;

$$P'(t) = B_2 + 2B_3t + 3B_4t^2 \quad (3-26)$$

$t = 0$ yada 1 3-25 ve 3-26 eşitlikleri

$$P(0) = B_1 \quad (3-27a)$$

$$P(1) = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 \quad (3-27b)$$

$$P'(0) = B_2 \quad (3-27c)$$

$$P'(1) = B_2 + 2B_3 + 3B_4 \quad (3-27d)$$

3-27 eşitliğini matris formunda yazarsak;

$$\begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P'(0) \\ P'(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_4 \\ B_3 \\ B_2 \\ B_1 \end{bmatrix} \quad (3-28)$$

$$\text{veya } P = MB \quad (3-29)$$

ya da 3-29 eşitliğini rakam eşdeğeri için çözersek, örneğin B için

$$\text{Sonuç} \quad B = M^{-1} P \quad (3-30)$$

burada

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3-31)$$

3-30 eşitliğini 3-25 'te yerine koyup yeniden düzenlersek sonuç

$$P(u) = F_1(u)P(0) + F_2(u)P(1) + F_3(u)P'(0) + F_4(u)P'(1) \quad (3-32)$$

genel olarak t parametre olarak alınırsa

$$[F_1(t) F_2(t) F_3(t) F_4(t)] = [t^3 \ t^2 \ t \ 1] \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3-33)$$

$F_i(t)$; Parametrik kübik için skaler birleştirme (blending) fonksiyonu. Bunlar, $P(0)$, $P(1)$, $P'(0)$ ve $P'(1)$ miktarlarını sürekli bir eğri oluşturması için karıştırırlar. Şekil 3-8 'de bu karıştırma fonksiyonları görülmektedir.

Şimdi, elde ettiğimiz bu sonuçları bikübik parça üretmek için kullanacağız. Ayrıca bu yol bilinear parça formunu geliştirmek içinde kullanılmaktadır.

Öncelikle $u = 0$ ve $u = 1$ deki kenarlar boyunca sınır koşulları ailesini oluşturacak yüzeyler yapılacak ve sonrada $w = 0$ ve $w = 1$ deki sınır kenarlar boyunca sınır şartlarını oluşturacak yüzey yapılacaktır. Son olarak ta bu sonuçlara bikübik parça elde etmek için düzenlenecektir.

Bu işleme başlamadan önce bazı rotasyonel detayların belirlenmesi gerekmektedir. Sonraki çalışmaların kolaylığı için yer vektörleri üst işaret rotasyonu ile tanımlanacaktır.

$$P^a(u) = \frac{\partial^a P(u)}{\partial u^a}$$

ve

$$P^a(u_i) = \left. \frac{\partial^a P(u)}{\partial u^a} \right|_{u=u_i}$$

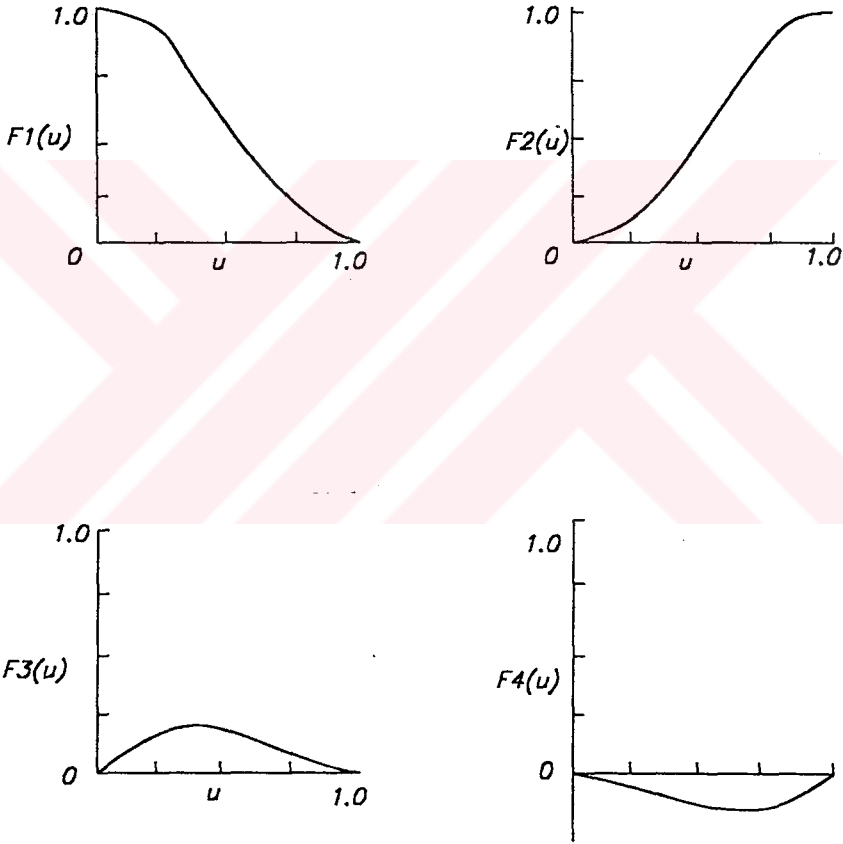
Bu kısaltmaların daha ileri sırası şu şekilde verilir

$$P^{a,b}(u, w) = \frac{\partial^{a+b} P(u, w)}{\partial u^a \partial w^b}$$

$$P^{a,b}(u_i, w_j) = \frac{\partial^{a+b} P(u, w)}{\partial u^a \partial w^b} \Big|_{\substack{u=u_i \\ w=w_j}}$$

Örneğin ;

$$P^{1,1}(u_i, w_j) = \frac{\partial^2 P(u, w)}{\partial u \partial w} \Big|_{\substack{u=u_i \\ w=w_j}}$$



Şekil 3-8 Parametrik kübik blending fonksiyonları

Sonrada, u kenarları boyunca sınır şartlarını oluşturacak olan Ruled veya Lofted yüzeyler şu şekilde tanımlanır.

$$Q(u, w) = P(0, w)(1 - 3u^2 + 2u^3) + P(1, w)(3u^2 - 2u^3) + P^{1,0}(0, w)(u - 2u^2 + u^3) + P^{1,0}(1, w)(-u^2 + u^3) \quad (3-34)$$

3-33 eşitliğinde önceden t parametreleriyle verilen kübik blending fonksiyonlarının kullanıldığına dikkat edilirse; 3-34 eşitliğindeki sınırlar boyunca sonuca ulaşmada işlemi kolaylaştırdığı görülebilir.

Örneğin $u = 0$ olduğunda

$$Q(u,w) = P(0,w) \quad u=0 \text{ kenarı boyunca verilen eğri gibi}$$

Benzer şekilde sürekli w kenarları boyunca sınır şartları oluşturarak Lofted kübik yüzey veya ruled yüzey

$$Q(u,w) = P(u,0)(1-3w^2+2w^3) + P(u,1)(3w^2-2w^3) + P^{0,1}(u,0)(w-2w^2+w^3) + P^{0,1}(u,1)(-w^2+w^3) \quad (3-35)$$

şeklinde olur.

Yine aynı şekilde kenarlar boyunca oluşan sınır şartlarını göstermek oldukça kolaydır. Bilinear parçanın geliştirilmesinde 3-34 ve 3-35 eşitliklerinin ilavesi doğru sonucu elde etmeye yeterli gelmeyecektir. Yüzeyin kenarları iki kez hesaba katılacak, bu nedenle her bir sınır eğrileri ve zıt indisli terimleri için her köşedeki tanjant vektörleri de yani köşelerdeki büküm (twist) vektörleri de iki defa hesaba katılacaktır. Böylece, yüzeyin doğru sentezini elde etmek için en uygun hesap tarzına göre bu faktörlerin ortadan kaldırılması gerekecektir. Bikübik yüzey için en son işlem

$$Q(u,w) = [F_1(u) F_2(u) F_3(u) F_4(u)] \begin{bmatrix} P(0,0) & P(0,1) & P^{0,1}(0,0) & P^{0,1}(0,1) \\ P(1,0) & P(1,1) & P^{0,1}(1,0) & P^{0,1}(1,1) \\ P^{1,0}(0,0) & P^{1,0}(0,1) & P^{1,1}(0,0) & P^{1,1}(0,1) \\ P^{1,0}(1,0) & P^{1,0}(1,1) & P^{1,1}(1,0) & P^{1,1}(1,1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1(w) \\ F_2(w) \\ F_3(w) \\ F_4(w) \end{bmatrix} \quad (3-36)$$

Alternatif olarak 3-36 eşitliği şu şekilde de yazılabilir.

$$Q(u,w) = [u^3 \ u^2 \ u \ 1] N P N^T [w^3 \ w^2 \ w \ 1]^T \quad (3-37)$$

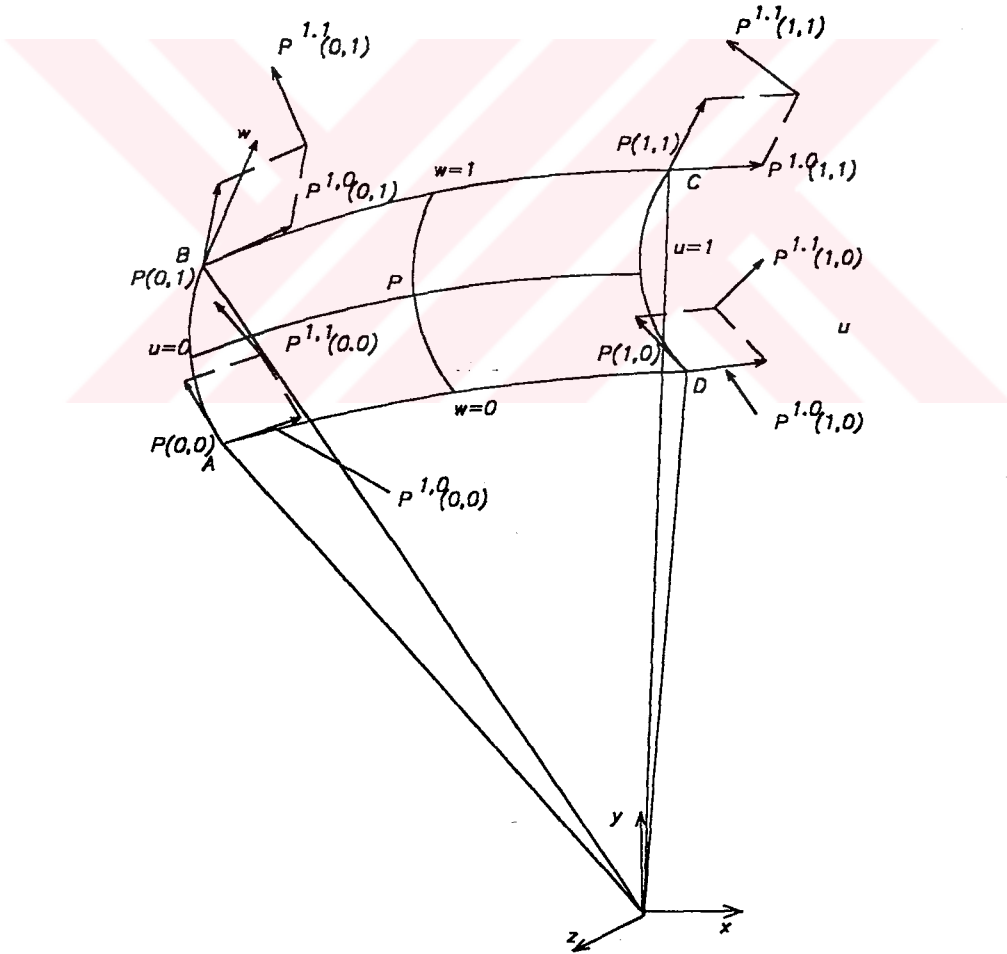
Burada N 3-31 eşitliğinde verildiği gibi kare matrisidir. P ise 3-36 'da verilen kare matrisidir. N^T ise N'nin transpozesidir.

3-36 ve 3-37 eşitliği örnekleri F_1, F_2, F_3, F_4 kübik blending fonksiyonları ile tanımlanan bikübik yüzeyi gösterir. Bu yüzey aynı zamanda dört kübik sınır eğrisi, dört köşe noktası, köşelerdeki sekiz tanjant vektörleri ve dört büküm vektörleri ile tanımlanmıştır. 4×4 P matrisi bir sınır şart matrisi olarak düşünülebilir. Bu matris, sadece köşe noktaları, köşe tanjant vektörleri ve köşe büküm vektörleri hakkında bilgileri içermektedir.

Verilen bir yüzey için P matrisindeki tüm elemanlar sabit olarak bilinir. P matris uygulaması terimlerin şu şekilde sınırlandırılabilceğini gösterir

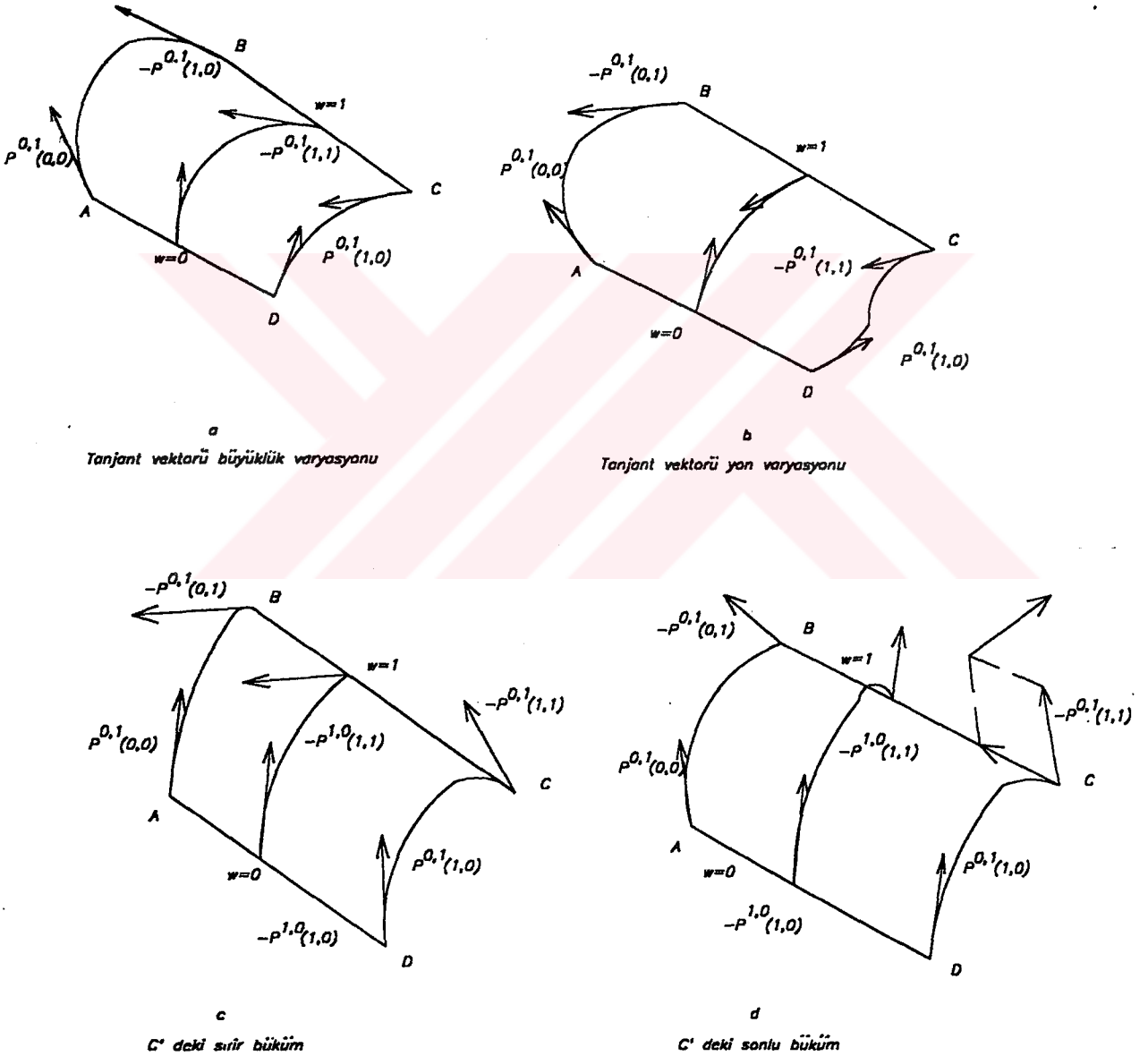
$$P = \begin{bmatrix} \text{Köşe} & w\text{-tanjant} \\ \text{koordinatlarivektörleri} & \\ \hline u\text{-tanjant} & \text{Büküm} \\ \text{vektörleri} & \text{vektörleri} \end{bmatrix}$$

Yüzey parçasının fiziksel olarak geçerli olması için, komşu eğriler köşelerde kesişmelidir. Kısıtlar (constraints) özel fonksiyonlarda sınır eğrilerini tanımlamak için kullanılır. Şekil 3-9 'da gösterildiği gibi A köşesinde $P(0,w)=P(u,0)$ B köşesinde $P(0,w)=P(u,1)$; C köşesinde $P(u,1)=P(1,w)$ ve D köşesinde $P(1,w)=P(u,0)$.



Şekil 3-9 3-D (Üç boyutlu) yüzey parçası notasyonu

Bütün kısıtların (constraints) elde edilmesi blending fonksiyonları üzerine kurulmuştur. Bundaki amaç 3-4 eşitliğinden çıkarılan sınır şartlarını kesin olarak sağlamaktır. Bunlar Tablo 3-1 'de verilmiştir. Biküçük parçanın şekli 4×4 P matrisinin içindekiler ile kontrol edilmektedir. Bunlar, köşe pozisyon vektörlerinin yerleşimi ve büyüklüğü, köşe tanjantlarının yönü ve de büküm vektörleridir.



Şekil 3-10 Biküçük yüzey parçasının kontrolü

Şekil 3-10 a , $(0,w)$ ve $(1,w)$ sınırları boyunca köşe tanjant vektörlerinin değişen büyüklüğünün etkisini gösterir,yönünü göstermez.Şekil 3-10 b,aynı köşe tanjant vektörlerinin değişen yön etkilerini gösterir,büyüklüğünü göstermez.Şekil 3-10 c ve 3-10 d ise sıfır büküm (twist) vektörleri ile başlangıç yüzey parçasına eklenen büküm vektörüne etkisini gösterir.

Tablo 3-3'de -Yüzey blending fonksiyonlarına yüklenen sınır şartları verilmiştir.

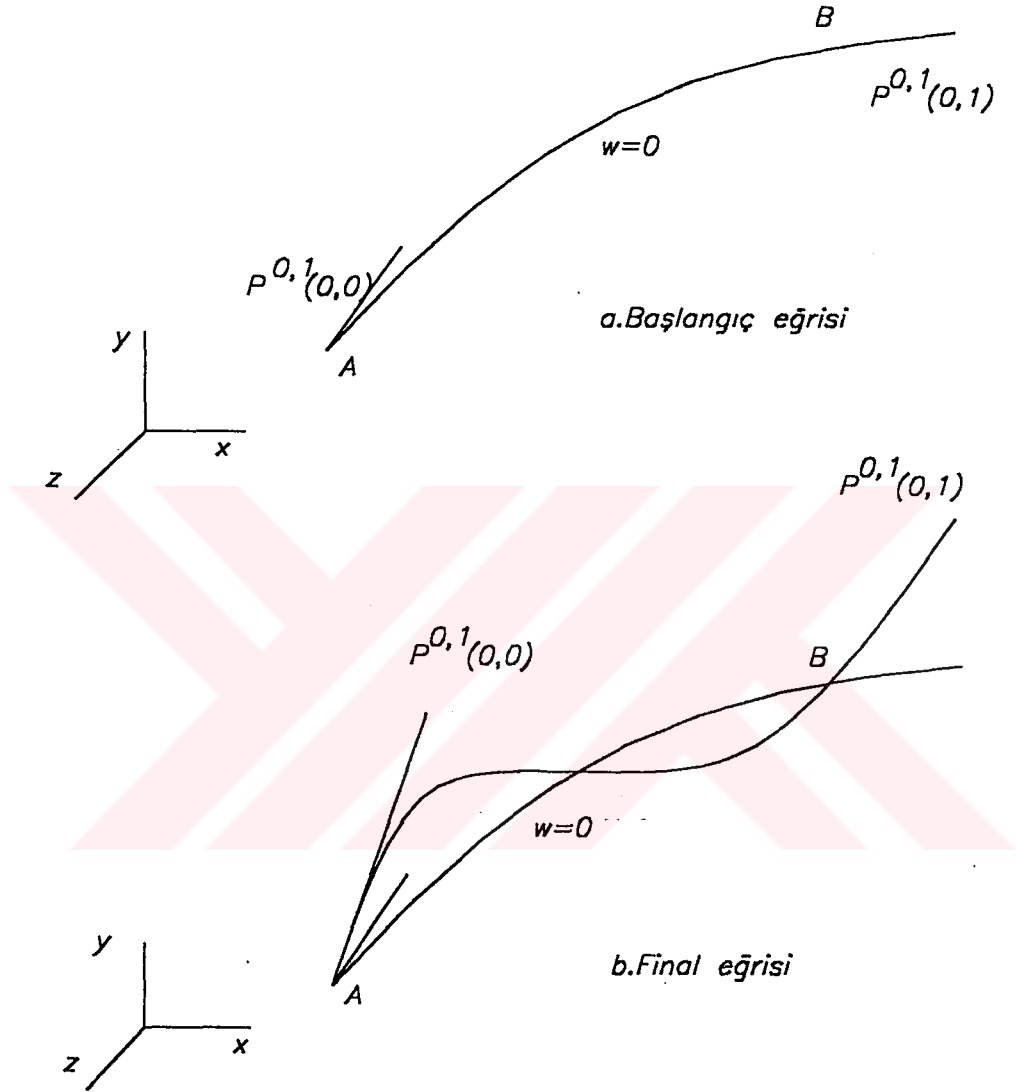
Tablo 3-3

	$u=0$ veya $w=0$	$u=1$ veya $w=1$
F_1	1	0
F_2	0	1
F_3	0	0
F_4	0	0
F_1^*	0	0
F_2'	0	0
F_3'	-1	0
F_4'	0	1

★ u veya w 'nin herbirine karşılık gelen bağımsız değişkenin farklılığını gösterir.

Bikübik yüzey parçası (3-5 ve 3-6) dizayn yüzeylerinin başarılı olarak kullanılmasından elde edilir. Ancak CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) sisteminde bikübik yüzey parçasının kullanılması birçok dezavantajları beraberinde getirir. En büyük dezavantaj; üç farklı etkenin miktar , pozisyon , tanjant ve büküm vektörlerinin tümünün farklı büyüklük sıraları yüzey tanımlamasında ayrı olarak sınıflandırılması gerekliliğidir.

Örneğin;10 birim uzunluğundaki parça için, tanjant vektörleri 10 birimlik büyüklük sırasına sahip olabilmeli yine aynı şekilde büküm vektörleri 100 birimlik ve pozisyon vektörleride 1000 birim olmalıdır.Dahası,tasarımcı (kullanıcı) yüzeyi yaratırken tanımlanan matris içinde değişen elemanlar ile sezgi eksikliğini hissetmektedir.



Şekil 3-11 Sınır eğrisi şeklinin üzerinde son tanjant vektörleri içindeki değişiklik etkisi

Şekil 3-11'de görüldüğü gibi $P^{0,1}(0,1)$ köşe tanjant vektörü noktalarının sınır eğrisinin içlerine doğru $P^{0,1}(0,0)$ köşe tanjant vektörünün gitmesi örnek olarak verilebilir.

Aynı zamanda $P^{0,1}(0,0)$ köşe tanjant vektörünün artan y bölümünün $(0,w)$ sınır eğrisinin eğilmesine sebep olduğuna dikkat edilelidir. Halbuki $P^{0,1}(0,1)$ köşe tanjant

vektörünün artan y bölümü $(0,1)$ köşesinde eşit miktarda zıt etkiye sahip olduğu görülür. Bu beklenmeyen gelişmenin aynısı büküm vektörlerinin artmasıyla da oluşur. Bütün büküm vektörlerdeki eşit değişiklikler $(0,1)$ ve $(1,0)$ köşelerinin $(0,0)$ ve $(1,1)$ köşelerine etkileriyle karşılaştırıldığında zıt yüzey eğilmesine sebep oldukları görülür. Böylece P sınır şartı matrisinin kullanılan bölümleri karmaşık hale gelebilir.

3.8. F-Patch

Bikübik yüzey parçalarını kullanırken oluşan problemlerin bazılarını ortadan kaldırmak için, F-Patch olarak adlandırılan Ferguson tarafından orjinal olarak basitleştirilmiş versiyonu kullanılmaktadır.

F-Patch sıfır büküm vektörleri ile tanımlanan basit bir bikübik yüzey parçasıdır. Sadece ilk sıra süreklilik F-patch sınırlarına karşı olabilir; çünkü yüzey köşelerdeki sıfır zıt çıktılara ayrılması için baskı yapar. Bu durum, bazı uygulamalarda pürüzsüz olmayan yüzeylerin oluşmasına sebep olabilir.

Bununla birlikte, yinede F-patch'i oluşturmak veya modife etmek oldukça kolaydır. Ayrıca bunlar bir çok yüzey tanımlamaları için uygundur. Özellikle, F-patch'lerin kab, küp, şişe, uçak gövdeleri gibi eksenleri simetrik yüzeylerin eldesi için uygunluğu kanıtlanmıştır.

3.9. Bezier Yüzeyler

Bundan önceki bölümlerde yüzey tanımlamanın bir kaç çeşidi üzerinde inceleme yapılmıştır. Bütün durumlar içinde yer tanjant veya büküm vektörleri veya blending fonksiyonları gibi matematiksel bilgilerin bulunduğu üstü kapalı varsayımlar yapılmıştır.

Ancak bu bilgilerin elde edilmesi bir kullanıcı için oldukça zor olabilir, özellikle matematik ile ilgisi olmayan veya bilgisayar ile fazla içli dışlı olmayan kullanıcılar için bu durum kendini gösterir. Bu zorluğun üstesinden gelmek için birçok çalışmalar yapılmıştır. Kuşkusuz bunların arasındaki en başarılılardan birisi de Bezier eğrisinin yüzey uygulamasıdır.

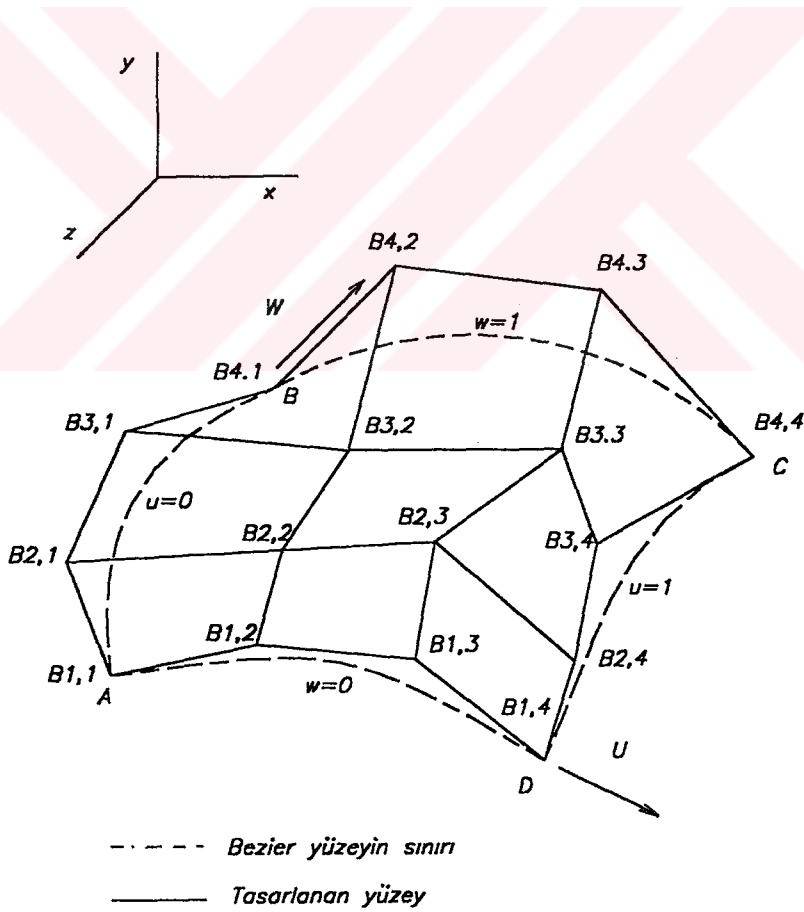
Bezier yüzey parçası için yüzey eşitliği (3-36) şeklinde yazılabilir. Binominal eğri

tanımlaması kullanarak, dört nokta Bezier poligonları ile tanımlanan sınır eğrileri ile bir yüzey parçasının eşitliği, 4x4 nokta Bezier yüzey parçası şu şekilde verilir;

$$P(u, w) = [(1-u)^3 \quad 3(1-u)^2u \quad 3(1-u)u^2 \quad u^3] [B] \begin{bmatrix} (1-w)^3 \\ 3(1-w)^2w \\ 3(1-w)w^2 \\ w^3 \end{bmatrix}$$

burada

$$B = \begin{bmatrix} B(1,1) & B(1,2) & B(1,3) & B(1,4) \\ B(2,1) & B(2,2) & B(2,3) & B(2,4) \\ B(3,1) & B(3,2) & B(3,3) & B(3,4) \\ B(4,1) & B(4,2) & B(4,3) & B(4,4) \end{bmatrix}$$



Şekil 3-12 4x4 Bezier yüzey

Şekil 3-12'de gösterildiği gibi B tensörü belirtilen poligon noktalarının yer vektörlerinin düzenlenmiş şeklidir. Bezier formülünde sadece A, B, C ve D köşe noktaları gerçekte yüzey üzerinde bulunur. $B_{1,2}$ noktası u-yönündeki ilk noktadan ikinci noktaya olan eğik vektörü tanımlar. $B_{2,1}$ noktası ise w-yönündeki Bezier poligonu üzerindeki ilk noktadan ikinci noktaya olan eğik vektörü tanımlar. $B_{1,3}$, $B_{2,4}$, $B_{3,4}$, $B_{4,3}$, $B_{4,2}$ ve $B_{3,1}$ noktaları benzer tarzda kullanılır. Poligonal yüzeyi tanımlayan $B_{2,2}$, $B_{2,3}$, $B_{3,3}$ ve $B_{3,2}$ noktaları A, B, C ve D köşelerindeki büküm vektörlerini tanımlamak için kullanılır.

Şekil 3-12'de gösterildiği gibi Bezier yüzey üzerindeki dizayn noktalarından oluşan kafes (ağ) ile tanımlanmıştır. Bu noktalar dizayn yüzeyi üzerindeki iki parametrelili Bezier yüzey ailesini tanımlamaya yarımacaktır. Şekil 3-12'de gösterilen Bezier yüzey üzerinde parametrik bir eğri elde etmek için, parametrik eğri $0 \leq u \leq 1.0$. ve $w = C_1$ ile tanımlanmış olmalıdır. C_1 burada $0 \leq C_1 \leq 1.0$. olmalıdır.

$w = C_1$ için matris

$$[B] \begin{bmatrix} (1-w)^3 \\ 3(1-w)^2w \\ 3(1-w)w^2 \\ w^3 \end{bmatrix}_{w=C_1} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix} \quad (3-40)$$

Bezier poligonu için P_1 , P_2 , P_3 , ve P_4 ile gösterilen dört tane yer vektörü üretir. Bu poligon $w=C_1$ parametrik değer ile Bezier eğrisini tanımlar. P_1 noktası 0, w yüzey sınırı üzerinde bulunur. P_4 noktası ise 1w yüzey sınırı üzerinde bulunur. P_2 ve P_3 noktaları ise eğik dizayn noktalarıdır ve eğrinin dışına doğru uzanır.

$$P(u, C_1) = \begin{bmatrix} (1-u)^3 & 3(1-u)^2u & 3(1-u)u^2 & u^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix} \quad (3-41)$$

$w=C_1$ eğrisi boyunca olan yüzey üzerindeki bir noktanın açıklamasını verir. 3-41 eşitliği her bir u değeri için, yüzey üzerinde bir noktaya karşılık gelen yer vektörünü vermektedir.

Bezier yüzey için sınır eğrileri, Koni yüzey sınırları için benzer tarzda tanımlanabilir. Aslında, 3-12 bölümünde açıklanan Koni yüzey ailesi içinde bir Bezier yüzey bulunabilir. Örneğin;

$u=0$, $0 \leq w \leq 1.0$ sınır boyunca Bezier eğrisi

$$C = [B_{1,1} \ B_{2,1} \ B_{3,1} \ B_{4,1}] \begin{bmatrix} (1-w)^3 \\ 3(1-w)^2w \\ 3(1-w)w^2 \\ w^3 \end{bmatrix} \quad (3-42)$$

veya alternatif olarak,

$$C = [(1-w^3)^3 \ 3(1-w)^2w \ 3(1-w)w^2w^3] \begin{bmatrix} B_{1,1} \\ B_{2,1} \\ B_{3,1} \\ B_{4,1} \end{bmatrix} \quad (3-43)$$

$0 \leq u \leq 1.0$, $w = 1.0$ için Bezier sınır ise;

$$C = [(1-u^3)^3 \ 3(1-u)^2u \ 3(1-u)u^2u^3] \begin{bmatrix} B_{4,1} \\ B_{4,2} \\ B_{4,3} \\ B_{4,4} \end{bmatrix} \quad (3-44)$$

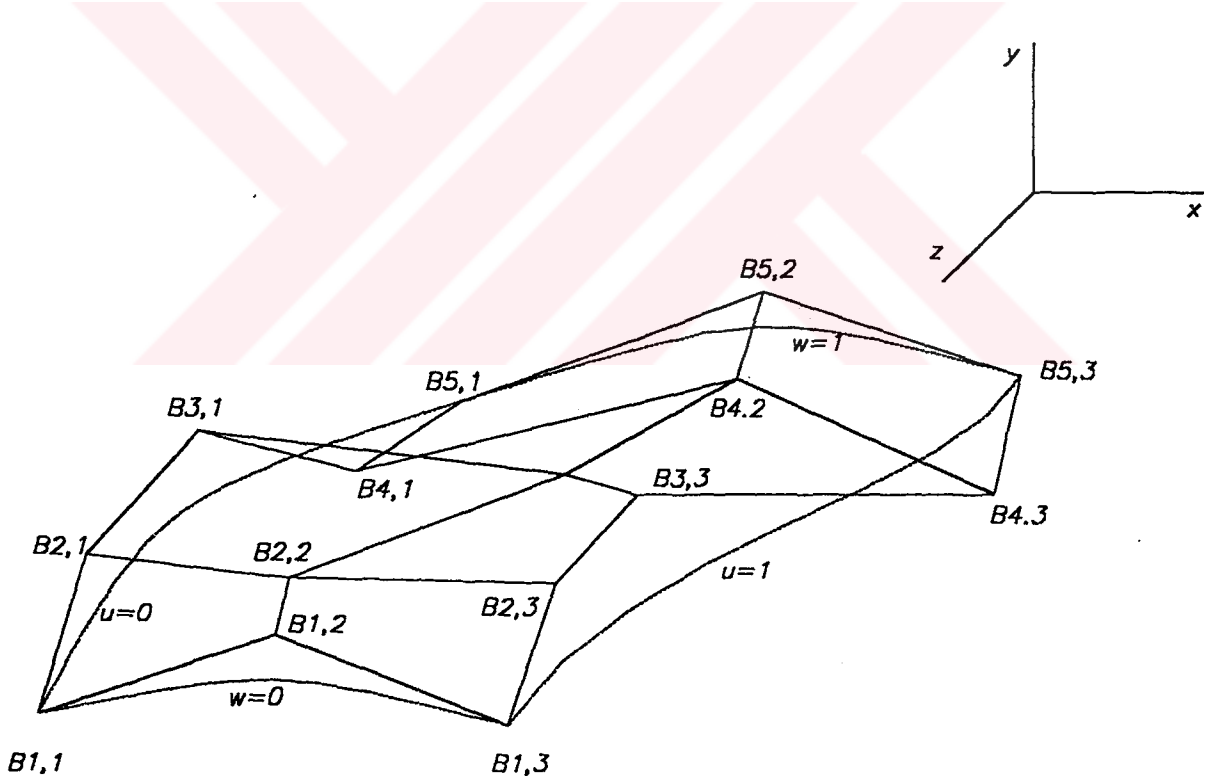
Diğer iki sınır eğrisi için eşitlikler, 3-12 şeklinin yardımı ile direk olarak yazılabilir.

Bazı durumlarda kare tensör tanımlamadan yüzey parçası elde etme arzu edilir. Böyle bir durum ancak karmaşık bir yüzey ile sınırlanmış basit bir eğri vasıtasıyla gerçekleştirilebilir. Örnek olarak şekil 3-13 ' te gösterilen yüzey $u=0$ ve $u=1$ boyunca üç nokta Bezier eğri sınırlarına ve $w=0$, $w=1$ boyunca beş nokta Bezier eğri sınırlarına sahiptir. $w=0$ boyunca sınır için eşitlik

$$C = [(1-w)^2 \quad 2(1-w)w \quad w^2] \begin{bmatrix} B_{1,1} \\ B_{1,2} \\ B_{1,3} \end{bmatrix} \quad (3-45)$$

$u = 0$ boyunca eşitlik ise

$$C = [(1-u)^4 \quad 4u(1-u)^3 \quad 6u^2(1-u)^2 \quad 4u^3(1-u) \quad u^4] \begin{bmatrix} B_{1,1} \\ B_{2,1} \\ B_{3,1} \\ B_{4,1} \\ B_{5,1} \end{bmatrix} \quad (3-46)$$



Şekil 3-13 3x5 Bezier yüzey

Yüzey eşitliği ise şu şekilde olur

$$P(u, w) = [(1-u)^4 \ 4u(1-u)^3 \ 6u^2(1-u)^2 \ 4u^3(1-u) \ u^4] [B] \begin{bmatrix} (1-w)^2 \\ 2(1-w)w \\ w^2 \end{bmatrix} \quad (3-47)$$

Beş nokta Bezier sınır eğrisi ,dört nokta eğrisine göre daha avantajlıdır,çünkü merkez dizayn noktasında bir değişiklik sınır eğrisinin sonundaki eğikliği etkilemez.Böylece yüzey şekli eğik dizayn noktalarını bozmadan değiştirilebilir.Bu noktalar komşu yüzeyler ile süreklilik koşullarını sağlamaları için bağımsız olarak belirtilebilir.

Yukarıda incelenen Bezier yüzey Kartezyen yüzey formu ile tanımlanabilir.

Yüzey aşağıdaki şekilde verilir;

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m B_{i+1, j+1}^{n, i} (u)^K_{m, j} (w) \quad (3-48)$$

Kısaltma yapılırsa;

$$J_{n, i} = \binom{n}{i} u^i (1-u)^{n-i} \quad (3-49)$$

$$K_{m, j} = \binom{m}{j} w^j (1-w)^{m-j} \quad (3-50)$$

m,n w ve u yönlerinde tepe poligon sayılarından bir azdır.Bölüm 3-8'de tanımlandığı gibi bezier bu tekniği kullanarak daha başarılı bir şekilde elde edilir.Regie Renault'ta unisurf sistem içinde serbest el eğrisi,x-y düzleminde y=f(x) eğrisinin kurşun kalemli ilk çizimdir.Bilgisayar ile kontrol edilen çizim makinası olarak kullanılan digitizer poligon tepe (uç) noktalarının giriş koordinatlarını alır.Bu noktalar eğriyi kabaca tanımlar.Bezier eğrisi bilgisayar kontrollü çizim makinası ile çizilir.Eğer modifikasyonlar gerekli ise tasarımcı tatmin olana kadar poligon uç noktaları ayarlanır ve eğri yeniden çizilir.Üç

boyutlu bir eğri, $z=f(x)$ üretmek için prosesin tekrarı ile elde edilebilir.

Bu metod,yüzey frame-work (kafes oluşturma) için dört sınır eğrinin tanımı için kullanılır.Yüzey tanımlama,geri kalan yüzey dizayn network noktalarının koordinatlarının belirtilmesi ile gerçekleşir.Sonra bu bilgi,döndürülmüş,ölçülendirilmiş veya tanımlanmış yüzey eğrilerinin perspektif görüşlerini elde etmek için bilgisayar programına yüklenir.Ya da polistirool köpük bloktan 3-D model elde etmek için CNC tezgahına gönderilir.

Bezier eğrisi ile ilgili bazı zorluklar 3-48 eşitliği ile birleştirilmektedir.Bunun nedeni,elde edilen poligonal yüzey üzerindeki bir noktanın hareketi tüm Bezier yüzeyi etkileyecek olmasıdır.Bu kullanıcı için özellikle detaylı çalışmalarda kesin bir dezavantajdır.Bir parçanın lokal kontrolünü elde etmek için ikiye bölünmesi gerekmektedir.B-spline esasların kullanımı örneğin,B-spline eğrisinin blending fonksiyonu olarak kullanımı bu problemi ortadan kaldırır.Bu durum bir sonraki bölümde ele alınmıştır.

3.10. B-Spline Yüzeyler

B-spline yüzeylerinin oluşturulması bir çok formlarda gerçekleştirilir.Belki en basiti bir önceki bölümde incelenen Bezier yüzeylerine kartezyen ürün yüzeyinin benzerliğidir.Kartezyen ürün yüzeyine karşılık gelen B-spline yüzey için,

(3-51)

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m B_{i+1, j+1}^N(u) B_{j, M}^M(w)$$

Burada

$$N_{i,1}(u) = \begin{cases} 1 & \text{eger } x_i \leq u \leq x_{i+1} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$N_{i,k}(u) = \frac{(u-x_i) N_{i,k-1}(u)}{x_{i+k-1} - x_i} + \frac{(x_{i+k} - u) N_{i+1,k-1}(u)}{x_{i+k} - x_{i+1}} \quad (3-52)$$

x_i , k düğüm vektörünün elemanlarıdır.

Ayrıca,

$$M_{j,1}(w) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } y_j \leq w \leq y_{j+1} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$M_{j,L}(w) = \frac{(w-y_j) M_{j,L-1}(w)}{y_{j+L-1} - y_j} + \frac{(y_{j+L} - w) M_{j+1,L-1}(w)}{y_{j+L} - y_{j+1}} \quad (3-53)$$

y_i , L düğüm vektörünün elemanlarıdır.

m ve n ; birbirine bağlı u ve w yönlerinde tanımlanmış poligonlarının tepe nokta sayılarından bir azdır.

$B_{i+1,j+1}$; şekil 3-12'de gösterilen poligonal yüzeyin yer vektörleridir.

B-spline eğriler ile birlikte olduğunda düğüm vektörler çeşitli çokluk dereceleri ile u veya w yönleri doğrultusunda tanımlanabilirler. Ancak yukarıdaki kural verilen yöndeki her bir tanımlama poligonunun aynı çokluk derecesinde olmasını gerektirir.

3.11. Genelleştirilmiş Koni Yüzeyler

Yukarıda tartışılan sonuçların gözden geçirilmesi yüzey için daha genel bir tanımlama gerektirmektedir. Bu amaçla, yüzey oluşturmak için sınır koşullarını ve/veya sınır eğrilerini bükmeye yardım edecek $\beta_{r,i}(u)$ skaler fonksiyonu tanımlanır.

r alt indisi ,genel kesiştirme (blending) fonksiyonunu ifade eder.

$r = 0$ eğriler

$r = 1$ tanjant vektörler

$r = 2$ büküm vektörler

i alt indisi , $\beta_{r,i}$ ile hesaplanan fonksiyonun u, w kare üzerindeki pozisyonunu gösterir.

Burada $u = u_i$ olarak alınırsa

$\beta_{0,1}(w)$; $P(u,1)$ eğrisini hesaplayan birleştirme fonksiyonu

$\beta_{0,0}(u)$; $P(0,w)$ eğrisini hesaplayan birleştirme fonksiyonu

Eğer bir parça,sadece sınır eğrisi ile gösterilmiş ise,

$$\beta_{0,i}(j) = \delta_{ij}$$

δ_{ij} : Kronecker deltası

$$\delta_{ij} = 1, i=j \text{ ve } \delta_{ij} = 0, i \neq j.$$

Örnek olarak bilinear yüzeyi tanımlayan eşitliği tekrar ele alacak olursak

$$Q(u,w)=(1-u)(1-w)P(0,0)+(1-u)w P(0,1)+u(1-w) P(1,0)+uwP(1,1) \quad (3-19)$$

Şimdi $(1-u)$ lineer birleştirme fonksiyonu yerine $\beta_{0,0}(u)$ yerleştirildiğini farzedelim.An-cak $\beta_{0,0}(0) = 1$ ve $\beta_{0,0}(1) = 0$ olmalıdır.Ayrıca u lineer birleştirme fonksiyonu yerine $\beta_{0,1}(u)$ konarak ($\beta_{0,1}(0) = 0$ ve $\beta_{0,1}(1) = 1$ şartıyla) , $(1-w)$ yerine $\beta_{0,0}(w)$ konarak ($\beta_{0,0}(0) = 1$ ve $\beta_{0,0}(1) = 0$) , w yerine $\beta_{0,1}(w)$ ($\beta_{0,1}(0) = 1$ ve $\beta_{0,1}(1) = 0$) .Sonuçta 3-19 eşitliği şu şekilde yazılabilir.

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^1 \beta_{0,i}(u) P(i, w) + \sum_{j=0}^1 \beta_{0,j}(w) P(u, j) - \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \beta_{0,i}(u) \beta_{0,j}(w) P(i, j) \quad (3-54)$$

(3-54) eşitliğine dikkat edersek $r=0$ için bilinear koni yüzeyler sadece pozisyonel sürekliliğe müsade ederler.3-8 bölümde ele alınan bikübik yüzeyler daha genel olarak yazılabilir.Öncelikle 3-34 ve 3-35 eşitlikleri ile tanımlanan bikübik lofted yüzeyleri düşünürsek;

3-34 eşitliği daha genel notasyonda şu şekilde yazılır

$$Q(u, w) = P(0, w) \beta_{0,0}(u) + P(1, w) \beta_{0,1}(u) + P^{2,0}(0, w) \beta_{1,0}(u) + P^{2,0}(1, w) \beta_{1,1}(u) - \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \beta_{i,j}(u) P^{i,0}(j, w) \quad (3-55)$$

ve 3-35 eşitliği

$$Q(u, w) = P(u, 0) \beta_{0,0}(w) + P(u, 1) \beta_{0,1}(w) + P^{0,1}(u, 0) \beta_{1,0}(w) + P^{0,1}(u, 1) \beta_{1,1}(w) - \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \beta_{i,j}(w) P^{0,i}(u, j) \quad (3-56)$$

Burada blending fonksiyonları,örnek olarak β_{ij} 'ler aşağıdaki şekilde olur.

$$\frac{\delta^P [\beta_{r,i}(u)]}{du^P} \Big|_{u=u_j} = \beta_{r,i}^P(u_j) \delta_{pr} \cdot \delta_{ij}$$

Böylece

$$\begin{aligned} \beta_{0,0}(0) = 1, \beta_{0,0}(1) = \beta'_{0,0}(0) = 0, \beta'_{0,0}(1) = 0 \\ \beta_{1,1}(0) = \beta_{1,1}(1) = \beta'_{1,1}(0) = 0, \beta'_{1,1}(1) = 1 \end{aligned}$$

3-55 ve 3-56 eşitlikleri ile 3-34,3-35 eşitliklerinin karşılaştırılması ve 3-33 eşitliğinin tekrar yazılması ile;

$$[\beta_{0,0}(u) \beta_{0,1}(u) \beta_{1,0}(u) \beta_{1,1}(u)] = [u^3 \ u^2 \ u \ 1] \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [F_1(u) \ F_2(u) \ F_3(u) \ F_4(u)] \quad (3-57a)$$

ve

$$[\beta_{0,0}(w) \beta_{0,1}(w) \beta_{1,0}(w) \beta_{1,1}(w)] = [w^3 \ w^2 \ w \ 1] \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [F_1(w) \ F_2(w) \ F_3(w) \ F_4(w)] \quad (3-57b)$$

Şimdi bikübik yüzey parçasına dönersek , 3-36 eşitliğinin şu şekilde yazılabileceğini görürüz.

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^{\frac{1}{2}} \sum_{r=0}^{\frac{1}{2}} P^{r,0}(i, w) \beta_{r,i}(u) + \sum_{j=0}^{\frac{1}{2}} \sum_{s=0}^{\frac{1}{2}} P^{0,s}(u, j) \beta_{s,j}(w) = \sum_{i=0}^{\frac{1}{2}} \sum_{j=0z=0}^{\frac{1}{2}} \sum_{s=0}^{\frac{1}{2}} P^{r,s}(i, j) \beta_{r,i}(u) \beta_{s,j}(w) \quad (3-58)$$

Kısaltma ve/veya benzetmelerle köşe noktalarında

$$\begin{aligned} Q(i,j) &= P(i,j) \\ Q^{1,0}(i,j) &= P^{1,0}(i,j) \\ Q^{0,1}(i,j) &= P^{0,1}(i,j) \\ Q^{1,1}(i,j) &= P^{1,1}(i,j) \quad \text{olduğu görülür.} \end{aligned}$$

Sınır eğrileri boyunca ise durum aşağıdaki gibi olacaktır.

$$Q(i,w) = P(i,w)$$

$$Q(u,j) = P(u,j)$$

$$Q^{0,1}(u,j) = P^{0,1}(u,j)$$

$$Q^{1,0}(i,w) = P^{1,0}(i,w)$$

Burada $r = 1$

Kısaltmaların aşağıdaki gibi olduğunu kabul edersek

$$u = u_i \rightarrow m_i$$

$$w = w_j \rightarrow n_j$$

Ve yüzey sınır eğrileri şu fonksiyonlar ile verilirse

$$\beta^{r,0}(i,w) \quad 0 \leq r \leq m_i$$

$$\beta^{0,s}(u,j) \quad 0 \leq s \leq n_j$$

$\beta^{r,i}(u)$ ve $\beta_{s,j}(w)$ blending fonksiyonları

Sonuç olarak yüzey eşitliği

$$Q(u,w) = \sum_{i=0}^1 \sum_{r=0}^{m_i} P^{r,0}(i,w) \beta_{r,i}(u) + \sum_{j=0}^1 \sum_{s=0}^{n_j} P^{0,s}(u,j) \beta_{s,j}(w) - \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \sum_{r=0}^{m_i} \sum_{s=0}^{n_j} P^{r,s}(i,j) \beta_{r,i}(u) \beta_{s,j}(w) \quad (3-59)$$

Burada blending fonksiyonları

$$\beta_{r,i}^p(u_k) = \delta_{pr} \cdot \delta_{ik} \quad 0 \leq p \leq m_i \quad (3-60)$$

$$\beta_{s,j}^p(u_k) = \delta_{ps} \cdot \delta_{jk} \quad 0 \leq p \leq n_j$$

3-59 eşitliği bir koni yüzeyinin en genel formunu temsil eder. Ancak dikkat edilecek en önemli husus, çoğu uygulamalarda, önceden açıklanan özel durumların bir kaçının dışında, bu form kullanılmaz.

Forrest 3-59 eşitliğinde şunu ifade eder.

$$P^{0,s}(u,j) = \sum_{i=0}^1 \sum_{r=0}^{m_i} P^{r,s}(i,j) \beta_{r,i}(u)$$

Ve de 3-59 eşitliğinin son iki terimini dikkate almaz. Sonuç olarak yüzey eşitliği

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^1 \sum_{r=0}^{m_i} P^{r,0}(i, w) \beta_{r,i}(u) \quad (3-61)$$

İşte bu eşitlik ruled veya lofted yüzey olarak tariflenir

Benzer şekilde eğer,

$$P^{r,0}(i, w) = \sum_{j=0}^1 \sum_{s=0}^{n_j} P^{r,s}(i, j) \beta_{s,j}(w) \quad (3-62)$$

almırsa yüzey eşitliği

$$Q(u, w) = \sum_{j=0}^1 \sum_{s=0}^{n_j} P^{0,s}(u, j) \beta_{s,j}(w) \quad \text{olur}$$

Bu eşitlikte çeşitli sınır şartları kullanılarak elde edilen ruled veya lofted yüzeyi temsil eder.

Eğer her iki şart 3-61 ve 3-62 eşitlikleri ile dikkate almırsa yüzey eşitliği

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \sum_{r=0}^{m_i} \sum_{s=0}^{n_j} P^{r,s}(i-j) \beta_{r,i}(u) \beta_{s,j}(w) \quad (3-63)$$

Tensor veya kartezyen yüzey ürünü olarak tanımlanır. 3-63 eşitliği oldukça önemli olup, en yaygın eğri yaklaşım metodlarının yüzey uygulamasını temsil eder. 3-63 eşitliği ile sunulan kartezyen yüzey veya 3-61 ve 3-62 eşitliği ile sunulan lofted yüzeyler koni yüzeylerinin oluşumu için en çok kullanılan uygulamalardır.

Böylece

$m_i = n_j = 1$ ve 3-57 ve 3-63 eşitliklerinde verilen $\beta_{i,j}$ 'ler bikübik yüzey parçasını tanımlar, Yani;

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \sum_{r=0}^1 \sum_{s=0}^1 P^{r,s}(u, j) \beta_{r,i}(u) \beta_{s,j}(w) \quad \text{olur.}$$

3-63 eşitliği ile 3-58 eşitliğinin karşılaştırılması onun daha limiteleştirilmiş şeklini gösterir. Özellikle 3-63 eşitliği ile tanımlanan bikübik yüzey parçası kübik blending fonksiyonları ile, köşe pozisyonuna, tanjantına ve eğik vektörlere bağlıdır. Bu kübik blending fonksiyonları parça şeklinin iç kısımlarını belirler. 3-58 eşitliği ile tanımlanan

bikübik yüzey parçası aynı zamanda sınır eğrilerini de hesaba katar. Bu eğriler yüzey parçasının iç şeklini tanımlarken parçanın sınırını çizmektedir. Böylece 3-58 eşitliği ile tanımlanan bikübik yüzey parçası daha genel olarak ele alınmış olur. 3-56 eşitliği ve özel durumlara dikkat edilirse $i=0$ ve 1 , $j=0$ ve 1 durumu bir sınır eğiminden diğerine olduğunda gerçekleşir. Bunun anlamı kısaca şudur; Bir yüzey parçasının iç hatları tamamen sınır eğrileri, köşe noktaları, köşe tanjant ve eğik vektörleri ile temsil edilir. Yani bir yüzeyin iç kısımları dış sınır şartları ile kontrol edilmektedir.

Ancak, $0 \leq i \leq M$, $0 \leq j \leq N$ olarak tanımlanır. Ve tüm eğriler $P(u_i, w)$ ve $P(u, w_j)$ 'ler sınır eğrileri arasında olur ve bu eğrilerde normal kısaltmalar yapılarak hesaplamalar yapılırsa yüzey parçasının iç kısımlarının kontrolünden kurtulmayı sağlayan iç eğriler ve sınır şartları tanımlanabilir. Bu durumda yüzey eşitliği

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^M \sum_{r=0}^{m_i} P^{r,0}(u_i, w) \beta_{r,i}(u) - \sum_{j=0}^N \sum_{s=0}^{n_j} P^{0,s}(u, w_j) \beta_{s,j}(w) - \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N \sum_{r=0}^{m_i} \sum_{s=0}^{n_j} P^{r,s}(u_i, w_j) \beta_{r,i}(u) \beta_{s,j}(w) \quad (3-64)$$

Buradaki blending fonksiyonları

$$\beta_{r,i}^P(u_k) = \delta_{pr} \cdot \delta_{ik} \quad 0 \leq P \leq m_i \leq 0 \leq k \leq m$$

$$\beta_{s,j}^P(w_k) = \delta_{ps} \cdot \delta_{jk} \quad 0 \leq P \leq n_j \leq 0 \leq k \leq N$$

Burada kısaltma derecelerinin m_i ve n_j ile verildiğine dikkat edilmelidir. $M=N=1$ için 3-64 eşitliği 3-56 eşitliği ile tanımlanan koni yüzeyini kısaltır. Şekil 3-14, 3-56 ve 3-64 ile tanımlanan yaylar arasındaki farkları göstermektedir. Çeşitli 3-14a dış blended yüzeyi göstermektedir. Sadece $P(u,0)$, $P(u,1)$, $P(0,w)$ ve $P(1,w)$ ve köşe noktaları, köşe tanjantı ve A, B, C ve D noktalarındaki eğik vektörler yüzey parçasının merkezinde blending olarak düşünülür. Çeşitli 3-14b ise iç blended yüzeyi gösterir. Burada iç eğriler $P(u,0.5)$ ve $P(0.5,w)$ olarak düşünülür.

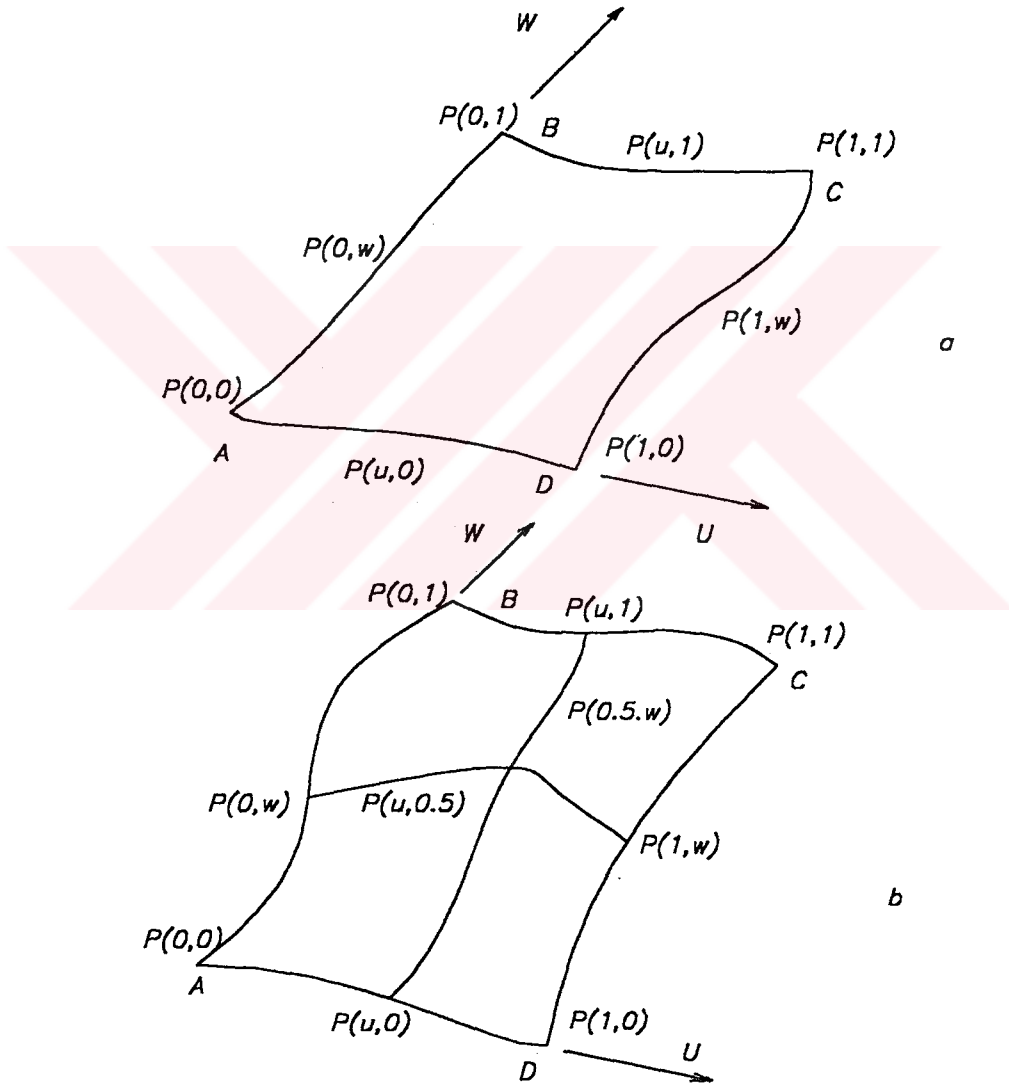
Genelleştirilmiş lofted yüzey ve kartezyen yüzey ürünü bir önceki bölümdeki gibi benzer tarzda elde edilebilir. Bu durum aşağıdaki gibi açıklanabilir.

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^M \sum_{r=0}^{m_i} P^{r,0}(u_i, w) \beta_{r,i}(u) \quad (3-65)$$

$$Q(u, w) = \sum_{j=0}^N \sum_{s=0}^{n_j} P^{0,s}(u, w) \beta_{s,j}(w) \quad (3-66)$$

ve

$$Q(u, w) = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N \sum_{r=0}^{m^i} \sum_{s=0}^{n_j} P^{r,s}(u, w_s) \beta_{r,i}(u) \beta_{s,j}(w) \quad (3-67)$$



Şekil 3-14 Dış ve İç " blended " yüzeyler

4.YÜZEY MODELLEME ESASLARINA GÖRE ÖRNEK CAD/CAM YAZILIMLARI EUKLID-CATIA-SMARTCAM

Türkiye imalat sektöründe CAD/CAM ile imalat yapan orta ve büyük ölçekli firmaların kullandığı EUKLID,CATIA ve SMARTCAM yazılımları,kullandıkları modelleme esaslarına göre incelenmiş,bu esasların imalata olan etkileri belirtilmiştir.Bu incelenen sistemlerin matematiksel olarak oluşturdukları eğri ve yüzey tipleri belirtilmiş;dolayısıyla grafik ekranda kullanıcıya çeşitli imkanların temelinde eğri ve yüzey tiplerinin yattığı görülmüştür.

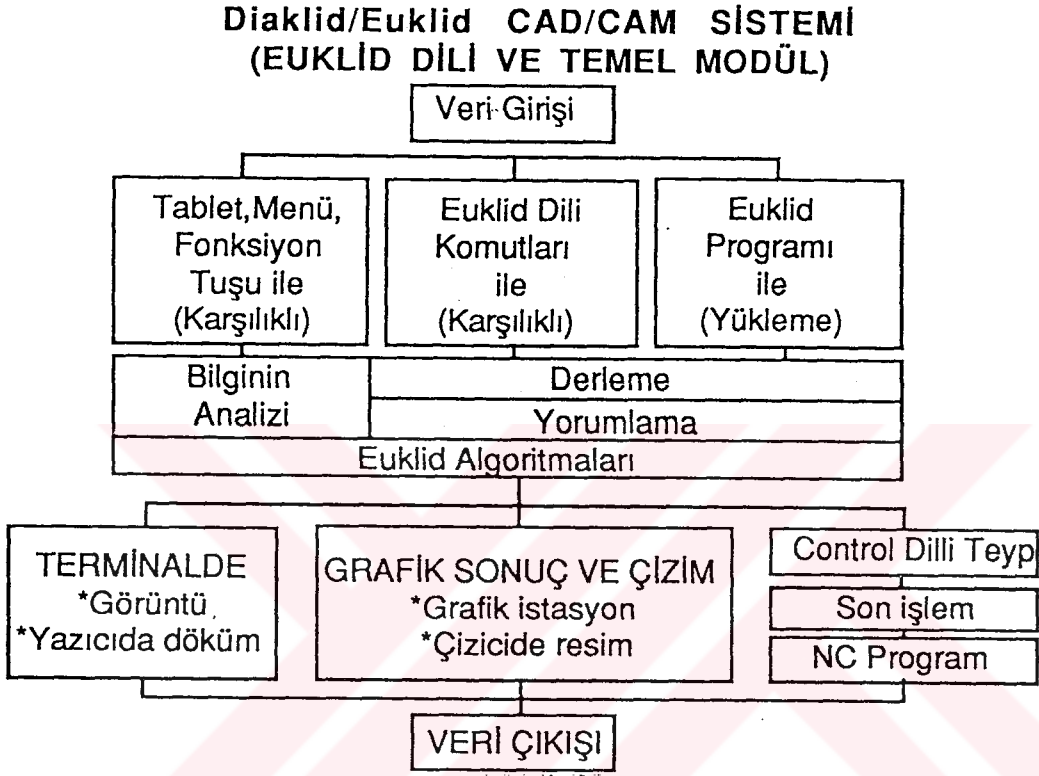
4.1. Diaklid/Euklid Cad/Cam Sistemi

1970' li yıllarda bilgisayarda tasarım ile NC programlamayı bütünleştirmek amacıyla Prof.M.Engelli ile Prof.P.Bezier'in ortaklaşa geliştirdikleri matematik model çalışmaları sonucu CAD/CAM için özel amaçlı bir programlama dili olan Euklid ortaya çıkmıştır.FIDES,Zürih Teknoloji Enstitüsünde NC araştırmalar ile beraber Euklid geliştirilmiş ve piyasaya sunulmuştur

Üçüncü derecede Bezier fonksiyonları kullanılarak,işlenecek parçanın matematik modeli parçanın formunu teşkil eden çeşitli yüzeyler ile tanımlanmaktadır.Bu yüzeylerin işlenebilmesi için gerekli kesici takım izi hesaplanmakta son işlemci yazılımı ile bu veri takım tezgahındaki NC ünitesinin anlayacağı program komutlarına dönüştürülmektedir.Özellikle model ve döküm takımları pres döküm ve dövme kalıpları için başarı ile kullanılan Euklid,yüzey birleştirme tekniği ve 5 eksenli işleme niteliğiyle en zor şekilli parçaların ve yüzeylerinde işlenmesine olanak sağlamaktadır.

Program iş istasyonu (work station) denilen büyük bilgisayarlarda çalışmaktadır.Örneğin;Vax,HP-Apollo,Dec ve bunun gibi.Çok kullanıcı yazılım paketi,bir temel model ve Euklid dili üzerine bina edilmiş çeşitli fonksiyon modüllerinden meydana gelmektedir.Bu modüller ve özel amaçlı çizim yordamları değişik imalat dallarında kullanılmaktadır.Alman Dövmeciler Birliğinin FIDES'le beraber geliştirdiği dövme kalıbı modülü,5 akslı işlemeli türbin (impeller) ve oto lastik kalıbı modülleri başlıca örnekler olarak gösterilebilir.Pakete veri girişi üç yoldan

yapılabilmektedir. Bunlardan ikisi tasarım yapan ile bilgisayarın karşılıklı diyalogu, üçüncü ise bir seri Euklid dili komutları derleme (compiling) ve yorumlama (interpreter) işlemlerinden sonra Euklid işlem algoritmalarına dönüşmektedir.



4.1.1. Euklid Sisteminde Eğri Tanımlama

Euklid sisteminde kullanılan eğri tipi CSEG olarak adlandırılan Bezier eğrileridir.

4.1.1.1. Bezier Metodu: Formül

Eğri üzerindeki noktalar, direkt olarak bir formülle hesaplanabilir. Bu formül;

$$\vec{p}(t) = \sum_{k=0}^n \vec{P}_k \times B_k^n(t)$$

Burada;

$P(t)$: t mertebesinde gerekli olan eğri noktası

t : parametre (0 ile 1 arasındaki değerler ile beraber)

$B^n(t)$: Bernstein polinom formülü

$$B_k^n(t) = \binom{n}{k} t^k (1-t)^{n-k}$$

Burada;

n : 1,2,3,4,... Kontrol noktalarının sayısına bağlıdır.

n = kontrol noktası - 1

k : 0' dan n'e kadar indeks

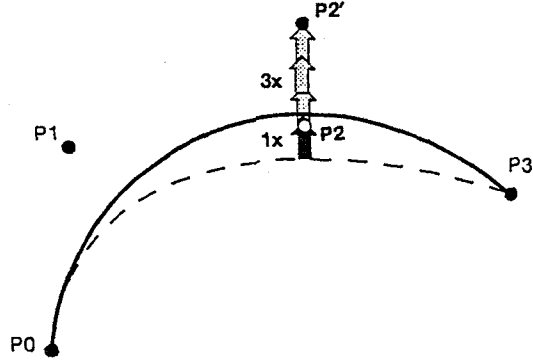
$\binom{n}{k}$: binom katsayısı

P_k : Bezier kontrol noktası P_0, P_1, P_n gibi noktaların numaralandırması

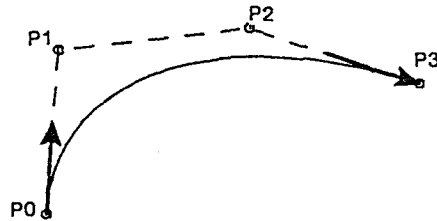
4.1.1.2. Bezier Metodunun Önemli Özellikleri

1. Tanımlanan Bezier formülü ile bir kaç nokta ile herhangi bir formda eğri hesaplanabilir.
2. Hesaplama çok zaman almaktadır.
3. Hassasiyet bilgisayarın hesaplama hassasiyetine bağlıdır.
4. Bir eğri,sadece 4 kontrol noktası ve bezier metod bilgisinin yardımı ile matematiksel ifade ile tanımlanır.
5. Bezier kontrol noktasının hareket ettirilmesi,eğrinin tamamının formunu değiştirir.Bu nedenle her bezier noktası tüm eğriyi etkilemektedir.

Bir kontrol noktasının eğriyi etkisi,bu kontrol noktasının eğriye yakınlığı ile ilgilidir. Genel bir kural olarak eğrinin maksimum ağırlık etkisi yaklaşık olarak 1/3 değerine ulaşır.Bu,kontrol noktası eğer P_2 , 30 mm hareket ettirilirse eğri yaklaşık olarak 10 mm kontrol noktasının hareket yönüne doğru şeklini değiştirecektir.



6. Yukarıda belirtilen durumdan sadece eğrinin başlangıç ve bitiş noktaları hariç tutulmaktadır. t değerinin 0 olduğu yerde P_0 kontrol noktası ve ağırlığı 0 olduğu diğer tüm kontrol noktaları için Bernstein polinomu ağırlık olarak 1 sonucunu vermektedir. Bu, diğer tüm kontrol noktalarına bakmaksızın, gerekli olan nokta P_0 noktasına karşılık gelir demektir. Eğri üzerindeki en son nokta ($t=1$) üzerinde, P_n kontrol noktası diğer ağırlığı 0 olduğu diğer tüm kontrol noktaları için Bernstein polinomu ağırlık olarak 1 değerini vermektedir. Bu, diğer tüm kontrol noktalarına bakmaksızın gerekli olan nokta P_n noktasına karşılık gelmektedir. Başka bir deyişle, eğri daima ilk kontrol noktasıyla başlar ve son kontrol noktası ile biter.
7. Nota sayısı ve derecesi birbiriyle oldukça yakın olarak birleştirilmiştir. Eğer n nokta dizisini temsil ederse $n+1$ tane nokta gereklidir.

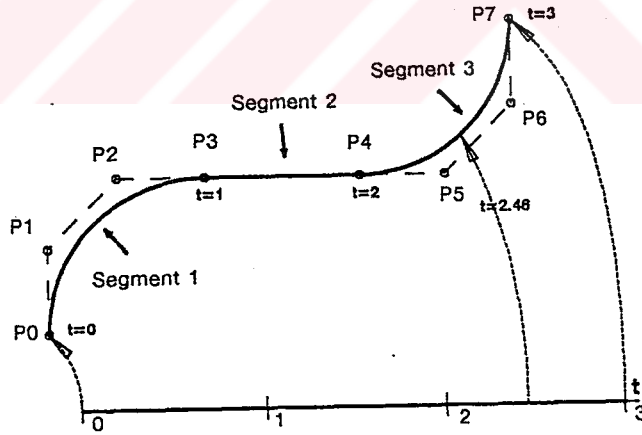


8. Eğrinin ilk noktasındaki tanjant, P_0 ve P_1 kontrol noktalarından geçmektedir. Eğrinin son noktasındaki tanjant iki sınır noktası ile tanımlanır. Yukarıdaki örnekte P_2 ve P_3 gibi (Bu eğride $n=3$ olduğu görülür).
9. Bu tip eğrilerde, kavislik daima eğrinin başlangıcında veya sonundaki ilk üç veya son üç nokta ile tanımlanmaktadır.

4.1.1.3. Bir Çok Segmentten Oluşan Eğriler

Buraya kadar, en basit eğri çeşidi üzerinde durulmuştur. Bu eğri ise tek bir segmentten oluşan bir eğridir.

Ancak, bir CSEG (Curve Segment , Euklid Eğrisi) bir çok segmentten de oluşabilmektedir



Şekilde görüldüğü gibi üç segmentin birincisi; üçüncü derecede, ikincisi; sadece iki kontrol noktası ile birinci derecede ve üçüncü segment ise yine dört kontrol noktası ile

üçüncü derecededir.

t parametre değerinin sırası arttırılırsa, ilk segmentte her zamanki gibi 0'dan 1'e , devamındaki ikinci segmentte 1'den 2'ye, üçüncü segmentte ise 2'den 3'e olduğu görülür.

Ayrı segmentlerin başlangıç ve bitiş noktalarındaki tanjant iki sınır noktası ile tanımlandığı (bak 4.1.1.2.) için, üç Bezier kontrol noktası (örneğin P_3 , P_4 ve P_5) daima tanjant segment geçişi üzerinde düz doğru üzerinde bulunacaktır.

4.1.1.4. Bezier Teorisinin Kullanıcılara Sağladığı İmkanlar

Euklid kullanıcıları genellikle Bezier noktaları ile hiç bir şey yapamazlar. Herşeyi EUKLID programı otomatik olarak yapar.

Eğer bir CSEG, doğru ve dairelerden oluşturulursa, EUKLID bu CSEG'i noktalar ve daire dasetası olarak saklar. Bu Cseg aşağıdaki şartlar sağlandıkça otomatik olarak Bezier Cseg haline dönüştürülür.

-Oluşturulan CSEG özel eksenler yönünde ölçülü olarak çizilmiş ise, EUKLID doğru ve daire segmentlerinden oluşan CSEG'i otomatik olarak Bezier cseg haline dönüştürür.

-Eğer cseg yüzey tanımlama amacıyla kullanılırsa, EUKLID daima Bezier formatında cseg kullanır. Bu nedenle bu dönüşüm otomatik olarak program tarafından gerçekleştirilir.

-Eğer cseg oluşturma komutunda geometrik elemanların listesi "B" indisi ile yazılırsa, EUKLID direkt olarak Bezier cseg oluşturacaktır.

Örnek:

$$A: =\text{CSEG}(\{''D'', 90, ''C'', C(.0, 10), ''D'', -90\}, ''B'');$$

Kullanıcılar bu teoriden önemli bir gerçeği anlamak zorundadır; Bu da, t parametresinin başlangıç noktasında sıfır ile başladığı ve her segment sınırında bir arttığıdır.

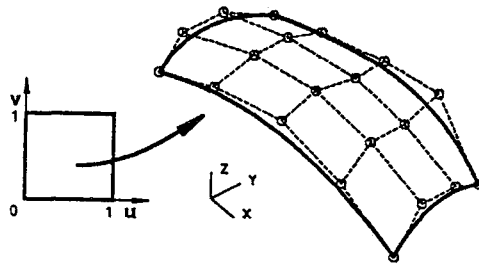
4.1.2. Euklid Sisteminde Yüzey Tanımlama

EUKLID,Bezier metoduna göre tüm yüzeyleri Bernstein polinomları ile temsil eder.Bu yüzey tipleri arasında basit yüzeyler;düzlemler veya silindir gibi ve serbest şekilli yüzeylerin bütün çeşitleri bulunmaktadır.Bu metoda,yüzeyler matematiksel olarak tanımlanır.Yüzey üzerindeki her nokta ve aynı zamanda tanjantlar,normaller ve kavislik daima tam olarak hesaplanabilir.

EUKLID fonksiyonları ile yüzey oluşturmak,geometrik hesaplamalar yapmak ve yüzeyleri modife etmek mümkündür.Yüzeyler CSURF tipinde olup,istenen şekilde resim çıktısı alınabilir veya transfer edilebilir.

4.1.2.1. Bezier Yüzey Tanımlama

Bezier yüzeyleri incelemeye başlamadan,Bezier cseg ile ilave t parametresi (0'dan 1'e kadar) bilinmelidir.İlave parametre, eğri üzerindeki herhangi bir noktanın tek basınc referanslanmasına imkan tanımaktadır.Bezier cseg'den yola çıkarak,Bezier yüzeylerin teorisi bir adım ileridedir.Bezier yüzey,bu yüzeyin parametre alanını ve Bezier noktalarını incelersek;



-Eğriler ile karşılaştırıldığında yüzeyler bir fazla ölçüye sahiptir.Sonuç olarak, t parametresi yeterli olmayacaktır.Bu nedenle iki parametre tanımlanacak ve u ve v parametreleri olarak adlandırılacaktır.

Bu iki parametre u ve v, dört köşe parametre alanı oluşturur.Yüzeylerde segmentlerden ziyade patch'ler konuşulur.Bir patch u ve v yönünde bir birim içermektedir.

-Ok işareti,u,v parametre alanı ve yüzey arasındaki uygunluğu sembolize eder.Aynen t parametresi ve cseg arasında olduğu gibi.

-5 Bezier noktasının 4 sırası yüzey üzerinde çizilmiştir (toplam 20).Birinci sıra içindeki ön beş nokta,yüzeyin en öndeki sınırını tayin eder.Böylece beş nokta cseg denilen 3 boyutlu eğriyi tanımlar.Arkadaki üç sıra noktalar yüzeyin ilave boyutunu tanımlamaktadır

Bezier Yüzey Formülü;

CSEG için kullanılan formül aynı zamanda yüzey hesabı için kullanılır.Burada verilen Bezier noktaları ile u ve v parametrelerini kullanarak yüzey üzerindeki tüm noktalar hesaplanır.Matematiksel olarak kullanılan formül;

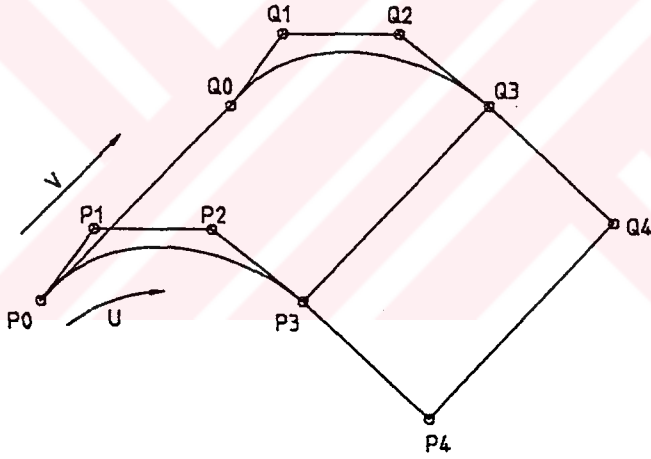
$$\vec{P}(u,v) = \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^n \vec{P}_{jk} \times B_k^n(u) \times B_j^m(v)$$

u ve v iki parametre bölgesi,n ve m ,u ve v yönlerindeki derece, k ve j kontrol noktaları için kullanılan indisler (0 ve n, m'in maksimumu arasında). İki Bernstein polinomu B'ler Bezier teorisi cseg içinde tanımlanmıştır. Bir cseg için kullanılan formülde vektör değerleri içerilmektedir.Bu değerlerin her biri ağırlıkları ile çarpılmaktadır.Yüzey formülünün farklılığı sadece bu değer içindedir.

Patchlerin birleştirilmesi:

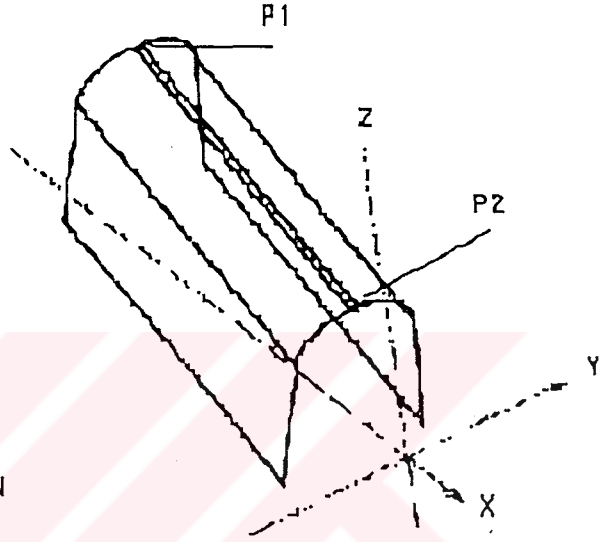
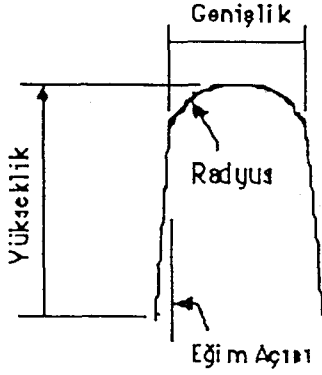
Eğer cseg birkaç segmentten oluşursa, t parametresi her segmentte 1 artar. Eğer bir yüzey bir kaç patch'den oluşursa, u veya v yönündeki parametre alanı üst değerleri patch başına 1 artmaktadır.

Aşağıdaki örnekte, u yönünde iki ve v yönünde bir patch'den oluşan yüzey gösterilmektedir. Birinci patch'de (4 Bezier noktası ile) u yönündeki sıra 3 ve ikinci patch'de (iki Bezier noktası ile) ise 1'dir. v yönünde, iki patch'in sırası 1'dir (iki nokta ile tanımlanmış).



4.1.3. Euklid Standart Yüzey Fonksiyonları

Euklid dili belirli yüzey şekillerini parametrik olarak tanımlamaya ve bunları tek tek komutlarla üreten standart yüzey modülüne sahiptir. Bir bölümü sırasıyla aşağıda verilmektedir.

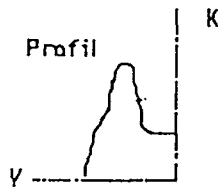


PARAMETRELER:

- 1) Yükseklik
- 2) Genişlik
- 3) Yuvarlama radyusu
- 4) Eğim açısı
- 5) İki tepe noktası (x_1, y_1, z_1 ve x_2, y_2, z_2)

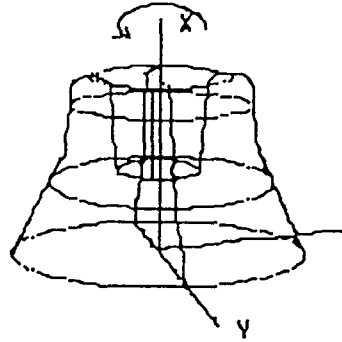
RIB: ARA BAĞLANTI YE KABURGA

RIB: Değişik yüzeyler arasında ara bağlantı ve kaburga teşkil eden yüzey.



PARAMETERS:

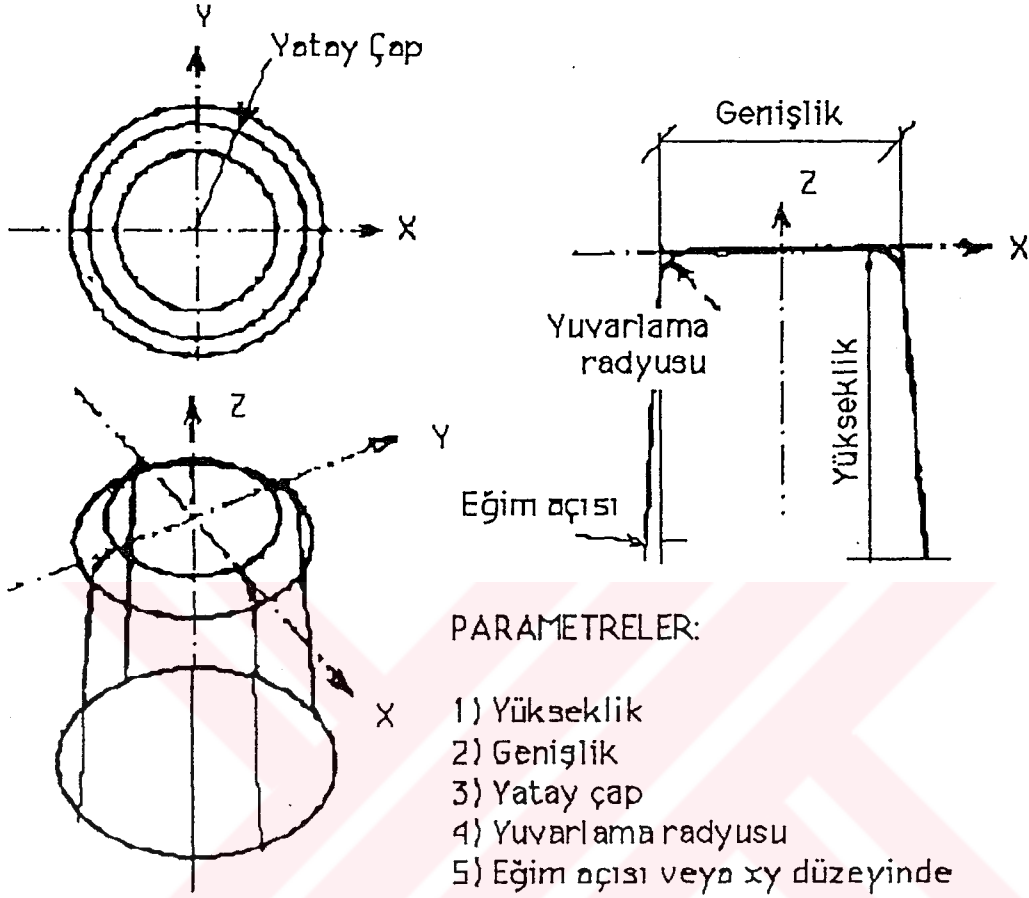
- 1) ky Düzleminde bir eğri
- 2) k eksenini etrafında dönme



ROTSURF: DÖNÜŞ İLE YÜZEY

ROTSURF : Kesiti belirleyen bir eğrinin bir eksen etrafında döndürülmesi sonucu elde edilen yüzey.

RBOX: Prizmatik bir hacmin göz diye adlandıracağımız küresel veya yarı küresel olarak bitirilmesi.

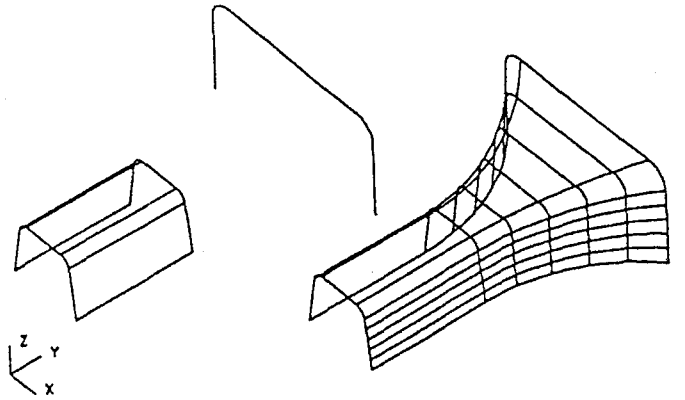
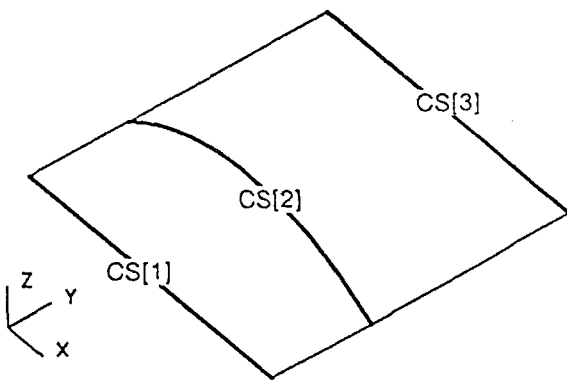


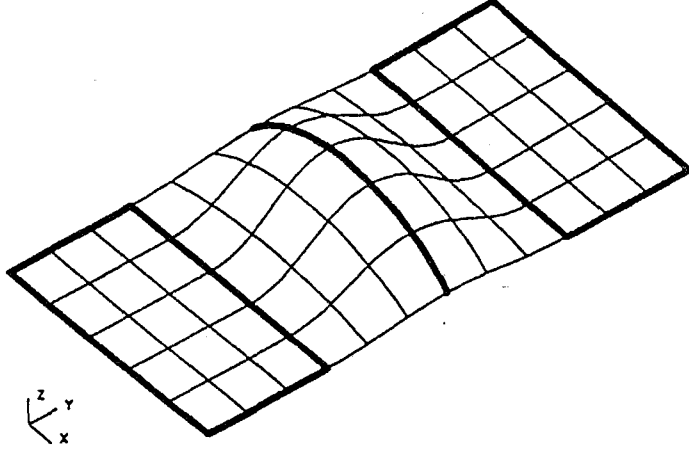
PARAMETRELER:

- 1) Yükseklik
- 2) Genişlik
- 3) Yatay çap
- 4) Yuvarlama radyusu
- 5) Eğim açısı veya xy düzeyinde profil.

RBOX: PRİZMA, GÖZ, YARI KÜRE VEYA KÜRESEL

BEZPLANE: Herhangi dört çizgi ile çevresi tanımlanan bir yüzeyin Bezier fonksiyonu ile bu çevreye sahip yüzeyin tanımlanmasını sağlar.

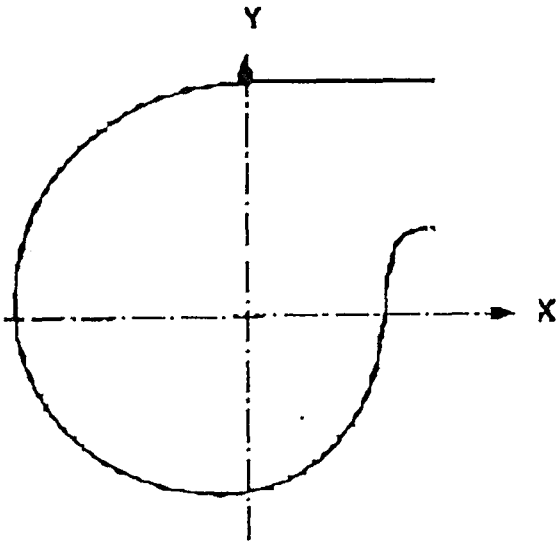
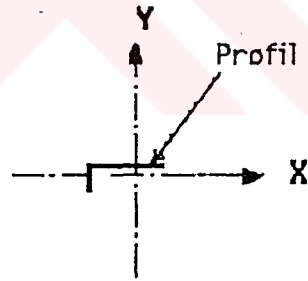




INTERSURF: İki veya daha çok eğri arasında Bezier fonksiyonu ile yüzeyin oluşturulması. Çeşitli uygulamaları vardır. Örneğin; bir yüzey-eğri, yüzey-eğri-yüzey gibi

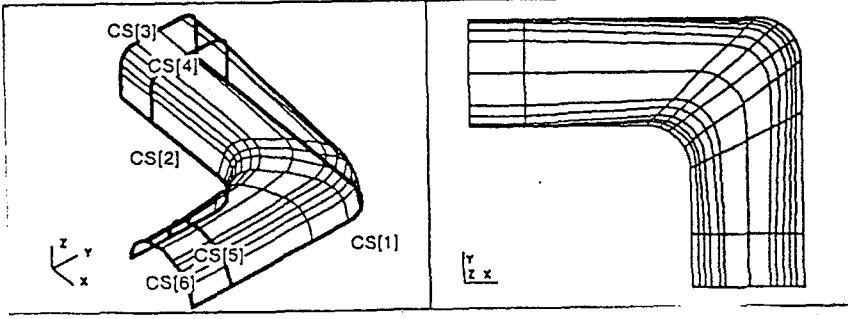
PARAMETRELER:

- 1) Profil ve xy düzeyindeki eksenler
- 2) Referans noktaları

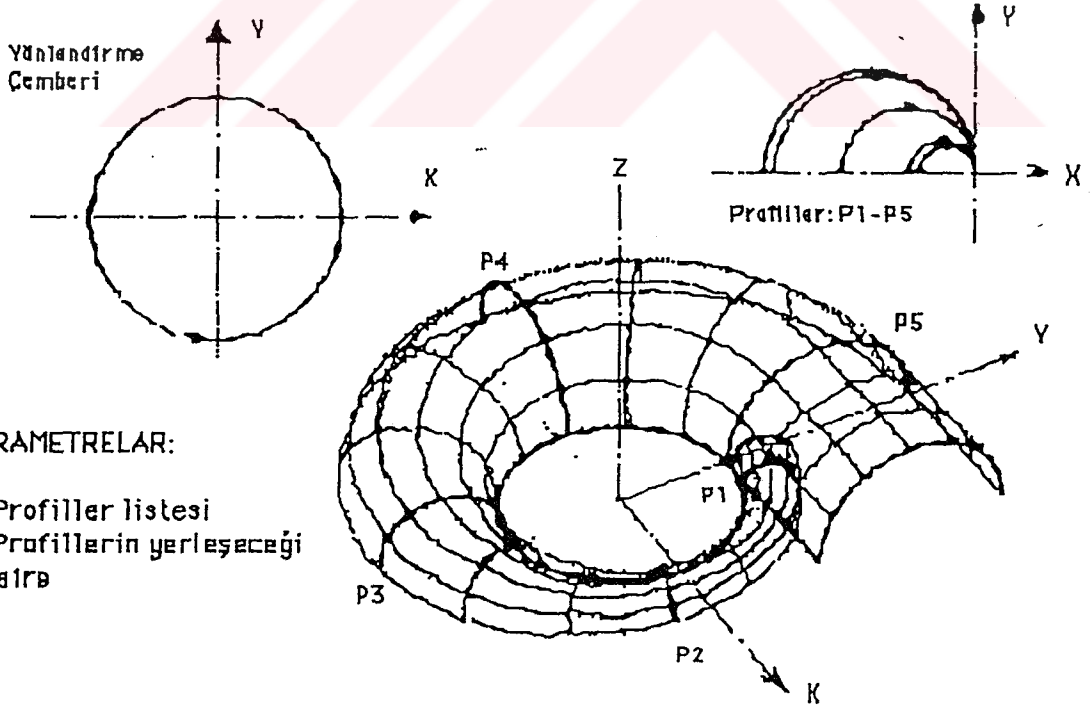


PROFİL: YATAY YÜZEYDE PROFİL İLE YÜZEY

PROFILH : Bir kesiti belirleyen eğrinin yatay bir düzlem üzerinde hareketi sonucu elde edilen yüzey.



VARSURF: İki eğri üzerinde değişik profilleri yerleştirilmesi ile elde edilen yüzeyler.



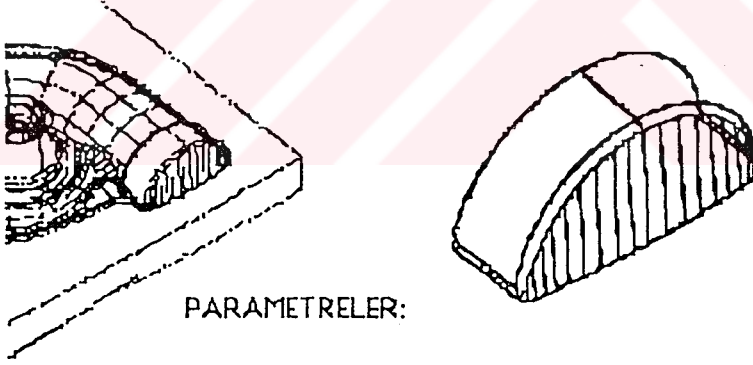
VARDUCT: DEĞİŞKEN KESİTLİ BORUSAL YÜZEY

VARDUCT : Değişik profillerin aralarının birleştirilmesi ile elde edilen borsal yüzeyler.

Kesme ve Yüzey Birleştirme Modülü

Kesme ve birleştirme modülü Euklid'in en güçlü fonksiyonlarını ihtiva etmektedir.Bu modülde yer alan komutlar sırasıyla;

CONICAL : Belirli bir eğim açısı ile konik yüzey tanımlanmaktadır.Kalıp açısı olarak bilinir.



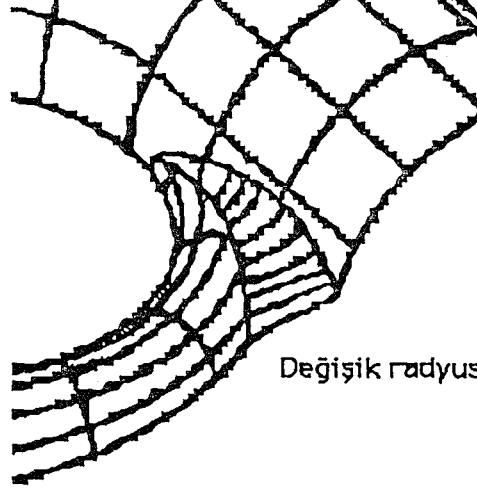
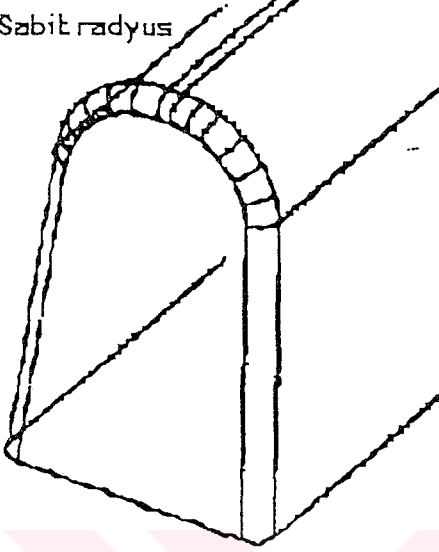
PARAMETRELER:

- 1) Başlama noktası
- 2) Eğim açısı ve yönü
- 3) Konik yüzeyin izleyeceği eğri

CONICAL: EĞİK AÇILI YÜZEY

CURVECUT: İki yüzeyin bir radyusla birleştirilmesi sonucu elde edilen form. Burada yarı çap sabit veya değişken olabilmektedir.

Sabit radyus



Değişik radyus

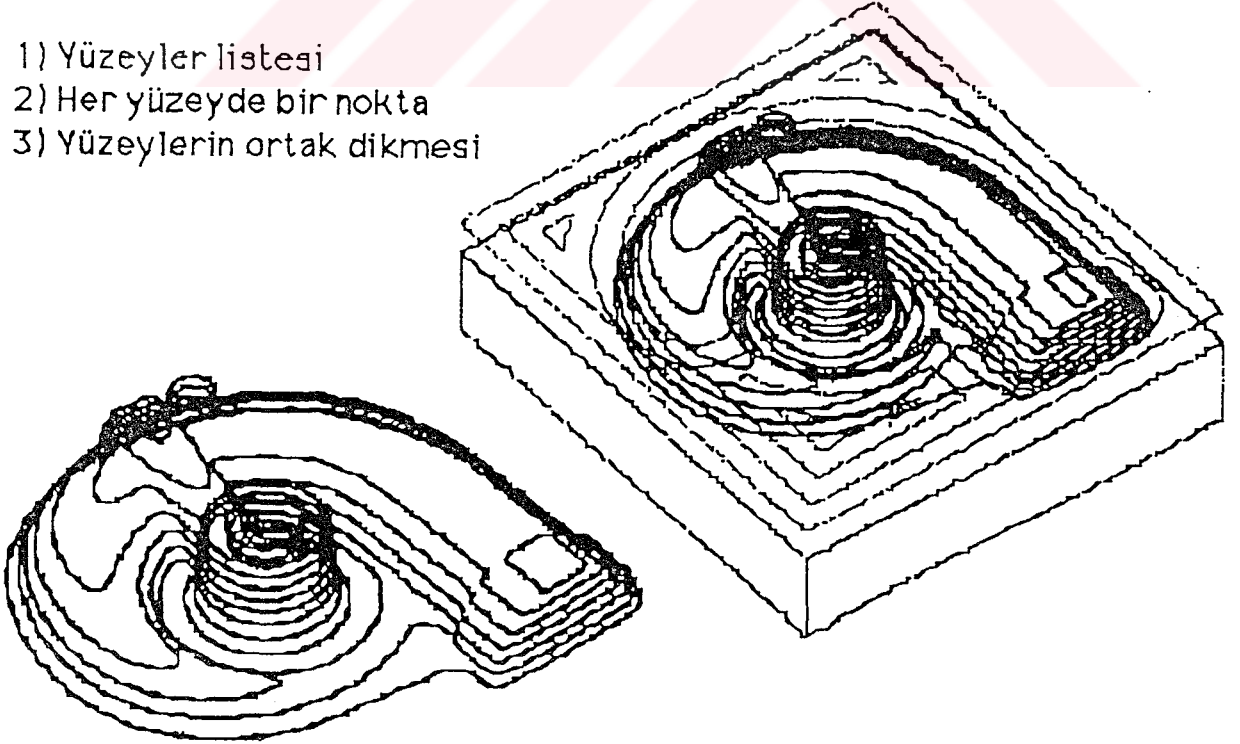
PARAMETRELER:

- 1) Sabit radyus
- 2) Değişik radyuslar

CURVECUT: YÜZEY BİRLEŞTİRME

PARAMETERS:

- 1) Yüzeyler listesi
- 2) Her yüzeyde bir nokta
- 3) Yüzeylerin ortak dikmesi



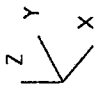
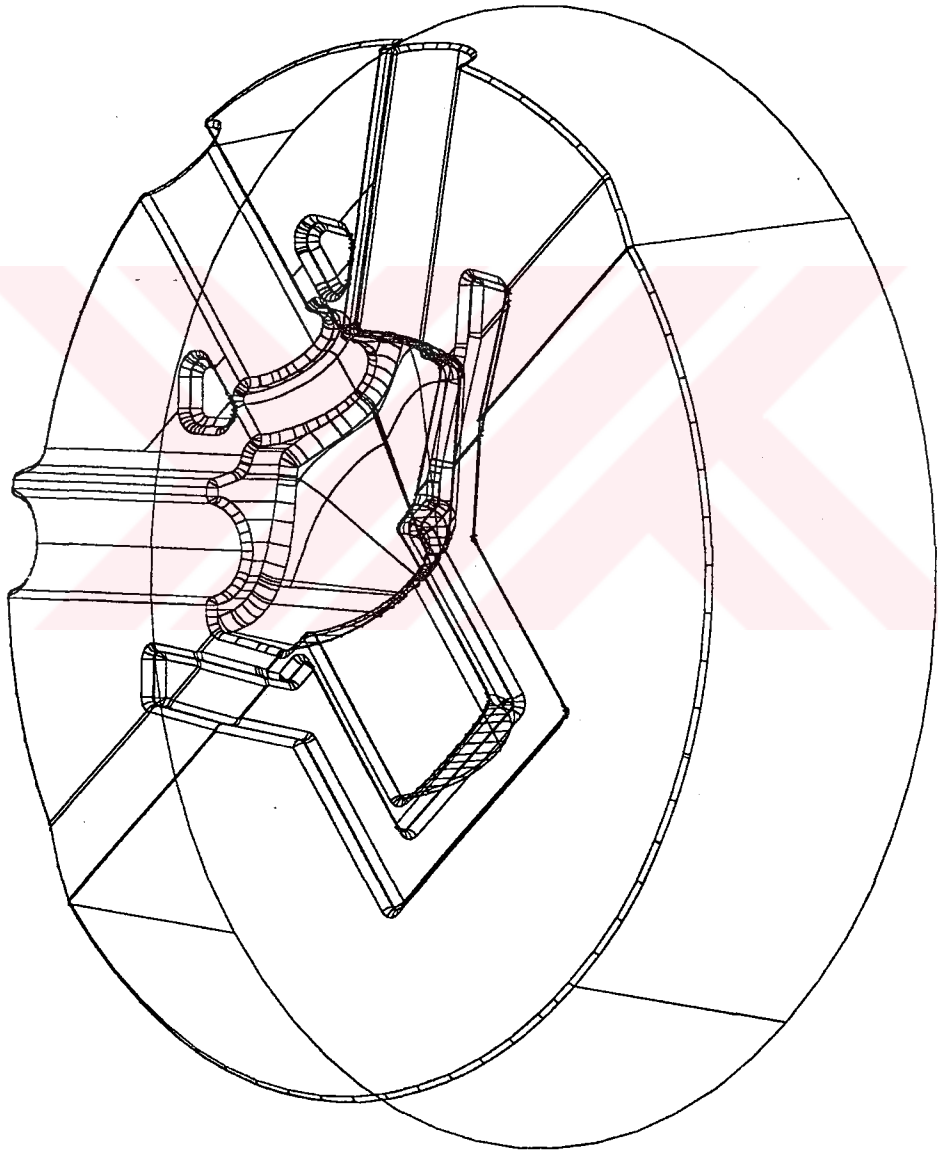
PLANE CUT VE CONNECT: DİLİMLEME VE BAĞLANTI

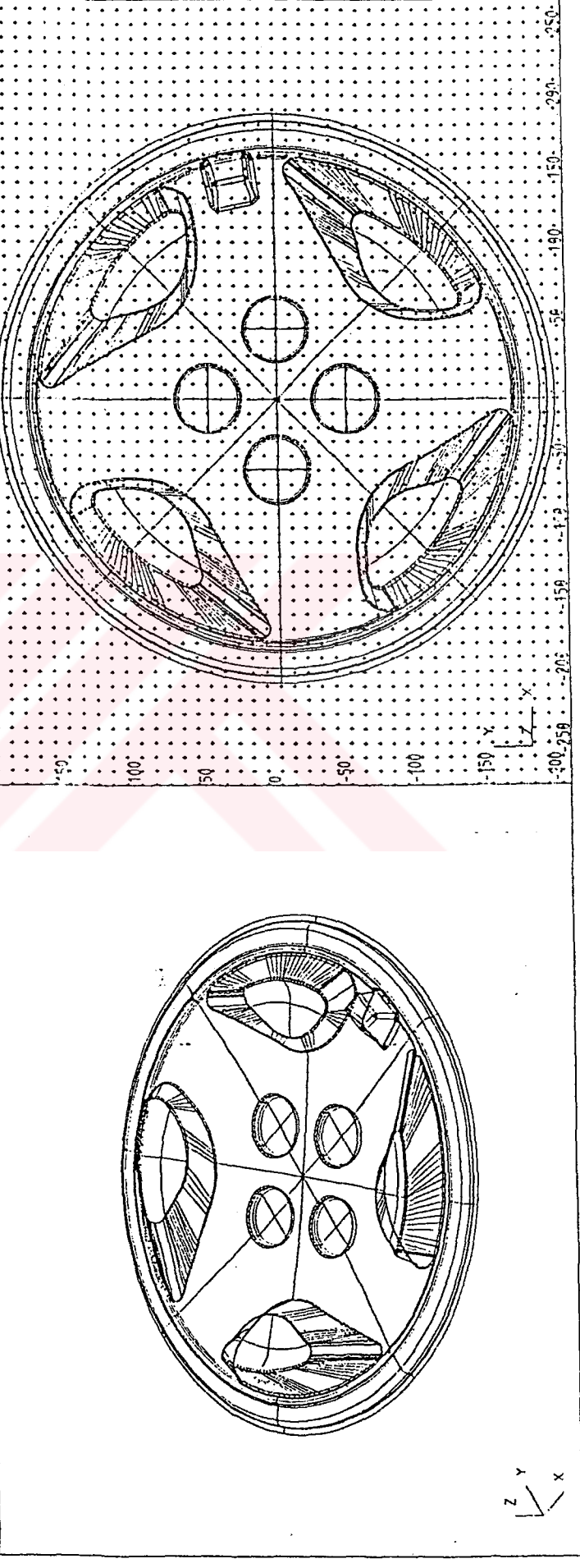
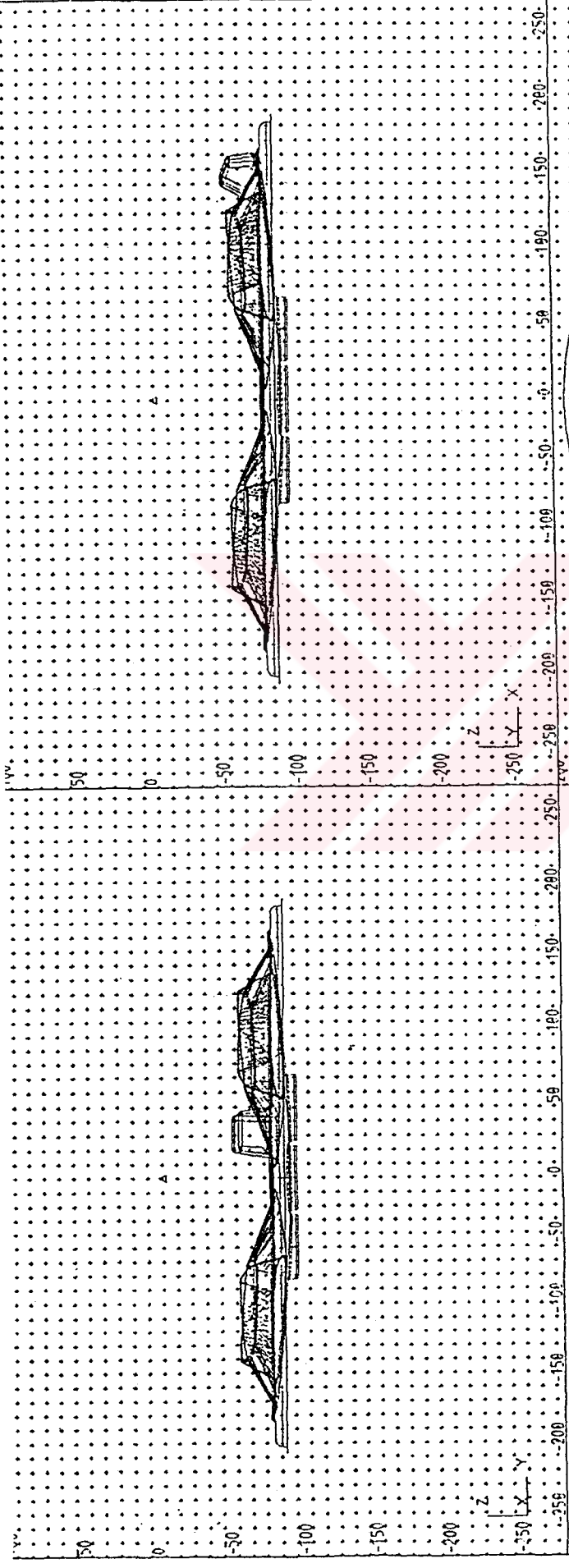
PLANE CUT ve CONNECT: Bu komutlar ile yüzeyi tanımlanarak ortaya çıkarılmış form dilim dilim katlara ayrılabilmekte ve her bir dilimin yüzey ile arakesiti belirlenmektedir. Bu komut yardımıyla cep veya çevre boşaltılarak kaba işleme operasyonu kolayca yapılabilmektedir.

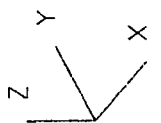
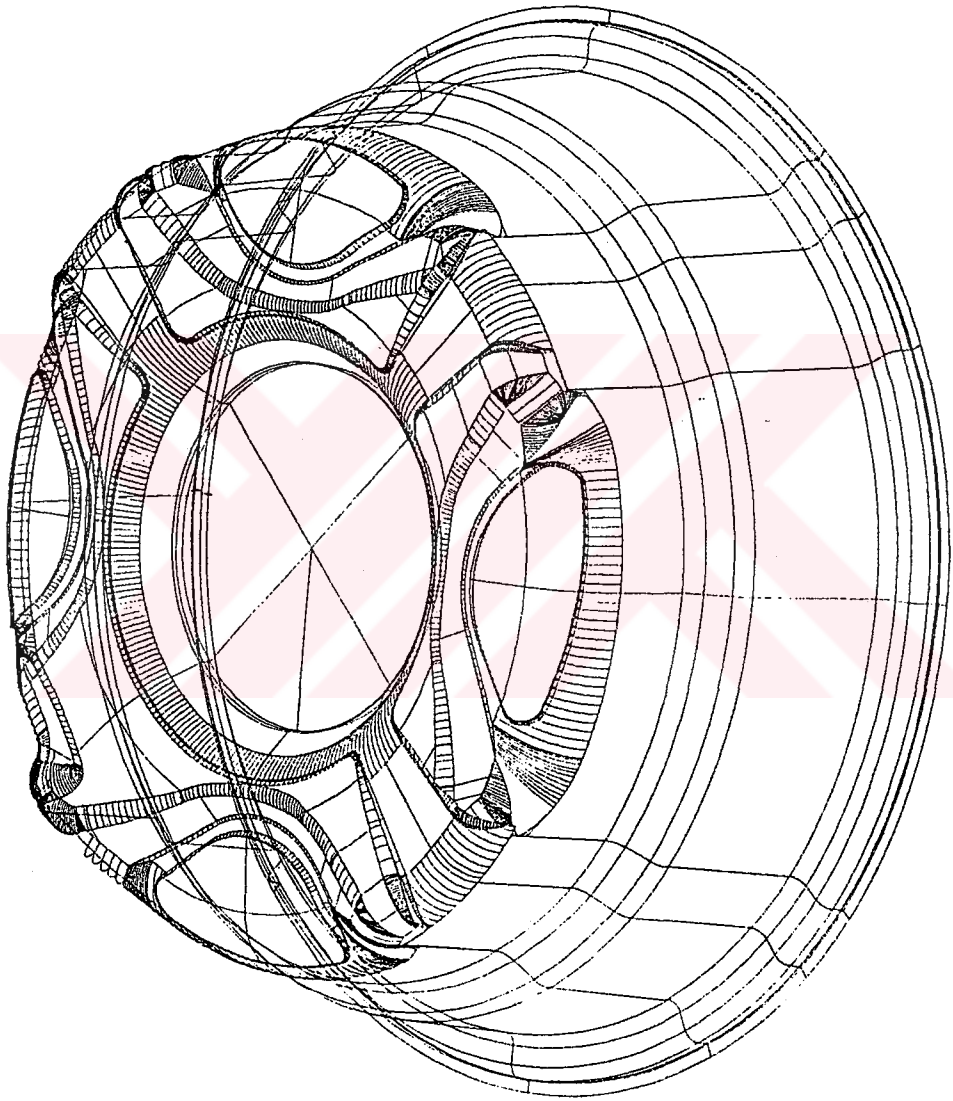
4.1.4. Euklid Sisteminde Oluşturulmuş Modelleme Örnekleri

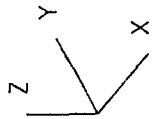
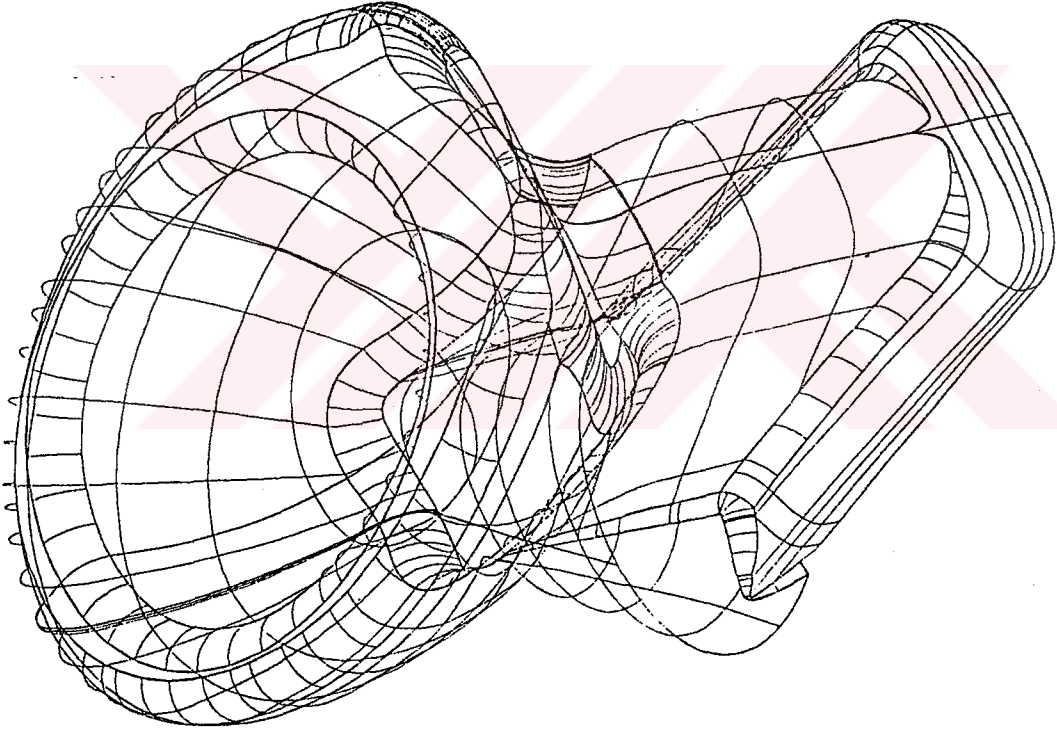
Bu bölümde Euklid CAD/CAM sistemi kullanılarak elde edilmiş yüzey modelleme örnekleri sunulmuş olup, bu parçaların kalıpları CNC tezgahlarda işlenerek elde edilmiştir.

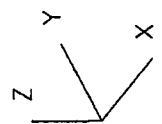
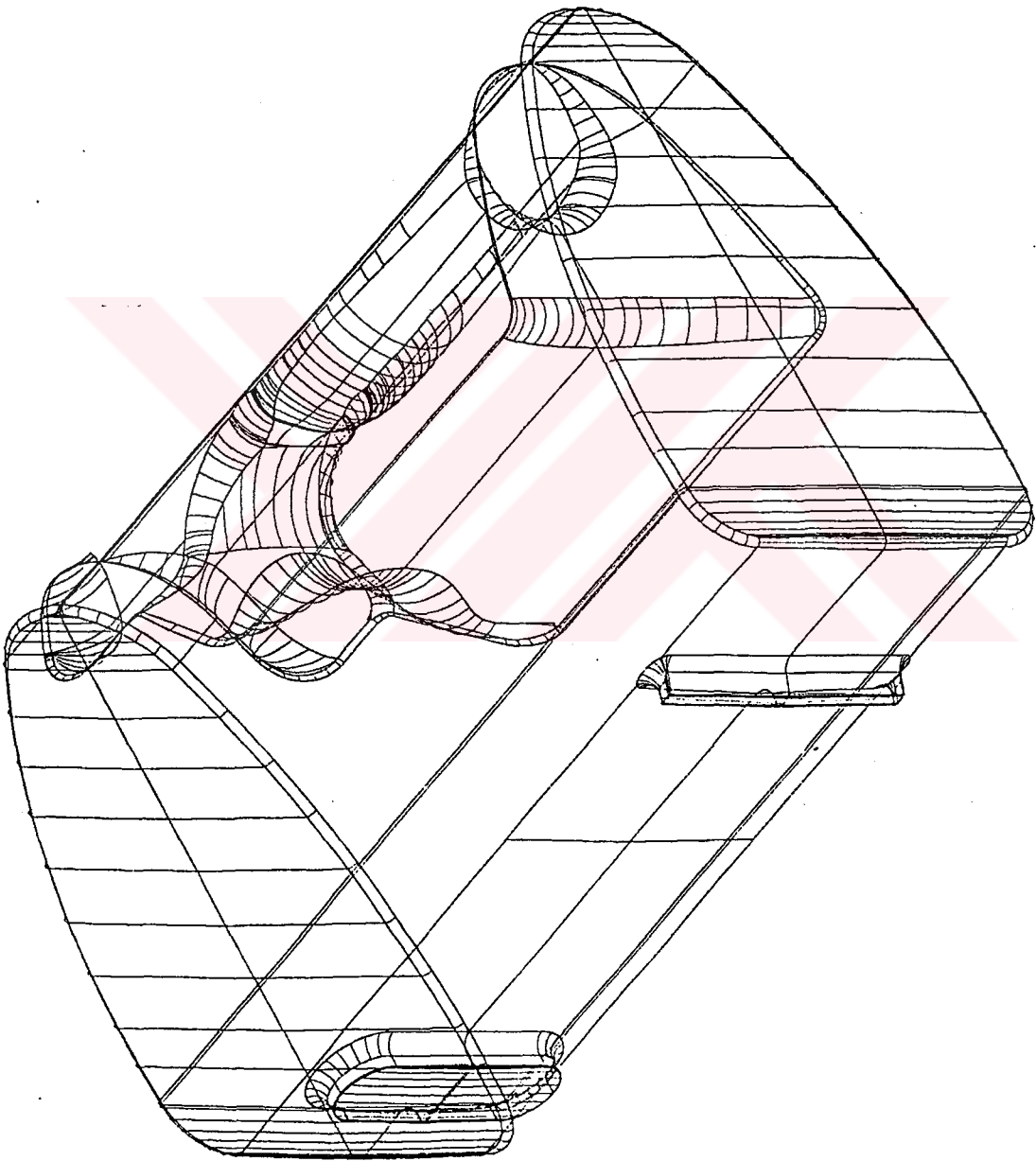


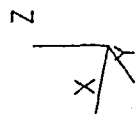
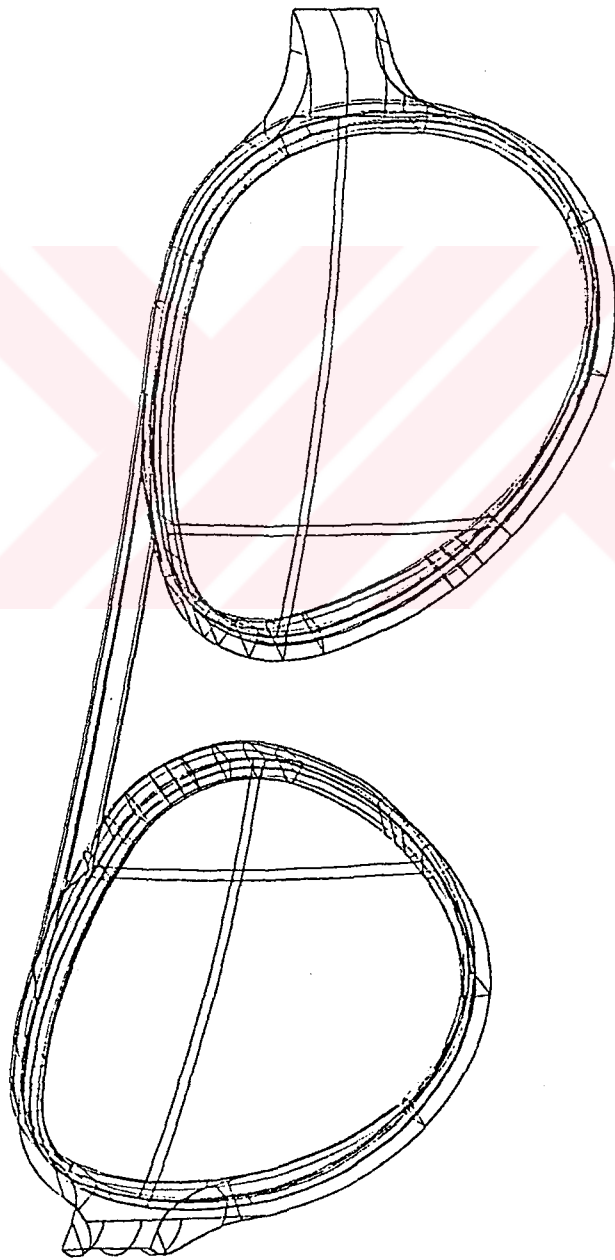


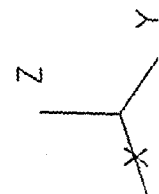
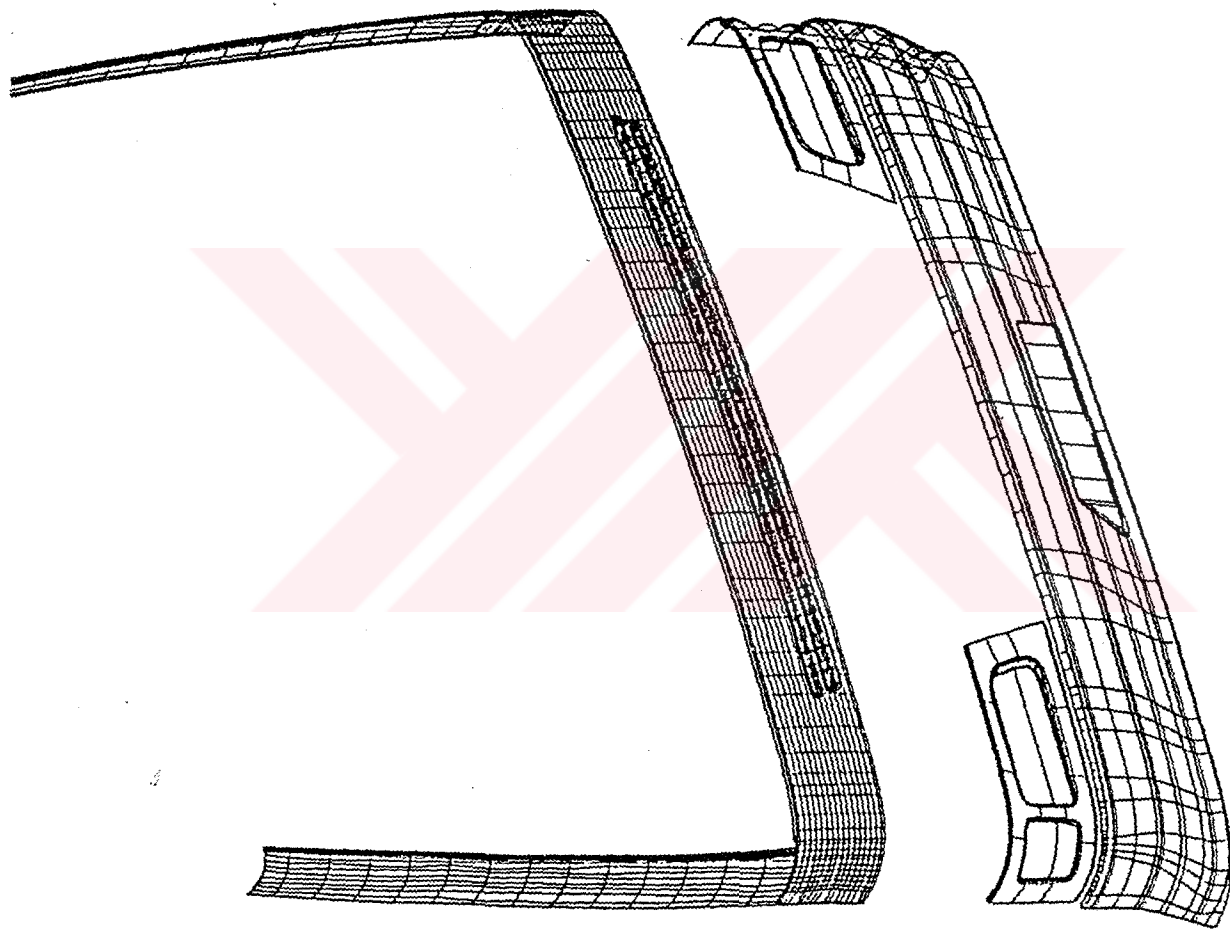












4.2. CATIA CAD/CAM Sistemi

CATIA Yüzey Modelleme Yazılımı,Dünya CAD/CAM endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir paket programdır. CATIA' a yazılımı, yüzey modelleme esaslarına göre çalışan temel olarak eğri ve bu eğrilerden yüzey oluşturma metodlarını uygulayan bir sistemdir. CATIA programı yapı itibarı ile Workstation denilen iş istasyonlarında çalışmakta olup, kompleks 3D parçalarının iş istasyonlarında yüzeylerinin modellenmesi ve CAM modülü ile bu yüzeyleri işleyen takım yollarının yaratılarak, CNC tezgahlara NC kod üretmek için geliştirilmiştir.

CATIA modelleme yazılımı ile çok basit parçalardan çok karmaşık parçalara kadar bir çok modelin elde edilmesi aşağıda sıralanan fonksiyonlarla ifade edilir. Şekil 4.1 ' de bu fonksiyonları kullanarak CATIA ortamında elde edilmiş uçak modeli görülmektedir.

*Eğriler ile alakalı fonksiyonlar

(ARC - SPLINE - SPLINE2 - CURVE1 - CURVE2)

*Yüzeyler ile alakalı fonksiyonlar

(PATCH - SURF1 - NET1)

Yukarıda belirtilen fonksiyonlar kısaca aşağıda açıklanmıştır;

CURVE 2 (2D/3D) Hesaplanan eğriler.Daire,elips,paralel eğriler v.b.

CURVE1 (3D) Yüzey tanımlama için matematiksel bloklardan hesaplanan eğriler
(Kesişimler,sınırlar,isoparemetrikler v.b.)

ARC İnterpolasyon eğriler.

1-15 dereceli tek bir polinomdan tanımlanan basit eğri elemanı

Bu fonksiyon aynı zamanda eğrilerin şeklini değiştirmek için kullanılır.

Karşılık gelen yüzey fonksiyonu : PATCH

SPLINE Tanjant ve kavis şartlarında süreklilik sağlayan birden fazla 5.derecedeki arc'lar yardımı ile tanımlanan interpolasyon eğrileridir.

Bu eğrinin esas kullanılışı şekillerin düzeltilmesidir. Örneğin tarama işlemi esnasında eğrilerin düzeltilmesi.

SPLINE2 Tanjant ve kavis şartlarında süreklilik sağlayan birden fazla 5.derecedeki arc'lar yardımı ile tanımlanan interpolasyon eğrileridir.

-Eğri (Curve) Spline'dan daha esnektir.

-Bu eğrinin esas kullanılışı şekillerin tasarımı,ağlar üzerinde çalışma yap-maktır.

SURF1 -Silindir, küre, ruled yüzeyler gibi temel yüzeylerdir.

PATCH Mevcut tanjant şartlarına uyan ve arc'ların oluşturduğu ağlardan geçen yüzeylerdir.

-Derecesi 1-15 arasında olan biparametrik polinomlar ile tanımlanırlar.

-Aynı zamanda yüzeylerin şeklini değiştirmek için de kullanılırlar.

Karşılık gelen eğri fonksiyonu : ARC.

NET1 Noktaların oluşturduğu ağ'lardan (CST, eğriler veya Spline2 eğriler) oluşan yüzeylerdir.

-Spline2' de olduğu gibi isoparametriklerin hesaplanması için algoritma kullanılır.

-Birçok şekil değiştirme kapasitelerine sahiptir.

-Ayarlanabilen şartları düzgünleştirmek için kullanılabilir.

-Esas kullanım alanları :

*Şekillerin tasarımı,

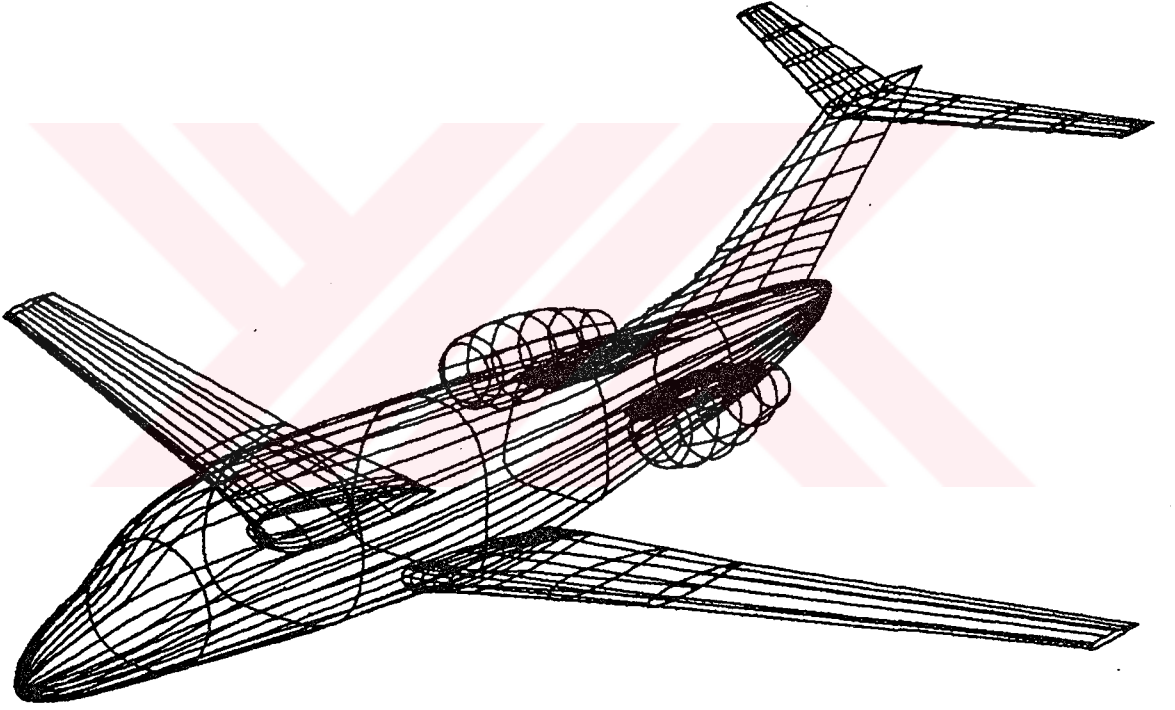
*Nokta kümelerinden geçen yüzey oluşturma,

*Karmaşık birleştirme yüzeylerini oluşturma,

*Yüzeylerin şekillerini değiştirme.

Eğrileri tanımlama ve onlarla çalışma herhangi bir projenin ana safhasını oluşturmaktadır. Ancak iyi ve istenen kalitede yüzey oluşturma doğru olarak tanımlanmış eğriler üzerine kurulmuştur.

Burada CATIA' nın hesapladığı (içerdği) eğrilerin ana çeşitleri incelenecektir. Bu incelemeler sonucunda karmaşık eğriler ve yüzeylerin hesaplanmasında CATIA algoritmalarının gücü görülecektir.



Şekil 4.1 CATIA sisteminde elde edilmiş uçak modeli

4.2.1. Catia Sisteminde Eğri Çeşitleri

Eğri tipi elemanlar, 1 ile 15 derecede polinom eşitliklerinin kullanarak bir çok birleşen eğrilerin matematiksel olarak hesaplanmasından ibaretir. Bu eşitlikler parametrikdir.

Burada iki çeşit eğri tipi vardır.

- Uzayda izole edilmiş eğriler (3 boyutlu)
- Bir yüzey üzerinde bulunan eğriler (2 boyutlu)

Eğrilerin tanımı, ilgili yüzeylerin şekline bağlıdır.

Eğriler üç methodla elde edilebilmektedir.

4.2.1.1. Hesaplanan Eğriler

Bu iki durumda olabilir.

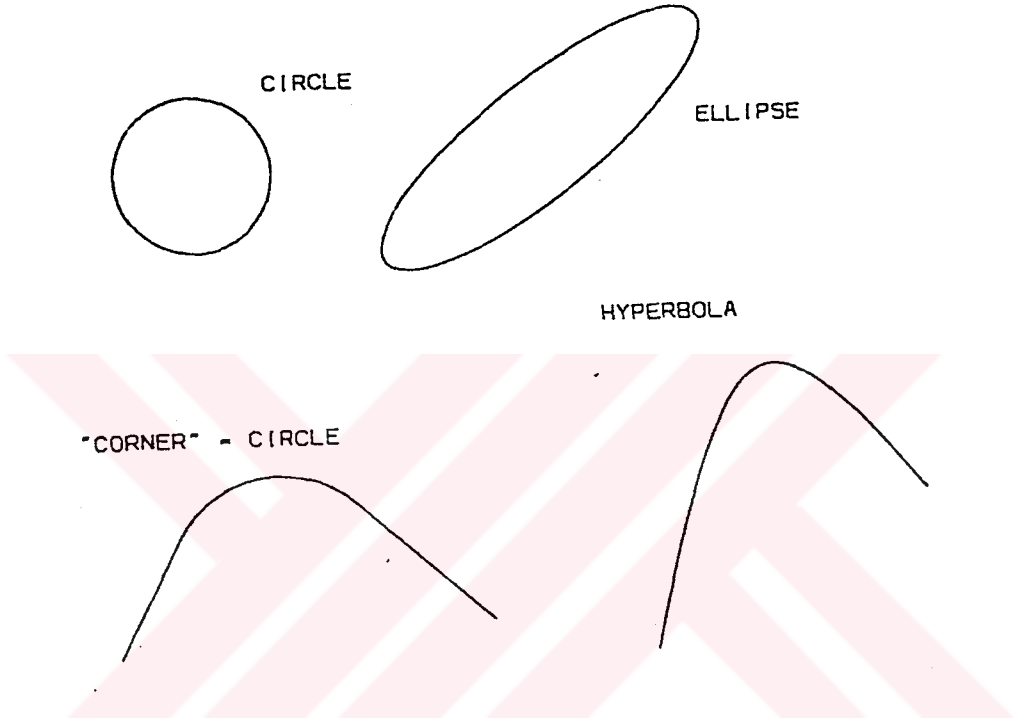
- Eğriler kanonic yapıları ile tanımlanır.(Şekil 4.2)

(Daireler - elipsler - parabolleler - hiperbollar)

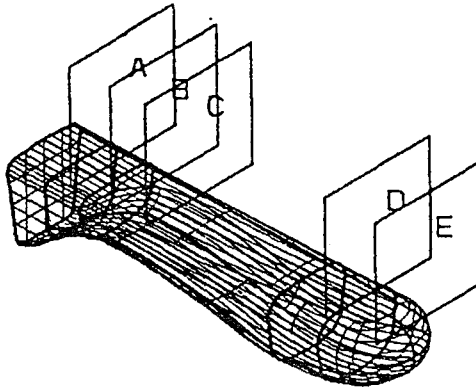
Bu eğriler CATIA içinde CURVE2 fonksiyonu ile elde edilmektedir.

Eğriler tolerans limitleri dahilinde diğer elemanlardan matematiksel bloklar içinde hesaplamalar ile tanımlanır.

Bu eğriler CURVE1 ve CURVE2 fonksiyonları ile elde edilmektedir. Bunlar temelde topolojik durumlarını elde etmek için kullanılmaktadır.



Şekil 4.2. Canonic yapıları ile tanımlanan eğriler



Şekil 4.3. İki yüzeyin kesişiminden elde edilen eğri.

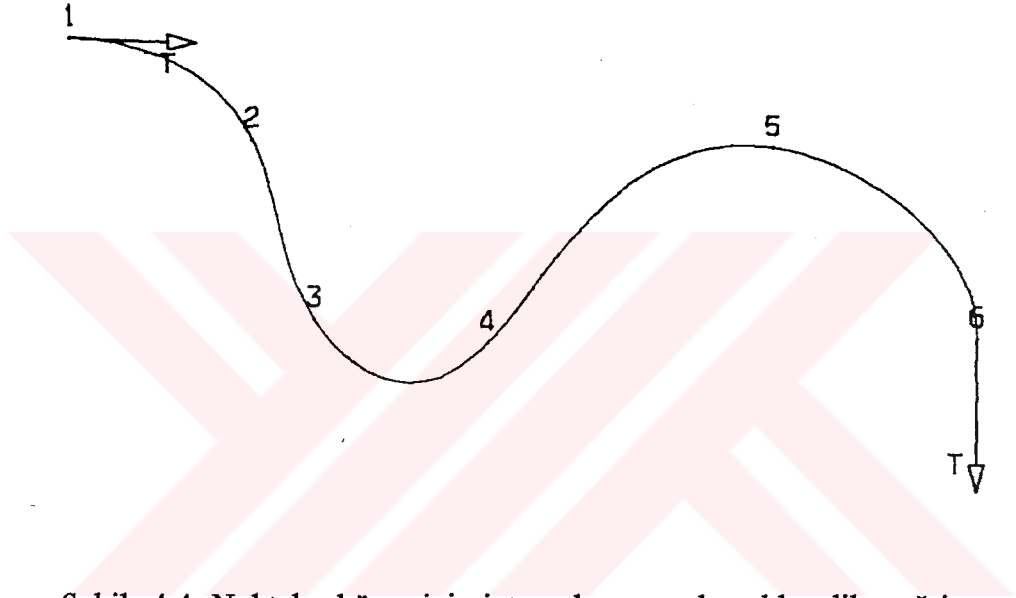
4.2.1.2. Oluşturulan Eğriler

Bu eğriler, birbirlerine tanjant ve kavisli şartlarda olan noktalar serisinin interpolasyonu ile tanımlanır. Bu ayarlanan şartlar setine constraint (sınırlı) eleman denir. (Şekil 4.4.)

Bu tür eğriler CATIA' da şu komutlar (hiyonlar) dizisi ile elde edilir.

ARC - SPLINE - SPLINE2 - CURVE2 (PTS - CST)

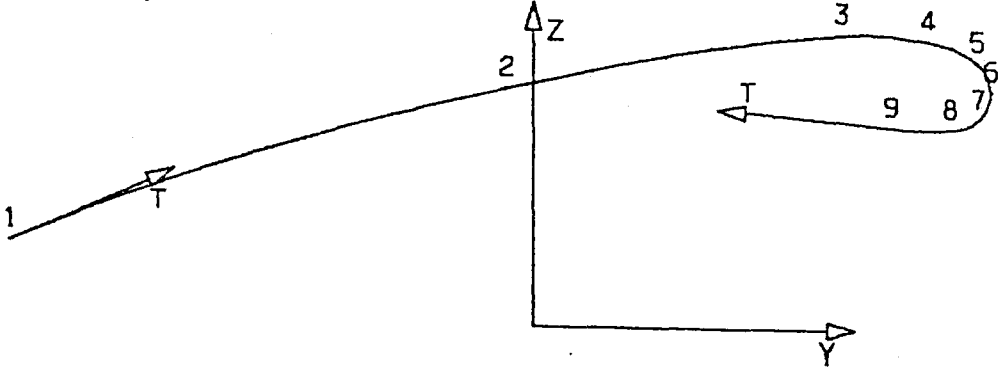
Bu eğri tipleri genellikle karmaşık yüzeylerin oluşturulmasında kullanılmaktadır.



Şekil 4.4. Noktalar kümesinin interpolasyonundan elde edilen eğri

4.2.1.3. Constraint (Kontrol,Sınır) Eleman

- Bu eleman eğrilerin interpolasyonunu oluşturmak için kullanılır.
- Bu CATIA' ya ait özel bir eleman olup, kısaltılmış olarak CST ile gösterilir.
- CST elemanı CATIA programında CREATE komutu altın ARC, SPLINE ve SPLINE2 VE LIMITS - SPACES komutlarının altında POINT fonksiyonu ile tanımlanır.
- Bu eleman, eğriyi oluşturan(ARC fonksiyonunu kullanarak) noktalar serisini karşılaştırır. Eğri üzerindeki tanjant ve kavisli geçişler kilitlenebilir.(Şekil 4.5.)



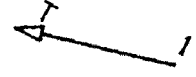
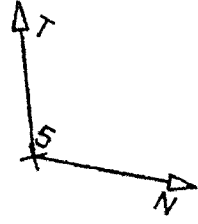
Şekil 4.5. ARC fonksiyonu ile elde edilen eğri

- İnterpolasyon fonksiyonlarının birisi altında tanımlanan constraint eleman başka bir fonksiyon içinde kullanılabilir.
- Constraint elemanın sınır noktaları CATIA programında LIMITS komutunun altında POINT fonksiyonu ile oluşturulabilir.

4.2.1.3.1. Grafik Tanımlama

Constraint eleman grafik semboller serisi ile sunulmaktadır. (Şekil 4.6.)

- 1 • Noktanın seri içindeki numarası ile birlikte sembolü
- 1 + Görevlendirilen nokta sembolü (eğri noktadan geçmek zorundadır.)
- 1 —> Bu noktada eğri üzerinde empoze edilen tanjantlığın yönünü gösteren sembol.
- 1 x Bu noktada eğri üzerinde empoze edilen kavis yarıçapının sembolü
- 1 —> Bir noktaya birleşen semboller.

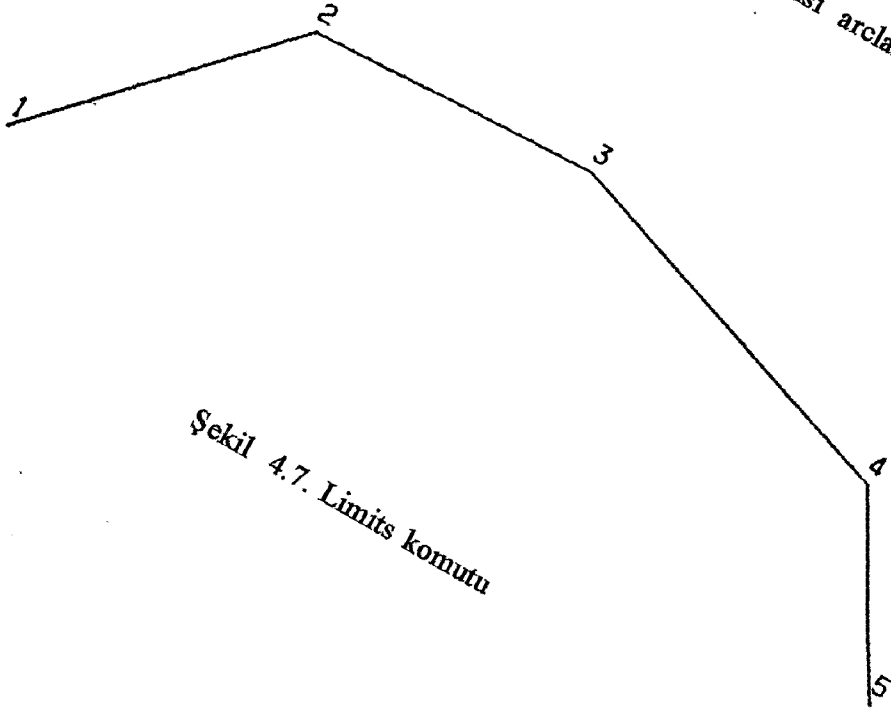


N.

4.2.1.3.2. Nokta Fonksiyonunda Constraint Elemanı
Limits Komutu (Şekil 4.7.)

Şekil 4.6. Grafik Semboller

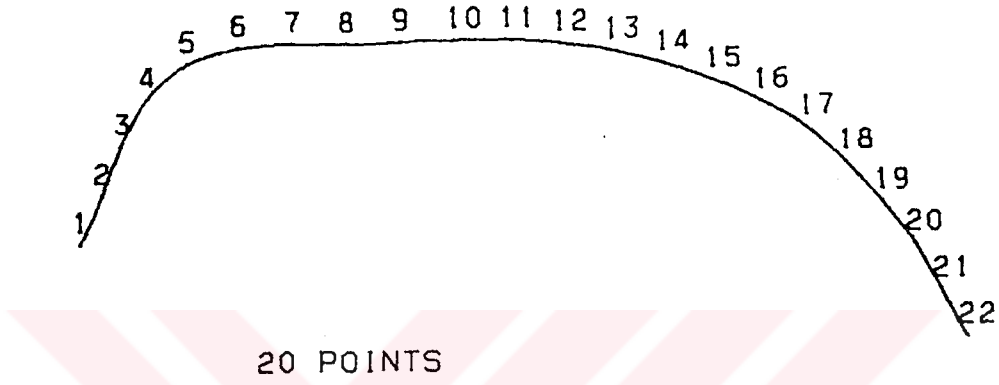
Constraint elemanın noktaları çoklu arc eğrisi arclarının sınırları üzerinde oluşturulur.



Şekil 4.7. Limits komutu

Spaces Komutu (Şekil 4.8.)

Constraint elemanının noktaları bir doğru veya eğri boyunca düzenli olarak yapılmıştır. Yapılış özellikleri, eşit uzaklıktaki noktalar için aynıdır.

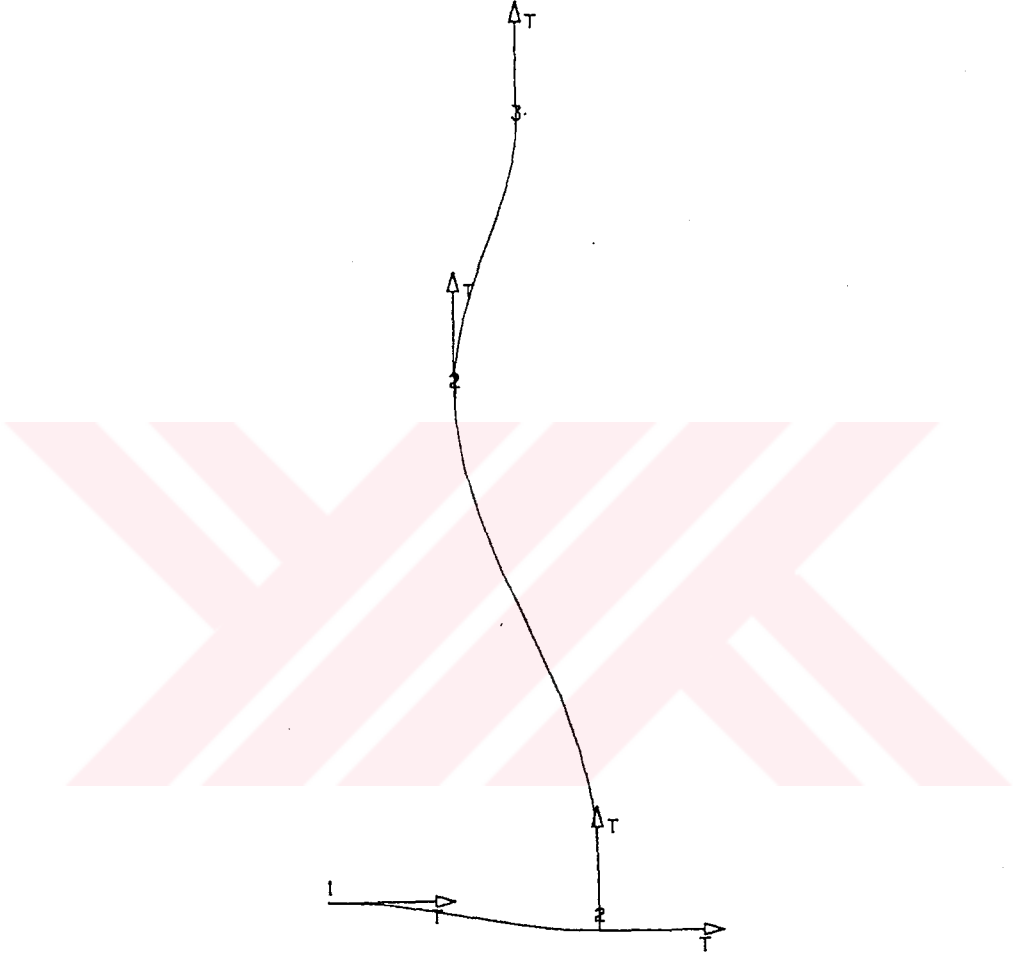


ŞEKİL 4.8. Spaces komutu ile elde edilen eğri

4.2.1.3.3. Arc, Spline ve Spline2 Fonksiyonlarında Constraint Eleman

- Constraint eleman, bu fonksiyonların CREATE komutu altında tanımlanır.
- Constraint elemanı içeren herhangi bir etkileşim aktif nokta olarak tariflenen bir nokta üzerinde odaklanır.
- Aktif nokta ışıklı olarak görünür.
- Aktif nokta;
- Son nokta oluşturulabilir veya modifiye edilebilir.
- Son noktadan önceki nokta silinebilir.
- Aktif nokta değiştirilebilir.
- Sembolü seçerek.
- Numarasını belirterek.

4.2.1.4. Arc



Şekil 4.9.Catia sisteminde arc tanımlama

Catia' da arc fonksiyonu 2 ve 3 boyutlu ortamda " acs " olarak tanımlanan eğri-leri oluşturmak,şeklini değiştirmek,benzetmek veya optime etmek için kullanılır. Şekil 4.9' da oluşturulan arc görülmektedir.

Arc'lar çeşitli yollarla oluşturulabilir :

- Sınırlı nokta serilerinin interpolasyonu ile (tanjant ve kesinlik şartları sağlanmış

- Mevcut arc'ın şeklini değiştirme ile,
- Herhangi mevcut eğri üzerine yaklaşım ile,

Interpolasyon uygulanırken, constraint eleman (CSF) tanımlanmış olmalıdır. Her noktanın koordinatları ve tanjantların açı değerleri , kavisliğin yarıçapı alfanümerik ekranda görüntülenir.

Arc Tanımlama

Arclar derecesi 1 ila 15 arasında olan tek bir polinom eşitliği ile tanımlanır. Constraint eleman ve derece ile belirlenmiş şartlara bağlı olarak arc, az veya çok yakınlıkta teorik tanımlamaya uyacaktır.

Arc Eğrilerinin Amacı

-Arc' lar patch olarak adlandırılan yüzeylerin oluşturulmasında kullanılabilirler. Bir patch aynı zamanda 1-15 derece arasında polinom eşitliği ile tanımlanır (U ve V içinde biparametrik olarak). Patch' ler arc serilerinden geçen yüzey interpolasyonu olarak tanımlanabilir.

-Arc fonksiyonu aynı zamanda tel kafes (wire frame) içinde küçük iyileştirme yapmak için arc' ların şeklini değiştirme amacıyla kullanılabilir.

Arc Tipleri

Burada birçok arc çeşidi vardır. Bunlar,

- A Tipi 3D uzayda oluşturulmuş serbest arc'lar
- B Tipi 2D uzayda oluşturulmuş serbest arc'lar
- C Tipi Yüzey üzerinde oluşturulmuş serbest arc'lar.

NOT:

- C arc tipinde, eğri ancak yüzey tek bir patch' den yapılmış ise hesaplanır.
- Yüzeyin ve derecenin karmaşıklığına bağlı olarak,program çoklu arc (C Tipi) eğrisi oluşturabilir.

4.2.2. Catia Sisteminde Yüzey Tanımlama

-Yüzey tipi elemanlar, uzayda çeşitli karmaşıklığıdaki parçaların tanımlanması için kullanılır.

-Çoğu durumlarda eğriler yüzey tanımlarken kullanılır. Bu nedenle ,yüzeyler tel-kafes tanımlama işleminden sonra oluşturulur.

-Yüzler (faces),yüzeyler (surfaces) üzerine konur. Yüzler bir parçanın hacmini tam olarak tanımlamak için kullanılır. En sonunda işleme programı hazırlanacak alanı belirler.

-Daha önceden de belirtildiği gibi eğri bir veya birden fazla arc' lardan oluşmaktadır. Benzer şekilde, yüzeyler bir veya birçok bitişik patch'ler yardımıyla tanımlanabilir. Patch' ler U veya V boyunca parametrik polinomlardan hesaplanmaktadır. Bu polinomların derecesi 1-15 arasında olabilir.

-CATIA çok geniş fonksiyonlar serisi ile yüzey tanımlama imkanı tanımaktadır. Bu fonksiyonlar aşağıda verilmiştir.

PATCH
SURF1
SURF2
BSURF
NET1
NET2
DEVELOP

Yukarıda sıralanan yüzey tanımlama fonksiyonları sadece 3D yüzeyler için geçerlidir.

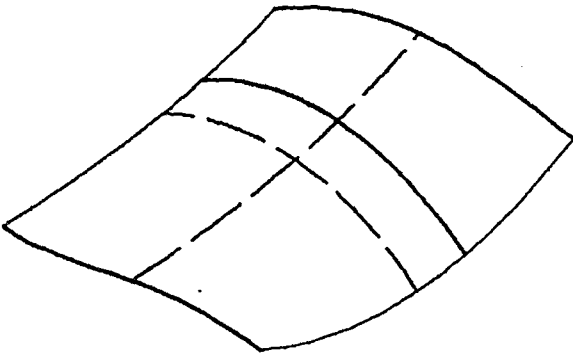
4.2.2.1. Tek Bir Patch İle Tanımlanan Yüzeyler (Patch)

Patch fonksiyonu matematiksel olarak tek bir polinom kullanarak yüzey hesaplamak için kullanılır.

Bu çeşitli yollarla elde edilebilir:

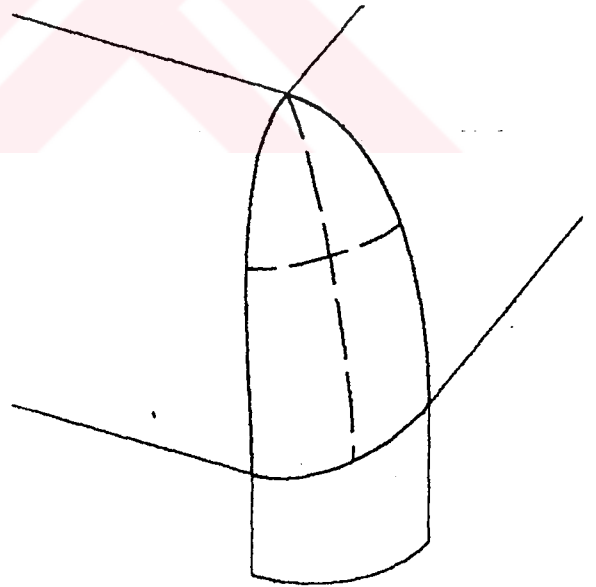
- Arc' ların interpolasyonu ile (Şekil 4.10.)
- Mevcut PATCH'in şeklini değiştirerek
- Çoklu-arc yüzeylerini tek arc yüzeylerine yaklaştırarak
- Kapalı bir sahayı doldurarak (Şekil 4.11.)

Arc ağının interpolasyonu esnasında tanjantlık şartları eklenebilir. CATIA' daki DEFORM komutu ile patch'lerin şeklini değiştirmek için kullanılır, örneğin patch' in diğer yüzeyleri tanjant sürekliliğini elde etmek.



Şekil 4.10

Arcların interpolasyonu ile
elde edilen patch



FILL SURFACE

Şekil 4.11

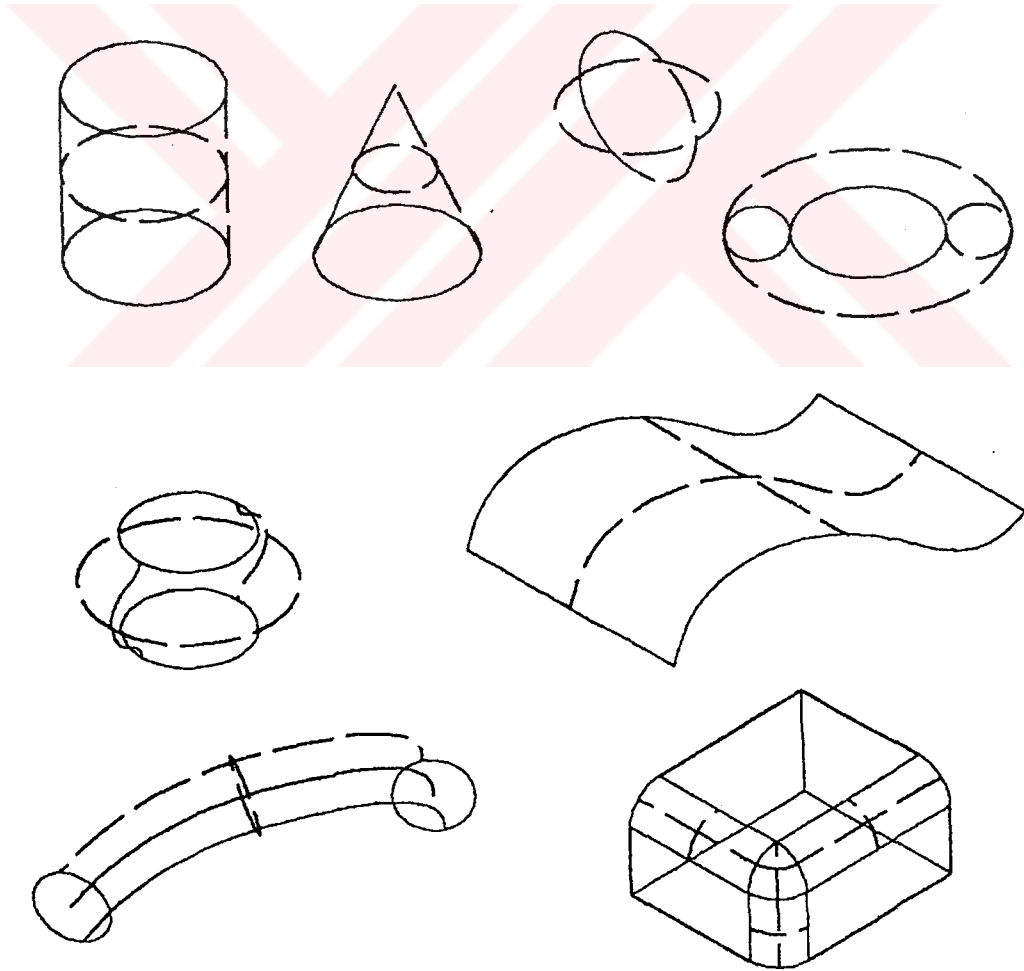
Kapalı sahayı doldurarak
elde edilen patch

Interpolasyon durumunda, kontrol elemanı tanımlanmalıdır. Bu kontrol elemanı arc' lardan, segmentlerden veya noktalardan oluşabilir.

Patch, U ve V boyunca iki parametrelili polinom yardımıyla elde edilen bir yüzeydir. Polinomun derecesi 1-15 olabilir.

Benzer eşitlik, arclar ile eğriler arasındaki gibi patch ile yüzeyler arasında yapılabilir.

Patch fonksiyonu kompleks yüzeyleri oluşturur ve temel eğrileri (arcları) kontrol eder. Bu fonksiyon, birleşme yüzeyleri, köşeleri veya belirli hipotezi üzerine kurulmuş yüzeyler gibi zor yüzeyleri oluşturur. Aynı zamanda, patch' lerin şeklini değiştirerek yaygın sınırları ve diğer yüzeylerle tanjantlığın devamını sağlamak için geniş olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4.12 Surf 1 fonksiyonu ile elde edilen basit şekiller

4.2.2.2. Basit Yüzeyler (SURF1)

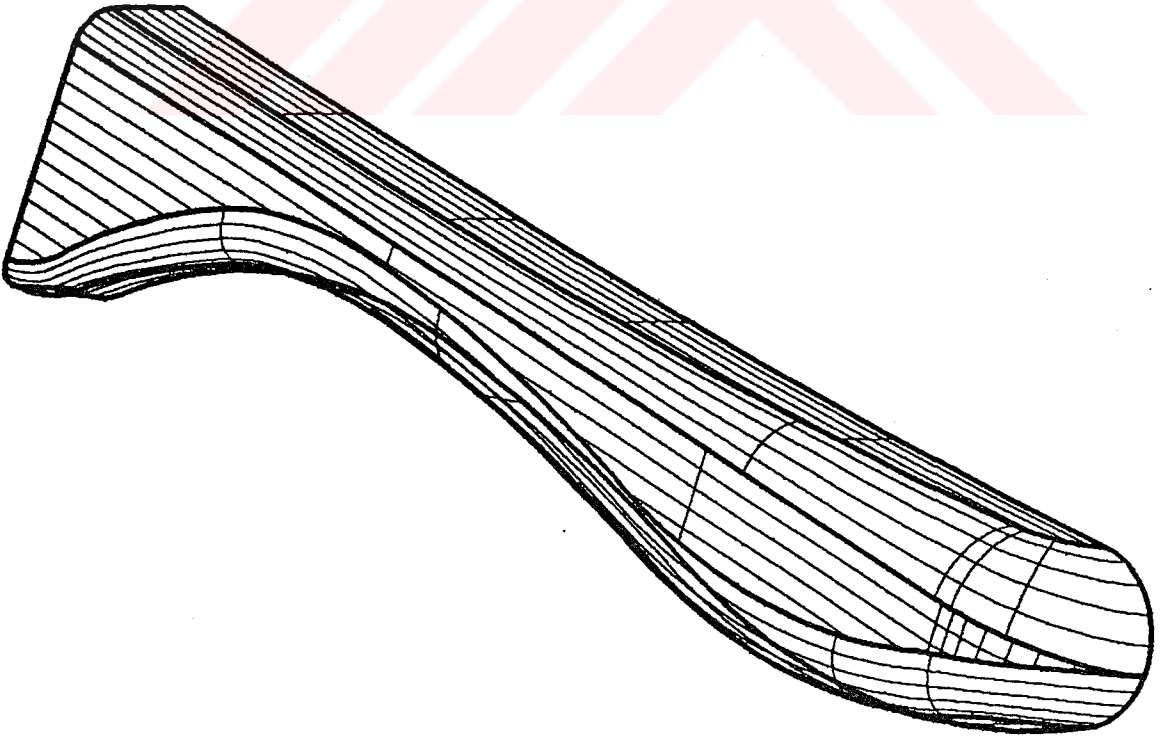
SURF1 fonksiyonu Şekil 4.12.' de gösterilen basit şekillerin eldesi için kullanılır.

- Konik yüzeyler (silindir, koni, halka, küre vb.)
- Ruled yüzeyler
- Boru (pipe)
- İki veya üç düzlem arasında yüzeyleri birleştirme.

4.2.2.3. Değiştirilip Geliştirilebilen Yüzeyler (Evolutive surfaces) (SURF2)

Geliştirilebilen yüzeyler, çeşitli düzlemlerde oluşturulan eğrilerin taşınması ve şeklinin değiştirilmesi ile elde edilirler. Oluşturulan eğriler (segmentler, konikler veya düzlemsel eğrilerin herhangi bir çeşidi olabilir.)

Yol gösteren eğriler (sınır eğrileri, geçiş eğrileri vb.) ve tanımlama parametreleri (uzunluk, radyus, açı vb.) bu yüzeylerin oluşturulmasına rehberlik etmesi için kullanılır.



ŞEKİL 4.13. Evolutive yüzey

CATIA programı aynı zamanda, iki yüzeye tanjant olan dairesel geliştirme eğiler ile birleştirme yüzeylerinin hesaplanmasına imkan tanır.

Bu yüzeylerin radyusları sabit veya ayarlanabilir (LAW) olabilir.

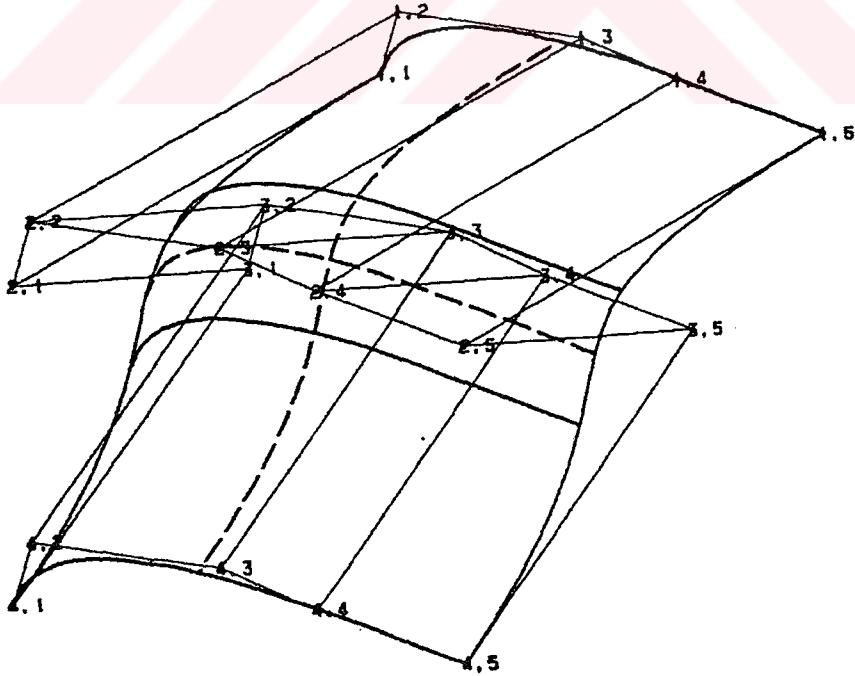
Bu fonksiyon ileri derecede yüzey oluşturma çalışmalarında kullanılmaktadır.

Şekil 4.13.'de Evolutive yüzeye bir örnek verilmiştir.

4.2.2.4 B-Surf Tip Yüzeyler (Bsurf)

BSURF fonksiyonu, bspline eğiler serisi vasıtası ile yüzeylerin oluşturulması için kullanılır.

"bspline" ve "bsurf" yüzeyler olarak adlandırılan yüzeyler belirli ihtiyaçlara cevap verecek şekilde kolayca değiştirilebilir. Bu özellikler, özellikle doğru tasarım uygulanan çalışmalara iyi uymakta olup iş için daha uygun olan yolu teşvik etmektedir. Şekil 4.14.'te de gösterildiği gibi "bsurf" yüzey şekli bozulabilen kontrol poligonunu kontrol imkanı tanır.



Şekil 4.14. B-surf tip yüzey

4.2.2.5. Kafes (Grid) Yüzeyler (Net1, Net2)

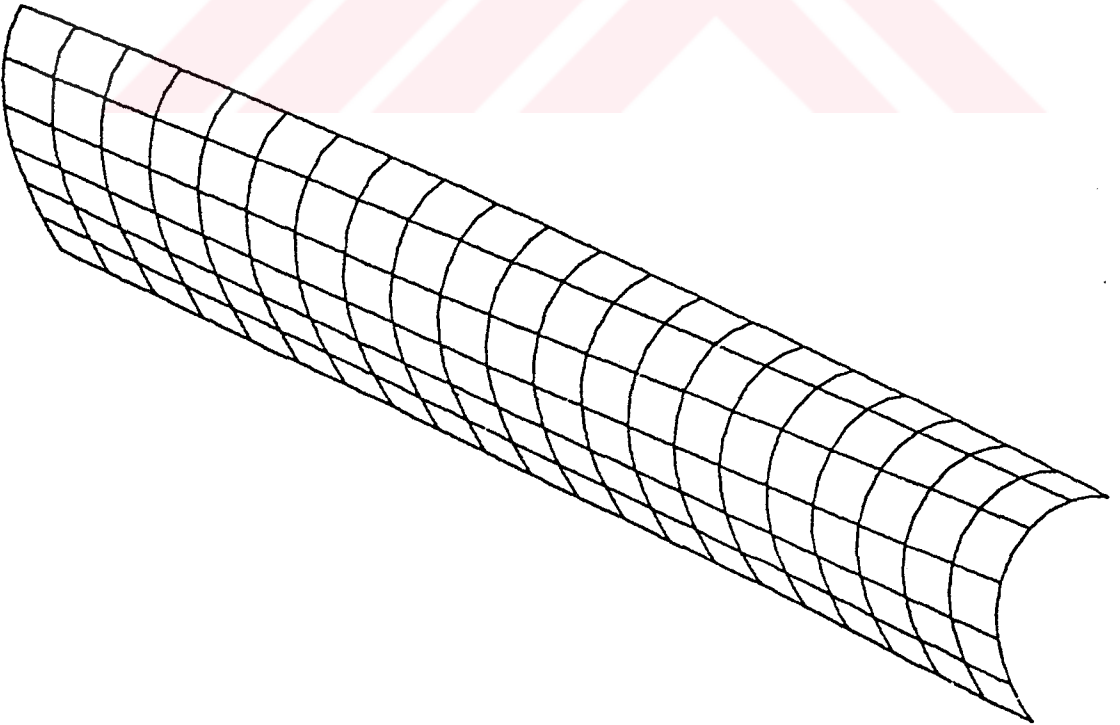
Kafes yüzey, karmaşık şekillerin daha özel olarak hızlı bir şekilde tasarlanması ve sonrada kopyalanması için kullanılır.

NET1 ve NET2 fonksiyonları Şekil 4.15. ' de gösterildiği gibi muhtemelen belirlenen tanjantlık ve kavislik şartlarını içeren nokta veya eğrilerin ağına geçen yüzeyleri tanımlamaya yardım eder.

Noktalar düğüm olarak adlandırılır. Yüzeyler database içinde polinomlar şeklinde olmayıp aşağıdaki şekillerde saklanır;

- Düğüm koordinatları,
- U ve V boyunca tanjantların doğrultuları,
- U ve V yönünde kavis radyuslarının değerleri

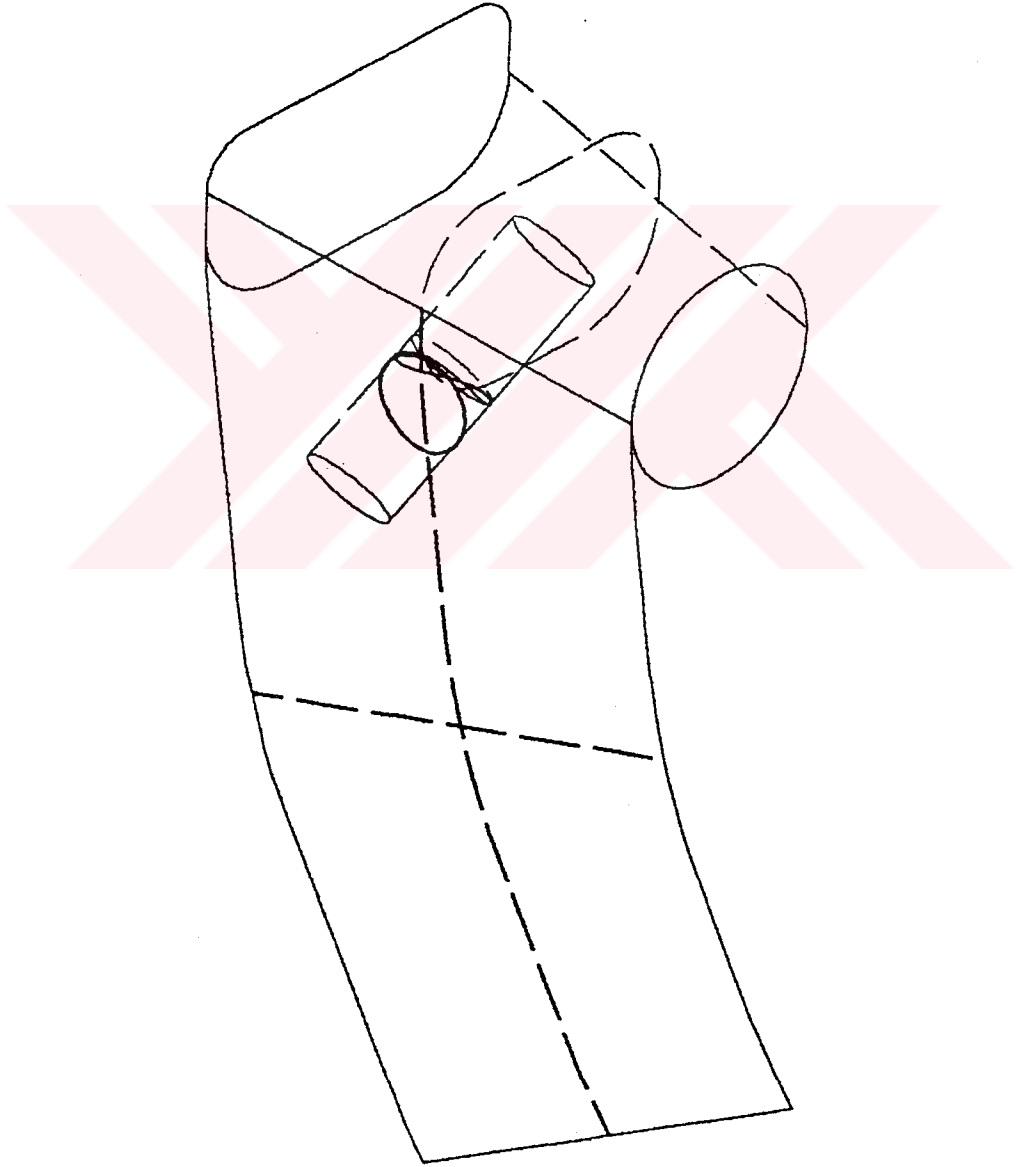
Bir ağ, yukarıda listelenen dataların herhangi birisi ile oynayarak şekli değiştirilebilir.



Şekil 4.15. Kafes (Grid) yüzey

4.2.2.2.6. Açma (Develop) Fonksiyonu

Bu fonksiyon iki eğriden geçen açılabilir yüzeyleri tanımlamak için kullanılır. Bu fonksiyon aynı zamanda ruled yüzeylerin şeklini değiştirerek veya değiştirmeden düzleştirmek için kullanılmaktadır. Şekil 4.16. ' da gösterildiği gibi bu yüzeyler üzerinde bulunan herhangi eğri ve yüzeyler dzleştirilebilir. Bu fonksiyon çoğunlukla sa metal işlerinde kullanılır.



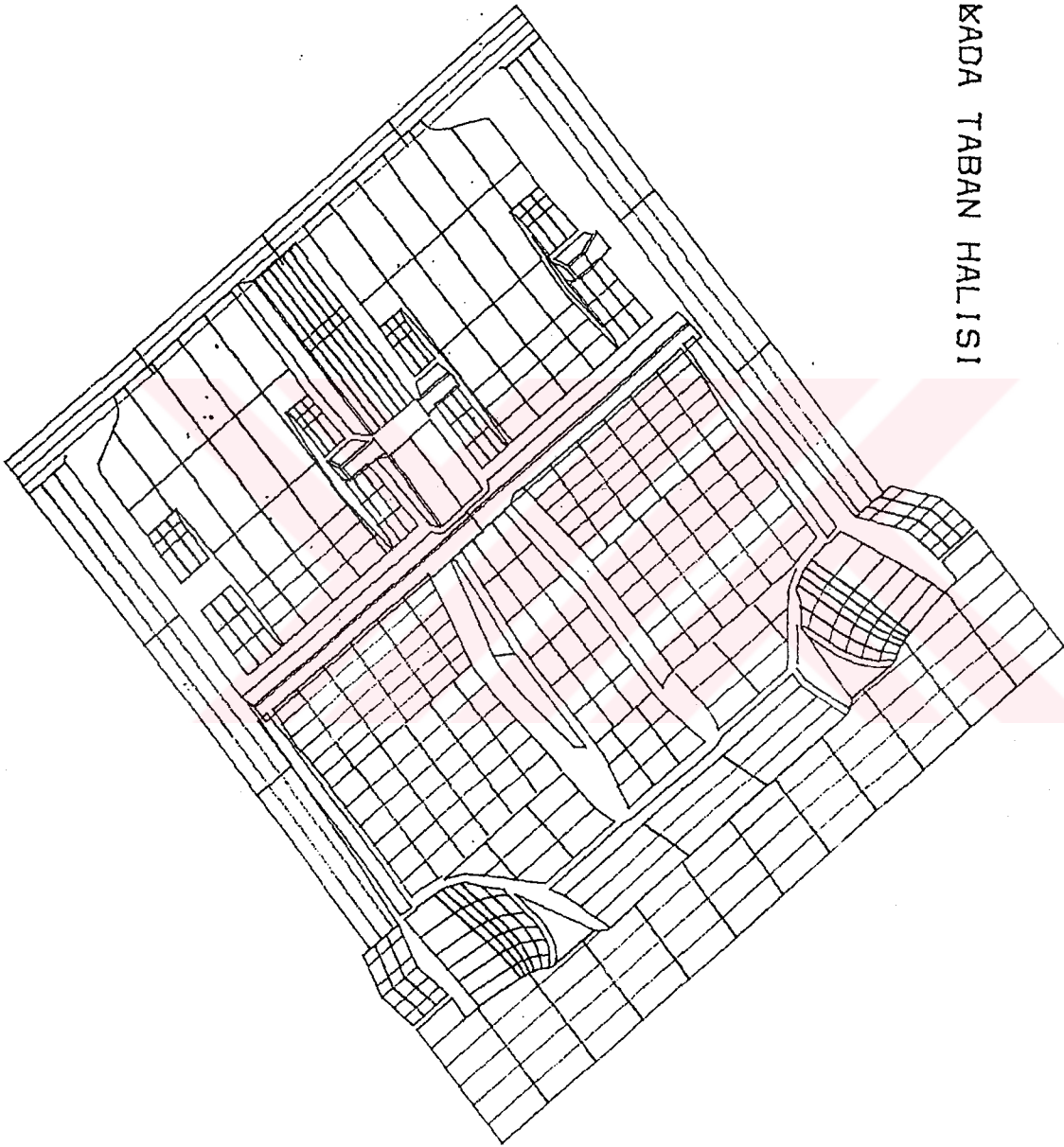
Şekil 4.16. Açma fonksiyonu uygulaması

4.2.3. CATIA Sisteminde Oluşturulmuş Modelleme rnekleri

CATIA CAD/CAM Sisteminde oluşturulmuş yüzey modelleme örnekleri sunulmuştur. Bu modeller CNC takım tezgahlarında işlenmiştir.

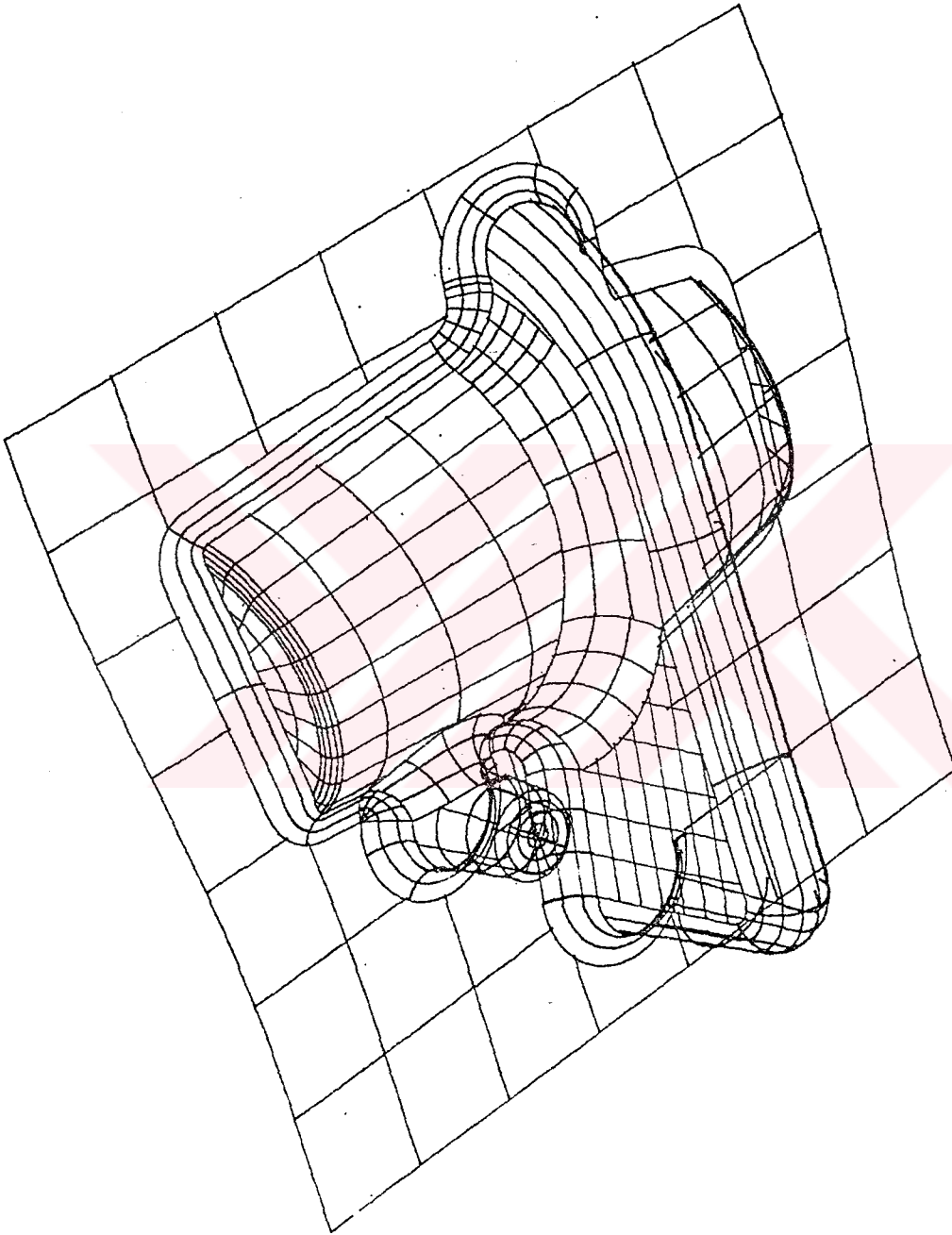


KADA TABAN HALISI

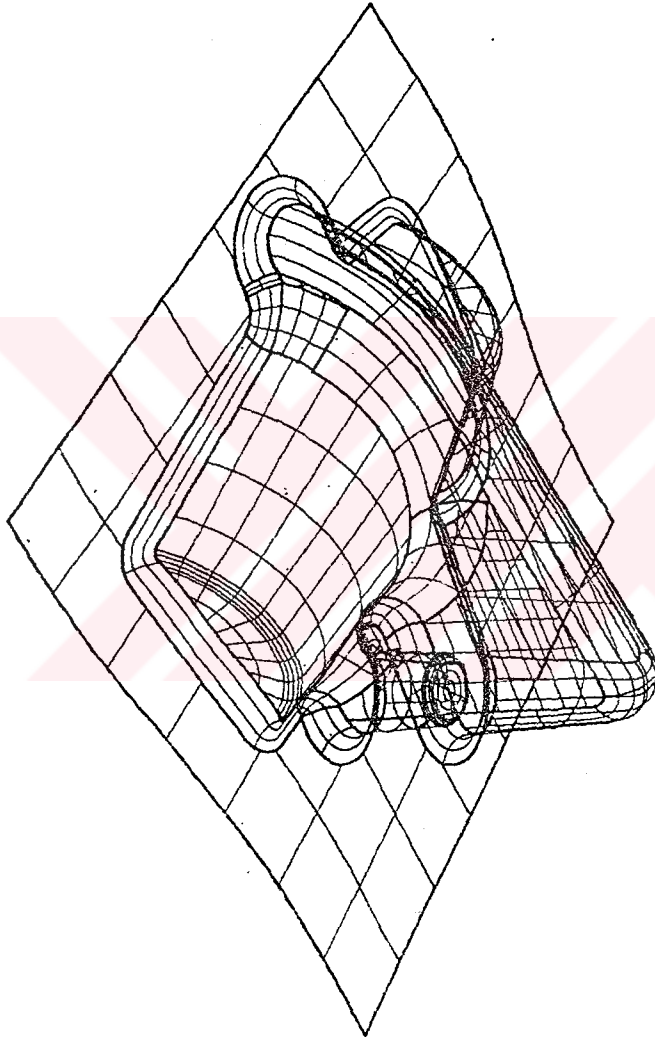


*** IBM/CATIA ***

125

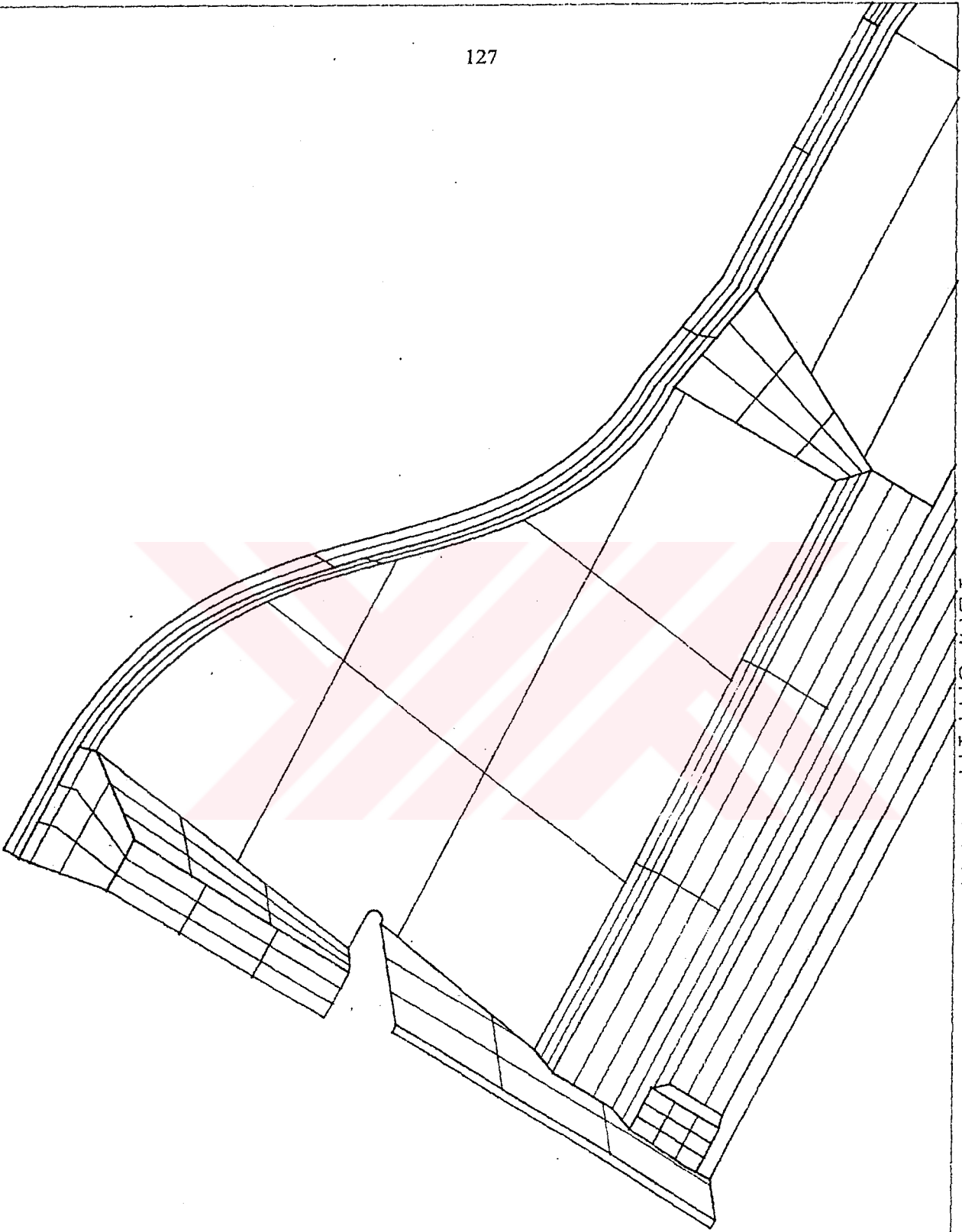


*** IBM/CATIA ***

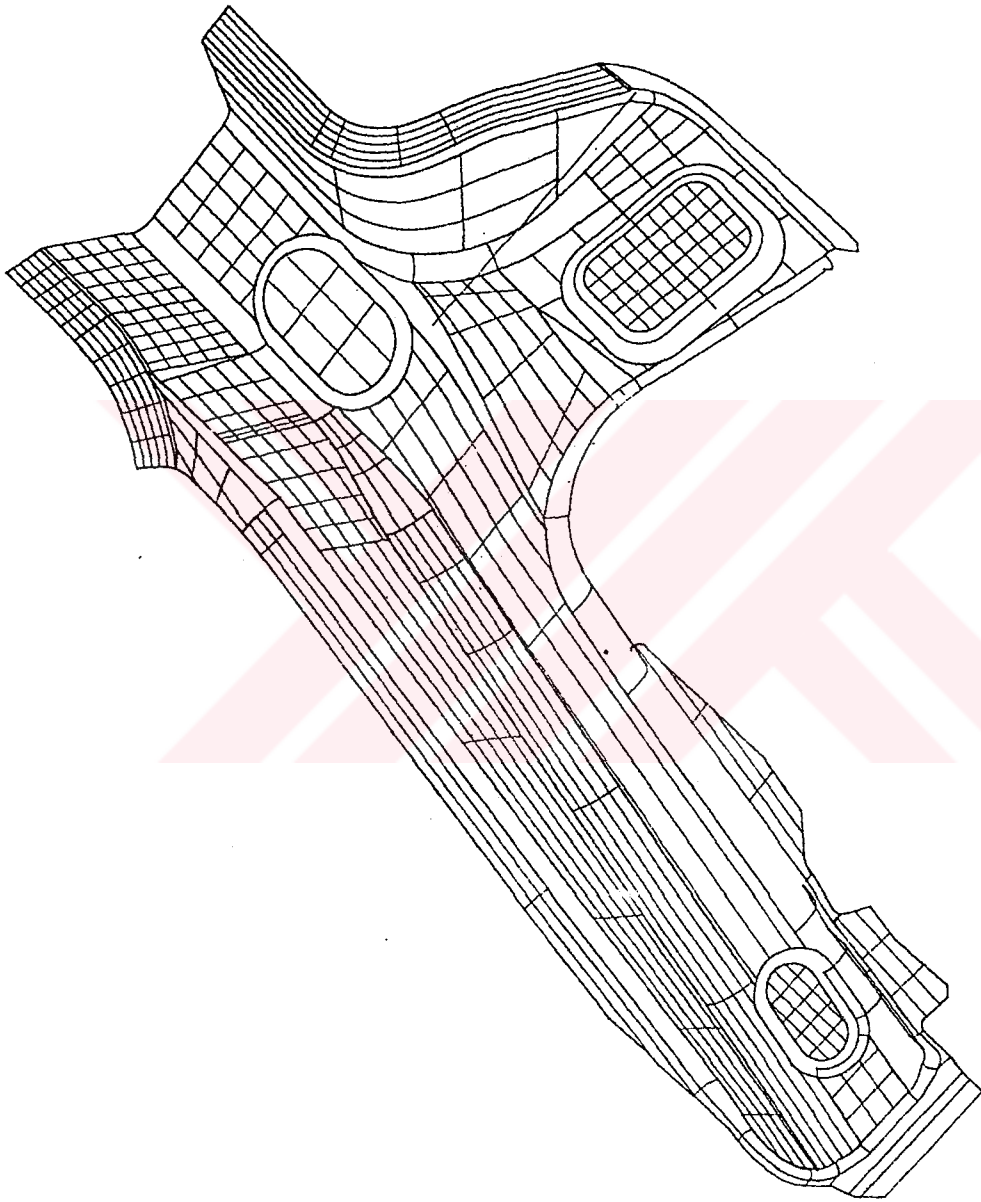


*** IBM/CATIA ***

127



*** IBM/CATIA ***



*** IBM/CATIA ***

4.3. Smartcam CNC Proses Modelleme Sistemi

Teknolojideki hızlı değişikler,bizlere bir çok konuda olduğu gibi bilgisayar grafiklerinde de ilerleme imkanı sağlamıştır.Bilgisayardaki yeni gelişmeler imalat çevresini de etkilemiştir.En iyi CAM sistemleri ile kullanıcı interface'i doğru grafiklere yönelmiştir.Ekran görüntüsü,metal veya diğer malzemelerden yapılan parçaların kesimi için ana prosesi elde etmek veya modife etmek için kullanılabilir.CAM yazılımındaki en iyi adım CNC Proses modellemedir (Takım Yolunun Modellenmesi).Bu sistem kısaca modelleme kavramlarının prosese uygulaması olarak tanımlanabilir.

CNC proses modelleme hala binlerce firmaya verimliliklerini arttırma konusunda yardımcı olmaktadır.Geleneksel olarak bazı özel parçalar,önceden hazırlanmış planlara göre belirli takım tezgahı için programlanmaktadır.Bu gibi durumlarda parçada herhangi bir değişiklik yapılmaya çalışıldığında oldukça zahmetli çalışmalara girmek gerekecektir.Öncelikle programcı aşağıda sözü edilen durumları daima göz önünde bulundurmak zorundadır.

- Parça sayısı
- Parçanın işlem göreceği tezgah veya tezgahlar
- Kullanılacak kesici takımlar
- Parçanın bağlama şekli ve durumu

Hatta bazen operatörün kim olacağını bile göz önüne almalıdır. İşte sayılan bu faktörlerden en az biri değiştğinde programda değişecek hatta yeni baştan yazmak zorunda kalınacaktır.CNC proses modelleme,imalat mühendisleri için yeni bir yaklaşımdır.Çünkü dizayn eden kişi aynı zamanda parçanın imalatı için modelleme esnasında imalat prosesine yönelmiş olacaktır.

4.3.1. Modelleme Ve Programlama

CNC proses modelleme ve kod üretimiyle ilgili olan diğer yaklaşımlar arasında belirgin farklılıklar mevcuttur.İlk bakışta bütün CAM sistemleri aynıymış gibi görülür. Ancak bir kaç soru yardımıyla sistemin hangi temellere dayandığını (dil veya modelleme) bulmak mümkündür.

- Tasarım esnasında takım veya malzemede kolayca ve çabuk olarak değişiklik yapılabilir mi? Takım hareketi operatörün müdehalisi olmadan otomatik olarak ve hemen tekrar sıraya konulabilir mi?
- Takım hareketi istediğinizi elde edecek şekilde kontrol edilebilir mi?
- Kod,herhangi bir işleme sırasında,herhangi bir zamanda,tüm prosesi kesmeden üretilebilir mi?
- İşleme prosesinin tümü veya bir kısmı herhangi bir zamanda gözlenebilir mi?
- İşleme prosesinin geliştirilmesi için ne gibi esnekliğe sahipsiniz?Bir görevi yerine getirirken seçeneğiniz var mı yoksa programlama sisteminin üretilmesi işlemi sınırlı mıdır?
- Tek bir sistemle bütün işlemler modellenilebilir mi? (torna, freze, pres, elektroerozyon)?
- Yeni makinaları desteklemek için ne gibi ilave yazılım satın almak gerekir ?
- Sistem CAD bilgilerini analiz ediyor ve transfer esnasında bu bilgiden otomatik olarak CNC proses modelini yaratıyor mu?
- Özel CAD sistemleri için işleme bilgileri yeniden tasarım bilgilerine dönüştürülebilir mi (kod'tan resime dönüş) ?

CNC proses modelleme ile ana gaye programlama olmayıp imalat prosesidir. Sonuç olarak "Programcılar" "CNC Proses Mühendisleri" olurlar ve çalıştıkları şirketleri efektif imalat çözümleri ile rekabet ortamının en ön safhalarına çekerler.

NC programlama ve CNC proses modelleme arasında bir çok farklılıklar vardır. Parçanın orjinal olarak tanımlanmasından takım yolu ile ifadesinden makina koduna kadar uzanan olaylarda CNC proses modelleme modern bilgisayar grafikleri ortamının tüm kabiliyetlerini kullanır. NC programlama genel olarak bilgisayarları takım pozisyonlarının hesabını yapmada grafiklerin gösterimi ile ve program sonuçlarının gösteriminde kullanılır.

Burada kullanıcı ile asıl takım yolu arasında çok az bir birliktelik mevcuttur. Programlama ve CNC proses modellemedeki ana gaye üretilen parçanın takım tezgahında bir takım ile talaş kaldırılarak elde edilmesidir. Ancak şimdi gündemde olan farklılık ilk makina kodunun eldesi, sonraları ise dıştan gelen kuvvet değiştiğinde neyin gerekli olduğudur.

Bir parçanın dizaynı için CAD sisteminin kullanılması iyi sonuç verir,CAD sistemi parça hakkında tüm bilgileri kapsayabilir.Tasarım işlemi sırasında,kullanıcı model ile içiçe çalışır,değişiklikler yapar ve dizayn problemi için çeşitli çözümler dener

Bilgisayar kullanıcı ve model aralarında birlikteliği bütünleşir.Sonuç olarak CNC Proses Modelleme ile bilgisayar takım tezgahının asıl programını yaparken kullanıcı,imalat prosesine odaklanır.

NC Programının Gelişimi

NC programlama terimi makina kodunun elde edilmesinde izlenmesi gereken sıkı işlemler yüzünden kullanılmıştır.Kullanıcı sonucun ne olduğunu tahmin etmeli ve buradan gerileri düşünebilme ve nereden başlayacağını kararını verebilmelidir.Bu proses dil kullanımının direk sonucudur.Buna APT örnek olarak verilebilir.APT,1980'li yılların başlarında tanıtıldığında CAM sistemlerine dayanan bilgisayar grafiklerini bile etkilemişti.Bu etki genelde yeni imalat teknikleri cesaretlendirilememiş ve dizayn değişiklikleri parçanın yeniden programlanması şeklinde olmuştur.Aynı zamanda programlama prosesi boyunca kullanıcılara işlerini gözden geçirme fırsatı tanımıştır.

Ancak bugünkü CAD/CAM sistemlerinde,kullanıcılar takım yolunu gözden geçirmek için bazı durumlarda takım yolu geometri gibi düşünülmelidir.Takım yolu parçanın nasıl imal edileceğini göstermeden sadece ekranda görünür.

NC programlama geçen 30 yıl içinde 3 kuşaklık bir geçiş aşamasına tabi olduğu görülmektedir.Elle programlamadan,bilgisayar yardımı ve nihayetinde bilgisayar grafiklerinin kullanılması.Her bir sayfa kullanıcı ihtiyaçlarından ve imalat çevresinin dışındaki diğer zorlayıcı etkilerin baskısı sonucu gelişmiştir.Fakat bu sistemler imalat prosesinin modellenmesinden ziyade programlama işine doğru yönelmiştir.

Elle Programlama-İlk Kuşak

Elle programlama CNC kodlarının elde edilmesinde hala yaygın olarak kullanılan bir methodur.Aslında,programlamayı öğrenmede o işi önce elle yapmaktan başka daha iyi bir öğrenme yolu yoktur.Aynı matematikte birçok temel işlemi hesap makinası

kullanmadan önce öğrenmek gibi. Bütün bunlara rağmen, günümüzde özellikle rekabete dayalı piyasa şartlarında elle programlama gibi tekniklerin yeri kalmamıştır. Bunun temel nedenleri basitlikten karmaşıklığa doğru yönelen parçaların kodlarının yazılmasının çok zaman alması, herhangi bir değişikliğin yapılmasının neredeyse imkansız hale geldiği, bir programın başka bir parçaya dönüştürmede modife etmenin çok zor olduğudur.

Bilgisayar Yardımıyla NC Programlama-İkinci Kuşak

1970'li yıllar ile bilgisayar yardımcı NC programlama oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu zamanda Modem bağlantıları ile uzak bilgisayarlar ile iletişim sağlanmıştır. APT yapımına teşebbüs öğrenmekten ve kullanmaktan daha kolaydır, bu sistemlerden bazıları makroların yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır.

APT'nin gelişmelerinin bir tanesi kalmıştır, bunda post prosesör için bir ihtiyacın olduğudur. Böylece hatta takım pozisyonu hesaplamalarının tümünü yapıyor olmasıdır. NC programlamanın bu şekilde elde edilmesi gerekli olan tüm ihtiyaçlarını hala karşılamaktadır.

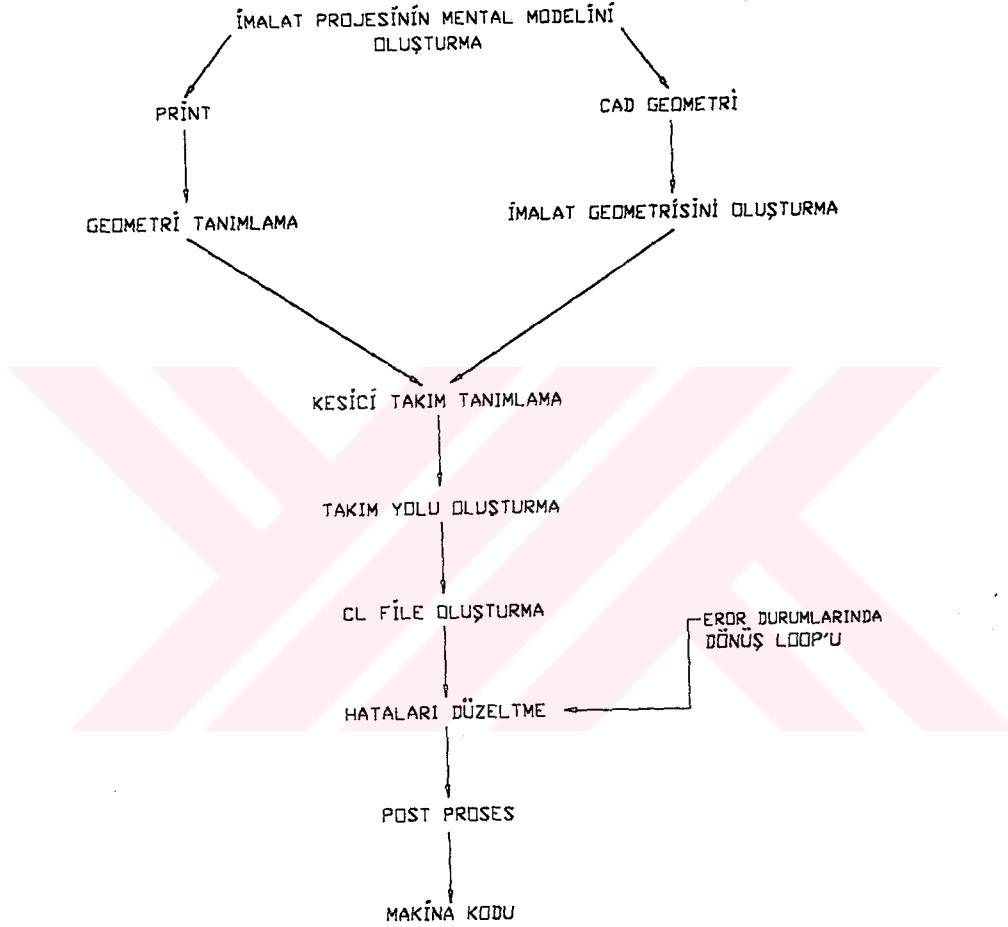
Bilgisayar Grafikleri-Üçüncü Kuşak

1980'li yıllarda NC programlama CAM için yeni dönemin bir parçası haline gelmiştir. Kardeş teknoloji ise NC programların nasıl yapıldığını gösteren CAD'dir.

CAD/CAM üzerine ilk teşebbüs CAD database'inden (genellikle APT yada COMPACT II formunda) parça geometrisini çıkarmak olmuştur. İlk anlamlı CAD/CAM sistemleri imalat için kullanılmıştır. CAD teknolojisi ve bilgisayar grafikleri kendilerini geliştirirken, bazı NC dillerinin satıcıları kendi yazılımlarını yeni grafik donanımlarına yerleştirmişlerdir. Menü ekleyerek dil sistemini geri çekmenin ana sebeplerinde birini ortadan kaldırmışlardır. Aynı zamanda CAD satıcıları CAM kapasitesini arttırmışlar, dilleri elemine ederek kendi database yapılarının kullanımını sağlamışlardır.

Ancak grup teknolojisi gibi kavramların imalat ve "Concurrent Engineering" aynı zamanda mühendislik ve yeni yeni imalat teknolojileri artan verimlilik ve düşük maliyete yönelme ihtiyacını doğurmuştur.

Şekil 4.17.'de NC programlamaya olan üç kuşak yaklaşımı gösterilmektedir.



Şekil 4.17. NC programlama aşamaları

CNC Proses Modelleme (Takım Yolunun Modellenmesi) - Son Kuşak

Geçen 10 yıl boyunca gerek üretim teknolojisinde gerekse imalat uygulamalarında ilgi çekici değişiklikler olmuştur. Hasas ve esnek üretime yönelik, üreticileri sabit yerleşim düzenleri ile kurulu hatlardaki uzun dönem çalışmalarından esnek imalat hücrelerine doğru itmiştir. Böylece esnek imalat hücrelerinde takım tezgahları gruplandırılarak, parça sevkiyatındaki zaman kaybı minimize edilmiştir.

Günümüzde kişisel takım tezgahları tek bir düzende operasyonlar zinciri oluşturur, bunlara frezeleme, Tornalama, Delme ve Oksijenle kesme örnek olarak verilebilir. "Just in time" (Tam zamanında) imalat istekleri, firmaları daha etkili ve karlı bir çevreye sürmektedir.

Palet değiştiricileri ve yüksek kapasiteli takım magazinleri ile donatılmış çok fonksiyonlu tezgahlar gibi Makine/Kontrol teknolojisindeki gelişmeler, gerek takım değiştirme zamanını gerekse operatör müdahalesini ortadan kaldırdığı için tezgahın kullanma/faydalanma kapasitesini arttırır. Tombstone fikstürleme ve döner tablaların kullanımı imalat parçalarının daha hızlı ve efektif olarak yapılmasını sağlamıştır. Bir çok şirket, tasarlanmış, test edilmiş, prototipi hazırlanmış ve imal edilmiş parçaları yeniden tanımlama ile yeni teknolojilerin avantajlarını yakalamaktadır. En iyi kalite, değişim ve hızlı geçiş gibi isteklere kavuşmak için bu şirketler mevcut takım tezgahlarında yatırımlarını maksimize etmenin yollarını aramaktadır. Böylece bu tezgahlarda yeni işleme metodlarının uygulanması imalat prosesine hız verecektir.

İmalattaki hız ve esnekliğin birlikte arttırılması gereksinimi için Makine/Kontrol teknolojisindeki değişiklikler, imalat mühendisleri ve NC programcılarının günlük görevlerine direk etki yapmıştır. Geçmişte mühendis ve programcılar imalat prosesinde değişikliğin etkisini minimize etmek için çaba harcamak zorundaydılar. Şimdi ise, esnekliğin nereden geldiğine bakmadan, esnekliğin değişikliği karşılık vermesini sağlamalıdır. Ne yazık ki, NC programlama sistemleri, imalat teknolojileri ve uygulamalarındaki değişikliklere ayak uyduramamaktadır. Bu sistemler yeni CNC özelliklerinin tüm avantajlarını alan değişiklik ve kod üretmeyi kolay yapamazlar. Ancak, bu kod üretimine yeni yaklaşım modelleme kavramı üzerine kurulmuştur. Programcılara tüm işleme prosesini kontrol etme kabiliyeti sağlanmış ve üretimi etkileyebilecek herhangi bir değişime ayak uydurmayı kolaylaştırmıştır.

CNC Proses Modellemenin Genel Esasları

Bir NC programcısının en önemli özelliği, işleme prosesinin tüm elemanlarını göz önünde canlandırma kabiliyeti ve ne gibi problemlerin olabileceğini önceden görebilmesidir. Yeni bir işe yaklaşımda, bir programcı bütün bilgileri gözden geçirir ve kağıt

kaleme dokunmadan veya bilgisayarla çizmeye başlamadan parçanın nasıl işleneceğini mantığında calandırır.Mental model olarak adlandırılan bu olay CNC prosesinin temelidir.Bu üç anahtar usurun birleşiminden ibarettir.Bunlar;

- Parça (Takımın nerede kesmesi gerektiğini tanımlar.)
- Takım(Parçanın nasıl kesileceğine karar verir.)
- Makine(Herbir hareket veya kesmenin ne zaman oluştuğunu kontrol eder.)

Modelin yaratılmasında programcı bitmiş parçayı etkileyebilecek tüm değişkenleri düşünmelidir.Parça özelliklerini elde edecek gerekli özel takım hareketi,fikstürler ve kesici takımlar gibi.Ayrıca diğer faktörler de programcının işe yaklaşımının nasıl olacağını belirler.Bunlar;

- Kaç adet parça yapılacak?
- Hangi malzeme kullanılacak ve bu malzemenin temini kolay mıdır?
- Nasıl bir yüzey pürüzlülüğü gereklidir?
- İş hangi makinada yapılacak?
- Üretim programı nedir?

Bu faktörler,eski programlama metodlarına uygulanabileceğinden daha çabuk olarak değişebilir.Buna karşılık,CNC kod (CNC proses modelleme)eldesine yaklaşım tüm değişiklikleri kolayca barındırır.Burada herhangi bir faktörün üç anahtar elemanı etkileyeceğini biliriz.CNC prosesinin bilgisayar modeli,programcının mental modelini alır ve işleme prosesini etkileyen tüm elementlerini entegre eder.

Şimdi,NC programı yazmaya çalışırken bütün bu bilgilerin akılda tutulmasının yerine,programcı model üzerinde serbestçe işlem yapabilir,arzusu doğrultusunda değişiklik ve en iyi, en uygun kodun üretilmesi için yeni işleme yaklaşımlarını tecrübe edebilir.

Dinamik Bir Modelin Yenilikleri Desteklemesi

CNC proses Modelleme programcılara işleme prosesini temsil eden grafiğin yaratılmasına ve hasas olarak çalışmasına imkan tanır.Takım tezgahı üzerinde giriş ve kontrol imkanı vererek parça üretimi için en uygun ve yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesini sağlar.Gelebilecek herhangi bir değişikliğin (Mühendislik değişikliği,

malzeme değişikliği,takım tezgahı eldesi,yeni yaklaşımlar)imalat prosesinin yavaşlatılmadan yapılması oldukça kolaydır.

Örneğin;C eksenli tornalar,tam hassaslıkta modellenecek subspindle tornalama ile işleme kabiliyeti sağlar.Spindle ve frezeleme kafası arasındaki ilişki açık olarak görülebilir.Çok eksenli torna tezgahları geleneksel programlama dillerinin olduğu metodlar ile kolayca desteklenemeyecek yeni bir teknoloji sunmaktadır.

Palet değiştiriciler veya tombstone fikstürlerinin modellenebilmesini içeren operasyonlar takım hareketini optime eder ve kod üretmeden önce işleme zamanının azaltılmasının yolunu belirler.Programlama dili üzerine kurulu sistemler parçaların yeniden kolayca pozisyonlandırılacak şekilde dizayn edilmemişlerdir.Hareketli fikstürleme,azaltılmış bağlama zamanına ulaşma çabalarının odağıdır.4 ve 5 eksenli yerleştirme tablaları ile takım yolunun yaratılması esnekliği gelecekteki CAM sistemleri için gerekli olacaktır.

CNC proses modelleme,programcılara model akışını kesmeden imalat prosesinin tamamını veya bir kısmını görme ve istediği zaman kodu üretme imkanı tanır.Model tüm hareketi otomatik olarak sıra içinde tutar.Eğer parça özelliğine bir değişiklik yapılmış ise örneğin,takım yolu değişikliğe uyması için hemen yeniden sıralanır.Hatta kontrol ünitesinden elde edilen takım yolu arzu edilen tam takım hareketine ulaşmak için modife edilebilir. Kod direkt olarak grafik modelden elde edilir.Sonuç olarak,bilgisayar ekranında görülen takım yolu tezgah üzerinde tam olarak gerçekleştirilecektir.İşleme prosesi için bir model oluşturulduğunda,istenen kod herhangi bir tezgah için çok çabuk ve kolay olarak üretilebilir.Programlanacak parça için işleme planında herhangi bir değişikliğe gerek yoktur.CNC proses modelleme kullanan firmalar planlama zamanını azaltmışlar ve çok karmaşık parçalarda dahi kodları tam doğrulukta elde etmişlerdir.Bu sayede programcılar ve operatörler kodun güvenliğinden emin olmaktadırlar.

CNC Proses Modelleme Ve Öncesi

NC programlama geçen onar yıllık üç dönem arasında gelişmiştir.Önceleri elle programlama yapılıyorken ikinci on yıllık dönemde APT ve COMPACT II gibi programlama dilleri kullanılıyordu bugün ise "Grafik NC programlama Sistemleri"

kullanılmaktadır.Ancak bu değişiklikler temelde bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeyle bağlıdır.Bu gelişmeleri sadece imalat teknolojisinde ve uygulamalarındaki yeni değişikliklere bağlamak yanlış olacaktır.

NC programlama sistemleri hala kod üretiminde bir rijitlik izler.Bu sistemler,oparatörü mental modeli parça geometrisinin tanımından,takım değiştirme durumları ve takım yoluna kadar bir çok parametreye dönüştürme zorluğuna sokarlar.Takım hareketi orta seviyede bulunan file olarak tanımlaman "CL file"m tanımlanmasıdır.Bu file makinada olacak takım yolunu tam olarakta ifade etmeyebilir.

Sonuc olarak , NC programlama sistemleri işleme prosesinin üzerinde direkt kontrol imkanı tanımaz. Bu sistemlerde programcı ve takım hareketi arasında birbirini etkileme yoktur.Aynı zamanda CNC proses modelde olduğu gibi görülebilir direkt feedback olayı yoktur.Hatta bugünlerin "grafik" NC programlama Sistemleri dahi tam olarak açık olmasada bu probleme sahiptir.

NC programlama sistemleri programcılara parça programlarını daha hızlı olarak yazma konusunda yardım eder;ancak sürekli değişiklikler ile uğraşmada ve imalat teknoloji lerindeki imalat adımlarını hızlandırmada yardımcı olamazlar.Bu sistemler aynı zamanda işleme uygunluğunu ve verimliliğini arttırmak amacıyla işleme uygunluğunu ve verimliliğini arttırmak amacıyla işleme programını geliştirmeye imkan tanırılar.

Geçmişteneler yapıldığını birkenarak koyarsak,bilgisayar,işletim sistemleri,grafik ve bağlantılar imalatın ihtiyaçlarını karşıladığı gibi ileri gelişmelerin nasıl olduğuna şöyle bir bakmakta fayda vardır.CNC proses Modelleme geçmişin zorluklarından bir kaçış olarak tanımlanabilir. Kod üretimi modelleme prosesinin bir bütünüdür. Modellemeden sonra gelen bir iş olarak düşünmek yanlış olacaktır.

Modellemenin İmalat Prosesine Uygunluğu

1990'ların artan rekabet koşullarında imalatçılar yeni imalat teknolojilerini ve tekniklerini kullanarak gerek piyasadaki çalışma hızını gereksede kaliteyi arttıracak, maliyetleride kontrol altına alacaktır.Bu durum ürünlerin tasarımından daha fazla önem arz etmektedir.CNC teknolojisindeki yatırımları maksime etmek ve en uygun imalat sistemlerini uygulamak için Tasarım ve NC programlama fonksiyonlarının her ikisinde

değişiklikleri desteklemelidir. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE) sistemleri Tasarım mühendislerine kompleks parçaların geliştirilmesinde yardım eder ve yeni tasarım kavramları ile tecrübe etmesine imkan tanır. Tasarım mühendisleri 2 ve 3 boyutlu parça modellerini elde edebilir ve üretimi ve montaj prosesini canlandırabilirler. CNC Proses Modelleme NC programcılara ve İmalat Mühendislerine parçaları üretecek işleme proseslerini yaratmaya ve üzerinde çalışmaya imkan tanımaktadır. Bu tasarım bilgisini analiz edecek takımları sağlar ve üretim opsiyonlarını çabuk ve kolay olarak değerlendirir. Sonuç dizayn ve imalat arasındaki en yakın işbirliğidir. Bu durum aynı zamanda "Concurrent Engineering denilen aynı anda mühendislik kavramının mümkün olduğunu gösterir ki burada yeni ürünü geliştirilmesinde tasarım ve imalat işi birliktedir.

Günümüzde daha kompleks CNC makinalarına olan eğilim tek bir planda daha geniş operasyonlar zincirine ulaşmak ve operatör müdahalesini minimuma indirmek amacıyla CAM sistemlerinin desteği ile gerçekleşebilmektedir.

CNC proses modelleme üretim zincirini hızlandıran dizayn ve mühendislik değişikliklerine imkan tanıyan ve optimal üretim prosedürüne yönelten en uygun sistemdir. Bu sistem 1990'lı yılların artan rekabet ortamında başarıya ulaşmanın tek çözüm yoludur.

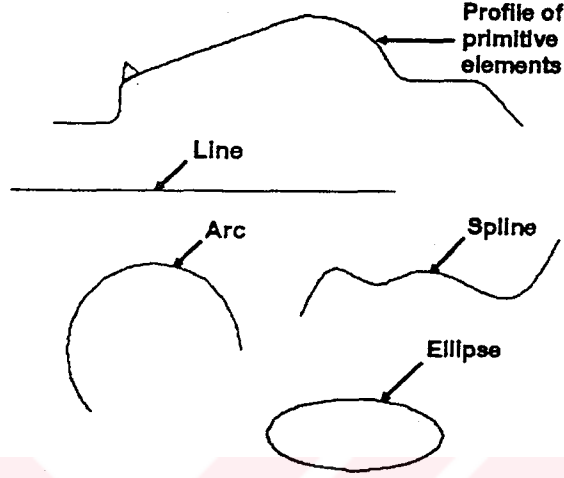
4.3.2. SmartCam Sisteminde Eğri Ve Yüzey Tanımlama

SmartCam CNC proses Modelleme sisteminde kullanılan yüzey tipleri genel olarak primitive (ilkel), Swept (süpürme) ve sculpted yüzeyler olarak adlandırılan yüzeylerdir. Bu yüzeyleri oluşturmak amacıyla çeşitli eğri tipleri kullanılmaktadır.

4.3.2.1 SmartCam Sistemi Profil Elemanları

Şekil 4.18 'de gösterildiği gibi yüzey tanımlama profilleri olarak doğru (line), arc, spline ve elips'ler kullanılmaktadır. Bu elemanlar, (profilleri) tanımlamak için poliy-line'lar bu elemanları kısa doğru segmentleri haline dönüştürmektedir. Bu elemanları kullanarak düzgün bir profil elde etmek için, kullanıcılar tel kafes (wire frame) sınırlar

ve yol gösteren elemanlar (cross;sectional features) tanımlayarak çeşitli yüzey tiplerinde kullanmak amacıyla geliştirebilirler.



Şekil 4.18. Profil Eleman Örnekleri

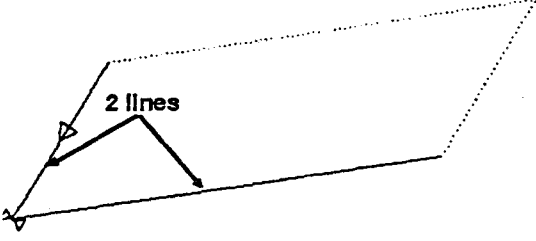
4.3.2.2.SmartCam Sistemi Yüzey Tanımlama

SmartCAM sisteminde kullanılan ana yüzeyler;

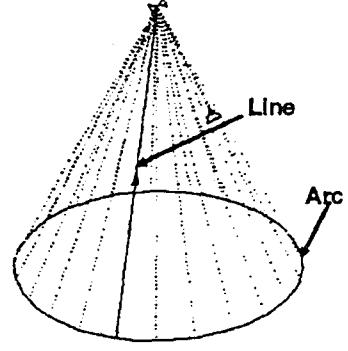
- Primitive
- Swept
- Sculpted

4.3.2.2.1 Primitive (Analitik)Yüzeyler

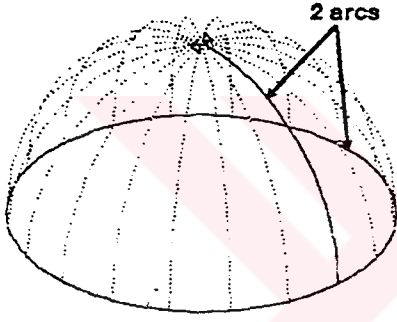
Primitive yüzeyler en basit yüzey formunu temsil etmektedir.Primitive yüzey çeşitlerini düzlemler,koniler,küreler ve tor olarak sıralayabiliriz.Primitive elemanları kullanarak, primitive yüzeyleri elde etmek mümkündür.Örneğin,bir koni yüzeyi tanımlamak için bir doğruyu arc etrafında döndürmek yeterli olacaktır.Aşağıdaki şekillerde primitive yüzeyleri tanımlamak için gerekli elemanları göstermektedir.



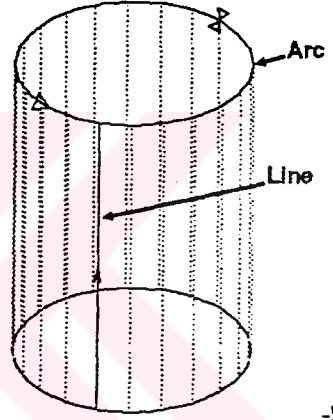
Şekil 4.19 Düzlem Tanımlama



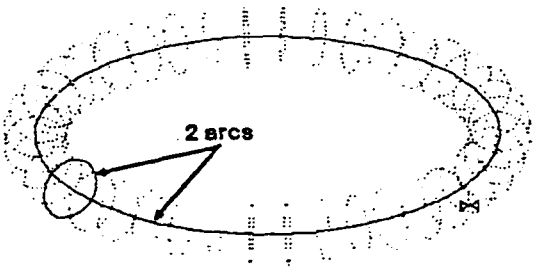
Şekil 4.20 Koni Tanımlama



Şekil 4.21 Küre Tanımlama



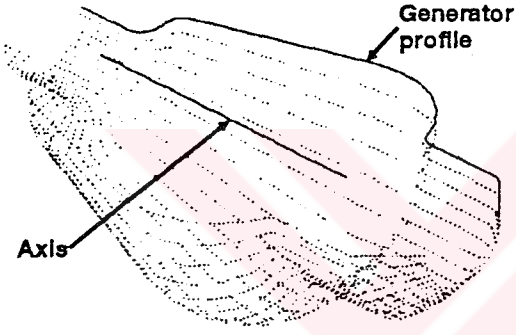
Şekil 4.22 Silindir Tanımlama



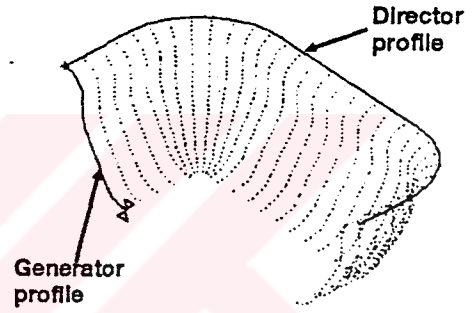
Şekil 4.23 Torus Tanımlama

4.3.2.2.2. Süpürme (Swept) Yüzeyler

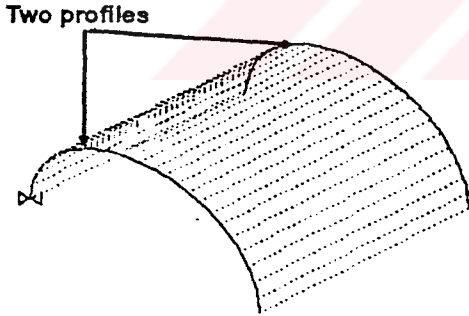
Süpürme yüzeyleri tanımlayan profiller , yüzey formu oluşturmak için uzayda bir path boyunca hareket ederler.Süpürme yüzey çeşitleri olarak spun, translated,ruled ve draft yüzeyler tanımlanır Süpürme yüzey için , kullanıcı üç boyutlu ortamda path'i tanımlayan profili ve primitive elemanlardan veya polyline'lardan oluşan generator (üretici) profili oluşturur. Örneğin;Şekil 4.24 'de görüldüğü gibi yüzeyin dış formu bir profil ile tanımlanıp , profilin etrafında döneceği eksen ise bir doğru ile tanımlanmıştır.Aşağıdaki şekillerde süpürme yüzeylere örnekler verilmiştir.



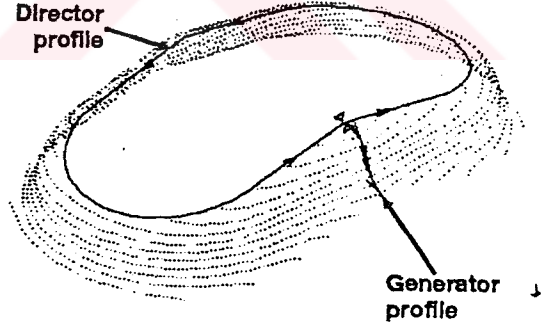
Şekil 4.24 Spun yüzey tanımlama



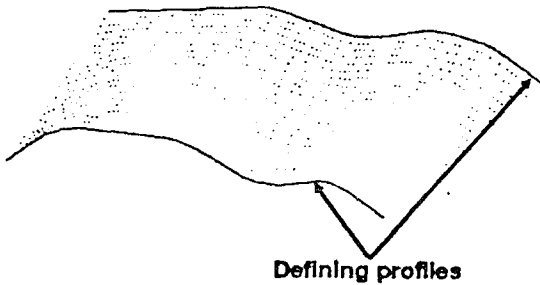
Şekil 4.25 Translated yüzey tanımlama



Şekil 4.26 Ruled yüzey tanımlama



Şekil 4.27 Draft-yüzey tanımlama

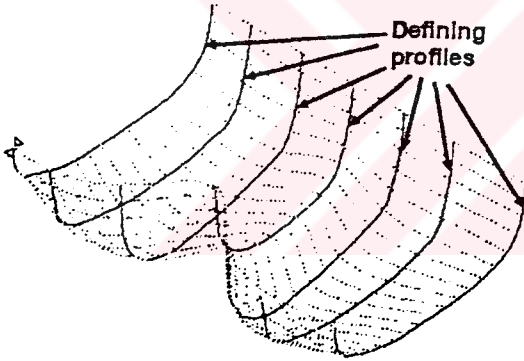


Şekil 4.28 Sculpted yüzey benzer ruled yüzey tanımlama

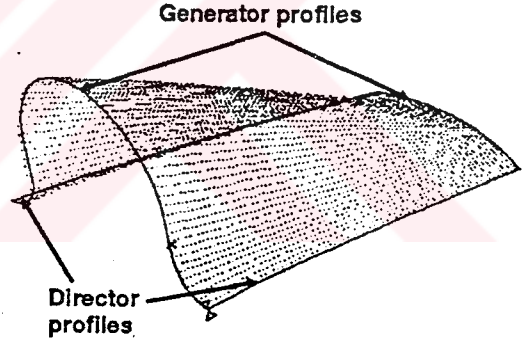
4.3.7.2.3 Sculpted Yüzeyler

Sculpted yüzeyler düzgün akışlı formlar olup,tanımlama profillerinin arasında oluşur.Bu profillerin oluşturduğu bölgede yüzey oluşur.Süpürme yüzeylerde olduğu gibi özel bir şekilde olmayıp,bu şekil belirli yönde yayılmaktadır.Tanımlama profillerinin bilinen parametrelerini kullanarak özel bir interpolasyon işlemi ile yüzeyin kontrol noktaları tanımlanır.

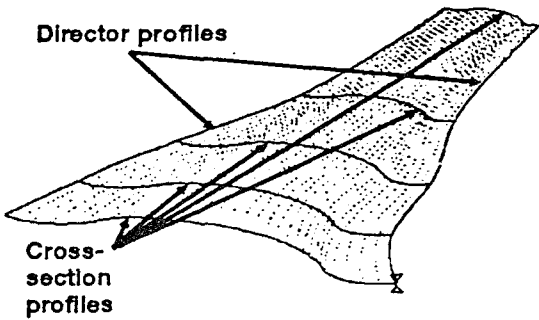
Sculpted yüzeyler ,lofted,form patch ve koni yüzeyleri kapsamaktadır.Bu yüzeylerin her birinin şekli tanımlama profilleri ile kontrol edilmektedir.Yüzey tipine bağlı olarak,tanımlama profilleri ile kontrol edilmektedir.Yüzey tipine bağlı olarak,tanımlama profilleri cross-section özelliklerini,yüzey sınırmı veya her ikisinde oluşturmaktadır .Aşağıdaki şekillerde sculpted yüzeylerin oluşturulma teknikleri gösterilmiştir.Bu şekillerin iyi incelenmesi ile süpürme yüzeylerinden farklı özellikleri açıkça gözlenebilmektedir.



Şekil 4.29 Lofted yüzey tanımlama



Şekil 4.30 Form patch yüzey tanımlama

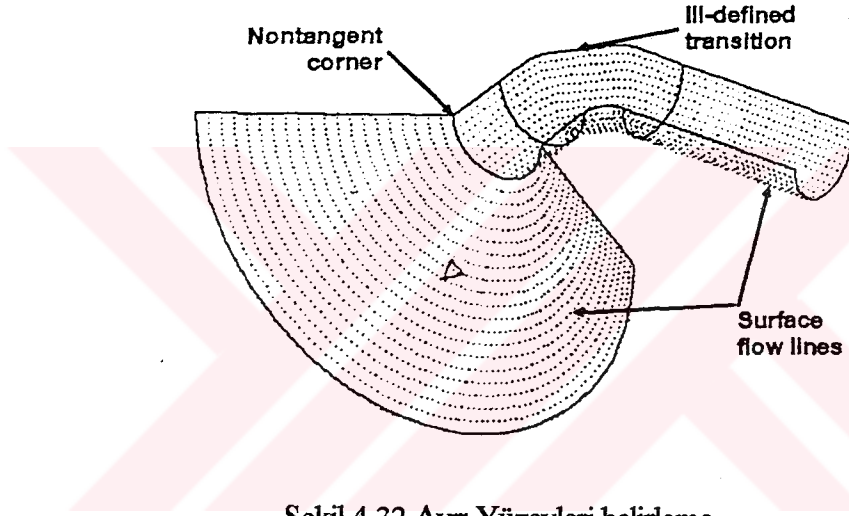


Şekil 4.31 Koni yüzey tanımlama

4.3.2.3. Ayrı Veya Birleşik Yüzeylerin Tanımlanması

Tek bir yüzey tipinin parçanın oluşturulmasına yetmeyeceğinin sayısız örnekleri vardır. Yüzeyleri birbirine birleştirerek her bir yüzeyin sunduğu imkanlardan yararlanmak mümkündür. Olaya tasarım açısından bakılırsa, yüzeyleri birbirine bağlamak mantıklıdır, Ancak takım yollarının oluşturulması gerçeği düşünülürse yüzeylerin birleştirilmesi kaçınılmazdır.

Şekil 4.32 'de gösterildiği gibi yüzeylerin başarılı bir şekilde birleştirilmesi çalışmada, kullanıcıların yüzeylerin nerede ve nasıl birleştirilmesi gerektiğini bilmesi gereklidir.



Şekil 4.32 Ayrı Yüzeyleri belirleme

Ayrı veya birleşik yüzeylerle çalışırken yüzeyin formunu oluşturacak takım yolunu düşünmek çok önemlidir. Bu nedenle parçanın şeklini veren yüzeylerin oluşturulmasında tanımlama profillerinin süreklilik ve tamlıklarını kontrol etmek ve düzenlemek gerekmektedir.

4.3.2.4 3D Yüzeyin Takım Yolunun Modellenmesi

Takım yolunun oluşturulmasında aşağıdaki çalışmalar çok önemlidir,

- Yüzey tiplerini belirleme
- Yüzey tanımlama profillerini belirleme
- Uygun modelleme yöntemlerini seçme
- Doğru kontrol ayarlamalarını kullanma

3D Takım yolunun modellenmesinde,süpürme,sculpted yüzeylerini oluşturacak yöntemler mevcuttur.Süpürme yüzeyleri için Spun,Ruled Tarlated ve Draft-Surf yöntemleri,sculpted yüzeyleri için Lofdet,Form;Patch ve Coons-Surf yöntemleri kullanılmaktadır.

3D Modellemede aynı zamanda aşağıdaki imkanlar sunulmuştun;

- Geometriyi primitive yüzeylere izdüşüm almak
- Yüzeyler arasında radyuslu birleştirme
- İyileştirme,uzatma,yüzey takım yollarının kaydırılması veya bağlanması,

4.3.2.4.1 Primitive Elemanlar Ve Yüzeylerin 3D Modellenmesi

Modelleme yöntemlerinin primitive yüzeylere uygulanması aşağıda sıralanan yollarla gerçekleşir

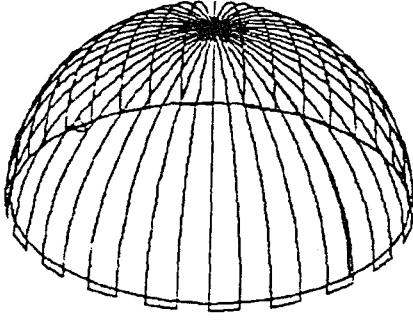
-Primitive yüzeyi tanımlayan profillerden takım yolu oluşturulur.Şekil 4.33'da Spun yönteminin bir küre için takım yolunu nasıl oluşturduğu gösterilmektedir.Primitive yüzeyler ve modelleme yöntemleri için kullanıcının oluşturacağı takım yolu aşağıdaki gösterilen yüzeyleri içermektedir.

Plane-Tarlated ve Ruled Cone-Spun ve Translated
Sphere-Spun ve Tarlated Torus-Spun ve Tarlated
Cylinder-Spun,Translated ve Ruled

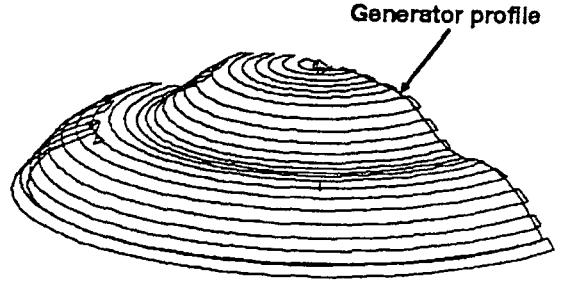
Şekil 4.34 ' te gösterildiği gibi Spun,Ruled ve Translated fonksiyonlarını kullanarak süpürme yüzeyleri için takım yolu oluşturmak için primitive elemanları tanımlama profilleri içinde yer alır.

Şekil 4.35 ' te gösterildiği gibi Project fonksiyonu kullanılarak mevcut takım yolu primitive yüzeylere izdüşüm alınır.

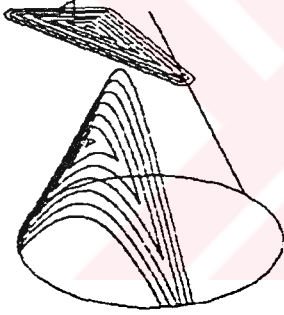
Şekil 4.36 ' da gösterildiği gibi Intersect and Trim-Surf fonksiyonunu kullanarak yüzeyin takım yolunu koparmak (trim) için yüzey primitive'leri kullanılır.



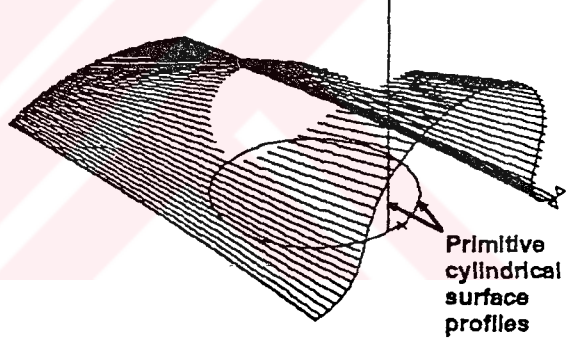
Şekil 4.33 Küre primitive yüzey için takım yolu oluşturma



Şekil 4.34 Translated fonksiyonu ile süpürme yüzey için takım yolu oluşturma



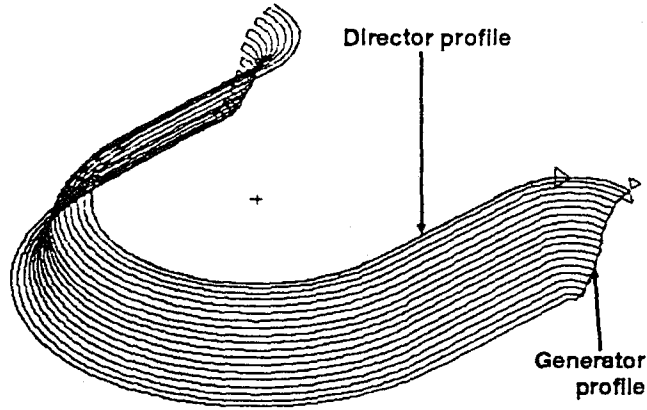
Şekil 4.35 Koni üzerine izdüşüm



Şekil 4.36 Kesişen takım yolu yüzeyinin koparılması

4.3.2.4.2. Süpürme Yüzeyi Takım Yolunun 3D Modellenmesi

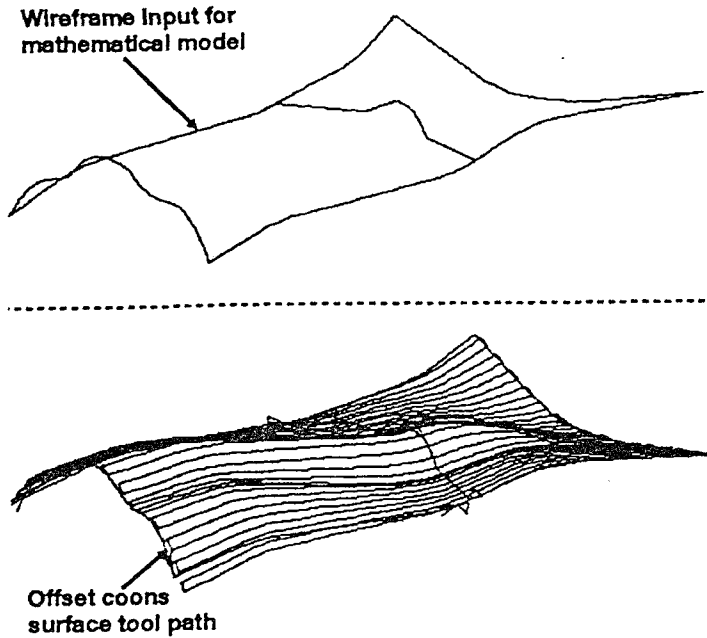
Süpürme yüzeyler için takım yolu oluşturmak için, yüzey için bir tanımlama profiline (generator) ve path için ayrı bir tanımlama profiline (director) ihtiyaç vardır. Süpürme yüzeyleri için geçerli tanımlama profilleri elemanları olarak doğru, arc, polyline, spline, helix ve elips kullanılabilir. Şekil 4.37 'de SmartCAM programının generator ve director profilleri ile nasıl translated süpürme yüzeyi oluşturduğu gösterilmektedir.



Şekil 4.37 Translated (swept) yüzey için profil ve takım yolu oluşturma

4.3.2.4.3 Sculpted Yüzeyi Takım Yolunun 3D Modellenmesi

SmartCAM programı tanımlama profillerini kullanarak yüzeyin ilk geçici matematik modelini oluşturarak sculpted yüzeyin takım yolunu oluşturur. Daha sonra ise, belirlenen yüzey toleransı ve pürüzlüğüne göre bu modeli kullanarak takım yolunu oluşturur. Sculpted yüzey için kullanılan tanımlama profilleri doğru, arc ve polyline'lardan oluşmaktadır. Lofted yüzeyler için elips ve spline elemanları da kullanılabilir. Şekil 4.38' de tel-kafes tanımlama profilleri ve elde edilen takım yolu gösterilmektedir.



Şekil 4.38 SmartCAM takım yolu kaydırması için matematik bir model kullanılır

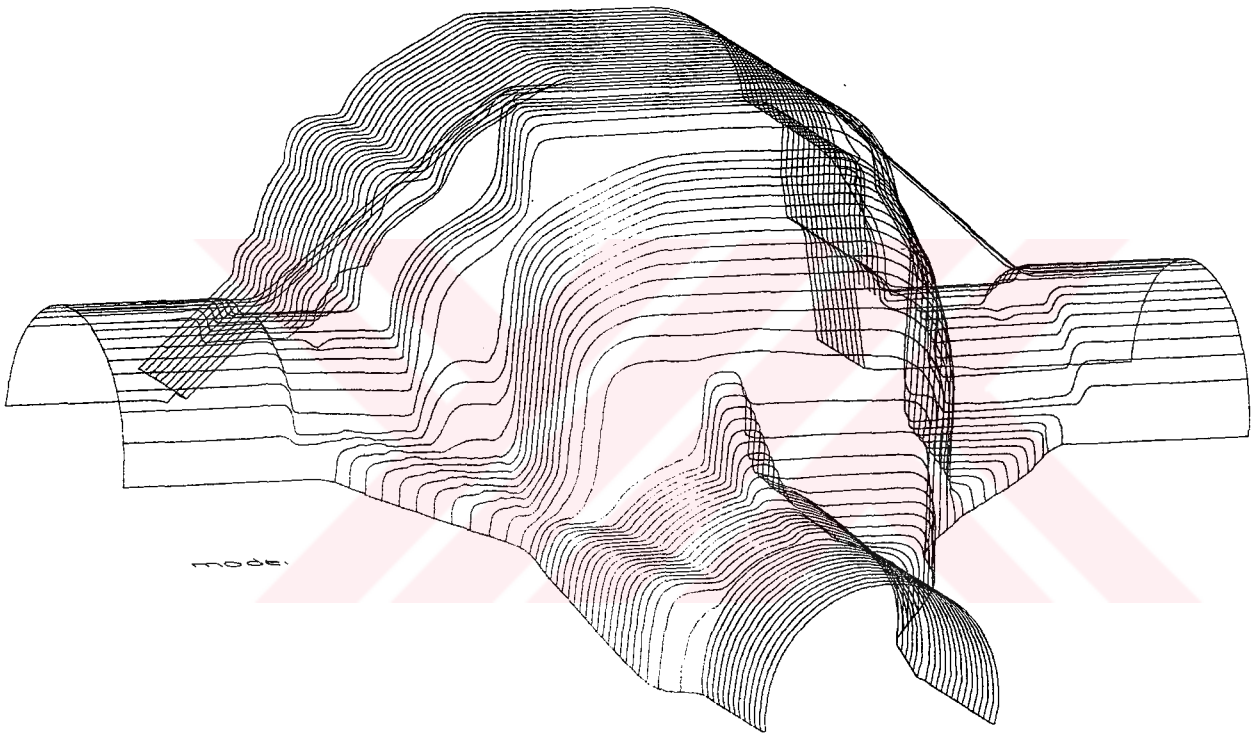
Form patch yüzeyi,yüzeyin şeklini kontrol etmek için dört adet sınır profili kullanır.Koni yüzey,form patch yüzeye benzer şekilde olup,şekil 4.38 'de gösterildiği gibi sonuç yüzeyin şeklini ve interpolasyon prosesinin daha iyi kontrolü için ilave olarak cross-section profillerini kullanır.Kullanıcılar lofting bölümlerini kullanarak lofted yüzeyleri takım yolunun şeklini kontrol edebilirler.Şekil 4.39 'de Lofted yüzey için tanımlama profillerinin ve takım yolunun oluşturulması gösterilmektedir.



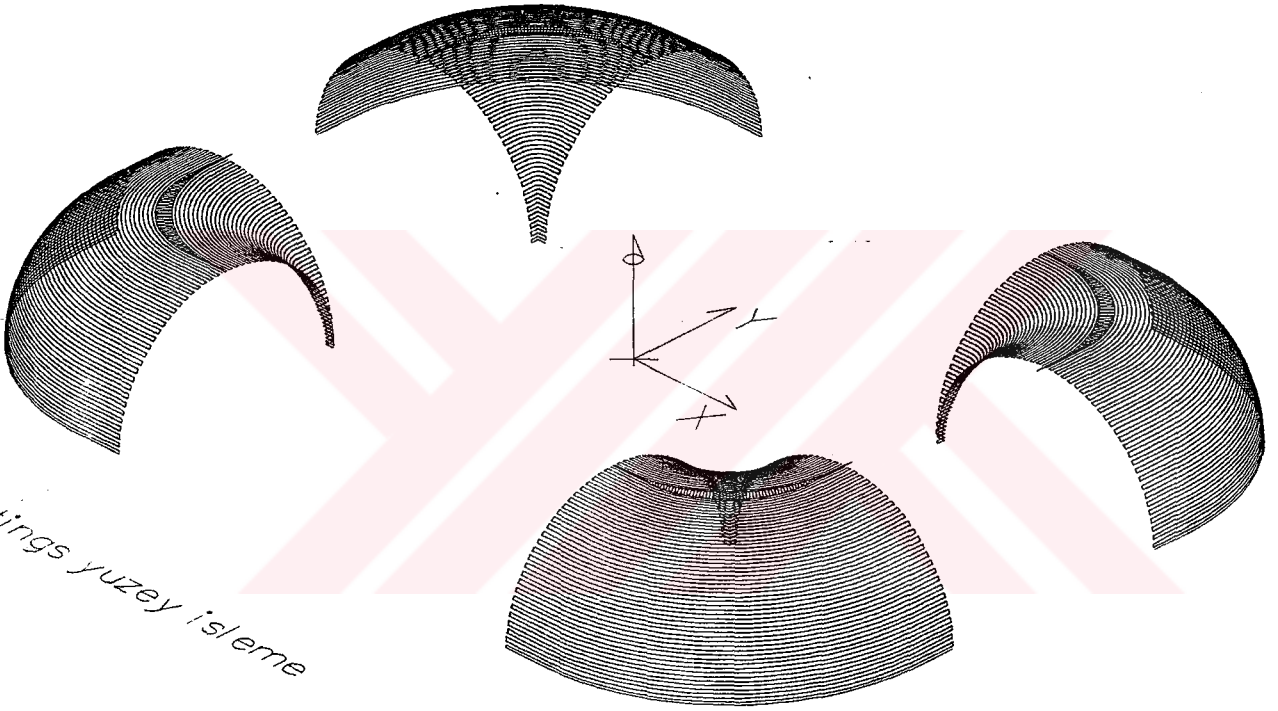
Şekil 4.39 Lofted yüzey için profil ve takım yolu oluşturma

4.3.3. SmartCAM Sisteminde Oluşturulmuş Modelleme Örnekleri

Bu bölümde SmartCAM programı ile yapılmış modelleme örnekleri sunulmuştur. Bu örneklerde de görüleceği gibi elde edilen eğrilerin kolay bir şekilde takım yoluna çevrilmesi söz konusudur. Bu sistem diğer iki CAD/CAM sistemine nazaran modelleme olarak belirli bir şekilde farklılık göstermektedir. Bu sistemde yüzey modellemeden daha çok formu oluşturan eğrilerin işleme programı olarak kullanılması dikkati çekmektedir.

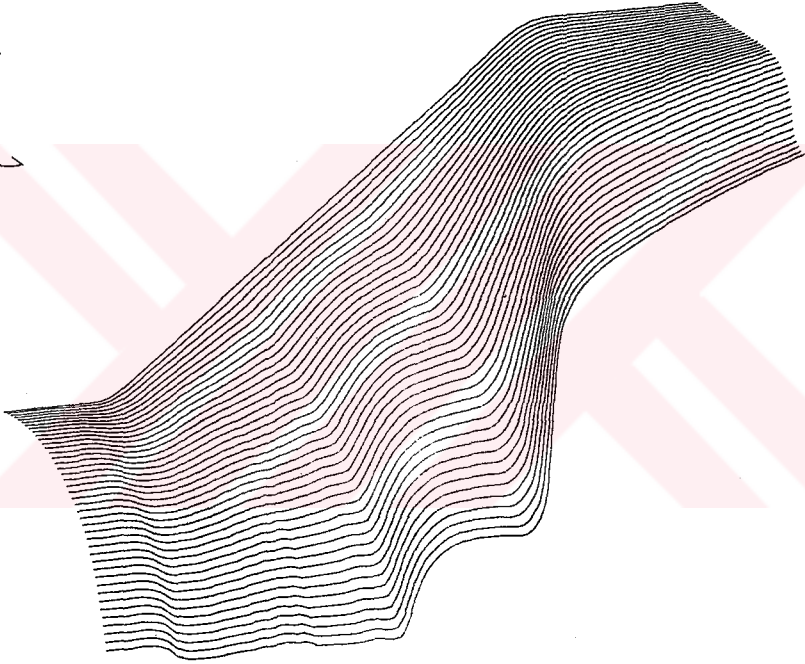
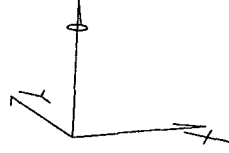


mode.



çiftlings yuzey isleme

takımı olu



5. SONUÇ

Özellikle otomotiv sektöründe CAD/CAM sistemlerinin önemi zamanla artmaktadır. Artan rekabet koşulları, otomobil ve otobüs parçalarının serbest ve karmaşık şekilli yüzeylere sahip olması, dolayısıyla plastik ve sac kalıplarının hazırlanması konvensiyonel yöntemlerin yerine, CAD/CAM sistemlerini devreye sokmuştur. Ancak piyasada CAD/CAM sistemi olarak gerek modelleme tekniği , gereksede kullanım amaçlarına göre birbirine göre farklılık gösteren bir çok sistem mevcuttur. Modelleme tekniği olarak bu çalışmada da incelendiği gibi katı ve yüzey modelleme sistemleri mevcuttur. Her iki sisteminde birbirlerine göre farklı avantaj ve dezavantajları vardır.

Bu çalışmada katı modelleme özellikleri sunulmuş, buna karşılık yüzey modelleme sistemleri ayrıntılı olarak anlatılıp bazı CAD/CAM sistemleri incelenmiştir. Sonuç olarak , CAD/CAM sistemleri modelleme tekniği olarak birbirlerine göre farklılık gösterdiği gibi; aynı modelleme tekniğinde olan CAD/CAM sistemlerinde birbirlerine göre üstünlükleri açıkça görülmektedir. Yüzey modelleme tekniğine göre çalışan programların birbirine göre üstünlüğünü sağlayan temel faktörler; kullanılan bilgisayarın durumu (PC veya workstation) , modelleme tekniğindeki sistemin eğri tipleri (NURBS'lere sahip sistemlerin bir çok avantajı mevcuttur) , eğri ve yüzey oluşturma teknikleri, kullanım kolaylığı, simülasyon imkanı, takım yolu oluşturma, bilgisayar görüntüsü, farklı yüzey oluşturma seçenekleri, sistem güvenilirliği olarak sıralanabilir.

CAD/CAM sistemi almayı düşünen firmalar herşeyden önce mevcut ve gelecekteki ihtiyaçlarını belirlemeli , bu ihtiyaca cevap verecek CAD/CAM sistemini seçmelidir.

KAYNAKLAR

1. Bakanay , Frank.,1991. Manufacturing Process Modeling.Booklet.
2. Balcı , İlker.,1993. Solid Modelling-Today's Hawlett Packard Otomasyon dergisi Mart sayısı 112-114.
3. Balcı , İlker.,1993. Solid Modelling-Today's Hawlett Packard Otomasyon dergisi Nisan sayısı 112-118.
4. Besant,C.B.,1982.Computer aided design and manufacture,2nd edn.Ellis Harwood.
5. Besant,C.B.,Lui,C.W.K.,1986.Computer aided design and manufacture,3-d edition: 152-165
6. Catia Training Curves and Surfaces Manuel Version 3 - Release 2 . December 1990 Dassault Systems.
7. Chiyokura,Hiroaki.,January 1988.Solid modelling with DESIGNBASE Theory and Implementation : 1-20
8. CNC Proses Modeling Supports Change and Innovation in Manufacturing ,Point Control Co.1990
9. Davies,B.L.,Robotham,A.J.,Yarwood,A.,1991.Computer aided Draving and Design. Chapman Hall Universty and Professional Division London-New York-Tokyo-Melbourne-Madras : 44-102
10. Euklid Users Manuel Volume 11.
11. Fujio,Yamaguchi.1988.Curves and Surfaces in Computer Aided Geometric Design.

12. Groover, Mikell P., Zimmers, Jr, E.W.1, 1984. Computer aided design and manufacturing. Prantice-Hall. 1-4; 104-129; 474-479
13. Hobbs, L.C., January 1981. Computer Graphics Display Hardware. IEEE Computer Graphics and Applications : 25-39
14. Kuttner , Drs. Brian C., Lachance Micheal A., NURBS: CAD By The Numbers, January 1991, Actionline: 20-22
15. Milner, D.A., Vasiliou, V.C., 1986. Computer Aided Engineering for Manufacture : 9-12; 132-145.
16. Noaker , Paula M., 1991. CAM at the Outer Limits., Manufacturing Engineering , SME.
17. Qiulin, D., Davies, B.T., 1987. Surface Engineering Geometry for Computer -Aided Design and Manufacture England.
18. Rogers David F., Adams, J. Adam., 1976. Mathematical Elements for Computer Graphics. McGraw-Hill Book Company
19. Spiebell, Stewart D., 1992. CAD/CAM in the 90s Modern Machine Shop NC/CIM Guide book.: 45-58
20. Simith, W.A., 1983. A guide to CAD/CAM, The Institution of Production Engineers.
21. Yeyinmen, Dr. İ. Mehmet, BYMA.Ş. 1992. Bilgisayarla Bütünleşik Üretim, Metal makina 27. sayı- Makale: 16-20
22. Yütmen, Turgut, Dipl. İng, 1992 Reis Makina CAD/CAM sistemlerinin Endüstride Kullanım Alanları, Metal makina 27. sayı. Makale: 11-13

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihim 11 Eylül 1968

Doğum yerim Kırcaali

1974-1979 tarihleri arasında Sefaköy Sultan Murat İlkokulunda

1979-1982 tarihleri arasında Sefaköy Lisesi Orta bölümünde

1982-1985 tarihleri arasında Zeytinburnu Endüstri Meslek Lisesinde okudum.

1985 yılında Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünü kazandım.

1990 yılında Yıldız Üniversitesinden Makina Mühendisi olarak mezun oldum.

1990 Ekim ayında Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri programına kabul edildim

1990-1991 tarihleri arasında İngilizce hazırlık sınıfına katıldım

1992 Eylül ayında BYM Bilgisayar ile Mühendislik Uygulamaları A.Ş.'inde CAD/CAM mühendisi olarak iş hayatına atıldım.

Halen Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri programında yüksek lisans öğrencisi olup, BYM Şirketler grubuna dahil Form 2000 Kalıp San.ve Tic.A.Ş.'inde Mitutoyo sorumlusu ve aynı zamanda Mitutoyo üç boyutlu koordinat ölçme makinasının Türkiye piyasası teknik destek ve eğitim elemanı olarak çalışmaktayım.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ