

BÉZIER YAKLAŞIMI İLE BİR YÜZEYİN OLUŞTURULMASI VE C PROGRAMLAMA İLE CAM KODLARININ TÜRETİLMESİ

Cihan ÖZEL¹, Erol KILIÇKAP²

¹Fırat Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü-ELAZIĞ
E-Posta: cozel@firat.edu.tr

²Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü-DİYARBAKIR
E-Posta: erolk@dicle.edu.tr

Özet

Tasarım ve imalatta yüzeyler ve onların tanımlanması kritik bir rol oynar. Bir yüzeyi oluşturmak için kullanılan tasarım parametrelerinin bilinmesi imalatın verimliliğini artıran en önemli unsurlardır. Yüzey tanımlama tekniklerinde Coons ve Bézier in ismi ile anılan temel iki yaklaşım vardır.

Bu çalışmada, yüzey oluşturma yöntemlerinden bir olan Bézier yaklaşımı tanıtılmıştır. Bu yaklaşım metodu kullanılarak C programlama ile bir yüzeyin CAD modeli oluşturulmuştur. Yine geliştirilen bu C programı ile modellenen yüzey için CAM kodları da türetilmiştir.

Sonuç olarak, bu CAM kodları kullanılarak Bézier bir yüzeyin Dayna 4M CNC programında simülasyonu yapılmış ve bu tür yüzeylerin CNC freze tezgahlarında imatlarının genel bir değerlendirmesi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Bézier yaklaşımı, Bézier yüzeyler, C programlama, CAM kodları.

Abstract

Surfaces and their description play a critical role in design and manufacturing. Determining of design parameters for generation of a surface is the most important information increasing efficiency of product. There are two basic approach mostly associated with the name of coons and Bézier in surface description techniques.

In this study, Bézier approach which is one from surface form methods was determined. Then, CAD model of a surface was obtained with C programming by using this approach method. What's more, CAM codes were also derived with this C programme which was developed for modeled the surface.

Subsequently, a Bézier surface was simulated in Dyna 4M CNC programming by using this CAM codes and manufacturing in CNC milling machines of surface from this kinds was evaluated.

Key Words: Bézier approach, Bézier surfaces, C programming, CAM codes.

1. GİRİŞ

Yüzeyler ve yüzey tanımlamaları, tasarım ve üretimde fonksiyonel veya estetik sebeplerden dolayı önemli bir yer teşkil eder. Bunlar otomobil gövde tasarımı ve üretimi, gemi ve uçak gövdeleri, uçak kanatları, pervaneler, türbin, kompresör ve fan kanatları vb. belirgin örnekler olarak verilebilir.

Yüzey tanımlaması tıbbi, jeolojik, mekanik veya fiziki olaylarda elde edilen verilerin ifade edilmesi için de önemli bir rol oynar. Bilgisayarlı grafiklerde ve bilgisayar destekli tasarımda, yüzeyin üç boyutlu matematik modelinin doğru bir şekilde hazırlanması çok avantajlı bir durumdur. Böyle bir model, yüzeye bağlı fiziksel özellikler açısından (eğrilik, hacim, yüzey alanı, eylemsizlik momenti vb.) doğru ve kolay bir şekilde yüzey analizi yapmayı mümkün kılar [1]. Bézier, Sabin ve Peters' in önceki çalışmaları, bu yaklaşımın tatbik edilebilirliğini göstermiştir [2, 3, 4]. Yüzey tanımlamasında iki temel yaklaşım vardır. Bunlardan birincisi, daha çok Coons' un ismiyle özdeşleşmiştir. Bilinen verilerden matematiksel yüzey oluşturmaya yöneliktir. İkincisi, Bézier ismiyle özdeşleşmiştir. Bézier yaklaşımı da, birinci yaklaşım gibi mühendislikteki nümerik parametrelerden etkilenmiştir. Rogers ve Cohen tarafından yapılan eş zamanlı çalışmalarda, gemi teknelerinin tasarımı ve genel bir yüzey tasarımı için bu iki yaklaşımın uyumlu olarak kullanılabileceğini göstermiştir [5, 6, 7].

Bu çalışmada, Bézier yaklaşımı ile bir yüzeyin nasıl tanımlanabileceği gösterilmiş ve örnek olarak seçilen bir yüzeyin Bézier yaklaşımı ile CAD modelini oluşturmak için bir C programı geliştirilmiştir. Daha sonra, aynı programda bu CAD modeli kullanılarak Bézier yüzey için CAM kodları türetilmiş ve bu yüzeyin Dyna 4M CNC programında simülasyonu yapılmıştır.

3. BÉZIER YAKLAŞIMI İLE BİR YÜZEYİN OLUŞTURULMASI

Kartezyen veya tensör çarpımı ile bir Bézier yüzey, aşağıdaki formülle ifade edilir [10].

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

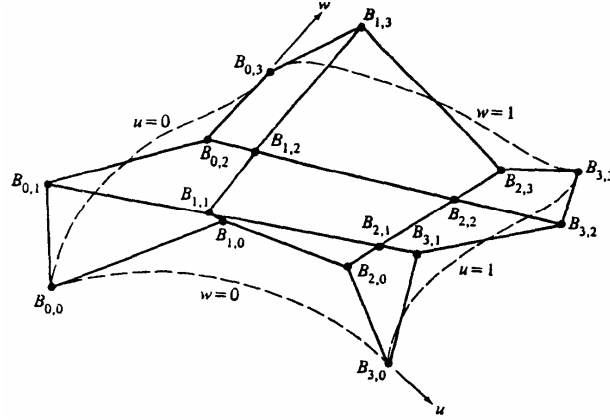
Burada $J_{n,i}(u)$ ve $K_{m,j}(w)$ ifadeleri, u ve w parametrik yönlerdeki Bernstein temel fonksiyonlarıdır. Bu fonksiyonları Bézier yüzeylere uygulamak için aşağıdaki ifadeler yazılır [10].

$$J_{n,i}(u) = \binom{n}{i} u^i (1-u)^{n-i} \quad \text{ve} \quad K_{m,j}(w) = \binom{m}{j} w^j (1-w)^{m-j} \quad (2)$$

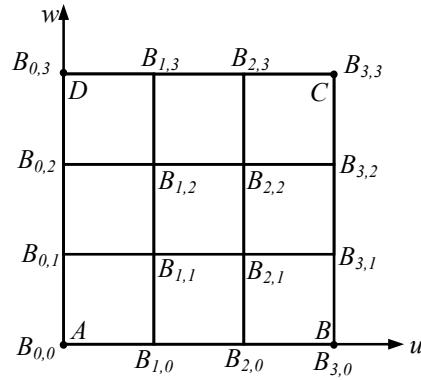
Burada (2) ifadesi için, aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

$$\binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!} \quad \text{ve} \quad \binom{m}{j} = \frac{m!}{j!(m-j)!} \quad (3)$$

Şekil 1' de gösterilen $B_{i,j}$ değerleri, poligon ağının köşe noktalarıdır. n ve m indisleri sırasıyla, u ve w yönlerindeki poligonun köşe noktaları sayısından bir azdır. Dörtkenarlı yüzey parçaları için tanımlanan çokgen ağı, topolojik olarak dikdörtgen olmalıdır. Yani ağı, her bir sıradaki köşe sayısı ile aynı sayıda olmalıdır (Şekil 2). Bundan başka, Bézier eğrileri tanımlanırken yüzeyin pek çok özellikleri bilinir. Çünkü Bernstein prensibi (polinomsal yaklaşım fonksiyonu) yüzeyin eğilme fonksiyonları için kullanılır. Bézier bir yüzeyin sınır eğrilerinin her biri, Bézier bir eğridir [10].



Şekil 1. Bézier yüzeyin poligon ağı



Şekil 2. 4 x 4 Bézier yüzey için tanımlanan çokgen ağının şematik gösterimi

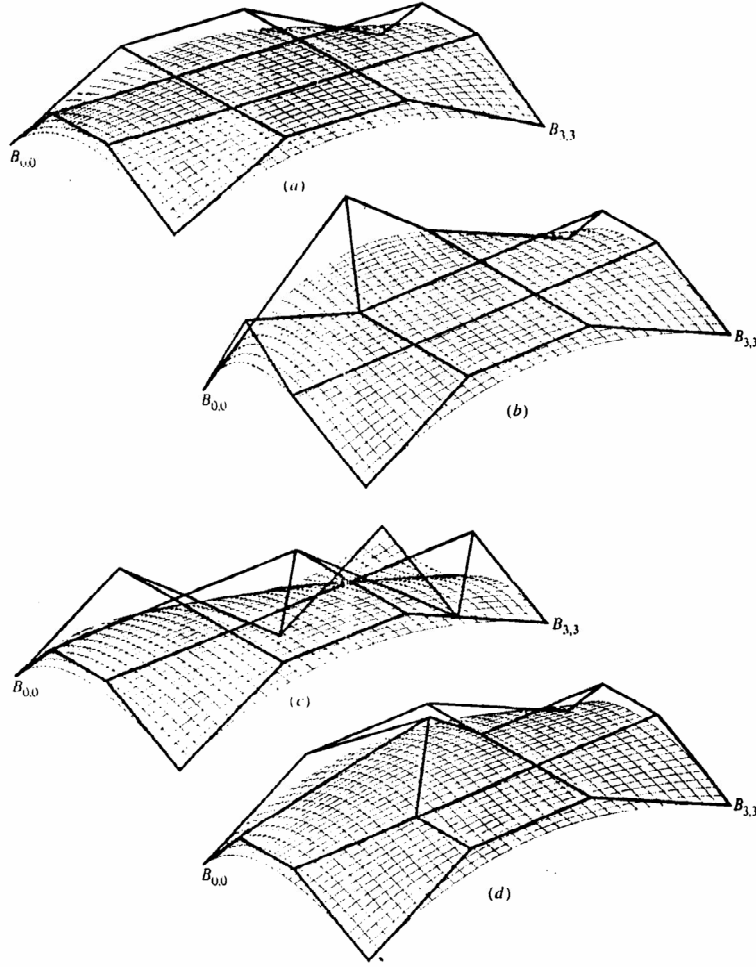
Şekil 3' de, bazı Bézier yüzey ve onları tanımlayan çokgen ağları gösterilmiştir. Bu yüzeylerdeki temel çokgen ağı 4x4' tür. Şekil 3' de, $B_{0,0}$ en soldaki köşe noktası ve $B_{3,3}$ noktası ise en sağdaki köşe noktasıdır. Şekil 3a' da, Bézier yüzey ve temel poligon ağı gösterilmiştir. Şekil 3b' de, $B_{0,0}$ da ki eğim vektörü büyüklüğündeki artmanın ($B_{1,0}$ ve $B_{0,1}$ in değerlerinin u ve w parametrik yönlerinde 2 ile çarpılarak yeni koordinatlara taşınmasıyla) yüzeye etkisi gösterilmiştir. Burada bükülme değişmemiştir. Şekil 3c, $B_{3,3}$ deki eğim vektörlerinin yönlerinin geriye doğru ($B_{2,3}$ ve $B_{3,3}$ hem u hem de w parametrik yönlerinde hareket ederek) değişiminin etkisini gösterir. Şekil 3d' de ise, $B_{0,0}$ da bükülme vektörünün büyüklüğü iki kat artırılmış ve onun değişime etkisi gösterilmiştir. Burada sadece $B_{1,1}$ hareket etmiştir. Bézier bir yüzey de, Bézier bir eğri gibi matris formunda aşağıdaki gibi yazılabilir [10].

$$Q(u, w) = [U] [N] [B] [M]^T [W] \quad (4)$$

Burada, $[U]$, $[W]$ ve $[B]$ ifadeleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$[U] = [u^n \quad u^{n-1} \quad \dots \quad 1] \quad (5)$$

$$[W] = [w^m \quad w^{m-1} \quad \dots \quad 1]^T \quad (6)$$



Şekil 3. Bikübik Bézier yüzeyler

$$[B] = \begin{bmatrix} B_{0,0} & B_{0,1} & \dots & B_{0,m} \\ B_{1,0} & B_{1,1} & \dots & B_{1,m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{n,0} & B_{n,1} & \dots & B_{n,m} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Literatürden $[N]$ ve $[M]$ için aşağıdaki ifade yazılabilir [10].

$$[N] = [M] = \begin{bmatrix} \binom{n}{0} \binom{n}{n} (-1)^n & \binom{n}{1} \binom{n-1}{n-1} (-1)^{n-1} & \dots & \binom{n}{n} \binom{n-n}{n-n} (-1)^0 \\ \binom{n}{0} \binom{n}{n-1} (-1)^{n-1} & \binom{n}{1} \binom{n-1}{n-2} (-1)^{n-2} & \dots & 0 \\ \binom{n}{0} \binom{n}{1} (-1)^1 & \binom{n}{1} \binom{n-1}{0} (-1)^0 & \dots & 0 \\ \binom{n}{0} \binom{n}{0} (-1)^0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Yine $[N]$ ifadesindeki bireysel terimler için aşağıdaki ifade yazılabilir.

$$(N_{i+1,j+1})_{i,j=0}^n = \begin{cases} \binom{n}{j} \binom{n-j}{n-i-j} (-1)^{n-i-j} & 0 \leq i+j \leq n \\ 0 & \text{Diğer durumlarda} \end{cases} \quad (9)$$

(8) denklemi, $[N]=[C][D]$ ifadesi ile biraz daha uygun hale getirilebilir. Burada $[C]$ ve $[D]$ için, aşağıdaki ifadeler yazılabilir [10].

$$[C] = \begin{bmatrix} \binom{n}{n}(-1)^n & \binom{n}{n} \binom{n-1}{n-1} (-1)^{n-1} & \dots & \binom{n}{n} \binom{n-n}{n-n} (-1)^0 \\ \binom{n}{n-1}(-1)^{n-1} & \binom{n}{n} \binom{n-1}{n-2} (-1)^{n-2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \binom{n}{1}(-1)^1 & \binom{n}{1} \binom{n-1}{0} (-1)^0 & \dots & 0 \\ \binom{n}{0}(-1)^0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad [D] = \begin{bmatrix} \binom{n}{0} & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \binom{n}{1} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \binom{n}{n} \end{bmatrix} \quad (10)$$

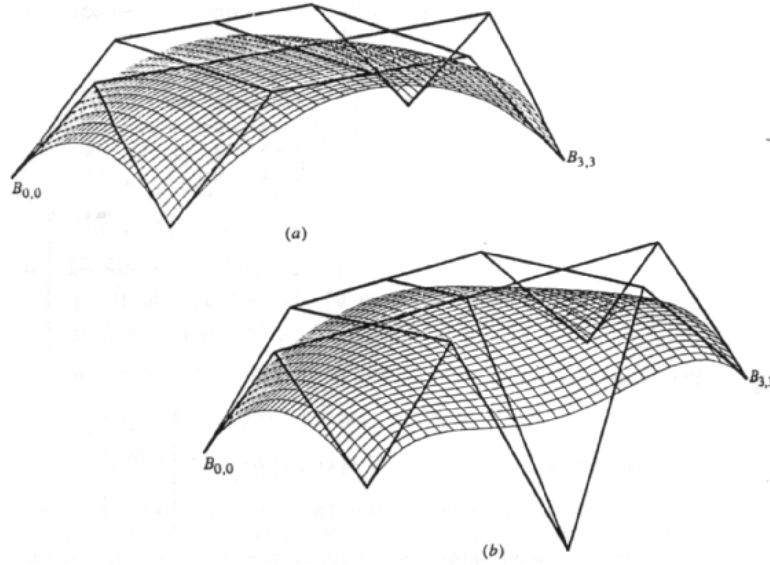
(8) denklemi, n ' in keyfi değerleri için çok daha kullanışlıdır. Şunu da belirtmek gerekir ki, n ' in her bir değeri için $[N]$ matrisi asal köşegene göre simetriktir ve sağ alt köşe üçgen elemanlarının hepsi 0' dır. Bu durumda, 4×4 biküçük bir Bézier yüzey için (4) denklemi aşağıdaki şekle dönüşür.

$$Q(u, w) = [u^3 \quad u^2 \quad u \quad 1] \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_{0,0} & B_{0,1} & B_{0,2} & B_{0,3} \\ B_{1,0} & B_{1,1} & B_{1,2} & B_{1,3} \\ B_{2,0} & B_{2,1} & B_{2,2} & B_{2,3} \\ B_{3,0} & B_{3,1} & B_{3,2} & B_{3,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w^3 \\ w^2 \\ w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Bir Bézier yüzey kare olmak zorunda değildir. 5×3 şeklindeki bir ağ için, (4) denklemi aşağıdaki gibi yazılır.

$$Q(u, w) = [u^4 \quad u^3 \quad u^2 \quad u \quad 1] \begin{bmatrix} 1 & -4 & 6 & -4 & 1 \\ -4 & -12 & -12 & 4 & 0 \\ 6 & -12 & 6 & 0 & 0 \\ -4 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_{0,0} & B_{0,1} & B_{0,2} \\ B_{1,0} & B_{1,1} & B_{1,2} \\ B_{2,0} & B_{2,1} & B_{2,2} \\ B_{3,0} & B_{3,1} & B_{3,2} \\ B_{4,0} & B_{4,1} & B_{4,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w^2 \\ w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Örneğin bir 5×3 Bézier yüzey, u ve w yönlerindeki kuadratik polinom eğrilerinden meydana gelmiştir. Şekil 4' de gösterildiği gibi beş adet köşe noktası ile tanımlanan ağ, kenar üzerindeki merkezî çokgen köşelerinin değişimi, köşelerdeki eğim vektörlerini etkilemez.



Şekil 4. 5×3 Bézier yüzey, a) Temel yüzey, b) Beş köşe noktalı yüzey üzerindeki merkezî çokgen köşe noktalarının değişiminin etkisi

Şekil 3a' da gösterilen Bézier yüzey için, hem u hem de w parametrik yönlerindeki birinci türevleri $u=w=0,5$ olarak tanımlansın. Şekil 3d' de gösterilen değiştirilmiş yüzey için, sadece $B_{1,1}$ noktası $B_{1,1}[0 \ 10 \ 0]$ olarak değiştirilsin. Yine bu yüzey için, 4×4 Bézier çokgenin köşe noktaları da aşağıdaki gibi verilsin.

$$[B] = \begin{bmatrix} [-15 \ 0 \ 15] & [-15 \ 5 \ 5] & [-15 \ 5 \ -5] & [-15 \ 0 \ -15] \\ [-5 \ 5 \ 15] & [-5 \ 5 \ 5] & [-5 \ 5 \ -5] & [-5 \ 5 \ -15] \\ [5 \ 5 \ 15] & [5 \ 5 \ 5] & [5 \ 5 \ -5] & [5 \ 5 \ -15] \\ [-15 \ 0 \ 15] & [15 \ 5 \ 5] & [15 \ 5 \ -5] & [15 \ 0 \ -15] \end{bmatrix}$$

Problemin çözümü için, denklem (4) ve (11) ile verilen matris formülasyonunu yazalım.

$$Q(u, w) = [U] [N] [B] [N]^T [W]$$

Burada $[N] [B] [N]^T$ ifadesi, aşağıdaki gibi yazılır.

$$[N] [B] [N]^T = \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} [B] \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} [0 \ 0 \ 0] & [0 \ 0 \ 0] & [0 \ 0 \ 0] & [0 \ 0 \ 0] \\ [0 \ 0 \ 0] & [0 \ -45 \ 0] & [0 \ 45 \ 0] & [0 \ -15 \ 0] \\ [0 \ 0 \ 0] & [0 \ 45 \ 0] & [0 \ -45 \ 0] & [30 \ 15 \ 0] \\ [0 \ 0 \ 0] & [0 \ -15 \ 0] & [0 \ 15 \ -30] & [-15 \ 0 \ 15] \end{bmatrix}$$

Böylece yüzey noktası, aşağıdaki gibidir.

$$Q(0.5,0.5)=[0,125 \quad 0,25 \quad 0,5 \quad 1] [N] [B] [N]^T \begin{bmatrix} 0.125 \\ 0.25 \\ 0.5 \\ 1 \end{bmatrix} = [0 \quad 4,6875 \quad 0]$$

Parametrik yöndeki türevler alınırsa yeni ifademizin değerleri aşağıdaki gibi elde edilirler.

$$Q(0.5,0.5)=[3u^2 \quad 2u \quad 1 \quad 0] [N] [B] [N]^T \begin{bmatrix} w^3 \\ w^2 \\ w \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$Q(0.5,0.5)=[0,75 \quad 1 \quad 1 \quad 0] [N] [B] [N]^T \begin{bmatrix} 0.125 \\ 0.25 \\ 0.5 \\ 1 \end{bmatrix} = [30 \quad 0 \quad 0]$$

$$Q(0.5,0.5)=[u^3 \quad u^2 \quad u \quad 1] [N] [B] [N]^T \begin{bmatrix} 3w^2 \\ 2w \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Q(0.5,0.5)=[0,125 \quad 0,25 \quad 0,5 \quad 0] [N] [B] [N]^T \begin{bmatrix} 0.75 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = [0 \quad 0 \quad -30]$$

Şekil 3d' de değiştirilmiş yüzey, sadece standart yüzeyin $B_{1,1}$ değerini değiştirir. Yeni değer, $B_{1,1}[0 \quad 10 \quad 0]$ olduğuna göre. Bu durumda yeni ifade aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$[N] [B] [N]^T = \begin{bmatrix} [45 \quad 45 \quad -45] & [-90 \quad -90 \quad 90] & [45 \quad 45 \quad -45] & [0 \quad 0 \quad 0] \\ [-90 \quad -90 \quad 90] & [180 \quad 135 \quad -180] & [-90 \quad -45 \quad 90] & [0 \quad -15 \quad 0] \\ [45 \quad 45 \quad -45] & [-90 \quad -45 \quad 90] & [45 \quad 0 \quad -45] & [30 \quad 15 \quad 0] \\ [0 \quad 0 \quad 0] & [0 \quad -15 \quad 0] & [0 \quad 15 \quad -30] & [-15 \quad 0 \quad 15] \end{bmatrix}$$

Buradan $u=w=0,5$ için, yeni yüzey noktası aşağıdaki gibi bulunur.

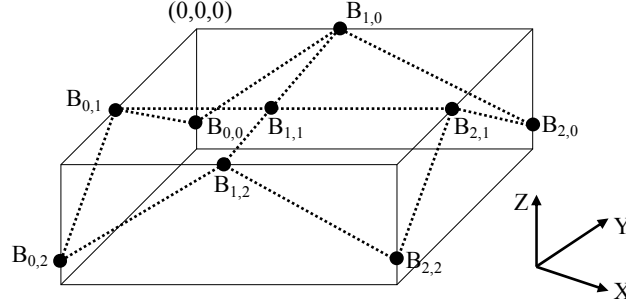
$$Q(0.5,0.5)=[0,703 \quad 5,391 \quad -0,703]$$

$u=w=0,5$ için, yeni parametrik türevler de aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Q_u(0.5,0.5)=[28,594 \quad -1,406 \quad 1,406] \quad Q_w(0.5,0.5)=[-1,406 \quad -1,406 \quad -28,594]$$

4. BÉZIER BİR YÜZEYİN İÇİN CAM CODLARININ ELDE EDİLMESİ

Bu çalışmada, köşe noktaları Şekil 5’deki gibi tanımlanan Bézier bir yüzey, hazırlanan C programı ile modellenmiş ve daha sonra aynı program ile CAM kodları elde edilmiştir.

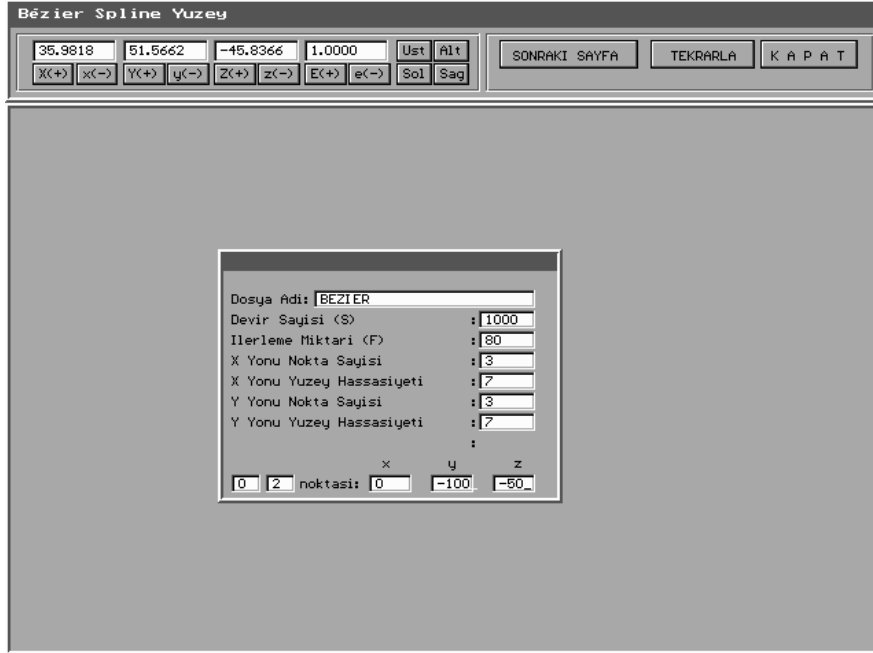


Şekil 5. CAD modeli ve CAM kodları türetilen 3x3 Bézier bir yüzey için köşe noktaları

Tanımlanan yüzey için köşe noktalarının koordinatları aşağıda verilmiştir.

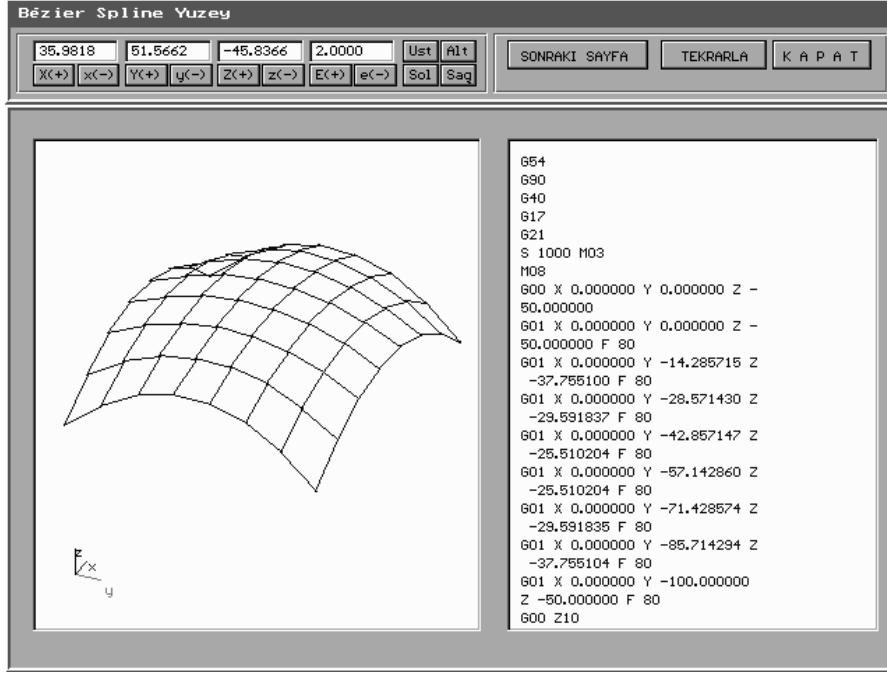
$B_{0,0}[0, 0, -50]$	$B_{1,0}[60, 0, 0]$	$B_{2,0}[120, 0, -50]$
$B_{0,1}[0, -50, 0]$	$B_{1,1}[60, -50, 0]$	$B_{2,1}[120, -50, 0]$
$B_{0,2}[0, -100, -50]$	$B_{1,2}[60, -100, 0]$	$B_{2,2}[120, -100, -50]$

Bölüm 3’de yapılan hesaplamalar dikkate alınarak hazırlanan C programı çalıştırıldığında, aşağıdaki menü ekranı gelir ve bu ekran üzerinde Bézier yüzey ile ilgili büyüklükler girilir (Şekil 6).



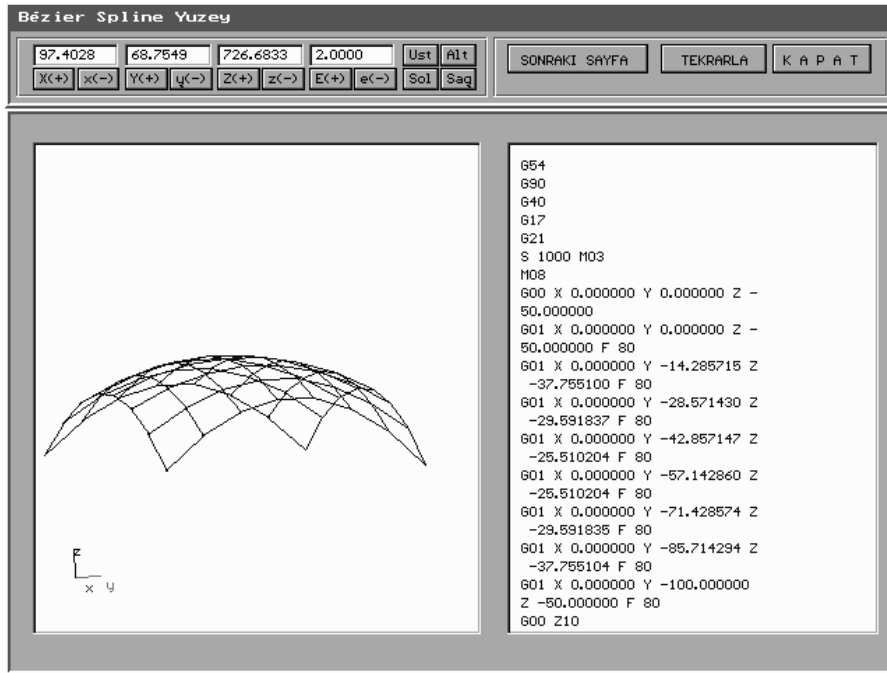
Şekil 6. 3x3 Bézier yüzey için imalat bilgilerinin ve koordinat değerlerinin girilmesi

Bézier yüzey ile ilgili büyüklükler girildikten sonra, program ilgili Şekli modeller ve aynı zamanda da Şekil ile ilgili CAM kodlarını da yan taraftaki ekranda görüntüler (Şekil 7).



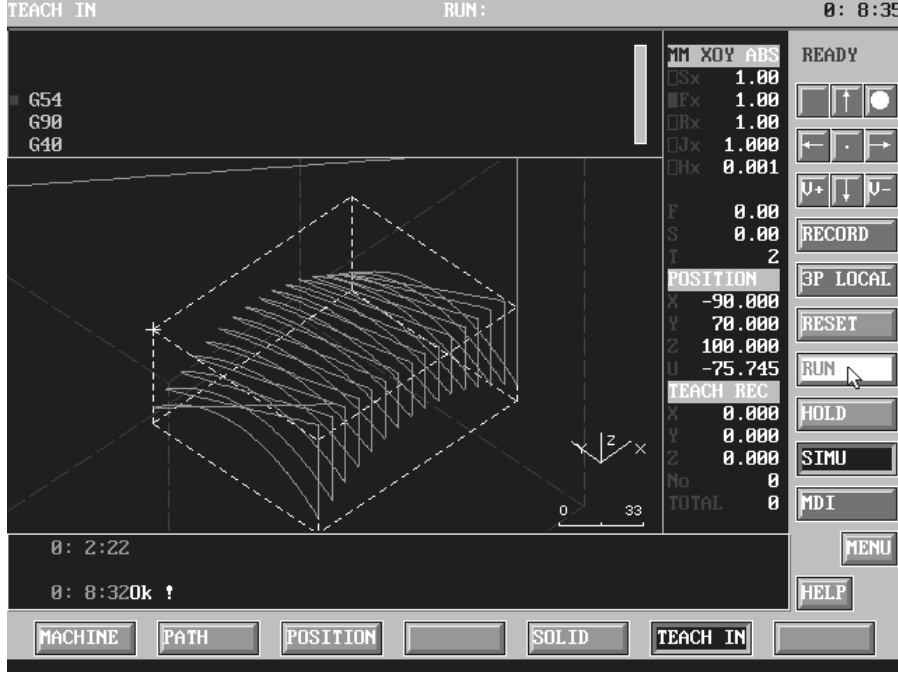
Şekil 7. 3x3 Bézier yüzeyin tel-kafes modeli ve türetilen CAM kodlarının görüntülenmesi

Yine aynı program modellenen Şekli farklı bakış açılarında da görüntüleme özelliğine sahiptir (Şekil 8).



Şekil 8. Tel-kafes modelin X-Y-Z koordinat eksenleri etrafında döndürülmüş hali

Bézier yüzeyin CAD modeli yukarıdaki gibi elde edildikten sonra, bu yüzey için elde edilen CAM kodlarının simülasyonu, Dyna 4M CNC programında [11] yapılmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. 3x3 Bézier yüzeyin Dyna 4M CNC programında simülasyonu

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Bézier yaklaşımı ile bir yüzeyin modellenmesi için geliştirilen bir C programı ile yüzeyin CAD modeli oluşturulmuş ve aynı zamanda da bu CAD modeli üzerinden yüzeyin CAM kodları türetilmiştir.

Bu şekilde bir yüzey için, takım yollarının elle hesaplanarak tespit edilmesi ve CAM kodlarının hazırlanması, hem uzun zaman gerektirir hem de çok fazla hatanın oluşmasına sebep olur. Ancak hazırlana bu program, bu tür olumsuzlukları ortadan kaldırmıştır. Çünkü yüzey oluşturma işlemleri dikkatle incelenirse, oldukça uzun ve çok sayıda matris işlemlerin gerçekleştirildiği görülür. Mesela, X yönünde 4 ve Y yönünde 4 noktadan oluşan bir Bézier yüzey ele alalım. Bu noktaların her birisinin X-Y-Z olmak üzere üç koordinat değeri olacağından, bu yüzey 4x4x3' lük bir matrisle ifade edilebilir. Bu 4x4x3' lük matris, yüzeyin sadece veri matrisidir. Yüzeyi 8 nokta hassasiyeti ile oluşturmak istediğimizi düşünürsek sonuç matrisin 8x8x3' lük bir matris olacağı açıktır. Bu sonuç matrisini elde etmek için [4x8][4x4][4x4x3][4x4][8x4] matrislerinin sırasıyla çarpılması gerekmektedir. Bu kadar çok işlemin elle yapılması çok zor hatta imkânsızdır. Nokta sayısının artması ve işleme hassasiyetinin yüksek tutulması durumunda, bu değerlerin ve hesaplanması gereken matris çarpımlarının sayısı oldukça fazla olacaktır. Hazırlanan bu program ile hem hassas hem de kısa zamanda bu uzun işlemler yapılmakta ve CAM kodları türetilmektedir. Bu şekilde yüzeyler CNC freze tezgahlarında işlenirken düz alınlı parmak freze çakılarının yerine küresel uçlu freze çakıları tercih edilmelidir. Çünkü yüzeyin eğrisel olması, düz alınlı parmak freze çakısının işlenen yüzeyin hassasiyetini olumsuz yönde etkileyeceği görülmektedir. Yine yüzeyin CAD modeli ve CAM kodları oluşturulurken komşu iki takım yolu arasındaki mesafenin çok dikkatli seçilmesi gerekir (Şekil 9). Bu geçiş noktalarının mesafesinin çok büyük seçilmesi halinde, işlenen yüzeyin pürüzlülük değeri artacaktır. Geçiş noktaları arasındaki mesafenin çok küçük seçilmesi halinde ise, işlenen yüzeyin hassasiyeti artacaktır. Ancak bu durumda da, imalat süresi uzayacaktır. Tüm bu durumlar dikkate alınarak, komşu iki takım yolu arasındaki mesafe seçilirken, küresel uçlu parmak freze çakısının çapı dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak bu çalışmada, Bézier yaklaşımı ile bir yüzeyin CAD modeli ve CAM kodları oluşturulurken C programlama kullanılmış ve piyasalarda oldukça pahalı olan CAD-CAM programlarına ihtiyaç kalmamıştır. Yine Bézier yüzeyi oluşturmak için kullanılan parametrelerin, işlenecek olan yüzeyin hassasiyeti ve imalat süresi üzerinde etkili olabilecekleri görülmektedir.

6. KAYNAKÇA

- [1] Rogers, D. F., "Procedural Elements For Computer Graphics" McGraw-Hill, New York, 1985.
- [2] Bézier, P. E., "Emploi des Machines á Commande Numerique, Masson et Cie, Paris, France, 1970; Bézier, P. E., " Example of an Existing System in the Motor Industry: The Unisurf System," Proc. Roy. Soc. (London), Vol.A321, pp.207-218, 1971.
- [3] Sabin, M. A., "An Existing System in the Aircraft Industry. The British Aircraft Corporation Numerical Master Geometry System, " Proc. Roy. Soc. (London), Vol. A321, pp197-205, 1971.
- [4] Peters, G. J., " Interactive Computer Graphics Application of the Bicubic Parametric Surface to Engineering Design Problems," McDonnell Douglas Automation Company, St. Louis, Missouri, presented at SIAM 1973 National Meeting, Hampton, Va., 18-21 June 1973.
- [5] Rogers, D. F., and Satterfield, S. G., "Dynamic B-Spline Surfaces," Proc. of the Fourth International Conference on Computer Applications in the Automation of Shipyard Operation and Ship Design (ICCAS 82), 7-10 June 1982, Annapolis, Maryland, pp.189-196, North Holland, 1982.
- [6] Rogers, D. F., Rodriguez, F., and Satterfield, S. G., "Computer Aided Ship Design and the Numerically Controlled Production of Towing Tank Models," Proc. of 16th Des. Auto. Conf., San Diego, California, 24-27 June 1979.
- [7] Cohen, E., "Some Mathematical Tools for a Modeler' s Workbench," IEEE Comp. Graph. & Appl., Vol. 3, pp. 63-66, October 1983.
- [8] Forrest, A. R., "Interactive Interpolation and Approximation by Bézier Polynomials, " Comp. J. Vol. 15, pp.71-79, 1972.
- [9] Cohen, E., and Riesenfeld, R. F., "General Matrix Representations for Bézier and B-Spline Curves, " Comp. in Indus., Vol. 3, pp.9-15 1982.
- [10] Rogers, D. F., and Adams, J. A., "Mathematical Elements For Computer Graphics" McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1989.
- [11] DM2900 Operation Manual, Dyna Mechtronics Inc. Ltd 926 W. Maude Ave. Sunnyvale, Ca. 94086 U.S.A., 1996.