

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

İKİ BOYUTLU BULANIK NESNE BİRLEŞTİRME

Ahmet ÇINAR^{1,2}, Ahmet ARSLAN¹

ÖZ

Bu makalede, 2-B nesnelere birleştirmek amacıyla bulanık mantık tekniğini kullanan bir yöntem sunulmuştur. Bu amaçla bilinen kontrol noktalarına dayalı eğri modelleme yöntemi kullanılmış, kontrol noktaları ise bulanık mantık tekniği ile belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık, Nesne birleştirme, Bilgisayarlı grafik.

FUZZY OBJECT BLENDING IN 2D

ABSTRACT

In this paper, a method employing fuzzy logic technique for blending of 2D objects is presented. For this purpose, the curve modelling technique based on known control points is used for curve generation where the control points are determined through the fuzzy logic technique.

Key Words: Fuzzy logic, Object blending, Computer graphics.

1. GİRİŞ

Eğri modelleme bilgisayarlı grafiğin temel konusudur. Eğriler bilgisayarlı grafik açısından ikiye ayrılır; yaklaşım ve interpolasyon eğrileri. Bu eğriler oluşturulurken temel olarak bir kaç yöntemden faydalanılır. Bunlar; kontrol noktaları verilerek eğri üretme, başlangıç ve bitiş noktalarında birinci türevin C^1 sürekliliğini sağlayacak şekilde eğri üretme ve eğrisellik yarıçapı verilerek eğri üretmedir (Farin, 1990). Bu çalışmada gözönüne alınan yöntem kontrol noktaları yardımıyla eğri üretme tekniğidir. Bunun nedeni matematiksel karmaşıklığa yol açmadan, birinci ve ikinci türev hesaplamalarına girmeyen bir eğri üretme tekniği kullanmaktır.

Bilindiği gibi kontrol noktalarının bilinmesi durumunda, yaklaşım veya interpolasyon eğrilerini üretmek kolaydır. Bu çalışmada nesne birleştirme açısından yaklaşım eğrileri tercih edilmiştir. Yapılan çalışmada, başlangıç ve bitiş noktalarının belli olduğu durumda bu noktalar ve bu noktalardan belli bir uzaklıktaki ikinci noktalar yardımcı alınarak, en az üç tane ara nokta bu-

lanık mantık tekniği ile üretilmiş ve daha sonra bütün noktalar ele alınarak yaklaşım eğrileri üretilmiştir. Bu eğriler yardımıyla nesne birleştirme yüzeyleri üretilerek, iki boyutta nesne birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Katı modelleme içinde çalışılan konulardan biri nesne birleştirmedir (blending). Nesne birleştirme, yüzeylerin veya nesnelerin kesişim bölgelerinde keskin köşe veya kenar bırakmaksızın birleştirme işlemidir (Choi ve Ju, 1989). Bir diğer tanıma göre, kesişen veya kesişmeyen nesnelere yumuşak geçişlere sahip eğri veya yüzeylerle birleştirmedir (Filkins, vd. 1993).

Katı modelleme içinde genel birleştirme (blend) yüzeyler Rockwood ve Owen (1987) tarafından, sabit yarıçaplı nesne birleştirme tekniği ise Rossignac ve Requicha (1984) ve Choi ve Jhu (1989) tarafından çalışılmıştır. Değişken yarıçaplı nesne birleştirme tekniği Chuang ve Wang (1997)'de verilmiştir. Cyclide matematiğine dayanan nesne birleştirme teknikleri Seth ve Dutta (1997) ve Sirinivas ve Dutta (1992)'de detaylı bir şekilde verilmiştir.

¹ Firat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Elazığ-TÜRKİYE.

² E-posta: acinar@firat.edu.tr.

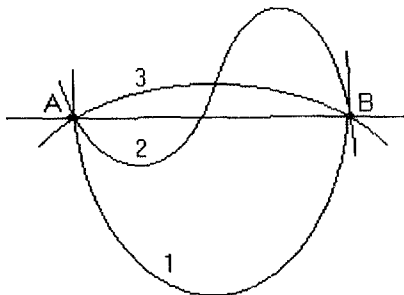
Bulanık mantığın ilk temeli Zadeh (1965) tarafından ortaya konmuş ve değişik uygulama alanlarında kendine yer bulmuştur. Bilgisayarlı grafik konusu ile ilgili bulanık teknik yaklaşımları (Shan ve Hideo, 1995 ve Sato ve Hiromi 1995)' de bulunabilir. Bu çalışmalar daha çok nesne tanıma, örüntü tanıma,..., şeklindedir. Bilindiği gibi bulanık mantığın diğer klasik yöntemlerden farkı, çok fazla hesaplama gerektirmemesi ve uygulamasının kolay olmasıdır. (Zadeh, 1965)

Makalenin yapısı aşağıdaki gibidir: İkinci kısımda, iki boyutta eğri üretmek için geliştirilmiş olan yöntem ve bulanık mantık tekniği kullanılarak geliştirilmiş olan sistemden bahsedilmiş, üçüncü kısımda yöntemin nesne birleştirme işlemine uygulaması verilerek üretilmiş olan nesne birleştirme şekilleri verilmiştir. Son kısımda sonuçlar tartışılmıştır.

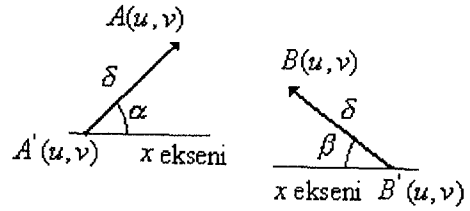
2. BULANIK EĞRİ MODELLEME YÖNTEMİ

Bilindiği gibi, yaklaşım eğrileri kontrol noktaları yardımıyla oluşturulurken, kontrol noktalarının bilinmesi gerekir. Bu çalışmada başlangıç ve bitiş noktasının bilinmesi durumunda bu iki noktadan hareketle bulunacak olan diğer noktalar yardımıyla eğri üretilebilmiştir. Çalışmanın temeli; başlangıç ve bitiş noktasının bilinmesi durumunda diğer ara noktaları bulanık mantık tekniği ile hesaplamaktır. Bu hesaplama yapılırken özellikle başlangıç ve bitiş noktaları hariç olmak üzere en az üç nokta üzerinde çalışılmıştır. Bunun nedeni; oluşturulacak olan eğride yerel değişikliklerin en az üç ara nokta ile sağlanabilmesidir. Şekil 1' de görüldüğü gibi $A(u,v)$ ve $B(u,v)$ noktaları iki boyutlu uzayda verilen başlangıç ve bitiş noktaları olsun. Bu iki noktadan sonsuz eğri geçer, ve eğer kontrollu bir eğri üretmek istenirse o zaman ara noktaların yeri önem kazanır.

Dolayısıyla, nasıl bir eğri üretilmesi gerektiğini sağlayacak bir kaç parametreye daha ihtiyaç vardır. Şekil 1' deki gibi 1,2 ve 3 eğrilerinin başlangıç ve bitiş noktaları aynı olmasına rağmen, kullanılacak ara noktalar birbirinden farklıdır. Bu kontrol noktalarının yerini bulanık mantık tekniği ile bulmak için yardımcı nokta-



Şekil 1. $A(u,v)$ ve $B(u,v)$ İki Nokta Olmak Üzere Üretililecek Eğritere Üç Örnek.



Şekil 2. $A(u,v)$, $B(u,v)$, $A'(u,v)$ ve $B'(u,v)$ Noktalarının Durumu.

lar dediğimiz noktaları kullanacağız. Yardımcı noktaların kullanılmasının nedeni eğri üzerinde yerel değişikliği sağlayacak bir kontrol mekanizması oluşturmaktır. Bu noktalar oluşturulacak eğrinin şeklini belirleyecektir.

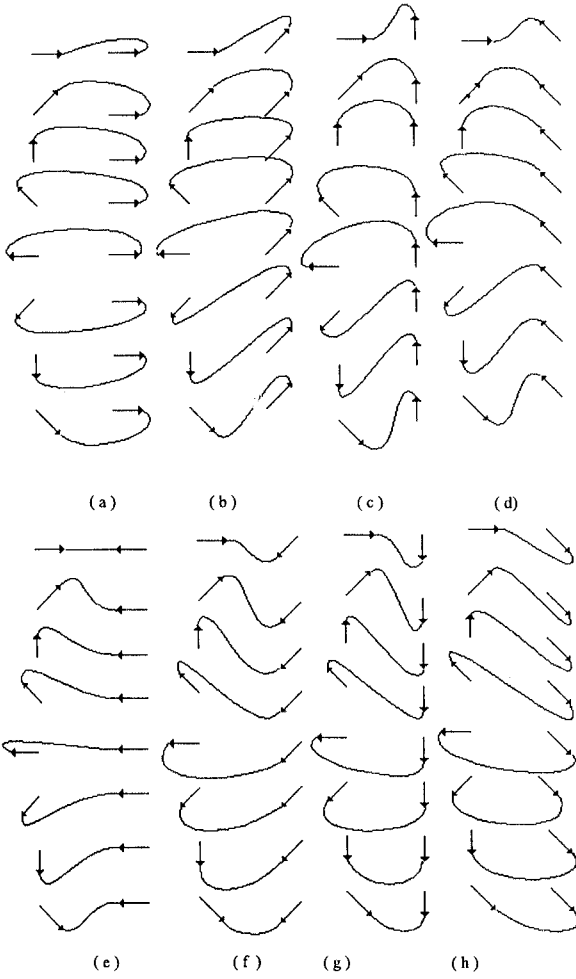
2.1. Geliştirilen Yöntem

$A(u,v)$ ve $B(u,v)$ iki boyutlu uzayda iki nokta olsun (Şekil 2). Bu iki noktadan geçen ve istenilen özelliği sağlayan eğriyi oluşturmak için kullanılacak yardımcı noktalar; $A'(u,v)$ ve $B'(u,v)$ olsun. Yardımcı noktalar asıl noktalardan δ kadar, çok küçük uzaklıkta noktalar. $A'(u,v)$ ve $A(u,v)$ noktalarının oluşturduğu iki boyutlu vektörün x eksen ile yaptığı açı α ve $B(u,v)$ ve $B(u,v)$ noktalarının oluşturduğu vektörün x eksen ile yaptığı açı β olsun. (Şekil2)

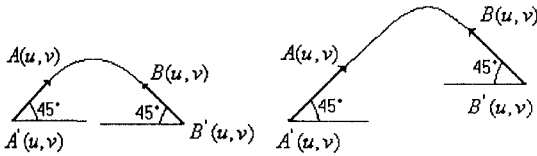
$A(u,v)$ ve $B(u,v)$ noktalarının iki boyutlu uzaydaki durumu çok farklı olabilir ve açılarda 0° ile 360° arasında değişebilir. Şekil 3' de çeşitli α ve β açıları için çizilen eğriler gösterilmiştir.

Şekil 3'e dikkat edilirse 45° lik açı değişikliklerine göre oluşturulabilecek eğriler gösterilmiştir. α ve β açılarının bilinmesi, geliştirilen yöntemde bulanık mantığın kullanılabilmesi için yeterli olmaz. Bunun nedeni; eğer noktalar arasındaki uzaklıklar göz önüne alınmayıp sadece açılar göz önüne alırsa o zaman istenmeyen durumlar oluşur ve eğrilerin oluşturulması mümkün olmaz. Sadece açıların göz önüne alınması aynı açıya sahip fakat farklı uzaklıklardaki noktalar için ara nokta oluşturmak yeterli olmaz. Uygulanan bulanık mantık işleminde, açıların göz önüne alınması durumunda uzaklıklarda göz önüne alınmalı ki, gerçekten de bu noktalardan geçen eğri oluşturulabilsin. Uzaklıklar göz önüne alınmazsa şekilde 4' de ki gibi aynı açıya sahip fakat uzaklıkları biri birinden farklı eğriler oluşturmak gerekmektedir. Şekil 4'e dikkat edilirse (a)' da ki eğri ile (b)'de ki eğriyi oluşturmak için gerekli olan yardımcı noktalar biri birinden farklıdır.

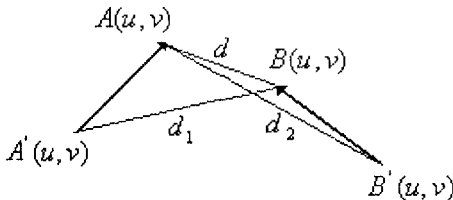
$A'(u,v)$ noktası ile $B(u,v)$ noktası arasındaki uzaklık d_1 , $A(u,v)$ ve $B'(u,v)$ noktası arasındaki uzaklık d_2 ve $A(u,v)$ ve $B(u,v)$ arasındaki uzaklık d olsun (Şekil 5). Geometrik bilgiler kullanılarak d_1 ve d_2 kolaylıkla hesaplanabilir.



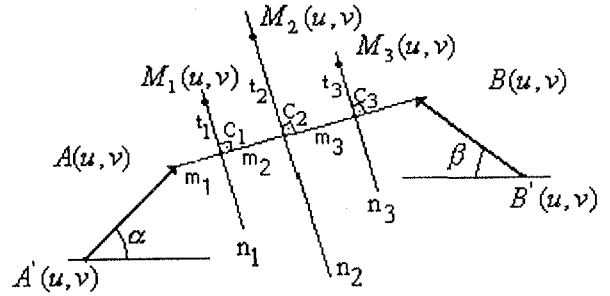
Şekil 3. Çeşitli α, β Açılara Göre Çizilen Eğriler.



Şekil 4. Aynı α, β Açılara Sahip Farklı Eğriler.



Şekil 5. d, d_1 ve d_2 Uzaklıkları.



Şekil 6. m_1, m_2 ve m_3 ve t_1, t_2 ve t_3 Uzaklıkları.

Buradaki d_1, d_2 uzaklıkları ve α, β açılıarı bulanık mantık için kullanılacak giriş parametreleridir.

Bulanık mantık kullanılarak bulunacak ara noktalar $M_1(u,v), M_2(u,v)$ ve $M_3(u,v)$ noktaları Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu noktaların yeri bulunurken n_1, n_2 ve n_3 doğrularından yararlanılır. Bu doğrular $A(u,v)$ ve $B(u,v)$ noktalarının oluşturduğu doğruya dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. $M_1(u,v), M_2(u,v)$ ve $M_3(u,v)$ noktaları $A(u,v)$ ve $B(u,v)$ noktalarının oluşturduğu doğru üzerinde m_1, m_2 ve m_3 uzaklıkları ile belirlenen C_1, C_2 ve C_3 noktalarından dik çıkan n_1, n_2 ve n_3 doğruları üzerinde t_1, t_2 ve t_3 kadar uzaklıkta olan noktalardır. Bu noktaların bulanık mantık ile bulunması ancak çok iyi kriterler göz önüne alındığında mümkün olabilir. Fakat basitlik açısından sadece m_1, m_2 ve m_3 uzaklıklarının ve n_1, n_2 ve n_3 doğruları üzerindeki t_1, t_2 ve t_3 uzaklıklarının bulanık mantık kullanılarak hesaplanması daha kolay olacaktır. Bu uzaklıklar ve C_1, C_2 ve C_3 noktaları belli ise o zaman gerçek $M_1(u,v), M_2(u,v)$ ve $M_3(u,v)$ noktalarını hesaplamak çıkarım makinesinde yapılabilir. Çıkarım makinesi olarak bu çalışmada toplamların merkezi göz önüne alınmıştır (Denklem 1).

$\mu_k(\cdot)$: k. bulanık mantık üyelik fonksiyonu

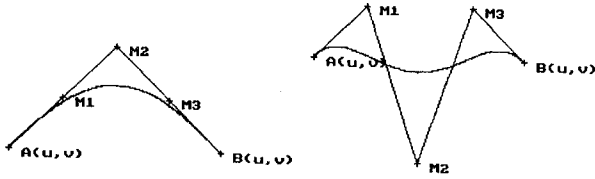
u_i : Bulanık mantık üyelik fonksiyonun i. değişkeni

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^l u_i \cdot \sum_{k=1}^n \mu_k(u_i)}{\sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^n \mu_k(u_i)} \quad (1)$$

Verilen $A(u,v)$ ve $B(u,v)$ noktalarından geçen eğri $M_1(u,v), M_2(u,v)$ ve $M_3(u,v)$ yardımcı noktaları kullanılarak aşağıdaki denklemle bulunmaktadır.

$$P(u,v) = (1-u)^4 A(u,v) + 4(1-u)^3 u M_1(u,v) + 6(1-u)^2 u^2 M_2(u,v) + 4u^3(1-u) M_3(u,v) + u^4 B(u,v) \quad (2)$$

Şekil 7' de (2) yardımıyla üretilmiş eğriler görülmektedir.



Şekil 7. Denklem (2) Yardımıyla Üretilmiş Olan Eğriler.

2.2. Bulanık Mantık Tekniği İçin Kurallar ve Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması

Bu bölümde 2.1' de belirlenmiş parametrelere göre seçilmiş olan üyelik fonksiyonları ve bu fonksiyonlara uygun kural kümesi verilmiştir. Hatırlanacağı üzere bulanık mantık için ele alınacak olan parametreler α , β açıları ve d_1 , d_2 uzaklıklarıdır. Fakat buradaki problem d_1 , d_2 uzaklıklarının çok geniş bir aralıkta değer alabilmesidir. Doğrudan d_1 , d_2 uzaklıklarını kullanmak yerine bunların birbirine oranı olan;

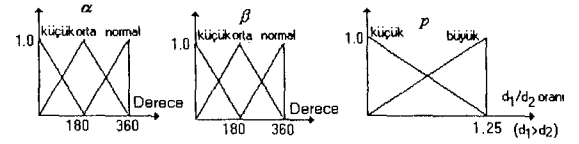
$$p = \frac{d_1}{d_2}, d_1 > d_2 \quad (3)$$

$$p = \frac{d_2}{d_1}, d_1 < d_2$$

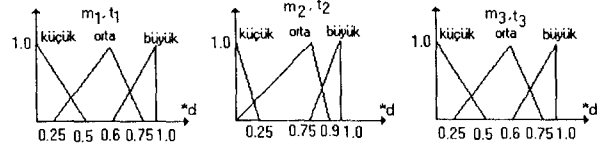
p ifadesini kullanmak hem işlemleri kolaylaştırmış olacak hem de bulanık sistemin giriş parametrelerinden bir tanesinin daha azalmasını sağlayarak yöntemin hızını artıracaktır. d_1 ve d_2 değerinin birbirine göre çok büyük bir değer alması ihtimali yoktur. Bu sebepten p değerinin çok büyük olması ihtimali yoktur. Bunun nedeni; $A(u, v)$ ile $A'(u, v)$ noktaları ve aynı şekilde arasındaki $B(u, v)$ ile $B'(u, v)$ noktalarının arasındaki uzaklıkların çok küçük olmasıdır. Dolayısıyla d_1 ve d_2 ' nin birbirine çok yakın değerler alacağı açıktır ve bu çalışmada p ' nin değişim aralığını 0 - 1.25 olacak şekilde seçmek üyelik fonksiyonlarını oluşturmada yeterli olmuştur.

Giriş değişkenleri olan α , β ve p , çıkış değişkenleri olan m_1 , m_2 ve m_3 uzaklıkları ve t_1 , t_2 ve t_3 uzaklıkları üyelik fonksiyonları Şekil 8 ve Şekil 9' da verilmiştir.

Kullanılan kural kümesi ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 8. Giriş Değişkenleri İçin Seçilmiş Olan Üyelik Fonksiyonları.



Şekil 9. Çıkış Değişkenleri İçin Üyelik Fonksiyonları.

Tablo 1. Kullanılan Kural Kümesi.

Girişler			Çıkışlar					
α	β	p	m_1	m_2	m_3	t_1	t_2	t_3
K	K	K	K	O	K	K	O	K
K	K	O	K	K	O	K	O	O
K	O	K	O	B	O	K	O	O
K	O	O	B	K	O	O	K	K
K	B	K	K	O	O	K	B	O
K	B	O	O	B	B	O	B	K
O	K	K	B	O	O	O	K	O
O	K	O	K	K	O	O	K	O
O	O	K	O	B	K	K	K	B
O	O	O	K	O	O	O	O	O
O	B	K	O	O	K	K	O	B
O	B	O	O	K	O	B	K	O
B	K	K	B	O	B	B	K	O
B	K	O	O	K	B	O	B	K
B	O	K	K	O	O	K	O	O
B	O	O	K	O	O	K	B	O
B	B	K	B	K	K	O	K	K
B	B	O	K	B	K	K	O	K

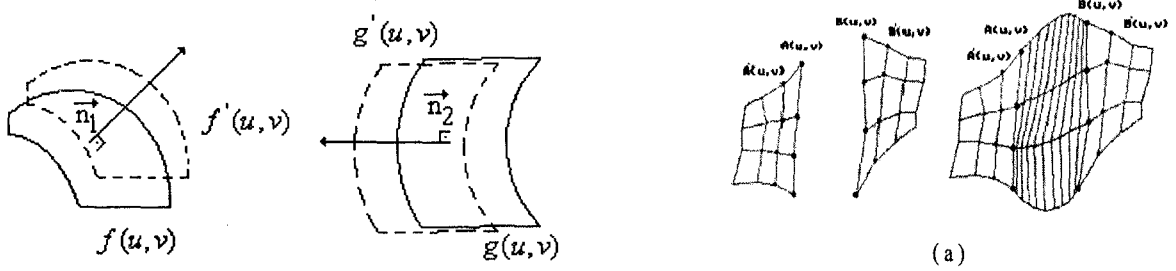
sunda belli bir uzaklığa ötelenmiş halidir. Şekil 10' da denge yüzeyler görülmektedir.

Geliştirilen yöntemde yüzeylerin kesişip kesişmesi önemli değildir. Birleştirilecek yüzeyler kesişse de kesişmese de kesişimler bulunurken ötelemeye (denge yüzeye) gerek vardır ve kesişimler aşağıdaki gibi bulunabilir.

3. İKİ-BOYUTLU NESNE BİRLEŞTİRME

Kısım 2'de bahsedilen yöntemin nesne birleştirme işlemine uygulanması için bazı parametrelerin uygun şekilde ve özellikle $A(u, v)$, $A'(u, v)$ ve $B(u, v)$, $B'(u, v)$ noktalarının düzenli bir şekilde bilinmesi gerekir.

$f(u, v)$ ve $g(u, v)$ iki boyutta iki yüzey olsun. Bu yüzeylerin denge yüzeyleri $f'(u, v)$ ile $g'(u, v)$ olsun. Bilindiği gibi denge yüzeyi asıl yüzeyin, yüzey normali doğrultu-

Şekil 10. Asıl Yüzeyler $f(u,v)$ ve $g(u,v)$, Denge Yüzeyleri

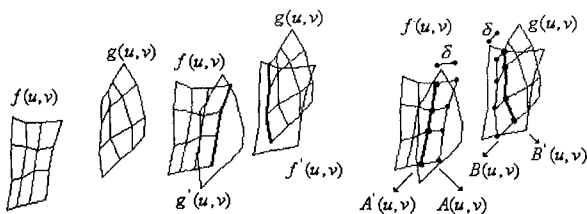
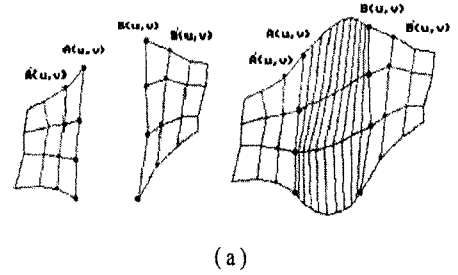
$f(u,v)$ ve $g(u,v)$ ve Normal Vektörleri \vec{n}_1, \vec{n}_2 .

$$f(u,v) - g(u,v) = 0 \quad (4)$$

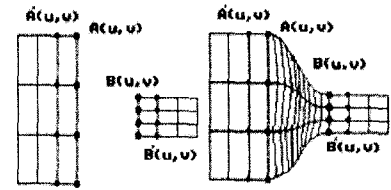
$$f'(u,v) - g'(u,v) = 0 \quad (5)$$

(4) ve (5) denklemleri Newton-Raphson yöntemi yardımıyla çözümlerse o zaman her bir yüzey üzerindeki kesişim eğrileri dolayısıyla $A(u,v)$ ve $B(u,v)$ noktaları bulunmuş olur. Bu noktalar bulunduktan sonra $A'(u,v)$ ve $B'(u,v)$ noktalarının bulunması gerekir. Bunun için izlenen yol ise denge yüzeyleri δ kadar öteleyip gerçek yüzeyin şekli hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlayacak olan $A(u,v)$ ve $B(u,v)$ noktalarını bulmaktır. Yüzeyin şekli hakkında bilgi sahibi olunması oluşturulacak kaynaştırma (blend) yüzeyinin birleştirilecek nesnelerin uç bölgelerinde sürekliliği sağlanması ve nesne birleştirmenin amacı olan yumuşak geçişlere sahip eğri veya yüzey oluşturmasını sağlamaktır. Bu açıdan birleştirilecek nesnelerin uç kısımlarında nesnenin şekli hakkında bilgi sahibi olunması ancak uç noktalardan yüzeyin (nesnenin) üzerine doğru çok küçük bir uzaklıkta bilgi alınması ile mümkün olmaktadır. Bu açıdan nesnenin uç bölgesinden δ kadar (δ çok küçük) bir uzaklıkta nesnenin (yüzeyin) üzerinden bilgi alması yeterli olacaktır. Bu açıdan δ oldukça küçük seçilmiştir. Bu çalışma da $\delta = 0.01$ olarak göz önüne alınmıştır. Hem $f(u,v)$ ve $g(u,v)$ için aynı δ değeri kullanılmıştır. Burada önemli olan δ 'nin mümkün olduğu kadar küçük seçilmesidir. Şekil 11'de $A(u,v)$, $B(u,v)$ ve $A'(u,v)$, $B'(u,v)$ noktaların nasıl bulunduğu gösterilmiştir.

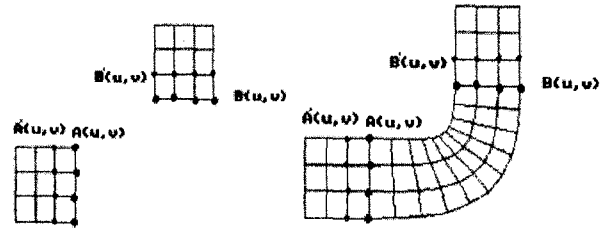
$A(u,v)$, $B(u,v)$ ve $A'(u,v)$, $B'(u,v)$ noktaları bulunduktan sonra Kısım 2' de bahsedilen yöntem yardımıyla üç ara nokta bulunabilir. Bütün bu noktalar kullanılarak (2) yardımıyla yaklaşım eğrisi oluşturulabilir.

Şekil 11. $A(u,v)$, $B(u,v)$ ve $A'(u,v)$, $B'(u,v)$ Noktalarının Bulunması.

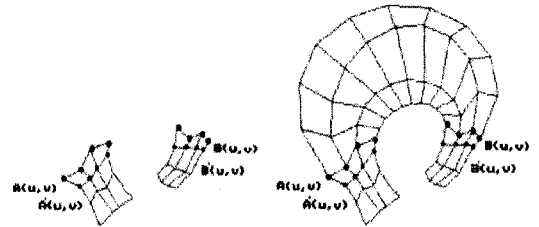
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 12. Geliştirilen Yöntem Yardımıyla Birleştirilmiş Nesneler.

Yukarıda bahsedilen yöntem yardımıyla birleştirilmiş iki boyutlu nesneler Şekil 12' de verilmiştir. Sol tarafta birleştirme yapılmadan önceki durum ve sağ tarafta ise nesne birleştirme yapıldıktan sonraki durum görülmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada iki boyutta nesne birleştirme için bulanık mantık tekniğini kullanan bir yöntem anlatılmıştır. Yöntemin temeli, bulanık mantık tekniği kullanılarak serbest şekilli eğri üretme esasına dayanır. Yöntem doğrudan birleştirilecek nesnelere iki boyuttaki koordinat bilgilerini kullanarak, bulanık mantık tekniği yardımıyla yüzeyleri yumuşak geçişlere sahip bir şekilde birleş-

tirmez. Yüzeyler üzerinde, uç bölgelerde oluşturulan kaynaştırma yüzey yardımıyla da sürekliliği sağlamak ve yumuşak geçişli yüzeyler üretebilmek için, birleştirilecek yüzeylerin uç bölgelerinde şekil değişikliği bilgisini kullanır. Bu şekilde ara bölge oluşturulan kaynaştırma yüzeyi ile süreklilik sağlanmıştır. Yöntem koordinat bilgilerini ayırık noktalar şeklinde kullandığından, fazladan matematiksel hesaplamalardan kurtulunmuştur. Yöntemin dezavantajı, kullanılacak üyelik fonksiyonunun uygun bir şekilde seçilmesinin gerekmesidir.

İleriki çalışmalarda, yöntem 3-boyutlu eğri modelleme ve nesne birleştirme işleminde kullanılmak üzere geliştirilecek ve özellikle kendi kendine öğrenen ve üyelik fonksiyonlarını nesnelerin şekline göre ayarlanabilen adaptif yapılar üzerinde çalışılacaktır.

KAYNAKÇA

- Choi, K.B. ve Ju, Y. S. (1989). Constant - radius blending in surface modelling. *Computer Aided Design*, 21(4).
- Chuang, J.H. ve Wang, W.C. (1997). Variable-radius blending by constrained spline generation. *Visual Computer*, 13(7), 316-329.
- Farin, G. (1990). *Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design*. Academic Press, Boston.
- Filkins P.C., Tuohy S.T. ve Patrikalakis, M.N. (1993). Computational methods for blending approximations. *Engineering With Computer*, 9, 49-62.
- Rockwood, A. P. ve Owen, J. C. (1987). Blending surfaces in solid modelling. Farin G., ed., *Geometric Modeling: Algorithms and New Trends*. SIAM, Philadelphia, PA, ss.367-383.
- Rossignac, J. R. ve Requicha, A. G. (1984). Constant radius blending in solid modeling. *Computers in Mechanical Engineering*, ss.65-73.
- Sato, S. ve Hiromi, M. (1995). A method for modelling freehand curves-the fuzzy spline interpolation. *Systems and Computers in Japan*, 26(19), 1610-1619.
- Seth, A. ve Dutta, D. (1997). Cyclides in pure blending I. *Computer Aided, Geometric Design*, 14, 51-75.
- Shan, G.L. ve Hideo, K. (1995). Applications of fuzzy average to curve and surfaces fitting. *4th IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, ss.971-978.
- Srinivas, L.V. ve Dutta, D. (1992). Blending and joining using cyclides, *ASME Advances in Design Automation*, 2, 231-236.
- Zadeh L. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.



Ahmet Çınar, 1993 ve 1996 yıllarında Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliğinden, sırasıyla, lisans ve yüksek lisans derecelerini aldı. Yüksek lisansın ardından doktora eğitimine başladı. Halen doktora eğitimi devam etmektedir. Çalışma konusu; bilgisayarlı grafikte nesne modelleme, çözüm ağı üreteçleri ve nesne birleştirme, ve fuzzy-neuro kontrolün bilgisayarlı grafiğe uygulamasıdır.



Ahmet Arslan, 1963 doğumludur. 1984 yılında Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1992 yılında Bilkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde bilgisayarlı grafik dalında doktora çalışmasını tamamladı. Fırat Üniversitesi'nde 1992 yılında öğretim üyesi olarak çalışmaya başladı. Halen aynı üniversitenin Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde çalışmaktadır. İlgi alanları: Bilgisayarlı grafik, mesh üretimi, mikroişlemciler-mikrodenetleyiciler, nesneye yönelik programlama, etmen tabanlı programlamadır.