

# Örtük Çokterimliler ve Geometrik Özelliklerle El Tanıma

\*Cenker Öden \*Aytül ERÇİL  
\*Vedat Taylan Yıldız \*Hikmet Kırmızıtaş  
\*Burak Büke  
\*Boğaziçi Üniversitesi, BUPAM Lab.  
{oden, ercil, yildizve, bukeb}@boun.edu.tr  
hkirmizitas@hotmail.com

## Özetçe

Biyometrik yöntemler kullanarak insan tanıma günümüzün bilişim toplumunda gittikçe daha fazla önem kazanmakta, güvenlik ve kullanım kolaylığını bir araya getiren bu tip sistemler giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada düşük güvenlik gerektiren uygulamalar için umut vaat eden, şimdiye kadar üzerinde çok fazla çalışma yapılmamış olan el tanıma sistemleri için nesne modellemedeki başarısı kanıtlanmış örtük polinomların performansı var olan diğer yaklaşımlarla karşılaştırılmıştır.

## 1. Giriş

Kişisel ve kurumsal güvenliğin ön plana çıkması, bir insanın günlük hayatında giderek daha fazla şifreyi aklında tutmasını gerektirmiştir. Bir süre sonra giderek pratik ve güvenli olmaktan uzaklaşan bu yaklaşımın yerini hem güvenilir hem de kullanışlı olan biyometrik sistemler alacak gibi görünmektedir. Aslında parmak izi, yüz, ses, el yazısı ve iris gibi farklı biyometrik özellikler şimdiye dek pekçok araştırmaya konu olmuş, tanıma sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır, ancak bu gibi sistemlerin tekrar ve yoğun bir şekilde ilgi alanı olmasının sebebi, gelişen teknolojinin artık bu uygulamaları kişisel cihazlar (cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar) üzerinde koşturmayı elverişli hale getirmesidir[3].

Gümrük giriş/çıkışı, personel takibi gibi pekçok giriş kontrol sisteminde önemli olan insanların tanınmasından çok onaylanmasıdır. Bireyin korunması için ayırıcılığı yüksek biyometrik yöntemler (iris, parmak izi) yerine yalnızca kullanıcıyı onaylayacak olanlar bu tür uygulamalar için daha elverişlidir[3,7]. El tanıma sistemleri yukarıdaki tanıma son derece uygundur. El tanımanın başka avantajları da bulunmaktadır. Kullanımı kolay olduğu için çabuk kabul görmesi, parmak izi ve iris gibi tedirginlik yaratmaması, basit ve ucuz bir şekilde tasarlanıp kurulabilmesi, diğer biyometrik yöntemlere olan üstünlüğüdür.

## 2. Örtük Çokterimliler

Örtük çokterimli 2 boyutlu eğriler ve 3 boyutlu yüzeyler, aradeğerleme özellikleri, öklit ve ilgin değişmezler sahip olmaları dolayısı ile potansiyel olarak bilgisayar görüşü ve imge analizinde kullanılan en faydalı nesne temsil şekillerinden biridir. Özellikle 1990'ların başından itibaren bu konuya olan ilginin artması üzerine birçok yeni gelişme sağlanmış [2, 5, 10], yeni gürbüz ve hızlı, dolayısıyla gerçek zamanlı uygulamalar için elverişli modelleme yöntemleri bulunmuştur [6,9,11]. Yapılan çalışmalar, örtük çokterimlilerin son derece karmaşık nesnelere bile yüksek başarı yüzdesiyle gerçek zamanlı olarak tanıyabildiğini göstermiştir [4,12].

Nesne tanıma için izlenen yöntem öncelikle cismin ayrıntılarının elde edilmesi, sonra da bu dış çevrelerin örtük çokterimlilerle modellenerek, çokterimli katsayılarının bulunmasıdır. Katsayılardan hesaplanan cebirsel ve/veya geometrik değişmezler cismin tanınmasında kullanılırlar.

Bu güne kadar gerçekleştirilen denemelerde Hakan Çivi ve Daniel Keren'in cebirsel değişmezleri ile konik ayırıştırma yöntemi ile elde edilen konik faktör merkezlerine dayalı geometrik değişmezler en iyi sonuçları vermişlerdir [2,4,12]. Modelleme için ise 3 seviye modelleme [6] ve Gradient-one modelleme[9] gürbüz ve tekrarlanabilir olmaları nedeniyle tercih edilmişlerdir. Bütün bu bilgiler ışığında örtük çokterimlilerin el tanıma için de uygun olabilecekleri düşünülmüş, bu amaçla her parmağın dördüncü ve altıncı dereceden modellenmesiyle bulunan değişmezler geometrik özniteliklerle birlikte ve/veya tek başlarına kullanılarak başarıları sınanmıştır.

n inci dereceden bir örtük çokterimli modeli:

$$f_n(x, y) = \sum_{0 \leq i, j; i+j \leq n} a_{ij} x^i y^j = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{02}y^2 + \dots + (1)$$

olarak belirtilir ve örtük polinomlar aşağıdaki katsayı vektörü ile temsil edilebilir.

$$[a_{n0}, a_{n-1,1}, a_{n-2,2}, \dots, a_{0n}, a_{n-1,0}, a_{n-2,1}, \dots, a_{0,n-1}, a_{n-2,0}, \dots, a_{0,n-2}, \dots, a_{10}, a_{01}, a_{00}] \Leftrightarrow f_n(x, y) \quad (2)$$

$$\Gamma_0 = \{(x_i, y_i) | i = 1, \dots, K\} \quad (3)$$

veri noktalarından oluşan bir nesnede eğer  $\Gamma_0$  setindeki her nokta

$$Z(f) = \{(x, y) | f(x, y) = 0\} \quad (4)$$

örtük çokterimlisinin sıfır setinde yer alıyorsa, nesnenin  $f(x, y)$  örtük çokterimlisi ile modellendiği söylenebilir. Verilerden modellenen örtük çokterimlinin sıfır seti genel olarak  $\Gamma_0$  setine yakın olacaktır, ancak tüm noktaları kapsamayabilir.

Örtük çokterimlilerde en önemli ve en temel problem nesneyi en iyi şekilde modelleyen  $f(x, y)$  örtük çokterimlisinin bulunmasıdır. Modelleme yönteminin gürbüz olması, verilerdeki ufak bir değişikliğin bulunan örtük çokterimlinin katsayısında büyük değişikliklere sebep vermemesi çok önemlidir. “Least Squares” gibi klasik yöntemlerde bu gürbüzlük özelliği bulunmamaktadır. “3-seviye modelleme”, “gradient-one modelleme”, “Fourier modelleme” gibi yeni yöntemler istenilen bu gürbüzlük özelliklerine sahip oldukları için örtük çokterimlilerin nesne tanıma işlemleri için güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlamışlardır.

Örtük çokterimlilerin nesne tanıma için en önemli özellikleri koordinat değişimlerinden etkilenmeyen cebirsel değişmezlerinin varlığıdır. Çivi [2] ve Keren [4] tarafından bulunan cebirsel değişmezler global değişmezlerdir ve çokterimlinin katsayılarının bir fonksiyonu olarak ifade edilirler. Bu değişmezlerin performansları farklı karmaşık nesnelere sınanmış ve gürültü ve eksik veri ortamlarında dahi nesne tanıma açısından çok başarılı sonuçlar verdikleri görülmüştür [12].

### 3. Yaklaşım

Örtük çokterimlilerin el tanıma probleminde kullanılması için 28 kişiden 30'ar tane resim alınarak örnek bir veritabanı oluşturulmuştur. Referanslarda verilen yöntemlerin aksine tasarlanan sistemde elin hep aynı şekilde ve aynı yere konulmasını sağlayan sabitleyiciler kullanılmamıştır. Sistemin aydınlatma değişikliklerinden çok etkilenmemesi için arkadan aydınlatma uygulanmış, kullanıcılara yalnızca parmaklarını birleştirmemeleri ve ellerini imge alanı dışına taşırmamaları söylenmiştir. Alınan imgeler önce bir LoG ayrıt seziciden geçirilmiş, sonra da morfolojik işlemlerle imge sadece elin ayrıtı kalacak şekilde temizlenmiştir. Alınan imgelerden 20 tanesi eğitime, 10 tanesi de sınama için kullanılmıştır. İmge almak için kurulan prototip sistemden elde edilen bir resim ve işlenmiş hali **Şekil 1** ve **Şekil 2**'de görülmektedir.



Şekil 1



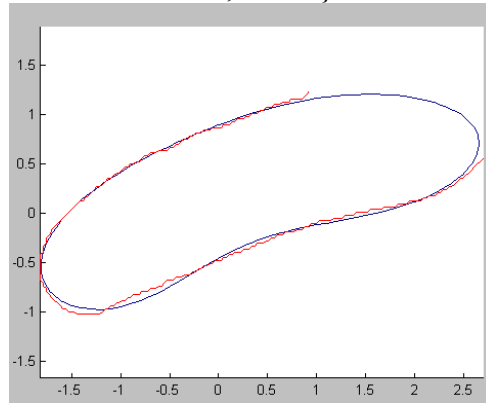
Şekil 2

İnsan elinin tanıma amaçlı kullanıldığı ticari sistemler uzun zamandır var olmalarına karşın bu konuda literatürde fazla sayıda ve ayrıntılı çalışma bulunmamaktadır. Ancak son zamanlarda yukarıda açıklanan nedenlerden ötürü konuya olan ilgi artmış, yeni yöntemler önerilmiştir [2,3,7]. Önerilen yöntemlerin hepsi de elden çıkarılan çeşitli geometrik özellikleri (parmakların genişliği, uzunluğu, el büyüklüğü, yükseklik profili,vb.) kullanmaktadır.



Şekil 3

Mevcut çalışmada bu yöntemlerin başarısının örtük polinomlarla artırılmasına çalışılmış, ve örtük polinomların bunda başarılı olduğu görülmüştür. Geometrik özellikler Şekil 3'de [1,2] görüldüğü gibi hesaplanmış, bu özelliklerden bazılarının yanıltıcı olduğu görülmüştür, (örneğin, şekli sabit olmadığı için başparmağa ait olanlar) Yanıltıcı görülen özellikler çıkarılarak yapılan deneylerde tanımda başarı oranı % 88'e, onaylamada ise %98'e kadar çıkmıştır. 4. derece örtük çokterimliler ise parmakları yeterince hassas modelleyemedikleri için tek başlarına bu kadar başarılı olamamışlar, ve en iyi birleşim olan gradient-one modelleme ve Keren değişmezleri ile tanımda % 85, onaylamada %90 başarı oranı verebilmişlerdir. Sınıflandırma için Mahalanobis uzaklığı kullanılmıştır. Şekil 4'de bir parmağın çevritindeki veri noktalarının 4. derece bir örtük çokterimli modelini görmekteyiz. Veri noktaları kırmızı ile, örtük çokterimli modeli ise mavi ile gösterilmiştir.



Şekil 1.

İki yöntemden elde edilen özelliklerin birlikte kullanılmasıyla başarı oranı tanımda % 95'in üstüne çıkarken, % 1'den az hatalı onaylama oranı ve %99 doğru onaylama oranı elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Parantez içindeki sayılar kullanılan öznelik sayısını gösterir.

	Geometrik (16)	Geometrik (12)	Örtük ç.t.(15)	Örtük ç.t (12)	Geom.+örtük ç.t. (16)
<b>Tanım</b>	%80	%88	%73	%85	%95
<b>Onaylama</b>	%89	%98	%84	%90	%99

### 3.Sonuç

Bu bildiri de el tanıma ile ilgili var olan yöntemlerle örtük çokterimlilerin başarımları karşılaştırılmış, tanıma ve onaylama için en iyi öznelikler araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar örtük çokterimlilerden elde edilen değişmezlerle geometrik özneliklerin birlikte kullanımının hem tanıma hem de onaylama performansını artırdığını göstermektedir. Daha başarılı bir el tanıma sistemi yüksek güvenlik isteyen uygulamalarda diğer yöntemlerin etkinliğine katkıda bulunacak, düşük-orta güvenlik gerektiren uygulamalarda da yaygın olarak kullanılabilir.

### Kaynakça

- 1- Civi, H., "Implicit Algebraic Curves and Surfaces for Shape Modelling and Recognition," Ph.D. Dissertation, Bogazici University, October 1997.
- 2 - "HaSIS - A Hand Shape Identification System", [www.csr.unibo.it/research/Biolab/hand.htm](http://www.csr.unibo.it/research/Biolab/hand.htm)
- 3 - Jain, A.K., Ross, A. ve Pankanti, S., "A Prototype Hand Geometry-Based Verification System", in 2nd International Conference on Audio- and Video-based Biometric Person Authentication, Washington D.C., 1999.
- 4- Keren, D., "Using Symbolic Computation to Find Algebraic Invariants," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 16, No. 11, pp. 1143-1149, November 1994.
- 5- Keren, D., D. Cooper, and J. Subrahmonia, "Describing complicated objects by implicit polynomials," *IEEE PAMI*, Vol. 16, No. 1, pp. 38-53, January 1994.
- 6 - Lei Z., Blane M. M. ve Cooper D. B. "3L Fitting of Higher Degree Implicit Polynomials" In Proceedings of third IEEE Workshop on applications of Computer Vision, Sarasota, FL, Aralık 1996.
- 7 - Miller, B., "Vital Signs of Identity", IEEE Spectrum, Şubat 1994.
- 8 - Sanchez-Reillo, R., Sanchez-Avila ve C., Gonzales-Marcos A., "Biometric Identification Through Hand Geometry Measurements", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Ekim 2000.
- 9 - Taşdizen, T., Tarel, J.P. ve Cooper, D.B., "Improving the Stability of Algebraic Curves for Applications", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Mart 2000.
- 10- Taubin, G., "Estimation of planar curves, surfaces and nonplanar space curves defined by implicit equations, with applications to edge and range image segmentation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 13, No. 11, pp 1115-1138, November 1991
- 11 -Ünsalan, C., Erçil, A. "A New Robust and Fast Technique for Implicit Polynomial Fitting", Proceedings of M<sup>2</sup>VIP , p. 15-20, September 1999.
- 12 -Yalnız, M. ve Erçil, A., "Türk El Dokuması Halı Desenlerinin Örtük Çokterimliler kullanılarak Modellenmesi ve Değişmezlerle Tanınması", Boğaziçi University Technical Report , Mart 1999.