

İlgin Değişimsiz Şekil Betimleyiciler

Affine Invariant Shape Descriptors

Binnur Kurt, Abdulkerim Çapar, Muhittin Gökmen

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
İstanbul Teknik Üniversitesi

{bkurt, capar, gokmen}@itu.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada ilgin değişmez şekil betimleyicisi geliştirilmiştir. Bu betimleyiciler daha önceki çalışmaların aksine hem ikili hem de gri-seviyeli imgelere uygulanabilir niteliktedir. Önerilen yöntem nesne sınırı boyunca hesaplanan gradyan bilgisini kullanmaktadır. Gradyan hesabı için farklı doğrultularda ve ölçeklerde yönlendirilmiş iki boyutlu yönlendirilebilir G süzgeçleri ([1]) kullanılmıştır. Her çevrit noktasında hesaplanan farklı doğrultularda ve ölçeklerde hesaplanan gradyan değerleri bir araya getirilerek şeklin imzası oluşturulur. Özgün nesne için elde edilen imza ile nesnenin döndürülmüş sürümü için elde edilen imza arasında mükemmel çevresel öteleme ([2]) adı verilen bir ilişki vardır. Şekil betimleyicileri imzanın ayrık Fourier dönüşümünden elde edilir. Bu çalışmada ayrıca mükemmel çevresel öteleme özelliğini dikkate alan bir uzaklık ölçütü tanımlanmıştır. Önerilen betimleyicilerin başarımı gerçek plakalardan çıkarılan rakam veritabanı üzerinde yapılan deneylerle incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, önerilen betimleyicilerin merkez uzaklığı, eğrilik gibi Fourier temelli betimleyicilere göre çok başarılı olduğunu göstermiştir.

Abstract

This paper presents affine-invariant shape descriptor which could be applied to both binary and gray-level images. The proposed algorithm utilizes gradient based features which are extracted along the object boundaries. We use two-dimensional steerable G -Filters ([1]) to obtain gradient information at different orientations and scales. We aggregate the gradients into a shape signature. The signature derived from the rotated object is circularly shifted version of the signature derived from the original object. This property is called the circular-shifting rule ([2]). The shape descriptor is defined as the Fourier transform of the signature. We also provide a distance definition for the proposed descriptor taking the circular-shifting rule into account. The performance of the proposed descriptor is evaluated over the databases containing digits taken from vehicle license plates. The experiments show that the devised method outperforms other well-known Fourier-based shape descriptors such as centroid distance and boundary curvature.

1. Giriş

Şekil betimleyiciler karakter tanıma, parmakizi eşleme, endüstriyel denetim gibi bilgisayar görünüm ve örüntü tanımanın bir çok uygulamasında yoğun olarak kullanılmaktadır ([3]). Şekil betimleyiciler ve eşleme ile ilgili olarak yakın zamanda yapılmış iki kapsamlı eğitim makalesi vardır. Bunlardan ilki, Veltkamp ve Hagedoorn ([4]) aittir ve şekil eşleme için önerilen çözümleri dört sınıfta

incelemişlerdir: evrensel imge dönüşümleri, evrensel nesne yöntemleri, oylama biçimleri ve hesaplamalı geometri. Çalışmalarında ayrıca şekil benzemezliği yöntemi geliştirmişlerdir. Diğer çalışma ise Zhang ve Lu ([5])'ya aittir. Önce şekil gösterimi ile ilgili yöntemleri iki sınıfa ayırmışlardır: çevrit-tabanlı yöntemler ve bölge tabanlı yöntemler. Daha sonra her sınıf kendi içinde yapısal yaklaşımlar ve global yaklaşımlar olarak ikiye ayrılmıştır. Bu alt sınıflandırma, şeklin bir bütün olarak mı yoksa parça parça yada kesitler halinde mi ele alındığını inceler.

Yerel betimleyiciler, örtme ve geometrik bozulmalara karşı gürbüzdür ve bu nedenle imge tanımda yoğun olarak kullanılmaktadır. Yokono and Poggio [6] nesne tanıma amacı ile değişik doğrultu ve ölçeklerdeki Gauss süzgeçlerinin çeşitli türden türevlerinin kullanıldığı yerel betimleyicilerin başarımı incelemişlerdir. Başarımı seçicilik, ilgin dönüşüme karşı değişmezlik davranışına bağlı olarak incelemişlerdir. Gauss türevine dayalı betimleyicinin diğer Gauss benzeri fonksiyonların türevlerine dayalı betimleyicilere göre daha başarılı olduğu sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmada, nesne sınırı boyunca hesaplanan bir dizi yönlendirilebilir süzgeç cevabının kullanıldığı çevrit temelli global şekil betimleyicisi geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemde, Yokono ve Poggio'nun çalışmalarının ([6]) aksine, gradyan bilgisi nesnenin dokusunu kodlamak yerine nesnenin şeklini kodlamak amacı ile kullanılmıştır. Önerilen yaklaşımda, şekil bilgisini elde etmek amacı ile gradyan değeri, nesnenin sınır benekler çıkarılırken izlenen çevrit benekleri boyunca hesaplanır. Gradyan özneliği, yerel yoğunluk dağılımına bağlı olarak değişik doğrultuya ve genliğe sahip olabilen iki boyutlu bir vektördür. Genlik ve doğrultu özellikle şekil ipucu olarak oldukça önemlidir. Yönlendirilebilir süzgeçler, imgedeki yerel öznelilikleri saptamak için kullanılabilen döndürülmüş eşleme süzgeçleridir ([7]). Özellikle bölge temelli örüntü ve şekil betimleme yönteminde yerel şekil özneliliklerinin saptanmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Gradyan vektörünün saptanmasında yönlendirilebilir G süzgeçleri kullanılmıştır. G süzgeçlerine dayalı genelleştirilmiş ayrıt saptayıcısının Gauss fonksiyonunun birinci türevine göre daha başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir [1]. Ayrıca G süzgeci ile iki süzgeç parametresi (λ ve τ) değiştirilerek Gauss türevini de içeren çeşitli ayrıt saptayıcılar üretilebilmektedir. Şekil imzasının eldesinde süzgecin sadece nesne sınırları boyunca verdiği cevap ile ilgileniyoruz. Şekil imzası, bu cevapların bitleştirilmesi ile elde edilmektedir. Ardından, tıkkız ve tarama başlangıç noktasının seçiminden bağımsız bir gösterim elde etmek için bu imzaya ayrık Fourier dönüşümü uygulanır.

Çevrit temelli şekil gösterimleri için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında Fourier Betimleyicisi (FB), düşük hesaplama karmaşıklığı, basitliği ve kabadan inceleme

doğru şekli tanımlayabilme özellikleri nedeni ile öne çıkmaktadır. Zhang ve Lu [8] FD'nin imge veritabanlarındaki erişim başarımını Eğrilik Ölçek Uzağı Betimleyicisi (EÖÜB) ile karşılaştırmıştır. Deneysel sonuçlar FD'nin EÖÜB'ye göre gürbüzlük, düşük hesaplama ihtiyacı, hiyerarşik gösterim ve erişim performansının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yakın zamanda FB üzerine daha genel bir çalışma Zhang and Lu ([9]) tarafından verilmiştir. Çalışmada değişik türden şekil imzaları ve FB erişim ve tıklılık yönünden incelenmiştir. Merkez uzaklığı ve alan fonksiyonu imzalarının imge erişim sistemleri için en iyi betimleyiciler olduğunu ve FB'lerinin genel amaçlı bir şekil veritabanı için yeterli bir betimleyici olduğunu deneysel olarak göstermişlerdir.

Literatürde renk, doku ve şekil tabanlı değişik imzalar yer almaktadır. Bu çalışmada sadece şekil tabanlı imzalar ile ilgileniyoruz. Bu nedenle, geliştirilen yöntem karmaşık koordinatlar, merkez uzaklık, eğrilik gibi şekil tabanlı başat yöntemlerle beraber incelenmiştir. Önerdiğimiz yaklaşım özellikle iki açıdan diğer yöntemlerden ayrılmaktadır:

- Önerilen yöntemde seçicilik ölçek ve doğrultu seçimi ile denetlenebilmektedir.
- Önerilen yöntem hem ikili görüntülere hem de gri-seviyeli imgelere uygulanabilmektedir. Bu durum, yöntemin, çoğunlukla gri-seviyeli imgelerden oluşan imge veritabanlarında kullanılabilmesi açısından önemlidir.

İkinci bölümde gradyan bilgilerinin nasıl elde edildiği açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde önerilen şekil betimleyicileri tanımlanmaktadır. Dördüncü bölümde deneysel sonuçlar tanıtılmaktadır. Son bölümde sonuçlar ve çıkarımlar sunulmuştur.

2. Yönlendirilebilir Süzgeçler Kullanılarak Gradyan Bilgilerinin Çıkarılması

Bu çalışmada, sınır temelli şekil betimleme ile ilgileniyoruz ve nesnenin her zaman kapalı bir çevrite sahip olduğunu varsayıyoruz. Önerdiğimiz yöntem ilgin dönüşüme karşı değişmez bir imza üretmektedir. Temel fikir sadece çevrit noktalarının kullanmak yerine, aynı zamanda bu noktalardaki gradyan değerlerini de ele almaya dayanmaktadır. Nesne sınırlarını saptama için iki boyutlu genelleştirilmiş ayrıt saptayıcı ([1]) kullanılmıştır. Ancak Canny gibi farklı bir ayrıt saptayıcı da kullanılabilir. Daha sonra saptanan çevrite (Γ) ait birbirine bağlı ayrıtlar saat yönünde izlenerek (x_i, y_i) noktaları elde edilmiştir:

$$\Gamma = \{[x_i, y_i]; i = 1, 2, \dots, n\}. \quad (1)$$

Burada n çevriti uzunluğunu göstermektedir ($n = |\Gamma|$).

(x_i, y_i) noktasındaki, belirli bir ölçek (λ, τ) ve doğrultudaki (θ) G süzgeç cevabı

$$D_{(\lambda, \tau)}^{\theta}(I, x_i, y_i) = (I * G_{(\lambda, \tau)}^{\theta})(x_i, y_i), \quad (2)$$

biçiminde tanımlanır. Burada I giriş imgesini göstermektedir. Herhangi bir doğrultudaki yönlendirilebilir $G_{(\lambda, \tau)}^{\theta}$ süzgeci,

$G_{(\lambda, \tau)}^{\theta=0}$ cinsinden

$$\begin{aligned} G_{(\lambda, \tau)}^{\theta}(x', y') &= G_{(\lambda, \tau)}^{\theta=0}(x, y) \\ [x', y'] &= R(\theta)[x, y], \end{aligned} \quad (3)$$

şeklinde tanımlanabilir. Burada $R(\theta)$ dönme matrisini göstermektedir:

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

$G_{(\lambda, \tau)}^{\theta=0}$ süzgecinin özellikleri ([1])'deki çalışmada incelenmiştir. M adet süzgeç cevabını $F(\Gamma) = [f_{k,m}]$,

$f_{k,m} D_{(\lambda, \tau)}^{\theta_m}(x_k, y_k) = (I * G_{(\lambda, \tau)}^{\theta_m})(x_k, y_k)$ matrisinde topluyoruz:

$$F(\Gamma) = \begin{bmatrix} D_{(\lambda, \tau)}^{\theta_0}(x_0, y_0) & \dots & D_{(\lambda, \tau)}^{\theta_{M-1}}(x_0, y_0) \\ D_{(\lambda, \tau)}^{\theta_0}(x_1, y_1) & \dots & D_{(\lambda, \tau)}^{\theta_{M-1}}(x_1, y_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{(\lambda, \tau)}^{\theta_0}(x_{N-1}, y_{N-1}) & \dots & D_{(\lambda, \tau)}^{\theta_{M-1}}(x_{N-1}, y_{N-1}) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Burada dönme açıları $\theta_m = m\pi/M$ şeklinde her zaman

π/M 'nin tam katıdır. F matrisi $M \times |\Gamma|$ boyutlarındadır.

Eğer nesne ağırlık merkezi etrafında α açısı kadar döndürülürse, dönmüş nesne için elde edilen matrisin, F matrisinin sütunlarının dönme açısının saat yönünde ya da saatin ters yönünde olmasına göre sola ya da sağa ötelenmişine eşit olduğu görülür. Dönme açısı ile öteleme miktarı arasındaki bu ilişki, dönme açısının π/M 'nin tam katı olması durumu için

$$F(\Gamma^{\alpha}) = [f'_{k,m}], \alpha = s \frac{\pi}{M} \quad (6)$$

$$f'_{k, (m+s) \bmod M} = f_{k,m}$$

olarak saptanır. F matrisi için tanımlanan bu ilişkiye mükemmel öteleme kuralı diyoruz. Mükemmel öteleme kuralı sürekli uzayda sağlanmaktadır. Ayrık uzaydaki davranışı için gerçek plakadan alınmış "5" rakamı (Şekil.1(a)) için birer derecelik artımlarla 180 dereceye kadar dönmeler elde edilmiş ve her bir dönme için F imza matrisi elde edilmiştir. Şekil.1(b)'de beş rakamı nesnesi için çevrit üzerinde seçilen bir noktanın (F matrisinin bir sütununa karşı düşer) birer derecelik dönmelerle olan değişimi gösterilmektedir. Şekil.1(c)'de (b)'deki şekilde matrisin seçilen bir satırdaki kesiti için oluşan değişim verilmiştir. Sürekli uzayda bu değişimin sinüs işareti biçiminde olurken, ayrık uzayda buna yakın bir değişim gözlenmiştir. (7) denklemi ile tanımlanan mükemmel öteleme kuralı ayrık uzayda da mükemmel olmamakla birlikte yaklaşık olarak sağlanmaktadır.

Öteleme kuralının, dönme açısının π/M 'nin tam katı olmadığı durumunda nasıl etkilendiği de incelenmiştir. M adet

yönlendirilebilir süzgeç $\{G^{\theta_k}; k = 0, 1, \dots, M-1\}$ ve

dönme açısı $s\pi/M + \phi$, $\phi < \pi/M$ olsun. Herhangi bir doğrultaki

süzgeç cevabı, M adet yönlendirilebilir süzgeç (G^{θ_k}) cevabı cinsinden ifade edilebilir [6]:

$$G^{\varphi} = \sum_{k=0}^{M-1} c_k(\varphi) G^{\theta_k}, \quad (7)$$

$$c_k(\varphi) = \cos\left(\varphi - \frac{k\pi}{M}\right) = \cos(\varphi - \theta_k).$$

Nesnenin $\alpha = s\pi/M$ ve $\alpha + \phi = s\pi/M + \phi$ kadar dönmüş halleri için elde edilen imzalar arasındaki fark aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} \|f_{k,m}\|^2 &= \|I^{\alpha} * G^{\theta_m}\|^2 \\ \|\hat{f}_{k,m}\|^2 &= \|I^{\alpha+\phi} * G^{\theta_m}\|^2 = \|I^{\alpha} * G^{\theta_m+\phi}\|^2 \\ \|f_{k,m} - \hat{f}_{k,m}\|^2 &= \|I^{\alpha} * G^{\theta_m} - I^{\alpha} * G^{\theta_m+\phi}\|^2 \\ \|f_{k,m} - \hat{f}_{k,m}\|^2 &\leq \|I^{\alpha}\|^2 \|G^{\theta_m} - G^{\theta_m+\phi}\|^2. \end{aligned} \quad (8)$$

(7) denklemi ϕ derece dönmüş süzgeç cevapları arasındaki farkı hesaplamak için kullanılabilir. Buna göre bu fark

$$\|G^{\theta_m} - G^{\theta_m+\phi}\|^2 = \left\| G^{\theta_m} - \sum_{k=0}^{M-1} \cos(\theta_m + \phi - \theta_k) G^{\theta_k} \right\|^2. \quad (9)$$

değeri ile sınırlıdır. Bu formülasyon bize kaç doğrultunun kullanılacağına ve dolayısı ile imzanın boyutuna karar vermede yol göstermektedir. Küçük dönmeler az sayıda yönlendirilebilir süzgeç kullanılarak elde edilen imza ile seçilebilir. Daha büyük oranda dönmeler ise yeteri sayıda süzgeç kullanılarak seçilebilir. Bir sonraki bölümde bu durum daha ayrıntılı olarak tartışılmış ve deneysel olarak incelenmiştir. Bir sonraki bölümde Fourier Betimleyici kullanarak yukarıda tanımlanan imzadan (F) ilgin değişmez bir betimleyicinin nasıl elde edildiği açıklanacaktır. Ayrıca iki betimleyici arasındaki benzerlik için bir uzaklık ölçütü tanımlanacaktır.

3. İlgın Değişmez Şekil Betimleyicisi

Tıkız bir gösterim ve betimleyici için bir önceki bölümde tanımlanan gradyan tabanlı şekil imzasına (F) ayrık Fourier dönüşümü uyguladık. F matrisinin Fourier dönüşüğünü $\tilde{F} = \left[\|\tilde{f}_{k,m}\| \right]$ ile gösteriyoruz. Matris katsayıları arasındaki dönüşüm

$$\tilde{f}_{k,m} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f_{n,m} \exp\left(\frac{-j2\pi kn}{N}\right) \quad (10)$$

Biçiminde tanımlıdır. N burada nesne sınırlarını tanımlayan çevritin (Γ) uzunluğunu göstermektedir. Buna göre $k \in [0..N-1]$ arasında değişir. Betimleyicinin çevrit üzerinden hangi noktasının seçiminden bağımsız olması için Fourier katsayılarının genliğini alıyoruz. $\tilde{F}$ matrisi hala öteleme kuralını sağlamaktadır:

$$F(\Gamma) = \left[\tilde{f}_{k,m} \right]$$

$$\tilde{F}(\Gamma_{\alpha}) = \left[\tilde{f}'_{k,m} \right], \alpha = s \frac{\pi}{M} \quad (11)$$

$$\tilde{f}'_{k,m} = \tilde{f}_{k,(m+s) \bmod M}$$

Ölçek değişmezliği ise Fourier katsayılarının ilk bileşene ($\tilde{f}_{0,m}$) bölünmesi ile sağlanır.

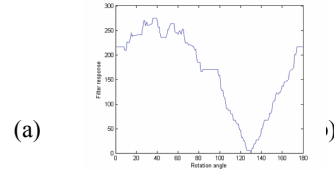
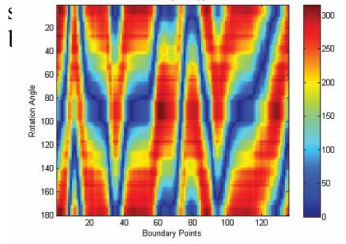
Bu bölümde son olarak iki betimleyici arasındaki uzaklığı öteleme kuralını dikkate alacak şekilde tanımlayacağız. $\tilde{f}_{k,m}$ ve $\tilde{p}_{k,m}$ gibi betimleyici verilmiş olsun. Bu iki betimleyici arasındaki uzaklığı

$$SD(\tilde{f}, \tilde{p}) = \min_{r \in \{0, \dots, M-1\}} \left\| \tilde{f}_{k,(m+r) \bmod M} - \tilde{p}_{k,m} \right\|_2. \quad (12)$$

Biçiminde tanımlıyoruz. (12) nolu denklem, $\tilde{f}_{k,m}$ ve $\tilde{p}_{k,m}$ eğer ilgin dönüşümle bağlı aynı nesnenin betimleyicileri iseler dönme açısının kestirimi için de kullanılabilir:

$$\Theta(\tilde{f}, \tilde{p}) = \left(\arg \min_{r \in \{0, \dots, M-1\}} \left\| \tilde{f}_{k,(m+r) \bmod M} - \tilde{p}_{k,m} \right\|_2 \right) \frac{\pi}{M}. \quad (13)$$

(12) ile verilen uzaklık tanımının hesap karmaşıklığı M^2L 'dir. Burada M kullanılan çekirdek sayısını ve L ise kullanılan Fourier katsayılarının sayısını göstermektedir. Eğer tanıma başarılı ise (13) denklemi ile verilen kestirim hatası $\pi/2M$ ile üstten sınırlıdır. Tablo.1'de "5" imgesi için kestirim hatası sonuçları verilmiştir. Eğitim kümesi için yukarıdaki deneyde olduğu gibi bir analizle imge veritabanındaki nesnelerin ne derecede karmaşık şekile s istenen d... kecek l saptanabil



(c)

Şekil.1 (a) Örnek "5" rakam imgesi

(b) Çevrit üzerindeki bir nokta için birer derecelik dönmeler için elde edilen süzgeç cevapları

(c) (b)'den alınan bir kesit

4. Deneysel Sonuçlar

Önerilen yöntemin başarımı araç plaka rakam imgelerinin oluşturduğu veritabanı üzerinde sınanmıştır. Veritabanında 8321 gri seviyeli rakam karakterleri bulunmaktadır. Bunların yaklaşık yarısı (4121) eğitim, kalanı (4200) test imgesi olarak ayrılmıştır. Pratikte, taşıt plakalarında 10 farklı rakam (0-9)

yer almakla beraber, sadece 9 adet sınıf tanımlanmıştır. Dönme söz konusu olduğunda, herhangi bir ön bilgi olmaksızın 6 ile 9 imgelerini birbirinden ayırt etmek mümkün değildir.

Deneyisel olarak, tanıma başarımının betimleyicinin boyutları ile nasıl değiştiğini inceledik. Betimleyicinin iki boyutu vardır: M ile gösterilen çekirdek süzgeç sayısı L ile gösterilen Fourier katsayılarının sayısı. Sonuçlar Tablo.2’de özetlenmiştir. Önerilen yöntem, $M>6$ ve $L>3$ için %99 tanıma başarısı yakalamıştır. Deneyisel olarak L parametresinin en iyi değerinin 4 olduğu söylenebilir. $L=15$ için en yüksek başarımı %90 değerinde yakalayan merkez uzaklık yöntemi ile karşılaştırıldığında bu önemli bir başarıdır. Önerilen betimleyicinin diğer bir üstünlüğü, L azaldıkça başarımın diğer yöntemlerin aksine hızlı bir şekilde azalmamasıdır. Şekil.2’de, Tablo.2’de karşılaştırılan yöntemlerin tanıma başarımının L ile değişim grafiği verilmiştir. Önerilen yöntemin tanıma başarımında önemli bir iyileştirme sağladığı görülmektedir.

5. Çıkarımlar ve Sonuç

Bu çalışmada yönlendirilebilir süzgeçler ve Fourier dönüşümleri kullanarak yeni bir ilginç değişimsiz nesne şekil betimleyicisi tanıtılmıştır. Ortaya atılan yöntem, yalnızca nesne sınır bilgilerini değil, aynı zamanda sınır boyunca elde edilen süzgeç cevaplarını da dikkate almaktadır. Yeni şekil betimleyicinin tanıma başarısı, gri seviyeli araç plaka görüntülerinden elde edilen rakam veritabanı üzerinde diğer çok bilinen sınır tabanlı betimleyicilerle karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları yeni yöntemin tanıma başarısının diğer yöntemlerden çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. Tanıtılan yöntemin bir diğer avantajı, diğer yöntemlerin aksine, hem ikili hem de gri seviyeli görüntülerle çalışabiliyor olmasıdır.

6. Kaynakça

- [1] M.Gökmen, A.K. Jain, “ λ -Space Representation of Images and Generalized Edge Detection,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.19, No.6, pp.545-563, 1997.
- [2] Çapar A., Kurt B., Gökmen M., “Affine-Invariant Gradient Based Shape Descriptor,” Lecture Notes in Computer Science, International Workshop on Multimedia Content Representation, Classification and Security, pp. 514-521, 2006.
- [3] Costa L. F. and Cesar Jr. R. M., “Shape Analysis And Classification: Theory And Practice,” CRC Press New York, 2001.
- [4] Veltkamp R. and Hagedoorn M., “State-of-the-art in Shape Matching,” Technical Report UU-CS-1999.
- [5] Zhang D. and Lu G., “Review of shape representation and description techniques,” Pattern Recognition Vol.37, pp.1-19, 2004.
- [6] Yokono J.J. and Poggio T., “Oriented Filters for Object Recognition: an Empirical Study,” Automatic Face and Gesture Recognition, pp.755-760, 2004.
- [7] Freeman W.T. and Adelson E.H., “The Design and Use of Steerable Filters,” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.13, no.9, pp.891-906, 1991.
- [8] Zhang D. and Lu G., “A comparative study of curvature scale space and Fourier descriptors for shape-based image

retrieval,” Journal of Visual Communication and Image Representation, vol.14, Issue 1, pp.39-57, 2003.

- [9] Zhang D. and Lu G., “Study and evaluation of different Fourier methods for image retrieval,” Image and Vision Computing, vol.23, no.1, pp.33-49, 2005.
- [10] Çapar A., Gökmen M., “Concurrent Segmentation and Recognition with Shape-Driven Fast Marching Methods,” International Conference on Pattern Recognition (ICPR’06), pp.155-158, 2006.

Tablo.1 “5” imgesi için hesaplanan kestirim hatası

M	Kestirim hatası
2	15.18
4	11.45
6	7.61
8	5.76
10	4.69
12	3.95
14	3.50
16	3.05

Tablo.2 Farklı parametreler için önerilen yöntemin tanıma başarımı

Yöntem	15	10	7	5	3	2
M.Uzaklık	90.21	90.14	84.54	76.11	59.90	52.95
Eğrilik	89.5	88.88	88.45	85.45	67.54	55.28
KK	93.66	89.28	91.54	73.19	50.42	35.9
F (M=2)	57.40	54.04	47.59	44.97	32.54	24.02
F (M=3)	82.69	81.40	76.83	73.40	59.26	42.61
F (M=4)	91.71	89.52	86.11	82.19	67.71	54.38
F (M=5)	96.14	95.64	93.57	90.35	81.81	71.45
F (M=6)	97.66	97.69	96.02	95.21	88.88	79.42
F (M=8)	99.28	99.47	99.14	98.73	95.73	88
F (M=12)	99.04	99.09	99.19	99.23	98	94.97
F (M=16)	99.16	99.42	99.33	99.11	98	96

Şekil.2 Önerilen betimleyicinin L ’ye göre tanıma başarımları grafiği.

