

Yeni Bir Şekil Betimleyici: Kesişimlerin Tutarlılığı Histogramı

A Novel Shape Descriptor: Intersection Consistency Histograms

Erdal Sivri
Bilgisayar Mühendisliği
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Ankara, Türkiye 06800
E-posta: erdal@ceng.metu.edu.tr

Sinan Kalkan
Bilgisayar Mühendisliği
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Ankara, Türkiye 06800
E-posta: skalkan@ceng.metu.edu.tr

Özetçe—Bu makalede Kesişimlerin Tutarlılığı Histogramı (KTH) isimli yeni bir şekil betimleyici öneriyoruz. KTH, Kesişimlerin Tutarlılığı (KT) isimli bir yerel düzenlilik ölçütünü kullanarak histogramlar oluşturmaktadır. Literatürdeki yaygın kullanılan yöntemler ile birkaç şekil veritabanı üzerinde karşılaştırdığımız yöntemimizin incelediğimiz yöntemlerle yakın başarımlar sergilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler—Öznitelik Çıkarma; Öznitelik Betimleme; Şekil Betimleme

Abstract—In this paper, we propose a novel shape descriptor, called Intersection Consistency Histogram (ICH), which is based on a local regularity measure called Intersection Consistency (IC). Comparing with some widely-used state-of-the-art methods in the literature, we show that ICH performs comparable on several widely-used databases.

Keywords—Feature Extraction; Feature Description; Shape Description

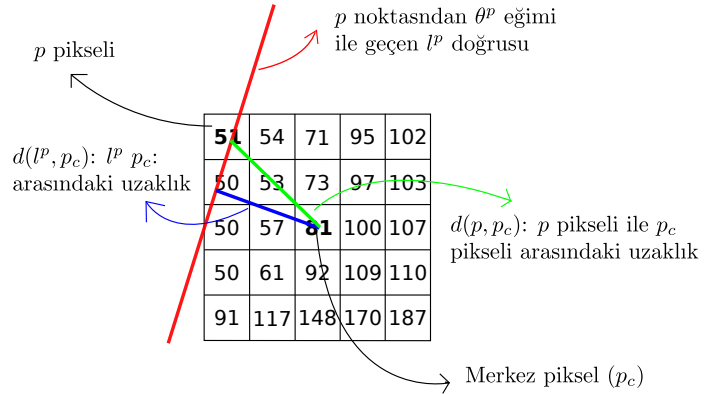
I. GİRİŞ

Bu makalede Kesişimlerin Tutarlılığı Histogramı (KTH) isimli yeni bir şekil betimleyici öneriyoruz. KTH, Kesişimlerin Tutarlılığı (KT) isimli bir yerel düzenlilik ölçütü üzerine kurulmuştur. Kesişimlerin Tutarlılığı, bir görüntü penceresi içerisindeki kenar piksellerinin pencerenin içerisine doğru yönelip yönelmediğini belirler (bkz. Şekil 1).

KTH yönteminin başarımlarını literatürde sıkça kullanılan birkaç yöntem ile çeşitli standart veritabanı üzerinde değerlendirdik. KTH, diğer yöntemlerden daha iyi bir başarımlar sergilemese bile onlara yakın bir başarımlar sergilemiş ve geliştirmeye açık bir betimleyicidir. KTH yöntemini Yerel İkili Örüntüler (YİÖ) [1], Şekil Bağlamı (ŞB) [2], Yönelmiş Eğimler Histogramı (YEH) [3], Zernike Momentleri (ZM) [4] ve Fourier Betimleyicileri (FB) [5].

II. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Şekil betimleme yöntemleri genel olarak iki ana kategoride incelenmektedir: çevrit tabanlı ve alan tabanlı [7], [8]. Kimi şekiller alan tabanlı, kimileri ise çevrit tabanlı gösterimlere



Şekil 1: 5×5 resim penceresi içerisinde Kesişimlerin Tutarlılığı hesaplanması (kaynak [6]).

daha uygundur. Biz bu çalışmada yöntemimizi her iki kategoriden yöntemler kullanarak değerlendirdik.

Popüler çevrit tabanlı yöntemler arasında şekil imzaları, çevrit ölçek uzayı, Fourier betimleyicileri ve şekil bağlamı bulunmaktadır. Şekil imzaları, şekli çevresinden çıkarılan tek boyutlu bir öznitelik vektörü olarak tanımlar. Bu öznitelikler merkezi uzaklık, tanjant açısı, birikimli açısı, eğrilik, kompleks koordinatlar ve ağırlık merkezi uzaklığı [9]. Çevrit ölçek uzayı betimleyicileri ise şekil çevresinin ölçek uzayı gösterimini kullanarak bir betimleyici oluşturur [10]. Diğer bir yöntem, Fourier betimleyicileri, şekli kenar piksellerinin Fourier dönüşümünü kullanarak tanımlar. Şekil bağlamı, piksellerin uzaysal yapılandırmasını bir histogram olarak ifade eder.

Popüler alan tabanlı betimleyiciler arasında geometrik momentler, şekil matrisi, dışbükey eğri ve eksen tabanlı betimleyiciler. Geometrik momentler [11], görüntünün bir momentler kümesi olarak temsil edilmesi esasına dayanır. Bir görüntünün momenti piksel parlaklıklarının ağırlıklı ortalaması ile hesaplanır. Dikgen (ortogonal) momentler, Zernike momentleri, Legendre momentleri, dönele momentler ve kom-

pleks momentler literatürde iyi bilinen görüntü momentleri arasındadır [4], [12], [13]. Şekil matrisi şekli kutupsal niceleme ile bir matrise çeviren bir diğer alan tabanlı betimleyicidir [14]. Dışbükey eğri betimleyicileri şekli içbükey sicimleri olarak temsil eder [15]. Şeklin içbükeyleri dışbükey eğrileri kullanılarak hesaplanır. Dışbükey eğrisi ile alan arasındaki fark şeklin içbükeyliği olarak tanımlanır. Son olarak, eksen tabanlı modeller şeklin iç kısmını grafik olarak temsil eden eklemelere ve oklüzyonlara duyarlı betimleyicilerdir [16].

Şekil tabanlı yöntemler olmasalar bile yaygınca kullanıldıkları için TİÖ ve YEH betimleyicilerini de KTH yöntemimiz ile yaptığımız karşılaştırmamızda kullandık. TİÖ başarılı bir doku betimleyicisidir [1]. Temel fikir yerel pencereler üzerinde merkez piksele göre bit sicimleri oluşturmaktır. Bu bit sicimi ikili tabanda bir sayı olarak yorumlanıp histogram oluşturulur. YEH betimleyicisi ise kenar piksel eğimlerini kullanarak histogram oluşturur. YEH özellikle insan tanıma probleminde başarılı bir şekilde kullanılmıştır [3].

III. YÖNTEM

Kesişimlerin Tutarlılığı Histogramı, yerel bir düzenlilik ölçütü olan Kesişimlerin Tutarlılığı'na (KT) dayanır. KTH bir pencere içindeki her piksel için KT değerlerinden histogram oluşturma esasına dayanır.

A. Kesişimlerin Tutarlılığı (KT)

Kesişimlerin Tutarlılığı köşe yerelleştirmeyi iyileştirmek için Kalkan ve diğerleri [17] tarafından önerilen bir yerel tutarlılık ölçütüdür. Matematiksel olarak, p_c noktası için kesişimlerin tutarlılığı şu şekilde tanımlanmıştır.

$$ICH(p_c) = \frac{1}{|P|} \sum_{p \in P} [m(p)]^k \left[1 - \frac{d(l^p, p_c)}{d(p, p_c)} \right], \quad (1)$$

ki burada, l^p , p pikselinden geçen doğru; $m(p)$, pikselin büyüklüğü (ing. magnitude); $d(l^p, p_c)$, p_c ve l^p arasındaki uzaklık ve k , deneysel olarak 2 olarak tanımlanmış bir parametredir [17].

Bir pencerenin merkez noktasındaki KT değeri, pencere-deki bütün piksellere olan doğru uzaklığı ile nokta uzaklıklarının oranının ortalamasına eşittir (bkz Şekil 1). KT, ilk olarak köşe yerelleştirmeyi iyileştirmek için kullanılmıştır [17]. Bunu takip eden bir diğer çalışmada, KT kenar bulmayı iyileştirmek için kullanılmıştır [6]. Bu çalışmada ise zengin bir şekil betimleyici oluşturmak için kullanılmaktadır.

B. Kesişimlerin Tutarlılığı Histogramu

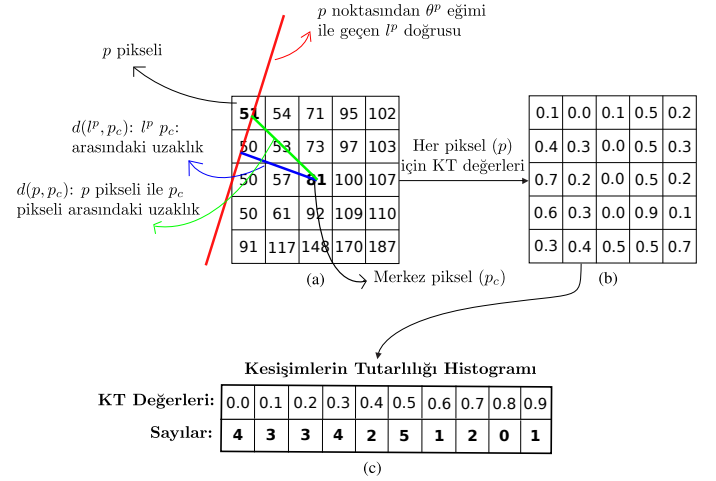
Bu makalede orijinal KT denklemi zengin bir şekil betimleyici oluşturmak için değiştirilmiştir. Bu yeni şekil betimleyiciye Kesişimlerin Tutarlılığı Histogramu adı verilmiştir (bkz. Şekil 2). Matematiksel olarak, bir I görüntüsü için KTH şu şekilde tanımlanmıştır.

$$ICH(l) = \sum_{p \in P} \delta(\lfloor L \cdot ICH(p) \rfloor - l), \quad (2)$$

¹ l^p doğru denklemi p noktasındaki görüntü eğimi kullanılarak hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle, l^p , p noktasındaki θ yönelimi kullanılarak hesaplanmıştır.

ki burada, P , I görüntüsündeki piksellerin kümesini; ICH , 1 denkleminde tanımlanan kesişimlerin tutarlılığı formülünü; l , 1 ile L arasında histogram kutu değerini (deneylerde L değeri 10 olarak kullanılmıştır) ve $\delta(\cdot)$, aşağıda tanımlanan Kronecker delta fonksiyonunu göstermektedir:

$$\delta(x) = \begin{cases} 1 & \text{eger } x = 0, \\ 0 & \text{aksitakdirde.} \end{cases} \quad (3)$$



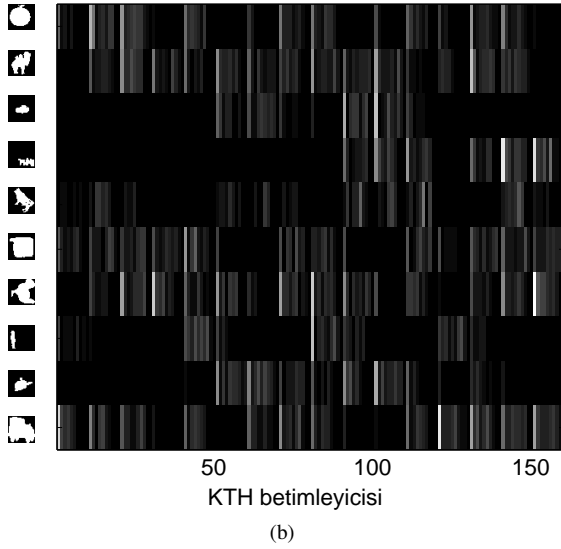
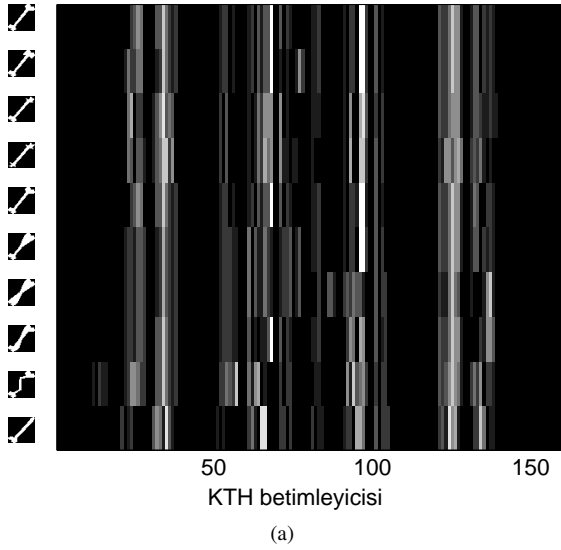
Şekil 2: 5 × 5 boyutlarında bir görüntü parçası üzerinde Kesişimlerin Tutarlılığı Histogramu hesaplaması. (a) Pencere içinde KT değerlerinin hesaplanması. (b) Her piksel için hesaplanan KT değerleri. (c) KTH betimleyicisi.

KTH, L kutulu tek bir histogram oluşturmaktadır. Bu histogram, tek başına bütün bir şekli başarılı bir biçimde temsil edememektedir. Dolayısıyla, verilen görüntü karelere bölünerek, her bir kareden ayrı ayrı KTH çıkarılarak betimleyici genişletilmiştir. Kare tabanlı yöntemde, bütün bir görüntünün KTH betimleyicisi karelerden çıkarılan KTH betimleyicilerinin birleştirilmesiyle elde edilir.

Şekil 3 MPEG-7 veritabanından [18] seçilen örnek görüntülerden çıkarılan KTH betimleyicilerini içermektedir. Betimleyiciler görüntüler 4 × 4'e bölünerek çıkarılmıştır; dolayısıyla betimleyiciler 4x4x10 = 160 boyutundadır. Şekilden görüldüğü üzere benzer şekillerden çıkarılan betimleyiciler birbirine farklı şekillerden çıkarılan betimleyicilere göre daha benzer bir dağılım sergilemektedir.

IV. DENEYLER

KTH'ı birkaç yaygın kullanılan veritabanında değerlendirip doğruluğunu ve çalışma hızı başarımını Şekil Bağlamı (ŞB), Yönelmiş Eğimler Histogramu (YEH), Yerel İkili Örüntüler (YİÖ), Zernike Momentleri (ZM) ve Fourier Betimleyicileri (FB) gibi literatürde yaygınca kullanılan betimleyiciler ile karşılaştırdık. Bu yöntemleri literatürde yaygınca kullanılan başarılı temsili yöntemler oldukları için tercih ettik. Deneylerde kullanılan veritabanları ise şunlardır: "MPEG-7 CE Shape-1 Part-B veritabanı" [18], "Brown Üniversitesi Kimia veritabanları" [19], and the "Columbia object image library (Coil-100) veritabanı" [20].



Şekil 3: MPEG-7 veritabanından [18] seçilen örnek görüntüler ve çıkarılan KTH betimleyicileri. Şekil (a) *Kemik* kategorisinden, Şekil (b) ise farklı kategorilerden görüntüler içermektedir. Şekil (a)'deki betimleyiciler Şekil (b)'deki betimleyicilere göre daha düzgün bir dağılım oluşturmaktadır.

MPEG-7 veritabanında değerlendirmeler *Bull's Eye* adı verilen bir skorla yapılmaktadır. Bu skor hesaplanırken veritabanındaki her şekil bütün diğer şekillerle karşılaştırılıp her şekil için en yakın ilk 40 sonuç belirlenmektedir. Bu 40 şekil içinden hedef şekille aynı olanların sayısı hesaplanıp bu sayı en yüksek doğru eşleştirme sayısına bölünerek *Bull's Eye* skoru elde edilir. Kimia veritabanları ise *TopRank* adı verilen bir skor kullanılmaktadır. Bu skor hesaplanırken veritabanındaki her şekil bütün diğer şekillerle karşılaştırılıp her şekil için en yakın 10 sonucun toplamı tablo olarak listelenir. Son olarak, Coil-100 veritabanı sonuçları doğruluk skoru ile karşılaştırılmaktadır.

Şekil 4'de bütün yöntemlerin başarımını *Alıcı İşletme Karakteristikleri* (Receiver Operating Characteristics) eğrileri ile sunulmuştur. Şekilden görüleceği üzere KTH, MPEG-7, Kimia-99 ve Coil veritabanlarında diğer yöntemlerle yakın

Tablo I: Bütün yöntemlerin skorları.

(a) MPEG-7 veritabanı		(b) Coil-100 veritabanı	
Yöntem	Bull's Eye	Yöntem	Doğruluk
YEH	57.29	YEH	99.20
ZM	54.75	ŞB	98.40
ŞB	53.52	KTH	92.80
KTH	52.39	ZM	89.80
YİÖ	47.65	YİÖ	82.00
FB	25.45	FB	46.00

(c) Kimia-99 veritabanı										
Yöntem	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
ŞB	98	93	86	79	76	75	69	62	60	56
YEH	97	89	87	84	73	70	64	61	58	49
ZM	90	85	86	81	75	71	63	67	60	48
KTH	88	82	79	75	67	60	59	51	45	41
YİÖ	94	80	77	67	61	57	59	56	39	40
FB	71	58	52	41	39	46	26	31	23	22

(d) Kimia-216 veritabanı										
Yöntem	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
ŞB	216	206	199	190	187	181	179	170	161	153
YEH	209	205	201	195	194	188	180	172	155	143
KTH	202	194	196	189	178	176	172	161	166	129
ZM	197	188	182	170	164	154	148	148	148	119
YİÖ	192	178	169	159	154	146	140	139	139	120
FB	147	138	122	109	103	104	97	92	85	76

Tablo II: Çalışma süreleri (saniye).

Yöntem	Öznitelik Çıkarma	Eşleştirme
ŞB	2.08	8747.39
YEH	0.38	6.40
YİÖ	17.51	6.91
FB	1.80	6.72
ZM	1.20	4.67
KTH	7.04	8.81

sonuçlar vermektedir. Kimia-216 veritabanında ise diğer yöntemlerden daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Çalışma süresi karşılaştırmaları Kimia-216 veritabanı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde bütün yöntemler Matlab ile aynı bilgisayar üzerinde çalıştırılmıştır. Daha iyi bir analiz için çalışma süreleri öznitelik çıkarma ve eşleştirme olarak iki faz için ayrı ayrı kaydedilmiştir. Tablo II'dan görüldüğü üzere Şekil Bağlamı yönteminin eşleştirme fazı ile YİÖ'nün öznitelik çıkarma fazı 8747.39 ve 17.51 saniye ile en kötü başarıma sahiptir. YEH her iki faz için de en iyi sonuçlara sahiptir. KTH en iyi çalışma zamanına sahip olmasa bile gayet hızlı çalışan bir yöntem olduğunu ispatlamıştır ve daha iyi bir uygulama ile çalışma süresi başarımı artırılabilir.

V. SONUÇ

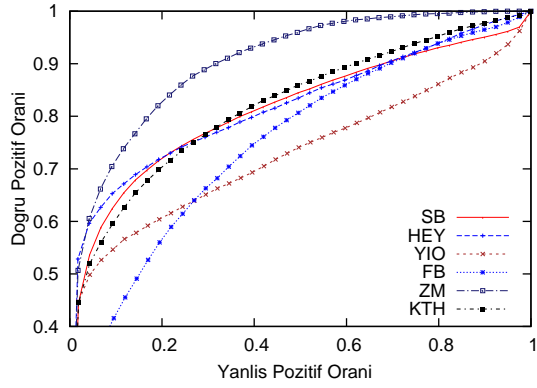
Bu çalışmada Kesişimlerin Tutarlılığı Histogramı (KTH) isimli yeni bir şekil betimleyici öneriyoruz. Bu betimleyici kesişimlerin tutarlılığı isimli bir yerel düzenlilik ölçütünü kullanarak histogram üreterek şekilleri temsil etme fikri üzerine oluşturulmuştur. Sunduğumuz yöntemin doğruluk ve çalışma süresi başarımlarını Şekil Bağlamı, Yönelmiş Eğimler Histogramı, Yerel İkili Örüntüler, Fourier Betimleyicileri ve Zernike Momentleri yöntemleri ile karşılaştırdık ve yöntemin karşılaştırılabilir ya da daha iyi başarımlar sergilediğini gördük.

TEŞEKKÜR

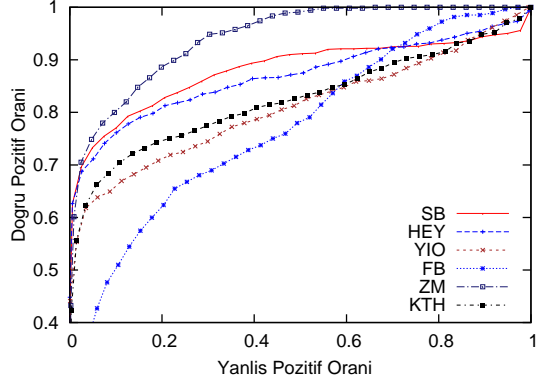
Yazarlar kesişimlerin tutarlılığı yönteminin kaynak kodunu sağladığı için Serdar Çiftçi'ye teşekkür ediyor. Ayrıca, çalışmada kullanılan Yüksek Başarımli Hesaplama kaynakları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü tarafından sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

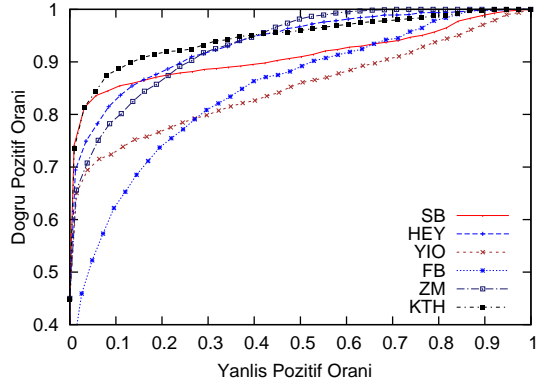
- [1] T. Ojala, M. Pietikäinen, and D. Harwood, "A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions," *Pattern recognition*, vol. 29, no. 1, pp. 51–59, 1996.
- [2] S. Belongie, G. Mori, and J. Malik, "Matching with shape contexts," in *Proceedings of the IEEE Workshop on Content-based access of Image and Video-Libraries*, 2000.
- [3] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," in *Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2005.
- [4] C. H. Teh and R. T. Chin, "On image analysis by the methods of moments," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 10, no. 4, pp. 496–513, 1988.
- [5] D. Zhang and G. Lu, "A comparative study of fourier descriptors for shape representation and retrieval," in *Proceedings of the 5th Asian Conference on Computer Vision (ACCV)*, 2002, pp. 646–651.
- [6] S. Çiftçi, "A new edge detector using intersection consistency," Master's thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2011.
- [7] M. Bober, "Mpeg-7 visual shape descriptors," *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. 1, no. 6, pp. 716–719, 2001.
- [8] D. Zhang and G. Lu, "Review of shape representation and description techniques," *Pattern Recognition*, vol. 37, no. 1, pp. 1–19, 2004.
- [9] E. R. Davies, *Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2004.
- [10] F. Mokhtarian and A. K. Mackworth, "A theory of multiscale, curvature-based shape representation for planar curves," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 14, no. 8, pp. 789–805, 1992.
- [11] M. K. Hu, "Visual pattern recognition by moment invariants," *IRE Transactions on Information Theory*, vol. IT-8, pp. 179–187, 1962.
- [12] J. F. Boyce and W. J. Hossack, "Moment invariants for pattern recognition," *Pattern Recognition Letters*, vol. 1, no. 5-6, pp. 451–456, 1983.
- [13] V. P. Dinesh Kumar and T. Tessamma, "Performance study of an improved legendre moment descriptor as region-based shape descriptor," *Pattern Recognition and Image Analysis*, vol. 18, no. 1, pp. 23–29, 2008.
- [14] A. Goshtasby, "Description and discrimination of planar shapes using shape matrices," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 7, no. 6, pp. 738–743, 1985.
- [15] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd ed. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2001.
- [16] H. Blum, "Biological shape and visual science," *Journal of Theoretical Biology*, vol. 38, no. 2, pp. 205–287, 1973.
- [17] S. Kalkan, Y. Shi, F. Pilz, and N. Krüger, "Improving junction detection by semantic interpretation," *International Conference on Computer Vision and Applications (VISAPP)*, 2007.
- [18] L. J. Latecki, R. Lakämper, and U. Eckhardt, "Shape descriptors for non-rigid shapes with a single closed contour," in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2000.
- [19] T. B. Sebastian, P. N. Klein, and B. Kimia, "Recognition of shapes by editing shock graphs," in *Proceedings of the International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2001.
- [20] S. Nene, S. Nayar, and H. Murase, "Columbia object image library (coil-100)," Columbia University, Tech. Rep., 1996.



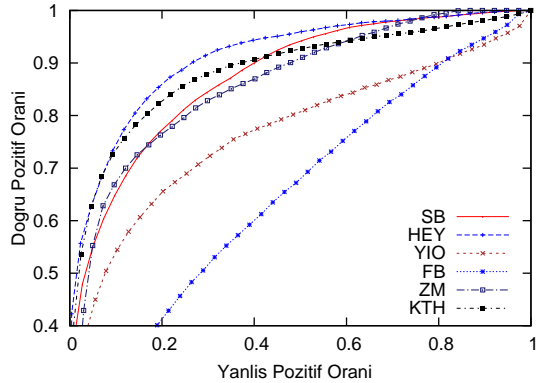
(a) MPEG-7 veritabani



(b) Kimia-99 veritabani



(c) Kimia-216 veritabani



(d) Coil-100 veritabani

Şekil 4: Bütün yöntemler için başarımların grafikleri. Grafikler yer tasarrufu için doğru pozitif oranı 0.4'ten büyük değerler için gösterilmiştir.