

Eşik Seçiminin Benzerliğe Dayalı Kenar Belirlemeye Etkisi

Mürsel Ozan İNCETAŞ¹, Ufuk TANYERİ^{2*}, Mahmut KILIÇASLAN², Burcu YAKIŞIR GİRĞİN³, Recep DEMİRCİ⁴

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak/Türkiye

²Bilgisayar Teknolojisi Bölümü, Nallıhan Meslek Yüksekokulu, Ankara Üniversitesi, Ankara/Türkiye

³Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Nallıhan Meslek Yüksekokulu, Ankara Üniversitesi, Ankara/Türkiye

⁴Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknolojisi Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara/Türkiye

*ufuktanyeri@ankara.edu.tr) İlgili yazarın e-postası

Özet – Görüntüde yer alan nesnelerin kenarlarının belirlenmesi, görüntü işleme alanında önemli bir yer tutmaktadır. Piksellerin, komşu oldukları piksellere benzerlikleri de kenar belirleme amacıyla kullanılmaktadır. Ancak elde edilen benzerlik değerlerine göre kenar piksellerin belirlenmesinde eşik seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, farklı katsayılar kullanılarak elde edilen benzeşim dönüşümü görüntülerinin üzerinde Otsu, Kapur ve Histogramın Ağırlık Merkezi (HAM) teknikleri ile eşikleme yapılmıştır. BSDS veritabanındaki 200 görüntü üzerinde yapılan benzeşim dönüşümü ve eşikleme işlemi sonuçlarının kenar belirleme başarıları ise F-skor olarak ölçülmüş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Kenar Belirleme, Benzeşim Görüntüsü, Eşikleme

I. GİRİŞ

Görüntüler üzerindeki kenar piksellerin belirlenmesi, görüntü işleme alanının en temel problemlerinden biridir. Kenar belirleme işlemi, özellikle nesne tanıma ya da görüntü erişim işlemleri öncesinde oldukça önemli bir aşama olarak göze çarpmaktadır. Kenar, genel olarak bir bölgede ya da komşu iki piksel arasındaki ani değişim miktarı olarak ifade edilebilir. Bir gri seviye görüntü üzerinde kenar belirleme için öncelikle türev alma ya da benzeri bir teknik kullanılması ve ardından da eşikleme yapılması gerekmektedir [1, 2]. Eşik değerinin belirlenmesi en önemli aşamalardan biridir ve bu amaçla pek çok teknik geliştirilmiştir [3, 4, 6].

Renkli görüntüler üzerinden kenar belirleme işlemi ise gri seviyeli görüntülere göre biraz daha karmaşık olabilmektedir. Bu karmaşıklığı gidermek ve renkli görüntülerdeki kenar piksellerinin belirlenebilmesi için 2007 yılında benzerliğe dayalı bir yaklaşım geliştirilmiştir [5]. Geliştirilen tekniğin farklı parametreler ile kullanılması sonucunda başarılı sonuçlar alındığı da gözlenmiştir [7, 8].

Bu çalışmada, farklı katsayılar kullanılmasının renkli görüntüler üzerinden elde edilen benzeşim dönüşümü üzerinden kenar belirlemeye etkisinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Söz konusu amaç doğrultusunda öncelikle BSDS veritabanında [9] yer alan 200 görüntü üzerinde belirli katsayılar kullanılarak benzeşim dönüşümleri gerçekleştirilmiştir. Benzeşim dönüşümü görüntüleri üzerinden OTSU, KAPUR ve Histogramın Ağırlık Merkezi (HAM) teknikleri ile eşikleme yapılarak kenar pikseller belirlenmiş ve elde edilen kenar pikseller üzerinde, BSDS veritabanında yer alan test aracı yardımıyla F-skor değerleri elde edilmiştir.

II. MATERYAL VE METOT

Çalışmada, kenar belirleme için BSDS veri setinde (train set) [9] yer alan 200 adet görüntü kullanılmıştır. Önerilen

yöntemin başarısının ölçülmesinde de F-skor değerinden faydalanılmıştır. Bahsi geçen tüm değerlendirmeler, veritabanı tarafından sunulan test aracı ile gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak, 6 farklı katsayı kullanılarak her görüntü için benzeşim dönüşümü görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen 1200 görüntünün her biri OTSU, KAPUR ve HAM olmak üzere 3 farklı eşikleme yöntemi ile eşiklenerek 3600 adet ikili (binary) görüntü oluşturulmuştur. Son aşamada ise oluşturulan ikili görüntülerde ortaya çıkan kenar piksellerinin başarıları F-skor olarak ölçülmüştür.

F-skor değeri, kesinlik (9) ve duyarlılık (10) işlemlerinin harmonik ortalaması (11) yardımıyla hesaplanmaktadır. Duyarlılık değeri, seçilmesi gereken nesnenin ne kadarının algoritma tarafından seçildiğinin oranını, kesinlik değeri ise algoritma ile seçilen alanın doğruluk oranını belirtmektedir. Hesaplamalarda kullanılan terimler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. F-Skor terimleri

Hesaplama		Algoritma Sonuçları	
		Nesne	Arka Fon
Kesin Referans	Nesne	TP	FN
	Arka Plan	FP	TN

TP: True Positive, FN: False Negative, FP: False Positive, TN: True Negative

$$Kesinlik = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

$$Duyarlılık = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$F \text{ Skor} = 2 \times \frac{Kesinlik \times Duyarlılık}{Kesinlik+Duyarlılık} \quad (3)$$

A. Benzeşim Dönüşümü

Renkli bir görüntüdeki iki pikselin benzerliği, Demirci [5] tarafından, normalize edilmiş Öklid uzaklığı kullanılarak

(4)'de verilen şekilde ifade edilmiştir. Söz konusu denklemde yer alan D_n , normalizasyon katsayısı olarak ifade edilmiştir. $\|P_1-P_2\|$ terimi ise P_1 ve P_2 pikselleri arasındaki normalleştirilmiş Öklid uzaklığını göstermektedir. Denklem (5)'de verilen normalleştirilmiş Öklid uzaklığı ifadesinde yer alan renk farkları ise (6)'da yer almaktadır.

$$\mu(P_1, P_2) = \exp\left(-\left(\frac{\|P_1-P_2\|}{D_n}\right)^2\right) \quad (4)$$

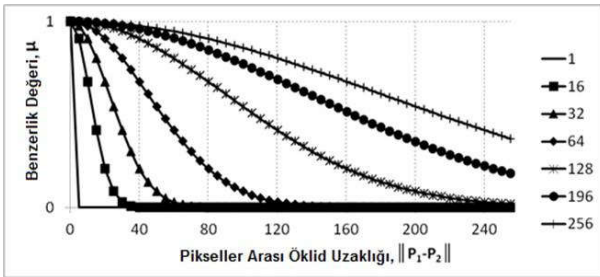
$$\|P_1-P_2\| = \frac{1}{\sqrt{3}}(\Delta R^2 + \Delta G^2 + \Delta B^2)^{1/2} \quad (5)$$

$$\Delta R = |R_1 - R_2|$$

$$\Delta G = |G_1 - G_2| \quad (6)$$

$$\Delta B = |B_1 - B_2|$$

Farklı D_n değerleri (1, 16, 32, 64, 128, 196, 256) ve (4) kullanılarak elde edilen benzerlik değerlerini gösteren grafik, Şekil 1'de görülmektedir. Grafikte, D_n değerinin düşmesi durumunda benzerliğin azaldığı, yükselmesi durumunda ise benzerlik değerinin ciddi oranda arttığı görülmektedir.



Şekil 1 İki pikselin benzerliğine dayalı benzeşim fonksiyonu μ

Şekil 2'de de, bir P_0 pikselinin 3×3 komşulukları görülmektedir. P_0 pikselinin, tüm komşu piksellere olan benzerliği (4) yardımıyla hesaplandıktan sonra (7) yardımıyla benzeşim değeri hesaplanmaktadır.

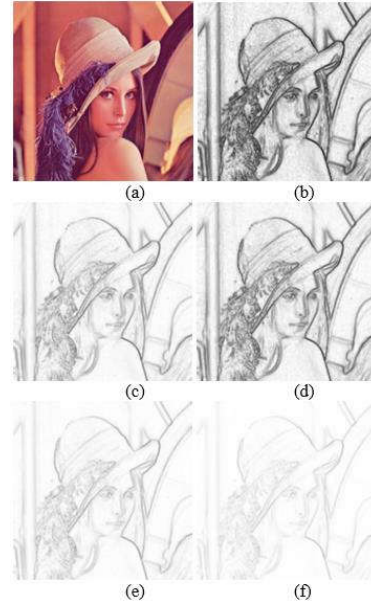
P_1	P_2	P_3
P_8	P_0	P_4
P_7	P_6	P_5

Şekil 2 Bir P_0 pikselinin 3×3 komşulukları ve benzerlik fonksiyonu için kullanılan maske

Şekil 2'de yer alan maske ve (7)'nin görüntü üzerindeki tüm piksellere uygulanmasıyla, Şekil 3 ve Şekil 4'de yer alan benzeşim dönüşümü görüntüleri elde edilmiştir.

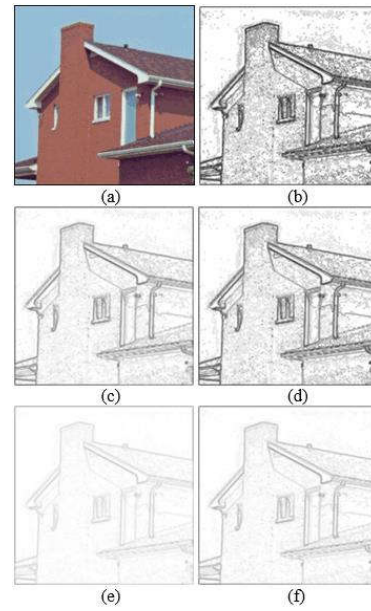
$$\mu_{P_0} = \frac{1}{9} \sum_{i=0}^8 \mu(P_0, P_i) \quad (7)$$

Şekil 3'de Lena görüntüsü ve örnek benzeşim dönüşümü sonuçları yer almaktadır. Şekil 3.(a)'da orijinal Lena görüntüsü yer alırken, Şekil 3(b, c, d, e, f)'de ise sırasıyla 16, 32, 64, 128 ve 256 olarak kullanılan D_n katsayıları ile elde edilmiş benzeşim görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 3 Lena resmi a) orijinal görüntü b) benzeşim görüntüsü: $D_n=16$, c) benzeşim görüntüsü: $D_n=32$, d) benzeşim görüntüsü: $D_n=64$ için, e) benzeşim görüntüsü: $D_n=128$, f) benzeşim görüntüsü: $D_n=256$

Şekil 4'de ise Ev görüntüsü ve örnek benzeşim dönüşümü sonuçları görülmektedir. Şekil 4.(a)'da orijinal görüntü, Şekil 4(b, c, d, e, f)'de ise sırasıyla 16, 32, 64, 128 ve 256 olarak kullanılan D_n katsayıları ile elde edilmiş benzeşim görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4 Ev resmi a) orijinal görüntü b) benzeşim görüntüsü: $D_n=16$, c) benzeşim görüntüsü: $D_n=32$, d) benzeşim görüntüsü: $D_n=64$ için, e) benzeşim görüntüsü: $D_n=128$, f) benzeşim görüntüsü: $D_n=256$

Şekil 3 ve Şekil 4'de yer alan görüntüler incelendiğinde, D_n katsayılarındaki artışın görüntü üzerindeki homojenliği ve gri seviye değerlerini artırdığı görülmektedir. Bu görüntüler üzerinde yapılacak eşikleme işlemi ile kenar pikseller ortaya çıkarılabilecektir.

B. Eşikleme ve Kenar Belirleme

Kenar belirleme için eşikleme tekniklerinin kullanımı oldukça yaygındır. Demirci [6] tarafından 2010 yılında histogramın ağırlık merkezi alınarak, yukarıda da bahsi geçen

eşik değeri için (HAM) bir yöntem önerilmiştir. HAM yönteminin matematiksel ifadesi, (8)'de yer almaktadır.

$$T_h = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{r=0}^L r \cdot z_r \quad (8)$$

Denklem (8)'de yer alan r gri değeri, z_r , r gri seviyesindeki piksel sayısını, M ve N görüntünün boyutlarını, L ise maksimum gri seviye değerini göstermektedir. Bu çalışmada $L=255$ olarak kullanılmıştır. İlâveten, HAM dışında, OTSU [3] ve KAPUR [4] eşikleme yöntemleri de test edilmiştir.

Dn	OTSU	KAPUR	HAM
16			
32			
64			
128			
256			

Şekil 5 Lena resmine ait benzeşim görüntülerinin eşikleme sonuçları

Çalışmada ilk olarak Şekil 3 ve Şekil 4'de yer alan Lena ve Ev görüntülerine ait benzeşim sonuçları, OTSU, KAPUR ve HAM eşikleme yöntemleri ile eşiklenerek ikili görüntüler elde edilmiştir. Kenar pikseller siyah (0) ve kenar olmayan kısımlar beyaz (1) renk ile gösterilmektedir. Lena ve Ev görüntülerinin eşiklenme sonuçları, Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.

Dn	OTSU	KAPUR	HAM
16			
32			
64			
128			
256			

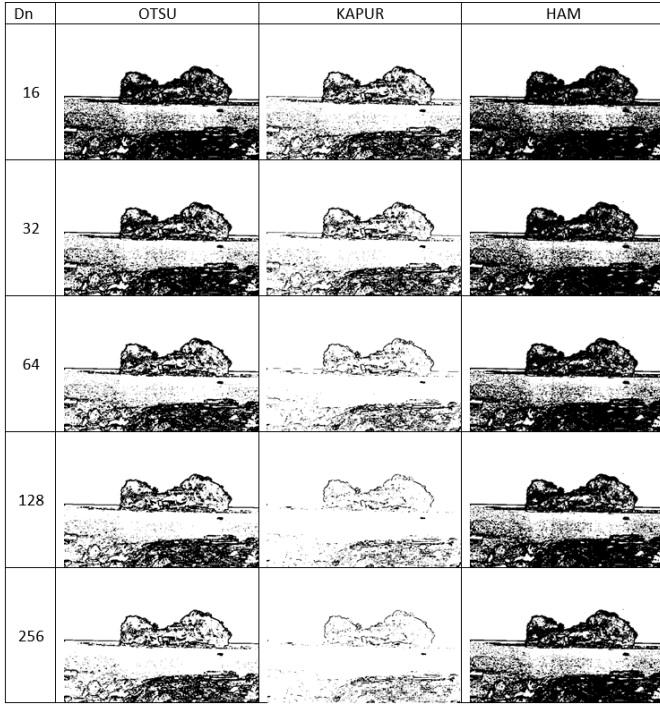
Şekil 6 Ev resmine ait benzeşim görüntülerinin eşikleme sonuçları

III. DENEYSEL SONUÇLAR

Eşikleme yöntemleri, BSDS veritabanında yer alan 200 görüntüden elde edilen 1200 görüntü üzerinde uygulanarak, karşılaştırılacak veriler elde edilmiştir.

Dn	OTSU	KAPUR	HAM
16			
32			
64			
128			
256			

Şekil 7. BSDS görüntüsü eşikleme sonuçları



Şekil 8. BSDS görüntüsü eşikleme sonuçları

Şekil 7 ve Şekil 8’de BSDS görüntülerinden 2 örnek yer almaktadır. Her iki görüntü için de D_n katsayısı 16, 32, 64, 128 ve 256 için elde edilmiş ve OTSU, KAPUR, HAM teknikleri ile eşikleme sonuçları verilmiştir.

D_n katsayısındaki artış, kenar olarak işaretlenen piksellerin sayısını azaltırken, aynı değerdeki düşüş kenar olmayan piksellerin de kenar olarak algılanmasına neden olabilmektedir. Ayrıca KAPUR ve OTSU yöntemleri ile elde edilen sonuçlarda D_n katsayısındaki artışın kenar kaybını arttırdığı görülmektedir. Örneğin Şekil 7’de $D_n=256$ için OTSU eşikleme sonucunda neredeyse kenar piksel kalmadığı açıkça ortadadır. Aynı görüntüde KAPUR tekniğinin D_n katsayısının 32’den başlayarak artmasıyla kenar kayıplarına neden olduğu da gözlenebilmektedir. HAM ile yapılan eşiklemede ise kenar piksel kayıplarının benzeşim katsayısının artmasından olumsuz etkilenmediği gözlenmektedir. Benzer durum Şekil 8’de de görülmektedir. Özellikle OTSU ve KAPUR eşikleme tekniklerinin, kenar piksel kaybının D_n katsayısındaki artıştan olumsuz yönde etkilendiği gözlemlenebilmektedir.

Benzeşim dönüşümünde kullanılan D_n katsayısı ve eşik seçiminin kenar başarısına etkisi, F-skor değeri yardımıyla belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Her üç eşik yöntemi için de 6 farklı D_n katsayısı (16, 32, 64, 128, 192, 256) kullanılarak elde edilen sonuçlar F-skor açısından incelendiğinde, en yüksek başarımın KAPUR ile $D_n=192$ ile elde edildiği görülmektedir. Aynı katsayı değerleri için de F-skor başarısı, KAPUR, OTSU ve HAM olarak sıralanmıştır. Ayrıca OTSU tekniğinin en başarılı olduğu katsayı değeri 128 olurken HAM tekniğinin en yüksek F-skora 256 değerinde ulaştığı görülmektedir.

Tablo 2’de yer alan bir diğer önemli bulgu ise Duyarlılık ve Kesinlik değerlerine ilişkindir. HAM tekniğinin Duyarlılık sonuçlarının, D_n katsayısındaki artışla doğru orantılı olduğu ve en yüksek noktaya $D_n=256$ değerinde ulaştığı görülmektedir.

OTSU ve KAPUR eşikleme yöntemlerine ait Duyarlılık değerlerinin ise sırasıyla 128 ve 32 D_n katsayısından itibaren düşüşe geçtiği gözlenmiştir. Kesinlik değerlerinin ise her üç teknik için de en yüksek değere $D_n=256$ seviyesinde ulaştığı görülmektedir.

Tablo 2. Kenar belirleme test sonuçları

Yöntem	D_n	Duyarlılık	Kesinlik	F-skor
HAM	16	0,6548	0,1864	0,2902
HAM	32	0,6732	0,1916	0,2983
HAM	64	0,6872	0,1959	0,3049
HAM	128	0,6972	0,1985	0,3090
HAM	192	0,7030	0,2005	0,3121
HAM	256	0,7067	0,2006	0,3126
OTSU	16	0,6772	0,2033	0,3127
OTSU	32	0,7180	0,2098	0,3247
OTSU	64	0,7363	0,2143	0,3319
OTSU	128	0,7263	0,2196	0,3373
OTSU	192	0,6651	0,2256	0,3369
OTSU	256	0,4569	0,2277	0,3039
KAPUR	16	0,7491	0,2139	0,3328
KAPUR	32	0,7645	0,2271	0,3502
KAPUR	64	0,7249	0,2489	0,3705
KAPUR	128	0,6659	0,2659	0,3800
KAPUR	192	0,6309	0,2731	0,3812
KAPUR	256	0,6033	0,2776	0,3803

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, eşik seçiminin benzerlik dönüşümüne dayalı kenar belirleme sonuçlarına etkisi araştırılmış ve nicemsel olarak ölçülmüştür. Söz konusu ölçümler için BSDS veritabanında yer alan 200 görüntünün farklı normalleştirme katsayıları (D_n) ile benzeşim dönüşümü görüntüleri elde edilerek, 3 farklı eşikleme işlemi ile kenar pikseller belirlenmiştir. Kenar belirleme sonuçlarının başarımı ise Kesinlik, Duyarlılık ve F-skor olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlara, F-skor açısından KAPUR, OTSU ve HAM sıralaması oluşmuştur. Ancak KAPUR ve OTSU tekniklerinin D_n katsayısına karşı oldukça hassas olduğu hem görsel hem de sayısal olarak belirlenmiştir. Özellikle katsayının çok büyümesi durumunda bazı görüntülerde elde edilen eşik değerinin düşük çıkması dolayısıyla kenar piksellerin sayısının azaldığı ve neredeyse görüntüde hiçbir kenar pikseli kalmadığı görülmektedir. Dolayısıyla en yüksek D_n katsayısı değerleri için KAPUR ve OTSU yaklaşımlarının başarım değerleri düşük kalırken, HAM eşikleme tekniğinin başarısı en yüksek seviyeye yükselmektedir.

İlerideki çalışmalarda, öncelikle D_n normalleştirme katsayısının görüntüdeki yerel piksel bilgilerinden seçilerek, otomatik hale getirilmesinin uygun olabileceği

düşünülmektedir. Böylece katsayının etkisinin en aza indirilerek, eşikleme tekniklerinin başarımının en yüksek seviyeye çıkarılması mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing Int. Ed.*, Pearson, Prentice Hall, New Jersey, 2008.
- [2] J. F. Canny, "A computational approach to edge detection". *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 6, pp. 679-698, 1986.
- [3] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms", *IEEE Trans. Sys., Man., Cyber*, Vol. 9(1), pp. 62-66, 1979.
- [4] J. N. Kapur, P. K. Sahoo, and A. K. C. Wong, "A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram", *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 29(3), pp. 273-285, 1985.
- [5] R. Demirci, "Similarity relation matrix-based color edge detection". *AEU International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 61(7), pp. 469-77, 2007.
- [6] R. Demirci, "Renkli görüntülerde kenar algılaması için uyarlamalı eşik seçimi", *IEEE 18. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, SİU 2010*, pp. 677-679, 2010.
- [7] M. O. Incetas, R. Demirci, H. G. Yavuzcan, "Automatic segmentation of color images with transitive closure", *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 68 (3), pp. 260-269, 2014.
- [8] U. Güvenç, Ç. Elmas and R. Demirci, "Renkli görüntülerin otomatik ayrıştırılması", *Politeknik Dergisi*, Vol. 11(1), pp. 9-12, 2008.
- [9] D. Martin and C. Fowlkes, D. Tal and J. Malik, "A database of human segmented natural images and its application to evaluating segmentation algorithms and measuring ecological statistics", *Proc. 8th Int'l Conf. Computer Vision*, pp. 416-423, 2001.