

SAYISAL GÖRÜNTÜLERDEKİ NESNELERİN BASKIN NOKTALARININ ALGILANMASINDA İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIMLAR

Orhan KESEMEN*

Çiğdem GÜNGÖR**

ÖZET

Bu çalışmada, sayısal görüntülerdeki nesnelere baskın noktalarının araştırılmasında dört ayrı yöntem önerilmiş ve bu yöntemlerin başarımları incelenmiştir. Bu önerilen yöntemleri gerçekleştirmek için bazı istatistiksel ve geometrik kuralları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Baskın nokta algılama, Çokgensel yaklaşım, Köşe algılama, Sayısal doğrular, Şekil çözümlenme.

1. GİRİŞ

Geleceğin bilimleri arasında gösterilen yapay zekânın, dünyayı gören gözü olan görüntü işlemenin kullanımı günümüzde birçok alanda giderek yaygınlaşmaktadır. Görüntü çözümlenmede en önemli konulardan birisi sayısal ortama aktarılan görüntülerin içeriklerinin karakteristik özelliklerini ortaya çıkarmaktır. Aynı şekilde bir görüntü içerisindeki nesnelere de karakteristik özellikleri çıkarılabilir.

Görüntü içerisinde birbirine bitişik olan ve zemin renginden farklı, aynı renkteki gözeteklerin (pixel) oluşturduğu kümeler nesne veya tanecik denir. Görüntü içerisinde bulunan değişik biçimlerde ve boyutlardaki nesnelere özelliklerinin araştırılması uygulama alanlarında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu uygulama alanları: tıpta birçok hastalığın teşhisi; askeri alanlarda uydu görüntüleriyle istihbaratların derlenmesi, akıllı füzelerin hedeflerini bulması; bitki çeşitliliğinin araştırılması, hayvan kitlelerinin göçlerinde ve nüfuslarının incelenmesi; kayaların mineral içeriklerinin araştırılması, vb. konular sayılabilir (Kesemen vd., 2010).

İstatistiksel özellikler yardımıyla basit şekilli nesnelere birçok tanımlama yapılabilir. Bu istatistiksel özellikler karmaşık nesnelere tanımlanması için de kullanılabilir (Bribiesca vd., 1980). Bir nesnenin en belirgin özelliği, nesnenin kenarlarındaki ani değişimin olduğu bölgelerin uçlarında bulunan merkezi noktalarlardır. Bu noktalar nesnenin baskın noktaları olarak tanımlanır (O’Gorman vd., 2009). Sayısal görüntülerdeki nesnelere, değişik geometrik şekillere sahip olabilmektedirler. Bu nesnelere baskın noktaları yardımıyla çokgenlere benzetilip kenar sayılarının ve dolayısıyla köşe noktalarının belirlenmesi ve nesnelere daha az veriyle temsil edilmesi uygulamada önemli problemlere çözüm olabilmektedir. Karmaşık biçimlerdeki nesnelere daha basit bir çokgenle temsil edilmesi görüntü tanıma yöntemlerinde kolaylık sağlayacaktır.

Literatürde, sayısal görüntülerdeki nesnelere baskın noktalarının araştırılmasında, sınır gözetekleri boyunca tanımlanan iki yöney arasındaki açının 180 dereceden küçük bir oranda ($180^\circ \pm s^\circ$) farklı olmasına göre çözüm bulunmaktadır (The vd., 1989), (Marji vd., 2003), (Costa vd., 2001). Ancak bu çalışmalarda kenarları düzgün olmayan

*Yrd. Doç. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü, Trabzon, e-posta: okescemen@gmail.com

**Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü, Trabzon, e-posta: ciğdemgungor@windowslive.com

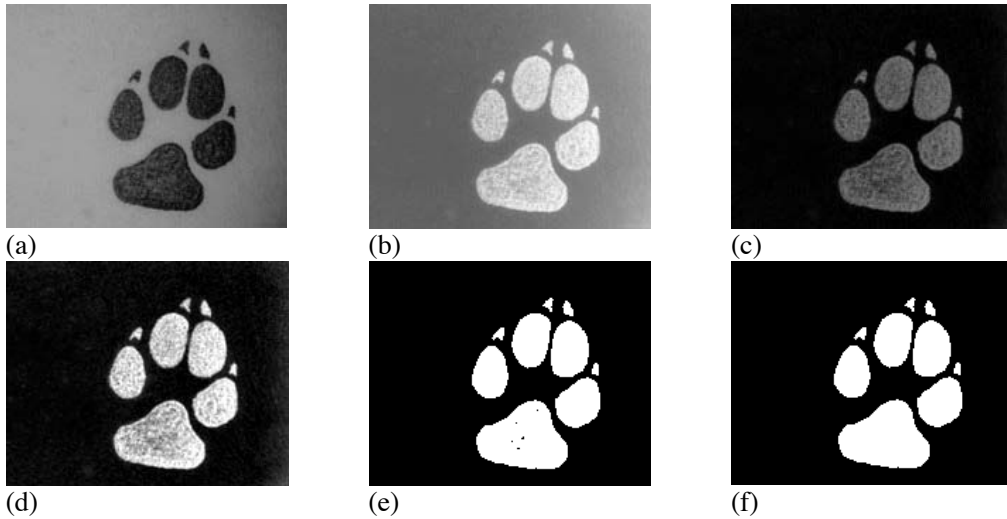
nesnelerin baskın noktalarının araştırılmasında aykırı değerler (doğrudan sapmış) varlığı yanlış sonuçların doğmasına neden olmaktadır.

2. YÖNTEMLER

Ele alınan sayısal görüntüler, öncelikle boz ölçekli bir görüntüye dönüştürülür (Şekil 1(a)). Görüntüde artalan (background) içerisinde ilgilenilen nesnelere artalan renginden daha koyu ise ters renk görüntüsü alınarak (Şekil 1(b)) nesnelerin açık renge dönüştürülmesi sonraki işlemlerde kolaylık sağlayacaktır. Kayan ortalama süzgeci yardımıyla ters renkli görüntünün artalan görüntüsü elde edilir ve bu görüntü ters renkli görüntüden çıkarılarak artalan sıfırlanmış görüntü elde edilir (Şekil 1(c)). Elde edilen son görüntü değerleri artalanın çıkarılmasından dolayı dar bir sıklık aralığı sıkıştığı için görüntü ayrırlılığında (contrast) düşme meydana gelmektedir. Aşağıdaki özayırıcılık (autocontrast) eşitliği kullanılarak,

$$\hat{g}(x, y) = \frac{g(x, y) - \text{düşük}}{\text{yüksek} - \text{düşük}} \quad (1)$$

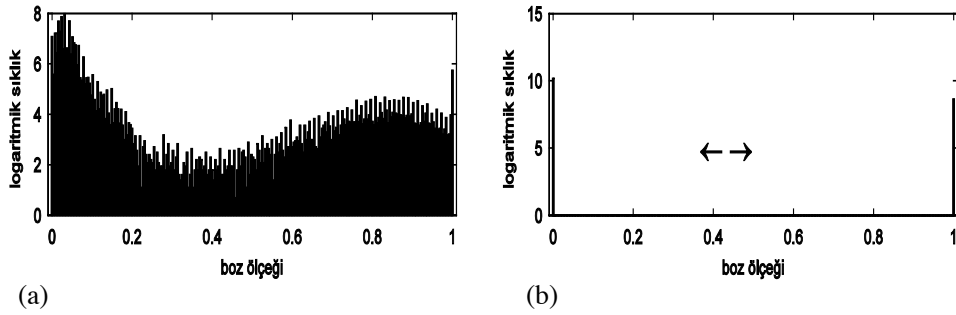
görüntü ayrırlılığ artırılır (Şekil 1(d)). Burada $g(x, y)$, x,y noktasındaki gözet değeri ($0 \leq g(x, y) \leq 255; g(x, y) \in \mathbb{N}^2$), düşük ve yüksek değişkenleri sayısal görüntüdeki sırasıyla en düşük ve en yüksek gözet değerleridir. Burada $\hat{g}(x, y)$, işlenmiş görüntü gözetlerini göstermektedir. Bu yöntem bir anlamda bir birimleştirme (normalization) yöntemi olarak da kullanılır (González vd., 2007).



Şekil 1. Sayısal görüntüler

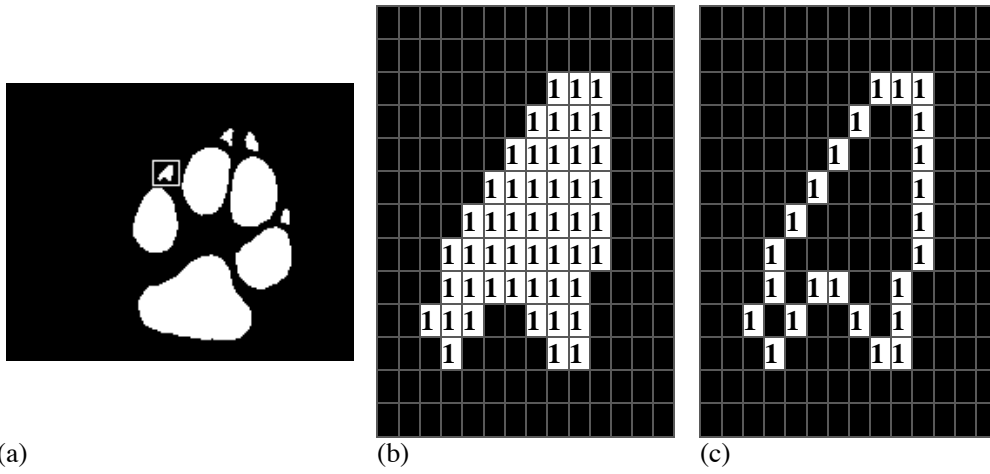
(a) boz ölçekli özgün görüntü; (b) ters renkli görüntü; (c) artalan çıkarılmış görüntü; (d) ayrırlılığ artırılmış görüntü; (e) eşiklenmiş görüntü; (f) eşiklenme sonucunda nesnelerin içinde kalan siyah lekeler büyüklükte (maximization) süzgeci yardımıyla temizlenmiş görüntü

Şekil 1(d)'deki görüntünün iki ayrı veri kümesinin (artalan-nesnelere) birleşimi olduğu Şekil 2'deki sıklık göstergesinde açıkça görülmektedir. Bu iki kümenin kesişim noktası (~0.4) bulunarak, bu noktadan küçük olanlar siyah {0}, büyük olanlar beyaza {1} eşiklenirse görüntü Şekil 1(e)'ye dönüşür. Bu görüntü iki farklı {0,1} değer kümesinden oluşmaktadır.



(a) (b)
Şekil 2. Şekil 1(d) görüntüsünün, (a) logaritmik sıklık göstergesi (b) eşiklenmiş sıklık göstergesi

Değer kümelerinin daha iyi anlaşılması için görüntünün küçük bir kesiti (Şekil 3(a) dikdörtgen alan içine alınan) alınarak sayısal olarak incelenirse Şekil 3(b)'deki dizey elde edilir. Bu dizeyde siyah gözetler 0 değerini alırken, beyaz gözetler 1 değerine karşılık gelmektedir.

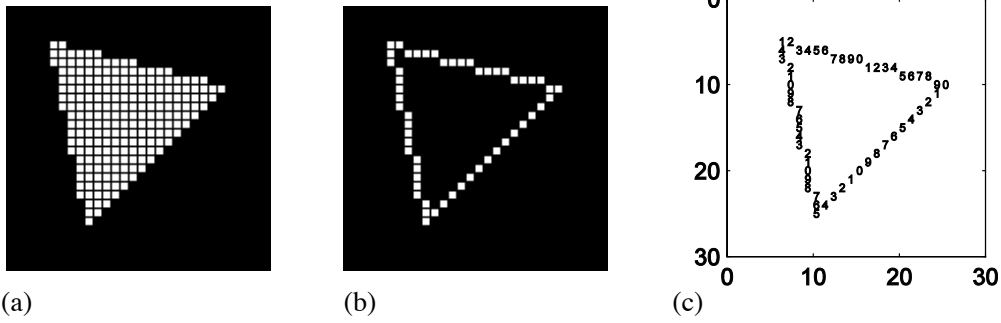


(a) (b) (c)
Şekil 3. Sayısal görüntü ve dikdörtgen içinde seçilmiş nesne
(a) büyütülmüş ve ayrıklaştırılmış görüntü; (b) sayısal görüntü dizeyi; (c) sınırları belirlenmiş sayısal görüntü dizeyi

Şekil 1'de ön işlemlerden geçirilerek kullanıma hazır duruma getirilmiş görüntü içerisindeki nesnelere tek tek etiketlenir. Etiketleme işlemi her gözetin 4 komşusuna (kuzey, güney, doğu ve batı) bakılarak, her bir nesneye farklı gözet değerleri atanması yoluyla gerçekleştirilir (Kesemen vd., 2010). Etiketlenen her nesne ayrı ayrı ele alınarak, iki boyutlu ikinci dereceden sayısal türev yöntemiyle nesnenin sınır gözetleri bulunur. Bu sınır gözetleri nesnenin sol-üst köşesinden itibaren saat yönünde gezilerek her gözetin köşe olup olmayacağı araştırılır.

2.1 Baskın Nokta Algılama

Bu çalışmada köşe gözetlerinin bulunması için dört yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerin başarımını ölçmek için köşe konumları net (tartışmasız) olarak bilinen şekillerin kullanılması gerekmektedir. Gerçek yaşamdan örnekler seçildiğinde bunların baskın noktaları tam olarak bilinmemektedir. Dolayısıyla, Şekil 4(a)'daki sayısal görüntü ele alınmış ve bu görüntünün sınır gözetleri (Şekil 4(b)) Şekil 4(c)'deki gibi rakamlarla işaretlenmiştir. ($C = \{p_n = (x_n, y_n), n = 1, 2, \dots, N\}$).



Şekil 4. Sınır gözeklerinin belirlenmesi
(a) sayısal görüntü; (b) sınır gözekleri; (c) sınır numaralandırılması

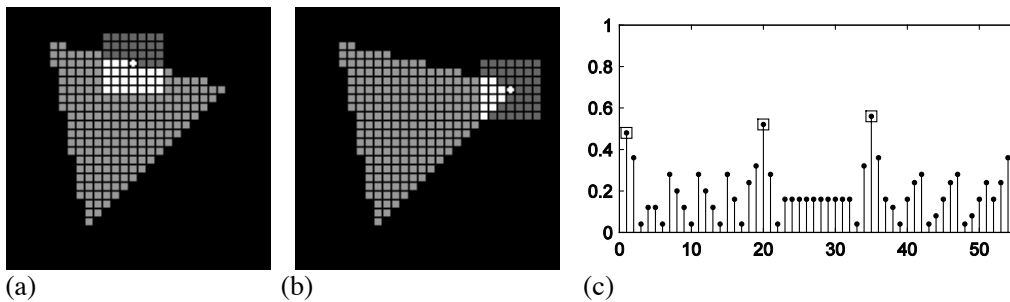
İşaretlenmiş sınır gözekleri boyunca her gözek tek tek ele alınarak (etkin gözek) baskın nokta olup olmadığı aşağıda önerilen yöntemler yardımıyla incelenmiştir. Her yöntemde elde edilen sonuçlar $[0,1]$ aralığına indirgenerek (anlamlılık işlevi, e_n) görsel olarak karşılaştırılması sağlanmıştır.

2.1.1 Kütle-zemin oranı yöntemi

Etkin gözek komşuluğundaki gözeklerden nesne olarak etiketlenmiş gözeklerin sayısı ile zemin olarak etiketlenmiş gözeklerin sayısının oranlanması yöntemidir. Bu oran kenar gözekleri boyunca 1'e yakın olup küçük sapmalar göstermekte, ancak köşeye yaklaşıldıkça 1'den uzaklaşmakta ve büyük sapmalar göstermektedir. Bu ise ilgili etkin gözeğin muhtemel bir köşe noktası olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 5(a) ve (b)'de en koyu noktalar zemin gözeklerini gösterirken en açık noktalar kütle (nesne) gözeklerini göstermektedir. Yuvarlak olarak işaretlenen gözek ise o andaki etkin gözeği göstermektedir. Etkin gözek etrafında $m = 3$ komşuluğunda toplam $M = (2m + 1)^2 = 49$ gözek bulunmaktadır. Bu gözeklerden nesneye ait olanların s_n ile gösterilmektedir. Denklem (2) verilen eşitlikte anlamlılık işlevi

$$e_n = 1 - \frac{2}{M} \begin{cases} M - s_n, & s_n > M/2 \\ s_n, & s_n \leq M/2 \end{cases}, \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

biçiminde hesaplanır. Şekil 5(c)'de 1, 20 ve 34. noktalarında anlamlılık işlevi komşu değerlere göre en yüksek olan üç noktayı verilmektedir. Bu noktalar baskın gözek konumlarına karşılık gelmektedir.



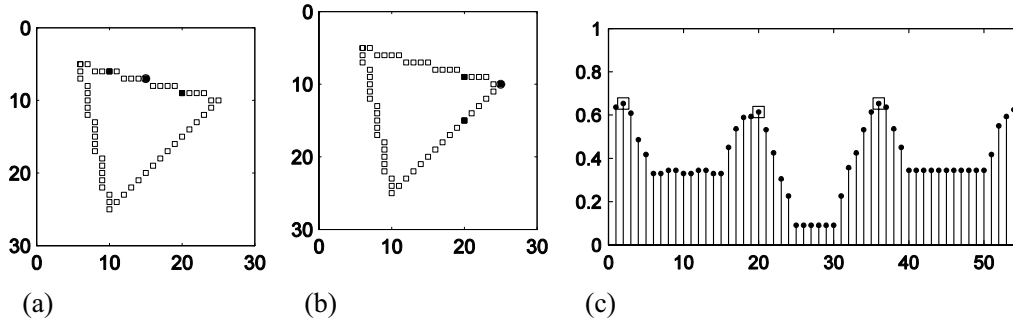
Şekil 5. Sınır gözeklerinin kütle-zemin oranlaması
(a) kenardan seçilmiş bir etkin gözek 3 komşuluğu; (b) köşeden seçilmiş bir etkin gözek 3 komşuluğu; (c) tüm sınır gözekleri için anlamlılık işlev değerlerinin grafiği ve dörtgen kutucuk içerisinde alınmış baskın noktalar

2.1.2 Göreceli uzaklıklar yöntemi

Sınır gözekleri boyunca kaydırılarak seçilen her etkin gözeğten birbirine zıt yönde m gözeğ ötedeki iki gözeğ ele alınır. Bu iki gözeğ arasındaki uzaklık (d_n), her üç gözeğ de aynı kenar üzerindeyse (Şekil 6(a)) en fazla $\sqrt{2M}$ uzunluğunda olacaktır. Ancak etkin gözeğ köşe noktasına yaklaştıkça bu uzaklık köşenin oluşturduğu açının etkisiyle azalacaktır (Şekil 6(b)). Uzaklıklar, anlamlılık işlevi yardımıyla,

$$e_n = 1 - \frac{d_n}{\sqrt{2M}} \quad (3)$$

biçiminde birleştirilir. Uzaklığın en az olduğu, yani belirlenen iki gözeğ birbirine en yakın olduğu nokta ise olası köşe noktası olarak kabul edilecektir (Şekil 6(c)). Bu noktalarda anlamlılık işlevi komşularına göre en yüksek değeri vermektedir.



Şekil 6. Sınır gözeklerinin uzaklık ölçütü

(a) kenardan seçilmiş bir etkin gözeğ ve zıt yönde a gözeğ uzaklığında iki gözeğ; (b) köşeden seçilmiş bir etkin gözeğ ve zıt yönde a gözeğ uzaklığında iki gözeğ; (c) tüm sınır gözekleri için anlamlılık işlev değerlerinin grafiği ve dörtgen kutucuk içerisine alınmış baskın noktalar

2.1.3 Kesişim açısı yöntemi

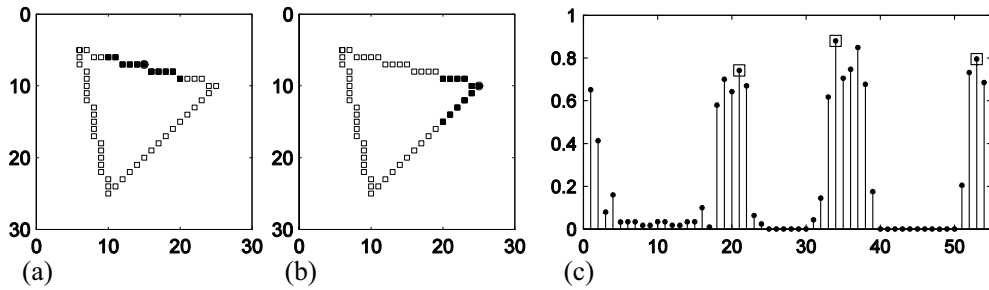
Etkin gözeğün zıt yönlerindeki m kadar gözeğün konumlarının oluşturduğu iki veri kümesinden hesaplanan iki bağlantım (regression) doğrusunun kesişim açısı baskın noktanın belirlenmesinde bir ölçüt olarak alınabilir. Bu iki bağlantım doğrusunun kesişim açısı,

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{m_1 - m_2}{1 + m_1 m_2} \right) \quad (4)$$

eşitliğiyle bulunur. Burada m_1 ve m_2 sırasıyla birinci ve ikinci bağlantım doğrusunun eğimleridir. Kesişim açısının anlamlılık işlevi,

$$e_n = \frac{2}{\pi} |\theta| \quad (5)$$

biçiminde tanımlanabilir. Eğer etkin gözeğ köşe gözeği ise e_n değeri 1'e yaklaşacaktır. Her etkin nokta için kesişim açısı hesaplanır, istenen sayıda köşe için en yüksek anlamlılık işlev değerine sahip etkin gözekler işaretlenerek belirlenir (Şekil 8(c)).



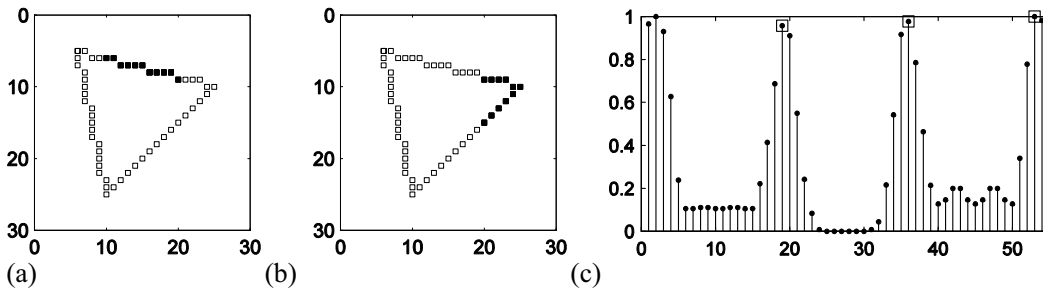
Şekil 8. Etkin gözetken geçen iki bağlanım doğrusu arasındaki açının belirlenmesi
 (a) kenardan seçilmiş etkin gözeğin zıt yönlerinde a tane gözeğin oluşturduğu iki değerler kümesi; (b) köşeden seçilmiş etkin gözeğin zıt yönlerinde m tane gözeğin oluşturduğu iki değer kümesi; (c) tüm sınır gözekleri için anlamlılık işlev değerlerinin grafiği ve dörtgen kutucuk içerisine alınmış baskın noktalar

2.1.4 Belirtme katsayısı yöntemi

Kesişim açısı yöntemindeki iki bağlanım doğrusu yerine tek bağlanım doğrusu seçilir. Seçilen bu noktalardan belirtme katsayısı (r^2) hesaplanır. Belirtme katsayısının anlamlılık işlevi,

$$e_n = 1 - r^2 \quad (6)$$

biçiminde hesaplanır. e_n değerinin 1'e yaklaşması (belirtme katsayısının düşmesi) baskın noktaya yaklaşıldığını göstermektedir. İlgili gözeklerin doğru etrafında sapmaları düşükse düz bir kenar olduğu (Şekil 9(a)), sapmaları yüksekse, yani köşelere yaklaşırsa (Şekil 9(b)) baskın noktaya yaklaşıldığı söylenebilir (Şekil 9(c)'de dörtgen kutucuklar).



Şekil 9. Etkin gözetken merkezli $2m + 1$ sayıda gözeğin oluşturduğu kümenin belirtme katsayıları
 (a) kenardan seçilmiş bir dizi gözetken; (b) köşeden seçilmiş bir dizi gözetken; (c) tüm sınır gözekleri için anlamlılık işlev değerlerinin grafiği ve dörtgen kutucuk içerisine alınmış baskın noktalar

3. BULGULAR ve SONUÇLAR

Önerilen tüm yöntemler sonucunda elde edilen çözüm dizisinde en büyük değerlerin öncelikle bulunması gerekir. Ancak köşe (baskın) değerlere yaklaştıkça çözüm yoğunlaşması bu konumda birçok gözeğin baskın nokta olabilme olasılığını artırmaktadır. Bu durumda çözüm dizisi düşey yönde iki ayrı küme gibi değerlendirilip parçalara ayrılır. Daha sonra baskın nokta olma olasılığı yüksek olan dizi kümelerinin ortanca değeri kullanılarak yaklaşık baskın nokta bulunur (Güngör, 2012).

Bu inceleme sonucunda, Kütle zemin oranı yöntemi, seçilen komşuluk dörtgeninin büyük olması durumunda iyi sonuçlar vermektedir. Göreceli uzaklıklar yöntemi köşelerin dar açılı, geniş açılı, çokgenin içbükey veya dışbükey olması durumunda bile

yüksek başarı göstermektedir. Kesişim açısı yöntemi yöneysel yaklaşımlara (The vd., 1989), (Marji vd., 2003), (Costa vd., 2001) göre düzgün olmayan kenarlarda da başarılı sonuçlar vermektedir. Belirtme katsayısı yöntemi dar açılarda başarı gösterirken geniş açılarda baskın nokta ölçütünün belirlenmesinde diğer yöntemlerden daha başarılı değildir.

Önerilen yöntemlerin başarılarını sınamak ve karşılaştırmak için birçok farklı şekle sahip çokgenler üzerinde denenmesi için kenar sayısı rastgele seçilen 1000 tane yapay çokgen şekil içeren sayısal görüntü oluşturuldu. Oluşturulan çokgenlerin köşe noktaları önceden bilindiğinden önerilen yöntemler sonucunda elde edilen baskın noktalar ile karşılaştırılır yöntemlerin başarımının incelenmesi mümkün olmuştur (Tablo-1).

Tablo 1. Yöntemlerin benzetimsel karşılaştırılması

	μ_B	σ_B	μ_t	σ_t
Kütle/Zemin Oranı	95.6000	2.9136	0.7452	0.0222
Göreceli Uzaklık	91.3000	2.5841	0.7060	0.0152
Kesişim Açısı	79.0000	4.2947	5.5617	0.0533
Belirtme Katsayısı	81.4000	4.6236	1.4246	0.0276

Ortalama başarı oranı (μ_B), seçilen i . çokgende kestirilen tüm köşe noktalarının (q_{in}) hepsinin bilinen köşe noktalarının (p_{in}) 3 gözetim yakınında olması durumunda başarılı, aksi durumda başarısız sayılmaktadır (González vd., 2007).

$$\mu_B = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{1000} \prod_{n=1}^{N_i} \begin{cases} 1, & |p_{in} - q_{in}| < 3 \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (7)$$

μ_B : ortalama başarı oranı (%); σ_B : başarı oranı standart sapması (%);
 μ_t : ortalama hesaplama zamanı (sn); σ_t : hesaplama zamanı standart sapması (sn).

Tablo 1'e göre her yöntemin köşe konumları bilinen nesnelere ne kadar yaklaştığı veya tam olarak doğru bulup bulmadığı ortalama başarı oranları ile ortaya konmuştur.

4. KAYNAKLAR

Kesemen, O., Aktaş, N., Solak, Y.N., 2010. Sayısal Görüntülerdeki Taneciklerin Topaklık Ölçüsünün Belirlenmesi, 9. Matematik Sempozyumu, 20-22 Ekim, Trabzon.

Bribiesca, E., Guzman, A., 1980. How to Describe Pure Form and How to Measure Differences in Shapes Using Shape Numbers, Pattern Recognition, 12 (2) 101-112.

O'Gorman, L., Kasturi, R., 2009. Document Image Analysis, IEEE Computer Society Executive Briefings.

The, C. H., Chin, R. T., 1989. On the Detection of Dominant Points on Digital Curves, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 11 (8) 859-872.

Marji, M., Siy, P., 2003. A New Algorithm for Dominant Points Detection and Polygonization of Digital Curves, Pattern Recognition, 36 (3) 2239-2251.

Costa, L. da F., Cesar Jr., R. M., 2001. Shape Analysis and Classification, CRC Press.

González, R. C., Woods, R. E. (2007), Digital Image Processing, Prentice Hall. New Jersey.

Kesemen, O., Karakaya, G., Gürbüz, F., 2010. Sayısal Görüntülerde Taneciklerin Bulanık Yönelimlerinin Belirlenmesi, İstatistik Günleri Sempozyumu, 28-30 Haziran, Ankara.

Güngör, Ç., 2012. İkili Görüntülerde Nesnelerin Baskın Noktalarının Belirlenmesinde Optimizasyon Algoritmaları, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon.

STATISTICAL APPROACHES FOR THE DETECTION OF DOMINANT POINTS OF OBJECTS IN DIGITAL IMAGES

ABSTRACT

In this paper, four different methods are proposed for the detection of dominant points of objects in digital images, and these methods are examined for performance. Some statistical methods and geometry rules are used in the proposed algorithms.

Keywords: Dominant point detection, Polygonal approximation, Corner detection, Digital curves, Shape analysis.