

Özellik Uzayında Devamsızlık Bilgisi Kullanılarak Doku Mozaiklerinde Sınır Çıkarımı

Boundary Extraction in Texture Mosaics Using Discontinuity Information In Feature Space

Dr. Ali ÖZTÜRK¹, Prof. Dr. Ahmet ARSLAN²

¹HAVELSAN A.Ş., ANKARA

aliozturk@havelsan.com.tr

²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi, KONYA

ahmetarslan@selcuk.edu.tr

ÖZETÇE

Bu çalışmada, dokular arasında sınır çıkarımı incelenmiştir. Sistemin tamamı 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, gri-seviye kenar tespit işleçlerinin değiştirilmiş bir biçimi kullanılarak özellik uzayında eğilimler hesaplanmıştır. Karşılaştırma amacıyla, Prewitt ve Sobel işleçleri kullanılmıştır. İkinci aşamada, ilk aşamada bulunan kenarları gösteren siyah beyaz bir görüntü elde etmek üzere bir eşik değeri uygulanmaktadır. Son ve önemli aşamada, siyah beyaz kenar görüntüsüne bazı morfolojik işleçler uygulanarak doku bölgeleri içinde kalan sahte pikseller yok edilmekte ve kaba eşik değerinden ve büyük kaydırma değerinden kaynaklanan kalın kenarlar inceltilmektedir. Dokuların ayrıştırılması için dört farklı özellik kullanılmıştır. İlk üç özellik sırasıyla, orijinal görüntünün, kontrast-açma uygulanmış görüntünün ve üst-şapka dönüşümü uygulanmış görüntünün fraktal boyutudur. Dördüncü özellik ise, görüntünün uzaysal gri-seviye eş-oluşum matrisinden elde edilen bir parametre olan entropi değişkenidir. Brodatz albümdeki değişik sayıda doku içeren mozaikler için deneysel sonuçlar verilmiştir.

ABSTRACT

In this study, boundary extraction between textures is examined. The overall system consists of three stages. In the first stage, the gradients in feature space are estimated using a modified version of gray-level edge detection operators. For comparison purposes, both the Prewitt and Sobel operators are used. The second stage involves application of a threshold value to obtain a binary image displaying edges found in the first stage. In the last and crucial stage, some morphological post-processing operations are applied on the binary edge image to remove spurious pixels inside regions and to thin the thick edges occurring due to both rough thresholding and the use of large displacement value in edge detection. To discriminate between textures, four different features are used. The first three features are the fractal dimension (FD) of original image, contrast-stretched image and top-hat transformed image, respectively. The fourth feature is the entropy which is a parameter obtained from the spatial gray-level co-occurrence matrix of the image. The experimental results are presented for mosaics with different number of textures from Brodatz album.

1. Giriş

Doku bölütlemesi, bir görüntüyü farklı dokusal bölgelere doğru biçimde ayrıştırma işlemidir. Alternatif olarak, bir görüntüdeki değişik dokular arasındaki sınırları doğru biçimde çizdirme problemi olarak tanımlanabilir [1]. Dokusal görüntü bölütlemesi, komşu piksellerin gri değerlerinin uzaysal yerleşimini tanımlayan bağlamsal bilgiye dayanır.

Resim bölütleme yöntemleri genel olarak piksellerinin yerel komşuluklarının iki temel özelliğine dayanmaktadır: devamsızlık ve benzerlik. Devamsızlık ölçütlerine dayalı yöntemler sınır-tabanlı yöntemler olarak adlandırılırlar ve amaçları bir görüntüdeki dokular arasında bulunan sınırları doğru biçimde çıkarmaktır. Öbür taraftan, benzerlik ölçütlerine dayanan bölge-tabanlı yöntemler, görüntüyü aynı dokusal özelliklere sahip bölgelere ayırmaya çalışırlar [2].

Dokular, bir görüntünün belli bir bölgesine dağılmış belli yerel özelliklerin değişmemesi şeklinde karakterize olurlar. Doku analizi için literatürde değişik özellik çıkarımı ve sınıflandırma teknikleri önerilmiştir. Bu çalışmada, dokuları birbirinden ayırmak için dört özellik kullanılmıştır. İlk özellik, orijinal görüntünün fraktal boyutudur. İkinci ve üçüncü özellikler, sırasıyla, kontrast-açma uygulanmış görüntünün ve üst-şapka dönüşümü uygulanmış görüntünün fraktal boyutudur. Bu dönüştürme yöntemleri, gri seviye görüntülerde detay iyileştirme teknikleri olarak bilinir. Böylece, bu dönüşümlerin uygulanmasıyla yetersiz aydınlatma veya gölgeleme gibi değişik nedenlerden dolayı orijinal görüntüde gizli kalmış dokusal bilginin ortaya çıkacağı kabul edilmiştir. Literatürdeki tartışmalardan yola çıkılarak, doku bölütlemesi için fraktal boyutun tek başına yeterli olmayabileceği düşünülerek, eş-oluşum matrisinden elde edilen bir parametre olan entropi dördüncü özellik olarak kullanılmıştır.

Gri-seviye görüntüler için, gradient işleçler olarak adlandırılan, değişik kenar tespit teknikleri vardır (Roberts, Prewitt, Sobel v.b.). Bunlar arasında, Prewitt ve Sobel işleçleri sayısal gradient hesabı için pratikte en yaygın kullanılanlardır. Prewitt maskelerinin gerçekleştirimi daha basittir, fakat Sobel maskelerinin belirgin biçimde daha üstün görüntü azaltma özellikleri vardır ve bu türlemlerle uğraşılıyorsa önemli bir özelliktir [3]. Bu çalışmada, bu işleçlerin her ikisi de doku mozaikleri üzerine benzer sonuçlar vermiştir. Dokusal

kenar çıkarımı da gri-seviye kenar tespiti ile benzer biçimde yapılabilir. Dokusal kenarlar, özellik uzayındaki yerel komşulukta meydana gelen güçlü değişikliklerin olduğu bölgelerde tespit edilmektedir. Doku görüntülerinde kenarlar şeklinde tespit edilen devamsızlıklar, anlamlı sınırlar elde etmek için daha sonra bir dizi ikili morfolojik işlemden geçirilmektedir.

2. Özellik Çıkarımı

Doku görüntü mozaiklerinin her bir pikseli için özellik çıkarımı, görüntü üzerinde dolaşan 17x17 piksel boyutunda bir pencere kullanılarak yapılmaktadır. Bu pencerenin boyutu, W=8 piksel olmak üzere (2W+1)x(2W+1) şeklinde tanımlanabilir. Çıkarılan özellikler

- (i) Orijinal görüntünün her pikseli için yerel fraktal boyut (FB)
- (ii) Kontrast-açma uygulanmış görüntünün her pikseli için yerel FB
- (iii) Üst-şapka dönüşümü uygulanmış görüntünün her pikseli için yerel FB
- (iv) Orijinal görüntünün her pikseli için entropi

Görüntülerin FB'ü, diferansiyel kutu sayma (DKS) yöntemi olarak adlandırılan ve Sarkar ve Chaudhuri [4] tarafından önerilen yaklaşım kullanılarak hesaplanmıştır. DKYS yöntemi, FB'un tüm dinamik aralığını yansıtan Peleg [5] ve Pentland[6]'ın önerdiği yöntemlerle yaklaşık aynı sonucu vermekle birlikte hesaplama bakımından etkin olduğu ispatlanmıştır [4].

DKYS Yöntemi

Mandelbrot, fraktal bir yüzeyin kendine-benzerlik özelliğini aşağıdaki gibi açıklamıştır. A, n-boyutlu bir Öklid uzayında tanımlı sınırlı bir küme olsun. A'nın kendine-benzer olması için, bu kümenin her biri r oranında küçültülmüş olarak A'ya benzeyen N_r adet farklı (üst üste binmeyen) kopyanın birleşiminden oluşması gereklidir. A'nın FB'ü aşağıdaki denklem ile elde edilir [5]

$$D = \frac{\log(N_r)}{\log(1/r)} \quad (1)$$

Pratikte, doğal yüzeyler sadece istatistiksel kendine-benzerlik gösterirler. Bu yüzden, bir yüzey her n boyutta r oranında küçültülürse, orijinal görüntüyle istatistiksel olarak bire bir aynı olacak ve Denklem (1)'i sağlayacaktır.

DKS yönteminde, N_r aşağıdaki gibi hesaplanır. MxM piksel boyutundaki bir görüntünün, $M/2 > s > 1$ ve s bir tamsayı olacak şekilde sxs boyutlarına küçültülmüş olduğunu varsayalım. Bu durumda, r değeri s/M olacaktır. Bir görüntüyü, (x,y) 2 boyutlu yüzey ve z gri-seviyesini gösteren üçüncü koordinat olacak şekilde 3 boyutlu bir uzay biçiminde düşünersek, (x,y) yüzeyi sxs boyutunda ızgaralara ayrılır. Her ızgarada, SxSxS boyutlarında kutucuklar bulunur. Görüntü üzerine, (i,j). ızgaradaki minimum ve maksimum gri seviyesi sırasıyla k. and l. kutulara gelsin. Bu durumda,

$$n_r(i, j) = l - k + 1 \quad (2)$$

(i,j). ızgaranın N_r değerine katkısını verir. Tüm ızgaraların katkısı hesaplanarak, değişik r değerleri için N_r hesaplanır

$$N_r = \sum_{i,j} n_r(i, j) \quad (3)$$

Bu durumda resim, kendisinin r oranında küçültülmüş N_r farklı (üst üste binmeyen) kopyasından meydana gelmektedir.

D fraktal boyutu, logaritmik gösterimde N_r ve $1/r$.değerlerinin işaretlenmesi sonucu uygulanan en küçük kareler doğrusal regresyon eğrisinin eğimi olarak Denklem (1)'e göre hesaplanır.

Uzaysal Gri-Seviye Eş-Oluşum Matrisi ve Entropi

Bu çalışmada, tek bir gri-seviye eş-oluşum matrisi [12] elde edilmiştir. Hesaplama 2 piksel uzaklığındaki sadece yatay (0^0) ve dikey (90^0) piksel çiftleri incelenmiştir. Dokusal bilgiyi kaybetmeden eş-oluşum matrisinin hesaplanmasını hızlandırmak için, seyrek nicelendirme (coarse quantization) seviyesi olarak 64 kullanılmıştır [13].

Eş-oluşum matrisi kullanılarak, açılmal ikinci moment, kontrast ve entropi gibi değişik parametreler hesaplanabilir. Bir yüzeyin homojenliğini gösterdiği için, bu çalışmada entropi dördüncü özellik olarak kullanılmıştır. Entropi aşağıdaki gibi tanımlanır,

$$Ent = - \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} \left[\frac{c(i, j | d)}{N_p} \right] \log \left[\frac{c(i, j | d)}{N_p} \right] \quad (4)$$

burada $c(i, j | d)$, i gri-seviyesinden j gri seviyesine geçiş sayısını göstermektedir. Bu değer, d=2 piksel uzaklığında yatay ve dikey yönlerdeki geçişlerin sayılması ile elde edilir. N_g gri-seviyesi değerlerinin sayısı ve N_p d=2 uzaklığındaki komşu piksellerin toplam sayısıdır.

Kontrast Açma Dönüşümü

Kontrast açma, bir görüntüdeki gri-seviyelerin dinamik aralığını artırma işlemidir [15]. Böylece, değişik nedenlerle gri seviyelerin dinamik aralığının azalmasına bağlı olarak resimde gizli kalmış detaylar ortaya çıkarılır. Kontrast açma fonksiyonunun tanımı aşağıdaki gibidir.

$$P_{out} = (P_{in} - c) \left(\frac{b-a}{d-c} \right) + a \quad (5)$$

Burada P_{in} orijinal görüntü and P_{out} sonuç görüntüdür. b ve a değerleri üst ve alt gri seviye limitidir (8-bit gri-seviye görüntüler için bu değerler sırasıyla 255 ve 0'dır). c ve d, orijinal gri seviyelerin açılacağı alt ve üst gri-seviye limit değerleridir. Bu çalışmada, en doğru bölütleme sonucunu veren c ve d değerleri sırasıyla 20 ve 80 olarak bulunmuştur.

Üst-şapka Dönüşümü

Bu dönüşüm, gölgeleme yüzünden gizlenmiş detayları ortaya çıkarmada kullanılır [15]. Üst-şapka dönüşümünün tanımı aşağıdaki gibidir.

$$P_{out} = P_{in} - (P_{in} \circ b) \quad (6)$$

Burada P_{in} orijinal görüntü, P_{out} sonuç görüntü ve b yapısal elemandır. \circ sembolü gri seviye açma işlemi göstermektedir. f görüntüsünün, b yapısal elemanı ile açılması şu şekilde tanımlanır.

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b \quad (7)$$

Açma işlemi, f'nin b ile erozyonu sonucu oluşan görüntünün yine b ile dilasyonudur. Bu çalışmada,

yapısal eleman olarak tüm elemanları sıfır olan 3x3 boyutlarında pencere kullanılmıştır.

3. Özellik Normalizasyonu

Özellik uzayına kenar işleçlerini uygulamadan önce, tüm özelliklerin dinamik aralığının aynı olmasını sağlamak üzere özellikler yumuşatılmaktadır [11]. Böylece, özellik değerleri tek bir değer elde etmek için kullanılırken hiçbir özellik diğerinden daha baskın olmayacaktır. Normalizasyon aşağıdaki denkleme göre yapılmaktadır,

$$f'_i(w(x, y)) = \frac{f_i(w(x, y)) - \mu_{f_i}}{\sigma_{f_i}}$$

(8)

Yukarıda denklemde $\mu_{f_i} = \frac{1}{J} \sum_{k=1}^J f_i^{(k)}$ ve

$$\sigma_{f_i}^2 = \frac{1}{J-1} \sum_{k=1}^J (f_i^{(k)} - \mu_{f_i})^2$$

Burada, J dokusal kenar tespiti işleminde kullanılan toplam pencere sayısı ve $f_i^{(k)}$ k. pencerenin i. özelliğidir.

4. Kenar Tespit Aşaması

$f(x,y)$ görüntüsünün (x,y) noktasındaki gradient, aşağıdaki vektör ile tanımlanır [3],

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Bu vektörün ∇f şeklinde tanımlanan, ∇f yönünde her birim uzaklık için $f(x,y)$ 'nin maksimum büyüme oranını verir ve aşağıdaki gibi tanımlanır,

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = \left| G_x^2 + G_y^2 \right|^{1/2} \quad (10)$$

Z ₁	Z ₂	Z ₃
Z ₄	Z ₅	Z ₆
Z ₇	Z ₈	Z ₉

Şekil.1. z₅ pikselindeki gradient hesabı için kullanılan 3x3'lük komşuluk penceresi

z₅ merkez piksel olmak üzere, gri-seviye bir görüntünün yukarıdaki 3x3'lük komşuluk penceresi tanımına göre, G_x ve G_y Sobel işleci için aşağıdaki gibi tanımlanır,

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \quad (11)$$

ve

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \quad (12)$$

Yukarıda, ağırlık değeri olarak kullanılan 2, yumuşatmayı artırmak üzere merkez noktaya daha fazla

önem vermeyi sağlar. Prewitt işlecinin Sobel işlecinden tek farkı, denklemlerin ortasında bulunan ve ağırlık değeri olan 2'dir.

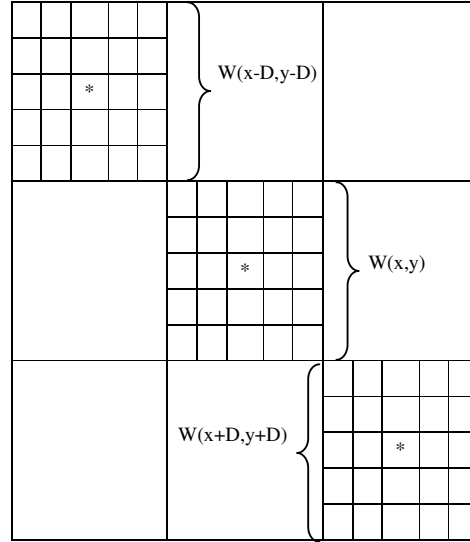
Bu çalışmada, yukarıda tanımlanan kenar tespit işleçleri, görüntüdeki özellik uzayındaki değişiklikleri öne çıkarmak için kullanılmıştır. 3x3 pencere komşuluğundaki piksellerin gri seviye değerleri yerine, gradient hesabı her özellik için ayrı ayrı olmak üzere 9 adet komşu pencere içeren bir komşuluk dikkate alınarak yapılmıştır [11].

Özellik uzayı için, kenar işleci 3 pencerelik genişlik ve 3 pencerelik yükseklik olmak üzere 9 pencerelik bir komşuluk için uygulanmıştır. G_x ve G_y değerleri, komşu pencerelerin merkez piksellerinin i. özelliğine Sobel işleci uygulanarak elde edilmiştir. G_x ve G_y değerlerinin hesabı aşağıda verilmiştir.

$$G_x^f = \left[f'_i(w(x-D, y+D)) + 2f'_i(w(x, y+D)) + f'_i(w(x+D, y+D)) \right. \\ \left. - [f'_i(w(x-D, y-D)) + 2f'_i(w(x, y-D)) + f'_i(w(x+D, y-D))] \right] \quad (13)$$

$$G_y^f = \left[f'_i(w(x+D, y-D)) + 2f'_i(w(x+D, y)) + f'_i(w(x+D, y+D)) \right. \\ \left. - [f'_i(w(x-D, y-D)) + 2f'_i(w(x-D, y)) + f'_i(w(x-D, y+D))] \right] \quad (14)$$

Yukarıda D, yatay veya dikey yönde 2 komşu pencerenin merkezleri arasındaki konum farkını göstermekte ve f'_i değeri f_i özelliğinin normalize edilmiş halidir. Özellik uzayında uygulabilen Prewitt işlecinin Sobel işlecinden tek farkı, terimlerin ortasındaki ağırlık değeri olan 2 değeridir.



Şekil.1. Özellik uzayında gradient hesabı için kullanılan dokuz komşulu pencere gösterimi

Kenar tespit işleçlerini uygularken pikseller arasında D aralığını kullanmanın nedeni, yerel gri seviye değişiminden daha geniş bir alana yayılan dokusal bilginin doğru biçimde elde edilebilmesini sağlamaktır. Bu çalışmada, en uygun D değeri 5 olarak bulunmuştur.

Her 4 özellik için (x, y) pikselindeki kenar işleç değerlerinin hesaplanmasından sonra, etkileri aşağıdaki denklem kullanılarak tek bir değere dönüştürülmüştür,

$$TGM(w(x, y)) = \sqrt{\sum_{i=1}^4 GM_i^2(x, y)} \quad (15)$$

Yukarıdaki denklemde $GM_k(x, y)$, (x, y) pikseli üzerindeki i . özelliğin gradient büyüklüğüne ve $TGM(w(x, y))$, aynı piksel üzerinde her 4 özelliğin toplam gradient büyüklüğüne karşılık gelmektedir. Yukarıki bilgi kullanılarak, yeni bir 2-boyutlu görüntü elde edilir. Bu görüntüdeki her (x, y) noktası, orijinal görüntüdeki her piksel için bir TGM değerine karşılık gelmektedir.

Sonraki aşamada, kenar bilgisini görüntüleyecek şekilde, TGM görüntüsü siyah-beyaz görüntüye dönüştürülür. Sonuçta oluşan özellik görüntüsünde, büyük TGM değerleri dokusal değişimin meydana geldiği gradient büyüklüklerine karşılık gelir. Özellik görüntüsündeki TGM değerlerinin histogramı kullanılarak, siyah-beyaz görüntüye doğrudan geçiş aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

Histogram, TGM değerlerine göre azalan biçimde sıralanır. Eşik değeri t , histogramın tam ortasındaki $n/2$ indisinde yer alan TGM değeri olarak seçilir. Eşik değerinden büyük TGM değerleri 255 olarak, diğer TGM değerleri ise 0 olarak işaretlenir.

5. Son-işleme Aşaması

Son işleme aşaması, bu yayında tanımlanan sınır çıkarım algoritmasının önemli bir parçasını oluşturmaktadır.

Piksel aralığı 5 olarak kullanıldığı için, özellik gradientlerinin büyük değerlerinin çoğu dokusal sınırlarda oluştuğu için, sonuçta elde edilen siyah-beyaz görüntü dokusal sınırlarda oldukça kalın kenarlar içerecektir. Bunun diğer bir nedeni, kaba biçimde seçilen eşik değeridir. Ne var ki, hangi gradient büyüklüklerinin kenarları oluşturduğunu önceden bilmediğimiz için başka bir seçeneğimiz de bulunmamaktadır. Kalın dokusal kenarlara ek olarak, dokusal bölgeler içindeki mikro kenarlara karşılık gelen izole biçimde pek çok piksel öbeği oluşmaktadır.

Göz önüne alınması gereken başka bir nokta, özellik uzayındaki gradient hesabı için 5 piksellik uzaklık kullanıldığı için siyah-beyaz görüntünün sağında ve altında 5 piksel boyunda boşluk bulunacaktır. TGM görüntüsünü siyah-beyaz görüntüye dönüştürürken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Yukarıda belirtildiği gibi elde edilen siyah-beyaz görüntüyü 1 piksel kalınlığında dokusal sınırlar içerecek biçime çevirmek için aşağıda verilen işlem sonrası adımların sırasıyla uygulanması gerekmektedir:

- 1) Kaba eşik değerinden kaynaklanan ve kalın kenarlar içinde yer alan küçük boşlukların doldurulması
- 2) Görüntünün sağında ve altında oluşan 5 piksel boyundaki boşlukları dolduracak şekilde kalın kenarların bu yönlerde uzatılması
- 3) Doku bölgeleri içinde veya kalın kenarların etrafında yer alan piksel kümelerini yok etmek için erozyon işleminin uygulanması

- 4) Erozyon işleminin kenarlar içinde bozulmalara neden olan etkisini gidermek için dilasyon işleminin uygulanması
- 5) Kenarların minimum kalınlığı 1 piksel olacak şekilde erozyon işleminin uygulanması
- 6) İnceltme (thinning) işleminin uygulanması

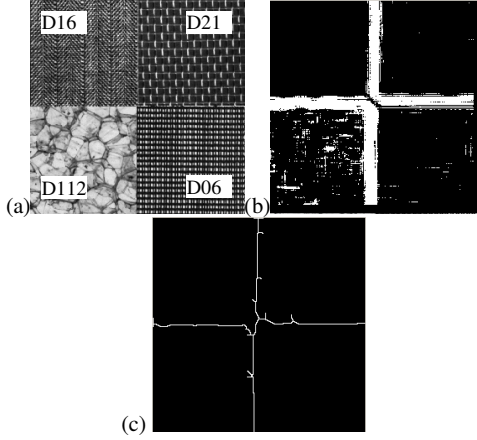
Erozyon işlecini, hem izole pikselleri hem de dokusal bölgelerdeki mikro kenarlara karşılık gelen piksel öbeklerini yok etmek için kullandığımız için, siyah-beyaz görüntülerde genellikle gürültü olarak kabul edilen izole pikselleri yok eden maskelerden yararlanmaya gerek yoktur. Bu yaklaşım, önerilen algoritmanın etkinliğini artırmaktadır.

6. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

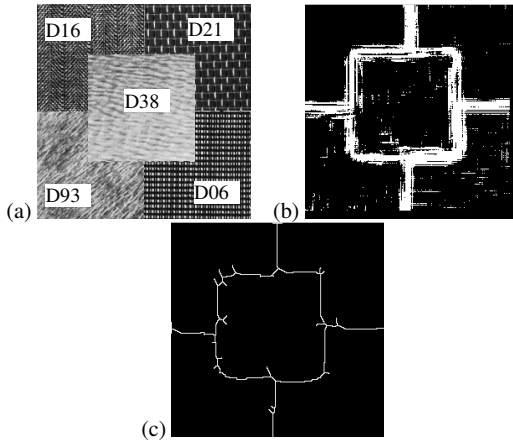
Aşağıdaki şekillerde, doku görüntülerine uygulanan kenar tespit aşamasının ve son-işleme aşamasının sonuçları verilmiştir. Önerilen yöntem, değişik sayıda doku içeren farklı mozaikler üzerinde test edilmiştir. Mozaikler, Brodatz [12] albümde yer alan değişik dokular birleştirilerek oluşturulmuştur. Birinci kolon, orijinal doku görüntüsünü göstermektedir. İkinci kolonda, özellik uzayında uygulanan kenar tespit işleminin sonucunda elde edilen görüntü yer almaktadır. Kenar tespit işlemlerinin uygulanması ile elde edilen gradient büyüklükleri, bu görüntüleri elde etmek için eşik değerinden geçirilmiştir. Sobel ve Prewitt işlemlerinin her ikisi de aynı sonucu vermektedir. Dokular arasındaki kalın kenarlar ve bazı doku bölgeleri içindeki mikro kenarlara karşılık gelen izole pikseller (veya piksel grupları) görünmektedir. Son işleme adımında kullanılan ikili morfolojik işlemler bölgeler içindeki izole pikselleri ok etmekte ve kalın kenarları inceltmektedir. Üçüncü kolonda, son işleme adımının sonucunda elde edilen görüntüler verilmiştir.

Aşağıdaki şekillerden de görüleceği gibi, sonuçta oluşan kenarlar düz değildir Bunun nedeni, inceltme işleminin kaba eşik değerinden dolayı mükemmel olmayan yapıya sahip kalın kenarlara uygulanmış olmasıdır. Kenarları oluşturması beklenen gradient büyüklüklerinin tamamı eşik değerini geçmediği için, kenar içi boşluklar oluşmaktadır. Ek olarak, kalın kenarların yakınındaki bazı özellik noktalarının gradient büyüklükleri kaba eşik değerini geçmekte ve kenarların etrafında çıkıntılar oluşturmaktadır. Kenarların kalınlığı siyah-beyaz görüntünün her kesiminde aynı olmadığından inceltme işlemi beklenen performansı gösterememektedir.

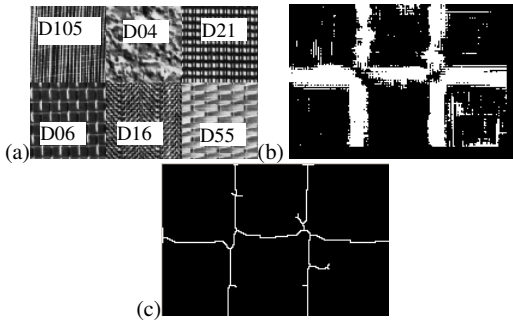
Bununla birlikte, deneysel sonuçlar ümit vericidir. Bölge içi benzerlik ve bölgeler arasında ayrımın belirgin olduğu dokusal özelliklere sahip görüntülerde, dokular arasındaki sınırlar, kenar tespit işlecinin özellik uzayında uygulanması sonrasında bir dizi son işleme adımı ile bulunabilmektedir. Üstelik, elde edilen sınır bilgisi dokusal görüntülerin bölgesel-tabanlı bölütlemesinde kullanılabilir.



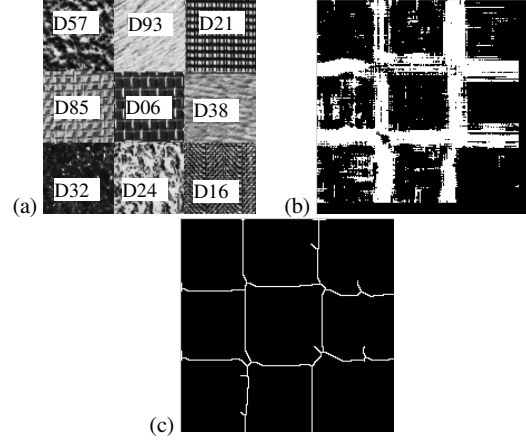
Şekil. 2. (a) 4 dokulu görüntü (b) Kenar tespit işleminin sonucuna eşik değerinin uygulanmasıyla elde edilen siyah-beyaz görüntü (c) Son-işleme aşaması sonunda elde edilen sınır görüntüsü



Şekil. 3. (a) 5 dokulu görüntü (b) Kenar tespit işleminin sonucuna eşik değerinin uygulanmasıyla elde edilen siyah-beyaz görüntü (c) Son-işleme aşaması sonunda elde edilen sınır görüntüsü



Şekil. 4. (a) 6 dokulu görüntü (b) Kenar tespit işleminin sonucuna eşik değerinin uygulanmasıyla elde edilen siyah-beyaz görüntü (c) Son-işleme aşaması sonunda elde edilen sınır görüntüsü



Şekil. 5. (a) 9 dokulu görüntü (b) Kenar tespit işleminin sonucuna eşik değerinin uygulanmasıyla elde edilen siyah-beyaz görüntü (c) Son-işleme aşaması sonunda elde edilen sınır görüntüsü

7. Kaynakça

- [1] D. Dunn and W.E. Higgins, "Optimal Gabor Filters for Texture Segmentation", IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 4, No.7, July 1995.
- [2] X. Munoz et.al., "Active regions for unsupervised texture segmentation integrating region and boundary information", International Workshop on Texture Analysis and Synthesis, Copenhagen, Denmark, June 2002, pp. 95-98.
- [3] R. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing, 2nd Edition", Prentice Hall Press, New Jersey, 2002.
- [4] N. Sarkar and B.B. Chaudhuri, "An Efficient Differential Box-Counting Approach to Compute Fractal Dimension of Image", IEEE Trans. On Sys., Man and Cyber., Vol. 24, No.1, 115-120, January 1994.
- [5] S.Peleg, J.Naor, R.Hartley, and D. Avnir, "Multiple resolution texture analysis and classification", IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 6, 518-523, 1984.
- [6] A.P. Pentland, "Fractal based description of natural scenes", IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 6, 661-674, 1984.
- [7] B.B. Mandelbrot, "Fractal Geometry of Nature", Freeman Press, San Francisco, 1982.
- [8] R.M. Haralick, K. Shanmugan and I. Dinstein, "Texture features for image classification", IEEE Tran. on Systems, Man, and Cyber., 3(6), 610-621, November, 1973.
- [9] L. Soh and C. Tsatsoulis, "Texture Analysis of SAR Sea Ice Imagery Using Gray Level Co-Occurrence Matrices", IEEE Trans. On Geoscience and Remote Sensing, Vol. 37, No. 2, March 1999.
- [10] M.S. Nixon And A.S. Aguado, "Feature Extraction and Image Processing", Newnes, Oxford, 2002.
- [11] Khotonzad A., Chen J.Y., "Unsupervised segmentation of textured images by edge detection in multidimensional feature space", IEEE Trans. On Pattern Analysis and Mach. Intell., Vol. 11, No. 4, April 1989.
- [12] P. Brodatz, "Textures : A Photographic Album for Artists and Designers", New York, Dover, 1966.